

The logo for 'io roma' is positioned in the top left corner. It features the lowercase letters 'io' in a large, bold, black font, with 'roma' in a smaller, black font directly below it. The text is set against a white background that includes a faint, grid-like architectural pattern.

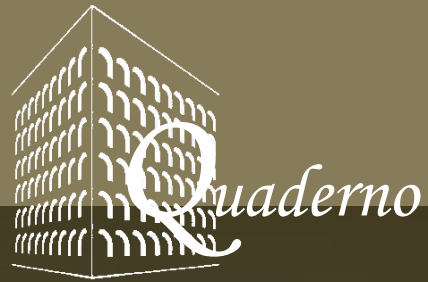
io
roma

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

N 1/2020

Quaderno





In copertina:
Immagine di repertorio

Il saluto del Presidente

Dott. Ing. Carla Cappiello



Decreto Semplificazioni

Il 6 ottobre si è svolto il seminario “Le novità introdotte dal Decreto Semplificazioni: lo snellimento delle procedure per l’affidamento degli Appalti Pubblici, procedimento amministrativo, normativa urbanistica e ambientale”, per la cui organizzazione ringrazio l’Ing. Tullio Russo.

Il tema degli appalti pubblici è stato già oggetto di una proposta di sburocrazizzazione da parte della Fondazione Ordine Ingegneri Roma (FOIR) che ha presentato una proposta di Decreto legge sul tema delle semplificazioni delle procedure di affidamento dei lavori, servizi e forniture, i cui contenuti sono stati ripresi in parte dal Decreto-legge 16 luglio 2020, n. 76.

Purtroppo il DL contiene anche l’articolo 10, che come Ordine degli Ingegneri di Roma abbiamo combattuto per tutta l’estate, poiché lo riteniamo assurdo e lesivo sia per i professionisti sia per i cittadini sia per le imprese, poiché blocca la rigenerazione urbana e di conseguenza comporta una paralisi del lavoro dei professionisti tecnici.

In ogni caso, il Governo ha puntato sul DL Semplificazioni per cercare di contenere i numeri della flessione del PIL, conseguenti al lungo periodo di sospensione di ogni attività a causa della pandemia da Covid-19 e per tentare, nell’occasione, quel salto di qualità che, se realmente operato, permetterebbe al “Sistema Italia” di raggiungere i livelli di produttività che il Paese per la sua importanza meriterebbe. Livelli che da tempo mancano, relegando i tassi di sviluppo italiani ben sotto la media europea. In questo senso è indubbio che la leva degli investimenti pubblici è l’elemento su cui senz’altro puntare.

Il decreto 76/2020 – la cui formulazione iniziale contava 65 articoli, annoverandone, al termine dell'iter di conversione, ben 109 con 472 commi– dedica al tema specifico dei contratti pubblici le prime 10 disposizioni, contemplando poi, insieme a previsioni alquanto eterogenee, ad esempio quelle recanti modifiche al codice della strada, in modo maggiormente pertinente agli obiettivi primari, regole in materia di edilizia urbana e di semplificazione del procedimento amministrativo, una riscrittura della fattispecie penale riguardante l'abuso d'ufficio e nuove regole in materia di responsabilità per danno erariale.

Molte delle modifiche introdotte hanno un arco di validità temporale circoscritto, legato alla durata del contesto emergenziale in cui non solo il nostro Paese, ma anche l'Europa ed il continente intero si dibattono. Trattandosi ormai di emergenza economica oltre che sanitaria, la durata di tale regime è stato portato, in sede di conversione in legge, dal mese di luglio a tutto il 2021. In questo senso la legge di conversione non ha modificato le premesse di base, anche se, va detto, il disegno era più limpido e privo di sbavature nell'impostazione iniziale. Per quanto riguarda la contrattualistica pubblica, infatti, mentre sulla semplificazione dei processi di aggiudicazione pesa l'introduzione di una regola, fonte di possibili incertezze interpretative, che impone alle stazioni appaltanti che adottano le procedure negoziate di darne preventiva notizia tramite pubblicazione di un avviso nei rispettivi siti internet istituzionali, gli altri due pilastri che contraddistinguono le scelte del Governo, la responsabilità di chi agisce ed il Collegio Consultivo Tecnico non hanno subito alterazioni rispetto alla stesura originaria.

Dovremo aspettare, per comprendere l'effettiva bontà di questo decreto-legge, ma nel contempo è importante a mio avviso che i professionisti tecnici, su cui ricadono gli effetti di queste norme, possano avere una formazione adeguata su tutti i cambiamenti che riguardano la loro professione, soprattutto in un'epoca segnata da incertezze.



L'Editoriale

Ing. Francesco Marinuzzi Ph.D.



Rivitalizziamo gli spazi

La pandemia in corso ha devitalizzato gli spazi più vitali tipicamente dedicata agli incontri, alla condivisione delle emozioni, al sentirsi squadra, gruppo, comunità coesa e solidale.

I tipici confini tra privato e pubblico sono stati terremotati ed ancora si cercano nuovi equilibri sia lavorativi sia personali.

Il lavoro agile e quello “ibrido” richiedono nuovi sistemi di controllo e gestione degli spazi che vadano ben oltre al concetto delle scrivanie “individuali”. Sistemi legati al numero delle compresenze in specifici ambienti in specifici orari e per specifiche durate. La distanza dall’assemblamento al deserto è troppo breve e servono sistemi che permettano una fine modulazione. Per la PA, soprattutto, una grande sfida. Complimenti all’INAIL che sembra aver già affrontato il problema con una prima App sviluppata dall’ufficio Infrastrutture.

Ma oltre alle misure di “contenimento” macroscopico, tipo la numerosità di persone in un dato spazio in un dato periodo possiamo andar oltre; la comunità degli ingegneri può e deve dare un contributo più incisivo capace di contrastare la pandemia anche sulla sua scala di grandezza che è nanometrica e sfugge ai nostri sensi.

Ad esempio, tutto il settore della nanotecnologia, che ha visto recentemente un importante momento congressuale in NANOinnovation, evento anche da noi Ordine coorganizzato con specifiche giornate formative, può dare un contributo fondamentale per sistemi “continui” di abbattimento della carica virale presente negli spazi vissuti. Filtri, luci a specifiche lunghezze d’onda e tante altre soluzioni che hanno in comune soluzioni frutto delle nanotecnologie e dei nanomateriali.

Anche il settore digitale, che ha ormai raggiunto una frequenza esecutiva e di VLSI “nano” (abbiamo miliardi di istruzioni eseguite in un secondo in transistor fino a 5 nano metri), può dare il suo contributo dalla gestione “live” delle occupazioni degli spazi o dei contatti fra le persone (vedasi l’app Immuni), finanche alle applicazioni più avanzate e disruptive di Intelligenza Artificiale e di Machine Learning quali, ad esempio, quella del nostro iscritto Giovanni Saggio che propone l’effettuazione di un tampone Covid-19 immediato a partire soltanto dalla “voce registrata”. Al riguardo, per chi interessato, abbiamo già dedicato, mesi fa, uno specifico focus nel primo numero della Rivista del 2020 fruibile sul sito web IoRoma.

Inoltre i nostri occhi possono essere “delocalizzati” negli spazi anche più irraggiungibili e meno visibili con specifiche telecamere HD dotate di opportuni sensori (ad esempio termici) magari su droni per garantire e controllare la qualità dello spazio osservato anche ai fini di queste nuove dimensioni di valore.

Pertanto, in generale, molta della nuova tecnologia più matura può dare un forte valore aggiunto nel processo di ripensamento degli spazi e della loro rivitalizzazione. Un processo complesso, sfidante da affrontare in modo multidisciplinare dove gli ingegneri sono solo un lato del poligono, forse la base “abilitante”, per gli altri attori che dovranno affrontare le altre dimensioni tipiche dello spazio legate alla sua percezione, bellezza, senso e comunicazione.

Francesco Marinuzzi Ph.D.
Direttore Editoriale



Direttore responsabile

Stefano Giovenali

Direttore editoriale

Francesco Marinuzzi

Comitato di redazione

Sezione A

Carla Cappiello

Gioacchino Giomi

Lucia Coticoni

Giuseppe Carluccio

Carlo Fascinelli

Lorenzo Quaresima

Manuel Casalboni

Filippo Cascone

Alessandro Caffarelli

Massimo Cerri

Francesco Fulvi

Tullio Russo

Sezione B

Giorgio Mancurti

Amministrazione e redazione

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

Direttore creativo e progettazione grafica

Tiziana Primavera

Stampa

Press Up

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

www.ording.roma.it

segreteria@ording.roma.it

editoriale@ording.roma.it

Finito di stampare: ottobre 2020

Il Quaderno IOROMA è una estensione alla rivista IOROMA

La Direzione rende noto che i contenuti, i pareri e le opinioni espresse negli articoli pubblicati rappresentano l'esclusivo pensiero degli autori, senza per questo aderire ad esse.

La Direzione declina ogni qualsiasi responsabilità derivante dalle affermazioni o dai contenuti forniti dagli autori, presenti nei suddetti articoli.



GLI EDITORIALI

Il saluto del Presidente <i>di Carla Capiello</i>	1
L'Editoriale <i>di Francesco Marinuzzi</i>	4

GLI ARTICOLI

La protezione passiva negli incidenti aeronautici <i>A. Fiordelli</i>	8
Il ruolo della pianificazione in ambito acquisti <i>A. Avallone</i>	24
Il motore elettrico nella propulsione degli autoveicoli <i>G. Stella</i>	38
L'evoluzione della normativa tecnica nel campo delle terre e rocce da scavo: aspetti procedurali e criticità <i>E. R. Stacul</i>	56

APPROFONDIMENTI

Le piattaforme stratosferiche HAPs <i>G. Nicolai, G. Rondinelli, M. Di Crescenzo</i>	74
Cubesat e Nanosatelliti, nuove prospettive di sviluppo <i>S. Coltellacci, C. Vittucci, G. De Felice Proia, G. Nicolai</i>	84
Parere CTAP su responsabilità e competenze del RUP <i>S. Minotti</i>	98

L'AREA WEB DEL QUADERNO E DELLA RIVISTA	132
--	------------

LA PROTEZIONE PASSIVA NEGLI INCIDENTI AERONAUTICI

Le strutture cabina e
la protezione degli occupanti

a cura di
Ing. A. Fiordelli

Commissione
Aviazione civile

visto da
Ing. S. Sciuto - Ing. F. Cascone

Introduzione

Il presente articolo fornisce una panoramica sulle peculiarità dell'architettura delle strutture degli aeromobili per la protezione degli occupanti, con specifico riguardo alla certificazione delle strutture secondarie¹.

In particolare, s'illustreranno gli aspetti normativi che interessano le strutture cabina e la protezione degli occupanti durante gli incidenti non catastrofici, e infine si accennerà alle possibilità professionali offerte all'ingegnere progettista/certificatore che opera in tale ambito.

Si precisa altresì che il presente scritto non ha alcuna velleità scientifica, peraltro non compiutamente sviscerabile in un testo di così ridotte dimensioni, in confronto alla vastità e multidisciplinarietà degli argomenti.



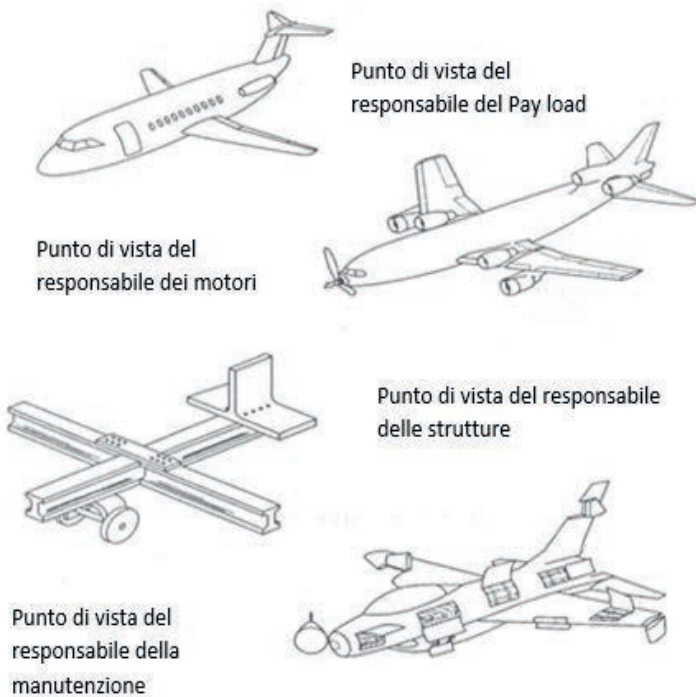


Figura 1: "Il compromesso progettuale" Il punto di vista dei vari responsabili.(Rif. 2)

Contesto in cui si opera, i compromessi progettuali

Così come molti altri campi dell'ingegneria, il progetto di un aeromobile è un compromesso frutto di obiettivi diversi e molte volte in antitesi tra di loro. Le strutture cabina non fanno eccezione, infatti si ricercano delle strutture sempre più accoglienti, leggere, economiche e non ultimo esclusive, ma l'aspetto della protezione dell'occupante, associato a esse, ne mitiga i precedenti aspetti.

Spazio e protezione

Semplificando, la progettazione delle strutture cabina mira a ottenere il miglior volume sfruttabile per il carico pagante, senza pregiudizio della resistenza strutturale per la protezione degli occupanti.

In passato la progettazione delle strutture cabina teneva conto quasi esclusivamente dei carichi derivanti da sollecitazioni aerodinamiche o a esse riconducibili e da altre sollecitazioni meccaniche, tipiche delle varie fasi di volo.

Le esigenze di confort, ergonomia, standardizzazione ed esclusiva per il settore commerciale hanno via-via modellato le attuali strutture cabina. Quasi di pari passo i concetti di sopravvivenza all'urto "crashworthiness", hanno introdotto nuovi carichi derivanti da urti e inerzie dovute alle manovre d'emergenza. Alle strutture così sollecitate non è più richiesta la sola resistenza con deformazioni elastiche, ma è ammessa, anzi auspicata una resistenza meccanica con possibilità di deformazioni plastiche permanenti. Tali deformazioni hanno lo scopo di favorire un assorbimento d'energia, e comunque, mantenere un volume vitale garantito e adatto alla sopravvivenza degli occupanti².

Le prestazioni, richieste alle strutture, sono riassunte nei concetti di protezione passiva degli occupanti o sicurezza passiva. La materia è ampiamente tratta a livello di autoveicoli. Essa è costituita dallo Studio, e dalla realizzazione di strutture atte ad assorbire l'energia cinetica durante l'urto e a salvaguardare gli occupanti dalle interferenze con le strutture interne, eliminando le proiezioni degli occupanti al di fuori del veicolo stesso, e infine proteggendo il volume vitale dall'intrusione di corpi esterni (Cellula Resistente)³.

Ripensare la progettazione dall'interno verso l'esterno

Perché il progetto della fusoliera dell'aereo deve partire dall'interno cabina?

Perché ovviamente il carico pagante, costituito dai passeggeri, è quanto di più prezioso da proteggere e preservare durante un incidente aereo. Di seguito si mostra una schematizzazione di strutture di pavimento fusoliera illustrate nella pubblicazione FAA ADS-24 - "Technical Report ADS - 24 - CRASHWORTHY DESIGN PRINCIPLES"⁴.

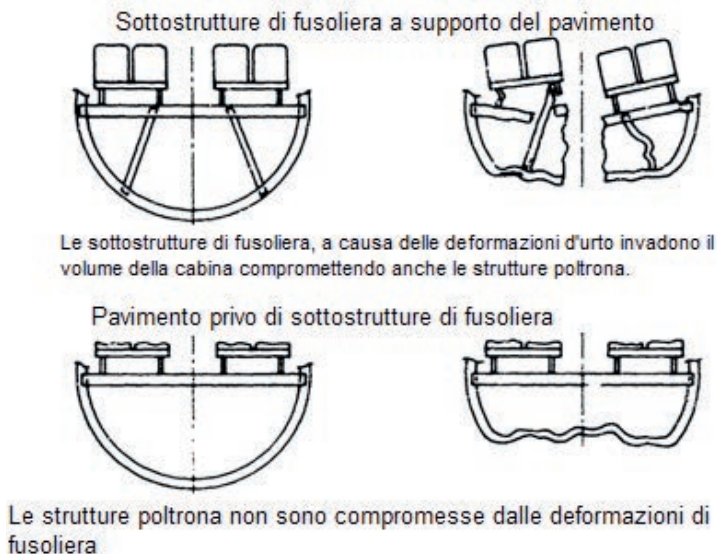


Figura 2: "Confronto tra strutture ed effetti della deformazione da urto".(Rif. 3)

Guardando la figura 2 dall'alto in basso si nota come le prime strutture sono concepite con mere considerazioni di efficienza strutturale, non riferite alla conservazione della parte di pavimento cabina, mentre le seconde sono progettate con lo scopo di preservare anche un volume vitale all'interno della cabina passeggeri. Per quest'ultima configurazione tutte le strutture cabina s'incaricano di assorbire l'energia dell'urto, mediante deformazioni evitando di trasmettere le sollecitazioni nei vani abitati dai passeggeri.

In ultimo la figura 2 mostra come alcuni concetti di robustezza strutturale finalizzati ad aumentare la rigidità delle sottostrutture di pavimento cabina hanno un effetto deleterio nel caso di sollecitazioni inusuali come quelle generate durante un incidente aereo, perché compromettono il volume cabina. Di contro una struttura meno rigida, ma più deformabile, è in grado di assorbire l'energia d'urto e preservare lo spazio vitale della cabina. Ancora una volta ritorna il concetto di giusto compromesso tra necessità di robustezza strutturale finalizzata a un'efficienza strutturale classica e l'aumentata attitudine delle strutture circostanti alla cabina ad assorbire le energie d'urto mediante deformazione.

Le richieste del mercato, un punto di partenza

Dire che il mercato richiede aeromobili sempre più capienti, veloci ed efficienti non è una novità. In questi ultimi anni si è assistito a un au-

mento di alcune caratteristiche tipiche degli aeromobili commerciali. In particolare, la capienza e l'autonomia. Tali caratteristiche sono state in parte espressamente richieste da mercato e in parte determinate dai costruttori di aeromobili sulla base di previsioni. Nella figura 3 si nota una struttura di fusoliera agli albori dell'era dei trasporti commerciali che anticipava alcune soluzioni tecniche, per rispondere alle esigenze già menzionate.

Processo di progettazione e ruolo della certificazione

Prima di addentrarci nella certificazione delle strutture di aeromobili dobbiamo esaminare brevemente i processi che danno luogo alla progettazione delle strutture secondarie.

Idealmente un processo di progettazione si può considerare un sottoinsieme del macro-processo d'ideazione e realizzazione.

Una schematizzazione d'uso comune prevede alcuni momenti fondamentali, che nella loro estrema sintesi sono denominati :

- ITCM: Una sorta di riunione iniziale a valle dell'emissione delle specifiche tecniche incluse nel contratto. A questa riunione partecipano tutti gli attori della progettazione/certificazione. Il documento tipico che riassume le decisioni prese nell'ITCM è molte volte denominato SoW - "Statement of Work";
- PDR: È il momento ove il progetto prende forma e dove sono presentati i disegni preliminari. In genere da questo momento in poi s'iniziano a pianificare le attività necessarie per certificare l'oggetto della progettazione, comunicando formalmente alle autorità competenti per l'approvazione dell'oggetto in questione, gli estremi del progetto;

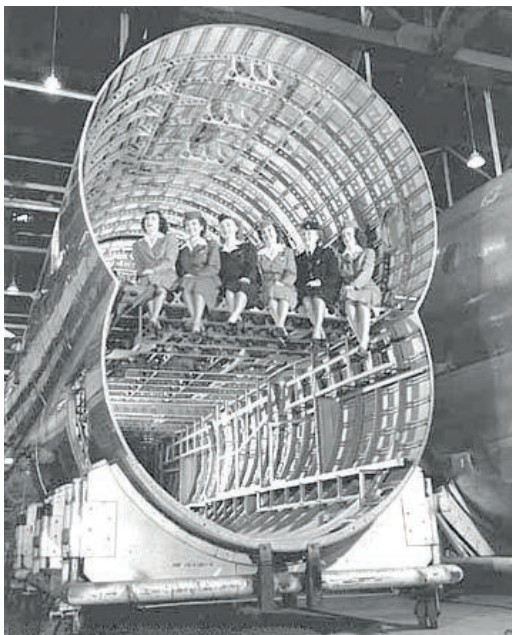


Figura 3: "Architettura di una sezione maestra di fusoliera agli albori dell'era dei trasporti commerciali". (Rif. 12)

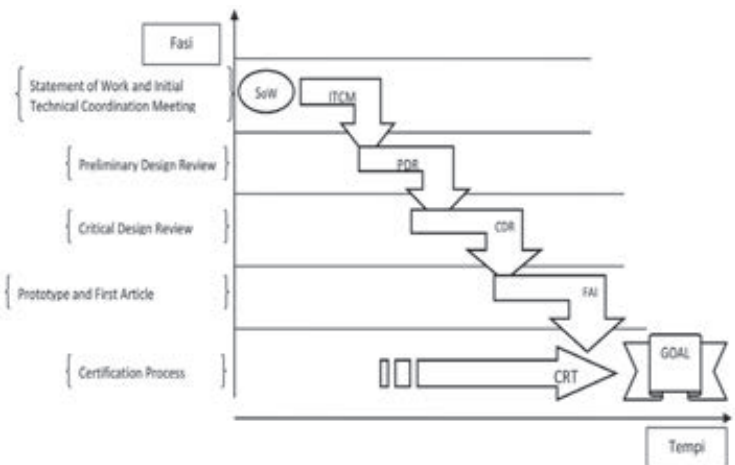


Figura 4: Schema del processo di progettazione



- CDR: È il momento in cui le soluzioni progettuali, definite critiche sono valutate e approvate. La definizione di soluzione critica significa che l'inadeguatezza manifesta delle architetture di progetto intraprese, scoperta a posteriori di tale momento, comprometterebbe il progetto e tutto il programma, fino a determinarne il suo fallimento. A valle di questo momento la Base di Certificazione⁵ è decisa, quindi la fase di certificazione è iniziata e terminerà con l'esecuzione e approvazione formale dei test/rapporti finali e relazioni di calcolo.

Nella figura 4 si riporta uno schema modello "Gantt" di un processo di progettazione con l'attività di certificazione posta in parallelo. La certificazione delle parti di un interno cabina è parte integrante del processo di progettazione.

Il ruolo della Certificazione nello sviluppo di un progetto

- Come si certifica il progetto. I processi di certificazione sono essenzialmente di due tipi, dimostrazioni analitiche mediante

calcoli e analisi razionali (Comprese relazioni di comparazione per certificazioni che si basano su articoli⁶ già certificati), oppure esecuzione di prove pratiche tese a dimostrare la rispondenza di un articolo di prova ai requisiti applicabili. Il suddetto articolo di prova deve essere rappresentativo degli articoli di serie a esso collegati. Più spesso, nella pratica attuazione di un processo di certificazione, sono utilizzate ambedue le tecniche, questo per aumentare l'efficacia della capacità dimostrativa e di rispondenza alle normative e contenendo al minimo i costi di certificazione.

Il ruolo delle Normative

Tutti i progetti ben fatti sono di successo, a patto che rispettino i dettami delle normative. Le normative in ambito aeronautico, specialmente nella progettazione giocano un ruolo importante, forniscono i requisiti minimi affinché un progetto sia accettabile e quindi certificabile. Ovvero che il progetto sia conforme agli standard di aeronavigabilità.



Le autorità aeronautiche, essendo responsabili della certificazione degli aeromobili e loro componenti forniscono i requisiti in varia forma documentale.

Con riferimento alle strutture cabina, l'autorità aeronautica europea EASA, per esempio, fornisce i requisiti in forma di Specifiche di Certificazione "Certification Specification" (CS).

Di seguito si elencano le "Specifiche di Certificazione" applicabili alla maggior parte degli aeromobili (Partendo da aeromobili di aeronautica generale e arrivando ad Aeromobili di tipo commerciale).

- EASA CS 23 Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes;
- EASA CS 25 Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes;
- EASA CS 27 Certification Specifications for Small Rotorcraft;
- EASA CS 29 Certification Specifications for Large Rotorcraft;

L'ambito in cui l'attività di Progettazione/certificazione si svolge, è tipico di organizzazioni specifiche.

Queste organizzazioni saranno accennate nel paragrafo Certificazione delle Organizzazioni.

Si rimanda ai paragrafi successivi per una descrizione più generale della struttura delle normative emesse dall'EASA.

Le strutture cabina - CS25 Sub. C – "Structure" – "EMERGENCY LANDING CONDITIONS"

Considerando la CS 25, che tratta degli aeromobili più grandi e addentrandoci nei suoi capitoli, si costata che la sua Sottoparte C "Strutture", elenca tutti i carichi cui un aeromobile deve essere verificato ai fini della sua certificazione. Per meglio dire tutti i carichi derivanti dal suo inviluppo di volo.

Ai fini di questa esposizione, restringiamo il campo d'attenzione all' "EMERGENCY LANDING CONDITIONS", che da come dice il titolo parla di "condizioni di atterraggio in emergenza" e che inizia con paragrafo 25.561. Inoltre,



Figura 5:
"2012 Boeing 727
crash experiment" (Rif. 8)

per dovere di completezza si dovrà accennare alla resistenza delle strutture al fuoco, in termini di resistenza all'infiammabilità e propensione all'auto estinzione.

Tutte le condizioni elencate nei paragrafi 25.xxx sono applicabili considerando un urto sopravvivibile o minore.

Un urto sopravvivibile o minore è definito come, un urto in cui le forze che si sviluppano sono tollerabili dal corpo umano, l'integrità dello spazio cabina è mantenuto dopo l'urto, e l'ambiente cabina e le sue strutture sono tali da garantire la rapida evacuazione dell'aeromobile.⁸

Ad esempio, una condizione d'urto di cui sopra, si può verificare nei seguenti casi:

- Urto a seguito di un mancato decollo;
- Atterraggio lungo con urto a fine corsa;
- Atterraggio con assenza di carrello o altri sistemi d'atterraggio;
- Ammaraggio ove non previsto.

In figura 5 un momento della sequenza d'atterraggio di un aviogetto di linea per simulare la

condizione di atterraggio d'emergenza e per verificare la sopravvibilità all'incidente.

Per quanto detto sopra si perviene alla necessità di Resistenza strutturale al Crash (e resistenza al fuoco).

I principali paragrafi della norma che regolamentano i requisiti per garantire i livelli minimi di sicurezza in cabina, a fronte di tali condizioni d'urto sono:

- CS 25.561 General (ove sono descritti i fattori di carico statistici);
- CS 25.562 Emergency landing dynamic conditions (che parla essenzialmente della resistenza delle strutture delle poltrone valutate con carichi dinamici);
- CS 25.853 Compartment interiors (che parla essenzialmente della sicurezza dei locali cabina ma con riguardo alla resistenza al fuoco).

Resistenza strutturale all'urto come requisito iniziale

L'esecuzione di un progetto che tenga conto dei minimi requisiti della resistenza strutturale, prevede che sin dall'inizio le filosofie costruttive considereranno i carichi dovuti agli urti e manovre che non si verificano nelle normali condizioni di servizio.

Nella figura 6 vi è uno schema tra sezioni maestre di fusoliera, tradizionali, e quelle predisposte per la resistenza a un urto.

Le strutture primarie che hanno delle prestazioni anche dal punto di vista del "crashworthiness", dovranno essere pensate non solo in base ai carichi derivanti dall'involuppo di volo, ma anche considerando l'eventualità di carichi inerziali eccezionali dovuti all'urto, magari anche a scapito di una certa efficienza strutturale e/o finezza aerodinamica.

DELETHALIZATION-Protezione degli occupanti dagli urti interni nella cabina

Ovvero la capacità delle strutture d'interno cabina di prevenire decelerazioni a carico del corpo degli occupanti superiori ai limiti fisiologici, fornire un sicuro ancoraggio durante la decelerazione dell'aeromobile, prevenire il distacco delle struttu-

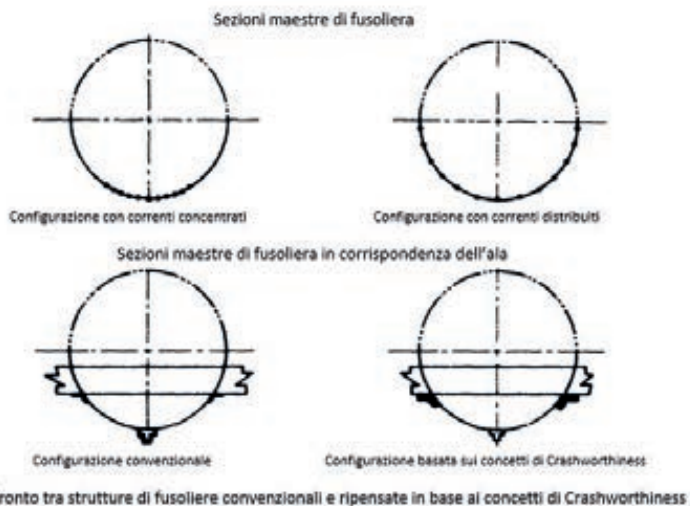


Figura 6: "Confronto tra Strutture di fusoliera" (Rif. 3)

re adiacenti ai passeggeri e non ultimo, prevenire il contatto degli occupanti con strutture rigide. Un particolare tipo di valutazione del grado d'innocuità delle strutture è condotto mediante la prova di HIC descritta in seguito.

Possibilità di evacuare la carlinga in tempi e modi sicuri

Altro tema da tenere in considerazione è l'evacuazione dello spazio cabina, post crash.

È intuitivo pensare che, per dei superstiti, minore sia il tempo di permanenza a bordo di un aeromobile incidentato, maggiore sia la possibilità e la condizione di sopravvivenza.

La normativa è molto attenta al concetto d'evacuazione d'emergenza e i seguenti paragrafi si applicano per i requisiti di sopravvivenza ed evacuazione post urto:

- CS 25.785 Seats, berths, safety belts and harnesses;
- CS 25.803 Emergency evacuation;
- CS 25.807 Emergency exits;
- CS 25.809 Emergency exit arrangement;
- CS 25.810 Emergency egress assist means and escape routes.

Il primo paragrafo si preoccupa di come garantire un ancoraggio sicuro del passeggero alle strutture cabina.

Tutti gli altri forniscono dei requisiti a cui il progettista deve far riferimento, per far sì che il volume cabina sia evacuabile sia in condizioni normali sia di post urto. È ovvio che tali requisiti determinino alcuni vincoli a cui il progetto è sottoposto, ad esempio le dimensioni delle vie di fuga sia in condizioni di fusoliera non deformata che in condizioni di fusoliera deformata post urto.

La figura 7 schematizza i percorsi d'evacuazione di un tipico volume di fusoliera con evidenziate le vie di fuga.

Mentre la foto 8 mostra un momento delle prove d'evacuazione richieste dalla CS 25.803

“Dimostrazione dell’Evacuazione d’Emergenza”

Nella prova in figura 8, la configurazione dell'interno cabina dovrebbe essere quella alla densità massima prevista. Il requisito descritto nella CS 25.803 richiede che in 90 secondi tutto il volume occupato dai passeggeri deve essere evacuato. La densità massima di passeggeri ospitabili non è un requisito, però ai fini di un risultato di certificazione durevole nel tempo e che tenga conto dei futuri sviluppi di layout della cabina, la configurazione a densità massima certificata permette una facile certificazione di configurazioni a densità inferiore, mediante processi di confronto e senza ripetizione del test mostrato, che com'è facile pensare ha dei costi elevati.

Una particolare struttura secondaria “La poltrona Aeronautica”

Con riguardo alle condizioni di emergenza le

CS XX.562 parla di poltrone, perché in ultima analisi è ciò che contiene l'elemento più prezioso da tutelare, l'essere umano. In figura 9 una schematizzazione della poltrona aeronautica e dei suoi componenti.

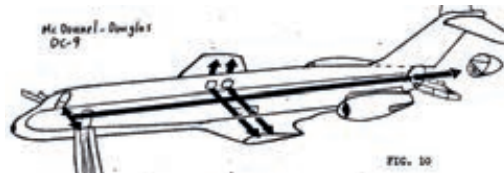


Figura 7: “Schema dei percorsi di evacuazione “ (Rif.1)



Figura 8: “Prove di evacuazione d'emergenza - Certificazione Airbus A380” (Rif. 11)

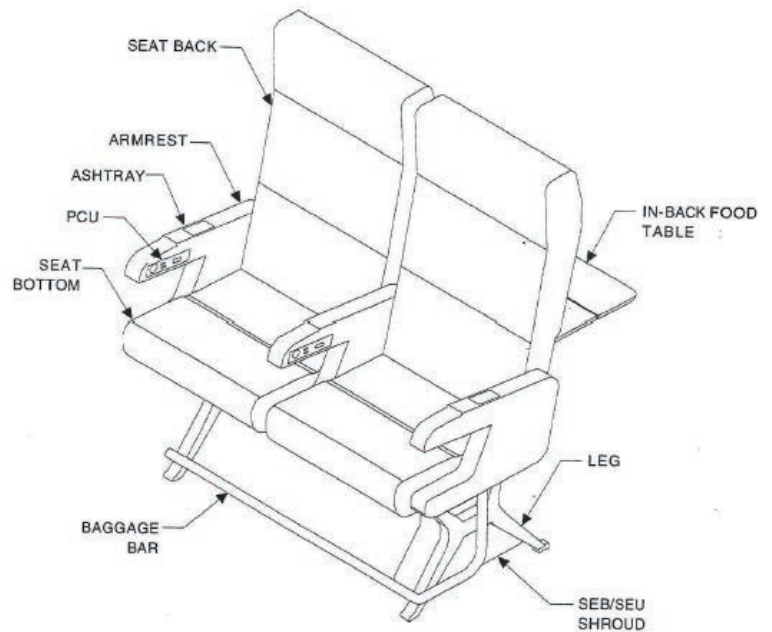


Figura 9: Assieme tipico di una poltrona passeggeri-Fonte Documenti Boeing D6-36230. (Rif. 14)

Il concetto di struttura del posto seduta, ovvero della particolare struttura d'interno cabina che accoglie il passeggero durante le normali fasi di volo e lo protegge in caso d'incidente è insita nella definizione di "Incidente Sopravvivibile" così come enunciata nei primi documenti di "Aircraft Crashworthiness" e poi ripresa nell'AC 25-17 dell'FAA.

A questo punto raffiniamo la definizione di urto sopravvivibile e contestualizzandola al sistema "poltrona" *Un incidente sopravvivibile se le forze trasmesse dalla poltrona e sistemi di ritenzione all'occupante, sono tali che i loro effetti non superano la tolleranza del corpo umano, prevenendo al contempo la proiezione dell'occupante e l'impatto dello stesso contro strutture contundenti.* (Rif. 13) Da ciò si comprende l'importanza di una specifica struttura secondaria come la struttura della poltrona aeronautica riveste nell'abito delle strutture aeronautiche.

Nella figura 10 si osserva un frame di telecamera ad alta velocità che rappresenta uno dei crash test (16g FWD) secondo i requisiti della CS 25.562. Da tale immagine si nota la poltrona deformata a causa della sollecitazione dei carichi inerziali rappresentati consistentemente dalle masse dei manichini sottoposti a decelerazione. Tali test forniscono la confidenza, che la struttura delle poltrone sollecitata mediante simula-

zione dinamica, nelle condizioni più gravose, permette di garantire un sicuro ancoraggio dei passeggeri alle strutture cabina durante l'urto. Inoltre, tale test permette di apprezzare anche la deformazione permanenti delle strutture, e quindi fornisce una misura degli spazi residui all'interno di una cabina in condizioni di post urto, al fine di garantire un passaggio minimo e quindi di evitare l'intrappolamento del passeggero.

Inoltre, ancora un immagine (figura 11) di un test a 16G per la valutazione dell'HIC, ovvero dell'indice delle Lesioni Cerebrali subite durante un urto interno tra poltrone di prima fila e un arredo interno cabina tipo paratia o altro.

Panoramica sui carichi di certificazione per una struttura di una poltrona aeronautica

Entrando nel merito dei requisiti più noti per la certificazione di una poltrona aeronautica, di seguito si riportano i test da effettuare tipici per la certificazione di poltrone passeggeri, e che danno luogo alle immagini dei test prima visti.

Per i sedili forward (con seduta nella direzione di volo) e aft facing (con seduta contro marcia) sono previste due tipologie di prove che simulano una condizione di impatto (crash test):

Test #1 in cui la direzione del carico dinamico ha una componente verticale (prevalente) e una orizzontale, questo test è in genere detto

Figura 10:
"Frame dal video di
una prova di
Crash- Poltrona
passeggeri" (Rif. 9)



Figura 11:
"Frame dal video
- HIC Test"-
(Per gentile concessione
delle Optimares SpA) (Rif. 10)



“Down” a causa della sua prevalente componente verticale del moto e dovrebbe rappresentare il primo impatto dell’aeromobile con il terreno;

Test #2 in cui la direzione del carico dinamico è orizzontale con una componente forward (allineata alla direzione di volo), prevalente e una laterale. Questo test è generalmente detto “Forward” a causa della sua componente pressoché orizzontale e dovrebbe rappresentare un impatto, magari finale dell’aeromobile con un

ostacolo a fondo pista o comunque con un ostacolo alla fine della corsa di decelerazione finale. Per i sedili side facing (installati a 90° rispetto alla direzione di volo) sono previste ulteriori prove dinamiche intese a controllare che i carichi sulla spina dorsale e sui femori degli occupanti siano al di sotto dei limiti di sopravvivenza.

I sedili installati ad angoli diversi (oblique seats) sono attualmente oggetto di studi.

Comunque, tornando a parlare delle prove di

	CS 23		CS 25		CS 27 / 29	
	TEST #1 pilota pax	TEST #2 pilota pax	TEST #1	TEST #2	TEST #1	TEST #2
min. V [m/s]	9,45	12,80	10,67	13,41	9,14	12,80
max. t_r [s]	0,05 0,06	0,05 0,06	0,08	0,09	0,031	0,071
min. G	19 15	26 21	14	16	30	18,4
Deformaz. roll [°]	0	10	0	10	10	10
pitch [°]	0	10	0	10	10	10

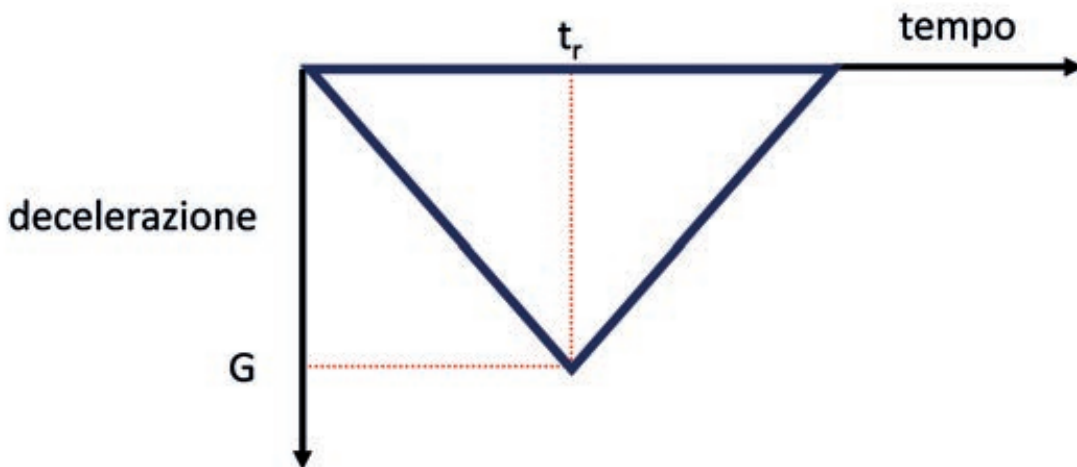


Figura 12:
“Tabella e schema
dei carichi di prova
dinamica” (Rif. 6)



certificazione, i seguenti parametri sono oggetto di valutazione:

- La resistenza strutturale del sedile;
 - o Deformazione del pavimento. (Ovvero simulazione del pavimento deformato ed eventuali effetti sulle pedaliera);
- La capacità delle cinture di sicurezza di assolvere il loro compito (Ritenzione del passeggero).

- o Tra le caratteristiche che sono controllate si annoverano: La resistenza delle cinture senza danni (Minimi sfibramenti sono accettabili), la resistenza e le condizioni dei relativi attacchi;
- o La posizione delle cinture così come la forma del piano di seduta deve essere congeniata in modo tale da evitare il “submarining” (Ovvero lo sfilamento

$$HIC = \left\{ (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2.5} \right\}_{MAX}$$

HIC = Massimo della funzione sopra riportata.

Dove:

t1 è il tempo iniziale d'integrazione – espresso in secondi-

t2 è il tempo finale d'integrazione – espresso in secondi;

(t2-t1) è la durata dell'impatto più intenso – espressa in secondi;

a(t) è la decelerazione misurata nel centro di gravità della testa del manichino ed espressa in multipli di “g”.

Figura 13:
“Formula di calcolo dell'indice HIC” (Rif. 6)



dell'occupante sotto la cintura);

- o L'eventuale spallaccio, parte della cintura che assolve alla ritenzione della parte superiore del corpo, deve rimanere al suo posto e il carico deve essere inferiore a 794 kg (1750 libbre) su ogni scapola;
- Il carico lombare deve risultare inferiore a 680 kg (1500 libbre), questo tipo di verifica è effettuata durante il test n 1;
- L'HIC (Head Injury Criterion), che deve essere inferiore a 1000.
- L'HIC è definito come il massimo di una funzione che tiene conto della decelerazione subita dalla testa di un manichino durante l'urto su strutture adiacenti e raggiungibili dalla traiettoria della testa del manichino stesso, a causa della proiezione della parte superiore del corpo dovuta alla decelerazione dell'aeromobile.
- Nella figura 13 è riportata la formula con cui si calcola l'HIC.

Inoltre, vi è una serie di altri requisiti sempre finalizzati a rendere la cabina dell'incidentato aeromobile, in grado di non pregiudicare la vita degli occupanti.

I metodi di rispondenza

Come annunciato soffermiamoci sui metodi per dimostrare il soddisfacimento dei requisiti.

Notoriamente i metodi di progettazione di strutture aeronautiche si basano su tecniche di calcolo e verifica degli elementi strutturali sottoposti ai carichi aerodinamici/inerziali etc. derivanti dalle varie fasi di volo espresse nell'involuppo di volo.

Le normative quindi elencano valori minimi e fattori di sicurezza con cui tali calcoli e simulazioni debbono essere confrontati e verificati al fine di sostanziare la rispondenza delle strutture progettate ai requisiti di aeronavigabilità previsti.

Anche per la rispondenza delle strutture secondarie e in particolare per quelle responsabili della sopravvivenza degli occupanti, la normativa come si è visto prevede fattori di carico e fattori di sovradimensionamento ai fini del soddisfacimento delle condizioni di aeronavigabilità.

È importante notare che la normativa privilegia il metodo sperimentale per la dimostrazione di rispondenza delle strutture ai requisiti. (Rif.: CS 25.)^o. Per cui la dimostrazione di rispondenza tramite prova in scala reale è l'ovvia conseguenza e la naturale traduzione in pratica degli accertamenti da fare.

La normativa permette comunque l'utilizzo di metodi teorici come analisi di calcolo e relazioni di comparazione etc. È chiaro che tali metodi di rispondenza possono essere meno laboriosi e più economicamente approcciabili almeno a prima vista, ma l'esperienza pratica della conduzione di una attività di certificazione, inserita in un processo completo di progettazione, ha dimostrato che la rispondenza via test mantiene una sua validità e concretezza, aldilà delle problematiche pratiche da risolvere.

Comunque, considerando il metodo pratico si deve porre attenzione ai seguenti aspetti:

Produzione dei Documenti (test plan, report ...) condivisi e approvati dall'autorità; Produzione

di un articolo di prova rappresentativo dei dati di progetto; Disponibilità di un Laboratorio approvato per l'esecuzione di un set up di prova conforme ai piani di prova; Attività metrologiche attinenti alle prove da eseguirsi; Gestione dei programmi di prova.

Invece per le rispondenze teoriche e/o essenzialmente documentali, le attività da porre in evidenza sono: Documenti di Calcolo, calcoli tradizionali con l'utilizzo di modelli in formula chiusa, calcoli mediante metodi iterativi (FEM etc.) ma con la preventiva validazione del modello computerizzato. Simulazione in scala ridotta o via computer, sempre previa validazione del modello. Comparazione con analisi. Quest'ultima tecnica è possibile se disponibile di un precedente articolo certificato e/o di un elemento di comparazione idoneo a condurre un'analisi comparativa. Inoltre, si deve anche poter dimostrare che l'articolo oggetto di nuova certificazione possieda delle caratteristiche/prestazioni superiori all'articolo già certificato, in modo da far risultare positiva l'analisi di comparazione e dimostrare che i minimi requisiti dell'articolo oggetto di certificazione siano rispettati.

La scelta di un'attività di certificazione mediante prove pratiche o invece soltanto con analisi computazionali e strumenti di calcolo è sempre ardua, e come già detto, molte volte solo la strada tracciata dalle esperienze pregresse può condurre alla pianificazione più razionale e valida.

Infatti, eccezion fatta per le relazioni di calcolo e relazioni di comparazione semplici e intuitive, per i metodi numerici il problema delle valida-

zioni, necessita di investimenti e prove pre-certificative mirate che confermino la validità dei modelli che si vogliono utilizzare.

I metodi sopra descritti fanno parte di processi comunque estesi e per ognuno di essi necessiterebbe una trattazione dedicata che non presentiamo onde evitare di tediare il lettore.

Certificazione delle organizzazioni

Le attività di certificazione di un qualsiasi progetto complesso, come quello aeronautico, prevedono la loro esecuzione in ambiti di organizzazioni più o meno specializzate.

Generalmente codeste organizzazioni costituiscono l'asse portante degli uffici di progettazione dei costruttori di aeromobili, ma possono esistere anche come ditte specializzate che eseguono tutto il ciclo progettuale delle cosiddette strutture primarie o secondarie.

Tali organizzazioni sono regolamentate da normative europee, nello specifico l'Annesso I (Part-21) del Regolamento (EU) No 748/2012 della Commissione Europea¹⁰ tratta della quasi totalità delle tipologie di queste organizzazioni. Considerando gli albori dell'industria aeronautica, non si nota una netta separazione tra le organizzazioni di progettazione e le organizzazioni di produzione. In altre parole, nelle organizzazioni dei primi costruttori di aeromobili non vi era separazione netta tra la parte di organizzazione che progettava e quella che eseguiva la costruzione dell'aeromobile. Ma a causa della caratterizzazione sempre più specialistica delle attività, condotte dalle attuali grandi organizzazioni aeronautiche, questa separazione si è ma-

“Certification of the Organizations” EASA Implementing rules- Part 21

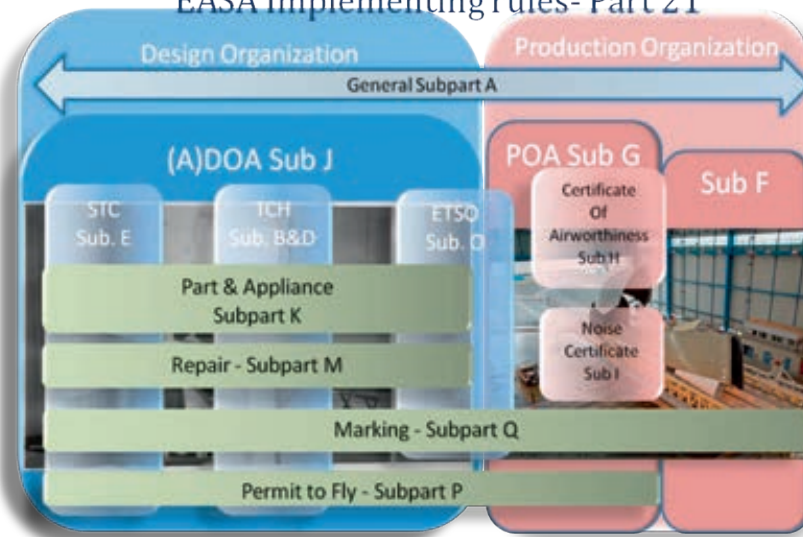


Figura 14:
L'interazione tra organizzazioni di Progettazione/Produzione e le principali parti della norma. (Rielaborazione di una figura - corso EASA part 21)

nifestata e poi accentuata, al punto che le due entità, per alcuni gradi costruttori d'aeromobili, risultano separate e distinte.

Quindi l'autorità europea EASA, per regolamentare al meglio queste organizzazioni, ha volutamente schematizzato la normativa mediante le due entità organizzative principali. Le prime per la realizzazione del progetto, ovvero le organizzazioni di progettazione e le seconde (ovviamente non per importanza) per la messa in pratica e la industrializzazione della produzione di quanto progettato, ovvero le organizzazioni di produzione.

Le due organizzazioni, anche se idealmente concepite per operare in sequenza, nella loro pratica attività operano mediante processi variamente interconnessi, i quali prevedono molte volte complicati schemi di "controreazione", necessari ad affinare la validità dei loro risultati. La figura 14 dà un'idea della complessa interazione che esiste tra queste organizzazioni anche dal punto di vista della normativa, che regola i requisiti di costituzione e di attività delle organizzazioni stesse.

È da notare come alcune sottoparti della normativa interessino trasversalmente i due gruppi di organizzazioni.

Anche l'argomento della strutturazione delle organizzazioni e le loro reciproche interazioni è molto ampio e richiede una trattazione separata rispetto al presente articolo.

Ruolo dell'ingegnere nell'ambito delle suddette organizzazioni

L'ingegnere progettista o facente parte di un ufficio di progettazione è la collocazione professionale più ovvia nell'ambito delle organizzazioni costituenti il lato design. Parte sinistra azzurra della figura 14.

Mentre nel lato Produzione, le figure gestionali sempre con curriculum tecnico (Es.: Ingegnere gestionale etc.) sono più impiegabili.

Tuttavia, parlando del lato Design, altri ruoli possono essere ricoperti da figure professionali equiparabili a quelle di un ingegnere, specialmente in organizzazioni complesse che prevedono strutture di controllo e certificazione del prodotto progetto eseguito.

Analizzando un tipo struttura DOA (EASA Part 21 Sub. J-Struttura approvata dall'EASA per la progettazione)¹¹, possiamo individuare le tre sottostrutture principali:

- Un dipartimento di progettazione;
- Un dipartimento di Aeronavigabilità;
- Un dipartimento di controllo indipendente¹².

Ovviamente in ognuno dei primi due dipartimenti l'ingegnere può operare come dipendente o come consulente esterno. Inoltre, può ricoprire i diversi livelli nelle rispettive scale gerarchiche delle soprastanti strutture, finanche ad assumere il ruolo di responsabile delle sottostrutture o dell'intera struttura stessa (Es.: HDO).

Sempre con riferimento alle strutture DOA, un'importante figura è il CVE (Compliance Verification Engineer). Ovvero l'ingegnere (o Equiparato) responsabile della verifica della rispondenza del progetto ai requisiti delle varie CS applicabili. Quindi, verifica di conformità dei metodi e validità dei risultati delle attività dimostrative eseguite (Prove, calcoli/comparazioni).

Il CVE deve essere indipendente dalle attività di progettazione e certificazione eseguite e può essere assunto in pianta stabile dall'organizzazione, se le dimensioni della stessa lo giustificano, o collaborare come professionista esterno per organizzazioni più piccole che eseguono attività di progettazione occasionale.

Le competenze necessarie per essere professionalmente adeguati, sono sia di tipo aeronautico sia meccanico, oppure competenze più specifiche a seconda dei sistemi trattati (Esempio competenze Elettroniche/Elettromeccaniche etc.). Una predisposizione alle attività gestionali, specialmente per le figure che si occupano della gestione dei programmi di progettazione/certificazione, è comunque richiesta.

È da notare che la diversificazione dei numerosi equipaggiamenti presenti a bordo di un aeromobile ha comportato una profonda specializzazione dei professionisti all'interno di ogni organizzazione, i quali quindi restano legati alla specifica area di progettazione tipica dell'equipaggiamento con cui hanno fatto esperienza.

Conclusioni

Così come annunciato nell'introduzione, la vastità degli argomenti trattati, e il suo taglio volutamente divulgativo, permette di dare solo un accenno delle problematiche e metodologie in uso per la gestione di un programma di progettazione/certificazione di strutture secondarie d'interno cabina, però alcune considerazioni sono possibili:

La progettazione cabina va sempre più evolvendosi come una branca separata e distinta della progettazione delle strutture secondarie degli aeromobili.

Le maggiori differenze si possono notare nei requisiti, a volte contrastanti con quelli tipici delle strutture aeronautiche primarie.

Gli scopi delle strutture d'interno cabina sono di confort, creazione di habitat consono alla presenza di esseri umani e soprattutto la capacità di preservare l'incolumità dei passeggeri in caso d'emergenza.

Il ripensare la struttura cabina partendo dall'interno, ovvero da punto di vista dell'occupante è una filosofia progettuale applicabile e fruttifera.

L'ingegnere che vuole cimentarsi con queste opportunità professionali si troverà a confrontarsi in concreto con i concetti esposti nel presente articolo.

Note

1. Le strutture secondarie sono identificate per esclusione a quelle non appartenenti alle strutture primarie.
Una definizione di struttura primaria può essere trovata nel AC 23-13 "*Fatigue, Fail-Safe, and Damage Tolerance Evaluation of Metallic Structure for Normal, Utility, Acrobatic, and Commuter Category Airplanes*". Ovvero le strutture che sopportano i carichi di volo e di esercizio in genere, e che in caso di cedimento compromettono integrità di tutto l'aeromobile con conseguenze gravi per gli occupanti (Rif. 15);
2. CS 25 - CS 25.561 General – (Rif. 6);
3. A. Segal – "Designing a sailplane safety cockpit"- from Sailplane & Gliding -free flight 6/98- (Rif. 4);
4. (Rif. 3);
5. Per Base di Certificazione s'intende l'insieme delle normative e relativi requisiti su cui è basata la certificazione dell'articolo;
6. Per articolo s'intende sia l'aeromobile completo sia una sotto parte e/o equipaggiamento;
7. L' EASA CS 25 "European Aviation Safety Agency - Easy Access Rules for Large Aeroplanes (CS-25) (Amendment 21)" insieme con le altre Specifiche in elenco, sono pubblicate nel sito EASA - (Rif.6);
8. FAA AC25-17 "Transport airplane cabin interiors crashworthiness handbook" (Rif. 16);
9. CS 25.21 "proof of compliance"- (Rif. 6);
10. European Aviation Safety Agency - Easy Access Rules for Airworthiness and Environmental Certification (Regulation (EU) No 748/2012) - Sottoparte J. (Rif. 7);
11. Easy Access Rules for Airworthiness and Environmental Certification (Regulation (EU) No 748/2012) – Annex I- Subpart J (Rif. 7);
12. Struttura indipendente e responsabile dell'accertamento e della verifica del funzionamento del processo di progettazione come stabilito dalle procedure interne all'organizzazione;

Riferimenti

1. "Sistemazione Interna e arredamento dei Velivoli da Trasporto " Sergio CHIESA - Maggio 1981- Cooperativa Libreria Universitaria Torinese- Editrice;
2. Angelo Raffaele Bibbo _ Costruzioni Aeronautiche – IBN Editore. ISBN 88-86815-61-1 – Stampa del Marzo 2002;
3. FAA ADS-24- TECHNICAL REPORT ADS – 24 – "CRASHWORTHY DESIGN PRINCIPLES" by D. L. Greer, J. S. Breedon, and T. L. Heid General Dynamics Convair, San Diego, Calif. Under Contract No. FA-WA-4583 FAA ADS- September 1964;
4. Designing a sailplane safety cockpit- Tony Segal - from Sailplane & Gliding - 6/98 free flight;
5. A Method for Aircraft Concept Selection Using Multicriteria Interactive Genetic Algorithms Michael Buonanno and Dimitri Mavris Aerospace Systems Design Laboratory, Georgia Institute of Technology NASA Technical Advisor: Craig Nickol Final report for GSRP Grant NGT-1-02006 June 2005;
6. European Aviation Safety Agency - Easy Access Rules for Large Aeroplanes (CS 25) (Amendment 21) – Published November 2018- Per le altre CS(CS 23, CS 27, CS 29; vedi EASA Web site: www.easa.europa.eu/regulations);
7. European Aviation Safety Agency - Easy Access Rules for Airworthiness and Environmental Certification (Regulation (EU) No 748/2012) - Published February 2018;
8. Boeing 727 crash test experiment 27/04/2012 Discovery Channel - Source: Wikipedia 2012 Boeing727 crash experiment - https://en.wikipedia.org/wiki/2012_Boeing_727_crash_experiment;
9. VIDEO: Testing structural performance of seats - By Mary Kirby - <https://runwaygirlnetwork.com/2013/12/30/video-testing-structural-performance-of-seats/> -
10. VIDEO: HIC Front Row DBL A330-200- Provided courtesy by Optimares SpA.
11. YouTube- A380 Evacuation Systems Slides - Slides Rafts- Billy Martins - Pubblicato il 18 mag 2010;
12. Boeing 377 Stratocruiser fuselage cross section; image from - tdpri.com;
13. General Aviation Aircraft Crashworthiness an Evaluation of FAA safety Standards for protection of Occupant in Crashes- prepared for The Aircraft Owners and Pilots Association.7315 Wisconsin Avenue Washington, D.C. 20014 - by Richard G. Snyder, Ph.D.-The Highway Safety Research institute. Institute of Science and Technology-The University of Michigan Ann Arbor, Michigan 48181- Final Report UM-HSRI-81-10 dated 15 MAY, 1981;
14. Boeing D6-36230 Rev H - "Passenger Seat Design and Installation Criteria" BB12759-02/11/98;
15. AC 23-13 Fatigue, Fail-Safe, and Damage Tolerance Evaluation of Metallic Structure for Normal, Utility, Acrobatic, and Commuter Category Airplanes: Ultima edizione del 29-09-2005. https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/22090;
16. FAA AC No: 25-17A TRANSPORT AIRPLANE CABIN INTERIORS CRASHWORTHINESS HANDBOOK – 18/05/2019 - https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_25-17A_CHG-1.pdf.

Indice delle figure

Figura 1 "Il compromesso progettuale" Il punto di vista dei vari responsabili. (Rif. 2)	10
Figura 2 "Confronto tra strutture ed effetti della deformazione da urto".(Rif. 3)	10
Figura 3 "Architettura di una sezione maestra di fusoliera agli albori dell'era dei trasporti commerciali". (Rif. 12)	11
Figura 4: Schema di processo di progettazione.	11
Figura 5 "2012 Boeing 727 crash experiment" – (Rif. 8)	14
Figura 6 "Confronto tra Strutture di fusoliera" (Rif. 3)	15
Figura 7 "Schema dei percorsi di evacuazione " (Rif.1)	15
Figura 8 "Prove di evacuazione d'emergenza - Certificazione Airbus A380" (Rif. 11)	15
Figura 9 –Assieme tipico di una poltrona passeggeri- Fonte Documenti Boeing D6-36230. (Rif. 14)	15
Figura 10 "Frame dal video di una prova di Crash- Poltrona passeggeri " (Rif. 9)	16
Figura 11 "Frame dal video - HIC Test" - (Per gentile concessione delle Optimares SpA) (Rif. 10)	16
Figura 12 "Tabella e schema dei carichi di prova dinamica" (Rif. 6)	17
Figura 13 "Formula di calcolo dell'indice HIC"(Rif. 6)	18
Figura 14-L'interazione tra organizzazioni di Progettazione/Produzione e le principali parti della norma. (Rielaborazione di una figura - corso EASA part 21).	20





a cura di
Ing. A. Avallone

Commissione
Project Management
in ambito industriale

visto da
Ing. G. Boschi
Ing. W. Reali

IL RUOLO DELLA PIANIFICAZIONE IN AMBITO ACQUISTI

Con il termine pianificazione in ambito aziendale, si può indicare un sistema attraverso il quale vengono definiti degli obiettivi e le azioni necessarie per raggiungerli. Gli obiettivi, invece, possono essere descritti come dei risultati misurabili da raggiungere entro un determinato limite temporale.

La pianificazione è diventata il pilastro di ogni tipo di organizzazione, rivestendo un ruolo fondamentale per il successo in ogni aspetto della vita aziendale.

A partire da metà del '900 sono iniziati a diffondersi i primi strumenti e metodologie per la pianificazione e per il controllo dei tempi, al fine di poter prevedere anticipatamente l'andamento del lavoro futuro e monitorarne i risultati, come ad esempio il diagramma di GANTT e lo studio scientifico del lavoro di Taylor.

Negli ultimi anni si sono diffuse, su scala globale, una serie di scuole di gestione dei progetti provenienti da diversi settori, tra queste, le più conosciute sono:

- Project Management Institute, fondata come organizzazione professionale a partire dal 1969 negli USA;
- Prince 2, sviluppato nel 1989 e fatta propria dal governo inglese per lo sviluppo di progetti informatici;
- IPMA (International Project Management Association), sviluppata in Europa nel 1967 e poi diffusasi a livello mondiale;
- ISIPM (Istituto Italiano di Project Management). L'Istituto è nato nell'ottobre del 2005 dall'iniziativa di alcuni esperti italiani di Project Management.

Nel 2012 è nato lo standard ISO 21500 per uniformare le tecniche di project management a livello internazionale.

La gestione dei progetti, nonostante le diverse scuole, si basa su un unico pilastro portante che è rappresentato dal "Ciclo di Deming" (Plan-Do-Check-Act).

Il primo elemento del ciclo è costituito dalla pianificazione (PLAN). Infatti, solo attraverso una corretta pianificazione è possibile proseguire correttamente nel lavoro progettuale.

La pianificazione non si esaurisce nell'analisi temporale, ma si tratta di andare a identificare tutti quegli elementi che andranno a costituire i mattoni della fase esecutiva (DO), individuando ad esempio chi gestirà ogni fase (OBS), i costi per ogni elemento di progetto (CBS), quali saranno i fornitori, quali rischi potrebbero verificarsi e come affrontarli.

La pianificazione è un elemento chiave non solo per il modello di business basato sulla gestione dei progetti, ma anche per la produzione in serie. In questo caso, infatti, è necessario valutare gli andamenti di mercato o lo stato delle scorte per poter stabilire come gestire la produzione futura. Basti pensare ai concetti della *Lean Production* e del *Just in Time* introdotti per la prima volta nella produzione da Toyota alla fine degli anni '80. Tali tecniche si basano sul miglioramento continuo, riduzione degli sprechi e gestione dei tempi, in linea con le richieste del cliente. Tutto ciò sarebbe irrealizzabile se non adeguatamente pianificato e continuamente corretto proprio come indicato dal ciclo di Deming.

L'area approvvigionamenti, intesa come l'insieme delle attività destinate a garantire un regolare flusso dei beni e servizi necessari all'impresa per sviluppare il processo di trasformazione, è stata negli ultimi anni oggetto di profonde modifiche.

Lo scenario odierno, altamente competitivo ed in continua evoluzione, spinge i mercati a divenire sempre più internazionali ed orientati al cliente finale. Nel momento in cui quest'ultimo richiede maggiore qualità, ampia gamma di prodotti, tempi più brevi di commercializzazione e consegne più rapide, le aziende produttrici sono costrette a tenere il passo con queste richieste per essere competitive sul mercato.

A causa dell'attuale situazione economica, che ha ridotto al limite i margini di guadagno, le aziende hanno iniziato, sempre più, a concentrarsi nel loro core business, terziarizzando (portando all'esterno) tutto ciò che rappresenta una parte collaterale del prodotto/servizio. Ciò al fine di aumentare l'efficienza produttiva e guadagnare fette di mercato, attraverso tempi di produzione/realizzazione e costi sempre più competitivi.

Recenti studi evidenziano l'impatto della customizzazione e della flessibilità della domanda sulle strategie di *sourcing* (processo di selezione delle fonti di approvvigionamento). Altri sondaggi condotti a riguardo indicano che le imprese enfatizzano la flessibilità produttiva e progettuale, la personalizzazione e la varietà dei prodotti offerti. In passato le aziende ponevano l'attenzione esclusivamente sulla propria produzione, cercando di ridurre i tempi di ciclo e risolvendo il

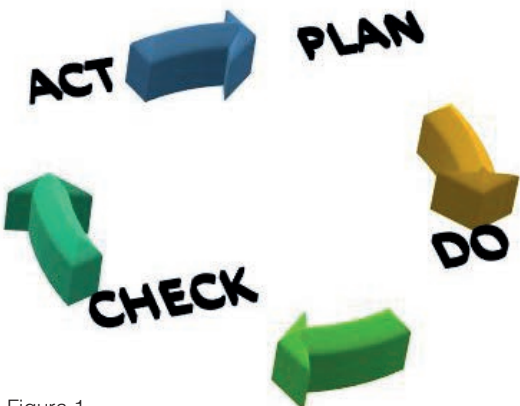


Figura 1

trade-off tra flessibilità ed efficienza, al fine di soddisfare le nuove esigenze di personalizzazione. Dal 1990, invece, si iniziò a guardare oltre i propri confini di business, dai fornitori ai clienti, al fine di aumentare il valore offerto al consumatore finale. Questo cambiamento, denominato *Supply Chain Management*, vede le imprese passare da una gestione esclusivamente interna alla gestione di un'intera catena di fornitura. Tali meccanismi negli ultimi 30 anni hanno portato il valore % medio del fatturato acquistato all'esterno a livelli, a volte, superiori anche al 70%. A questo punto si può facilmente intuire quanto la funzione acquisti ricopra un ruolo centrale nel successo di un'azienda.

Inoltre, la crescente necessità di gestire in modo parallelo (e non sequenziale) le attività, conduce ad una collaborazione più intensa tra gli approvvigionamenti e le altre aree funzionali aziendali. La funzione acquisti si vede così attribuire la responsabilità di gestione delle interfacce con i fornitori, assumendo il ruolo di collegamento e cerniera tra le attività operative di monte e di valle, come collegamento tra tutto ciò che è svolto all'interno dell'azienda e ciò che viene acquistato esternamente, quindi reperito sul mercato.

Per poter costruire una strategia di acquisto di successo è necessario partire dalla sua pianificazione. Tutte le strategie di acquisto vanno definite sin dalla loro fase embrionale ed anche se, a seconda della tipologia di business si possono definire differenti approcci, la pianificazione risulta avere sempre un ruolo centrale. Esattamente come indicato nel ciclo di Deming.

È bene evidenziare che il processo di pianificazione effettuato in fase embrionale è necessario affinché possa contribuire al successo aziendale. Infatti, solo pianificando per tempo è possibile costruire sia l'opportunità di business sia la fase operativa nei suoi vari tasselli, riducendo al minimo le problematiche del processo operativo. In altre parole, prima è possibile intervenire, maggiore sarà l'influenza sull'intero processo. Tale metodologia è conosciuta oggi come "*Early Involvement*" ed in ambito acquisti presenta una serie di opportunità tra cui:

- Identificazione anticipata dei possibili rischi;
- Possibilità di investigare sul mercato tutte le possibili fonti di approvvigionamento valutando anche possibili alternative;
- Possibilità di intervenire nella fase progettuale fornendo possibili alternative tecnologiche per ottenere un miglior risultato costi benefici;
- Potenziale ottimizzazione del "*saving*" sull'acquisto e miglioramento delle condizioni contrattuali attraverso giuste tempistiche di negoziazione.

Come si evince dalla figura 2, la capacità di poter influenzare un progetto, senza particolari impatti sui costi complessivi (curva blu), decresce con l'avanzamento delle varie fasi progettuali, dal concepimento dell'idea, alla realizzazione. Ciò è strettamente legato alla curva dei costi di progetto (curva rossa), la quale cresce con l'avanzamento del progetto. Nella fase di concepimento, in cui non è stata ancora effettuata nessuna spesa, è possibile effettuare modifiche al progetto senza particolari impatti, con l'avanzamento delle varie fasi, ogni modifica causerebbe la perdita delle risorse già impiegate.

Concentrandoci ora sul modello di business basato sullo sviluppo di progetti è possibile affermare che la pianificazione di acquisto nasce da una analisi dei fabbisogni del progetto, e cioè da un accurato e dettagliato processo su cosa dovrà essere eseguito all'interno della società (disponibilità e competenze risorse, convenienza all'outsourcing,...) e ciò che dovrà essere demandato all'esterno.

Sulla base di quanto specificato con la pianificazione dei costi del Progetto (budget a vita intera), dalla sua progettazione dalla definizione dei fabbisogni demandati all'esterno, si potrà pervenire ad attribuire il valore economico, di riferimento, per ogni commessa da acquisire.

È fondamentale comprendere che la pianificazione di acquisto deve partire sin dalla concezione del progetto e cioè dalla preparazione della proposta al cliente. È in questa fase infatti che vengono identificati:

- Natura delle forniture;
- Tecnologie;
- Vincoli;
- Fornitori;
- Tempi;
- Rischi;
- OBS (Organization Breakdown Structure);
- Budget – CBS (Costs Breakdown Structure).

Natura della fornitura

Il primo aspetto da prendere in considerazione per la pianificazione di acquisto è capire la natura delle forniture da pianificare. Semplificando, le forniture possono essere organizzate in tre macro-nature diverse:

- Materiali;
- Prestazioni;
- Subforniture.

La tipologia di natura ha un impatto su differenti aspetti del processo di acquisto come ad esempio: la documentazione tecnica e contrattuale da produrre per le richieste di quotazione; i livelli approvativi, in termini di firme autorizzative del budget; le strategie di congruità; i tempi del processo e non ultimo i costi di gestione della fornitura in termini di "Material Handling" (mo-



Figura 2: Impatto delle variabili in base ai tempi di progetto

vimentazione dei materiali) da considerare nel budget di progetto.

Tecnologia

La Tecnologia è un aspetto importante da prendere in considerazione, infatti, in base ai requisiti del cliente, è necessario identificare le tecnologie che possano coprire tali requisiti in modo corretto, senza ottenere delle overcompliance. Le overcompliance (caratteristiche migliorative rispetto a quelle realmente necessarie per soddisfare i requisiti) potrebbero comportare un incremento dei costi e dei tempi di realizzazione del prodotto finito e quindi, potenzialmente, una perdita di competitività e/o di margine sulla vendita. Tali scelte sono fondamentali poiché da queste dipendono, in modo diretto o indiretto, anche gli altri fattori.

Un primo aspetto legato alla tecnologia è rappresentato dalla sua reperibilità sul mercato. In particolare, va valutato se la tecnologia scelta vincoli ad una "single source" (mono-fornitura) oppure se è possibile reperirla attraverso differenti fonti di approvvigionamento. Nel caso si fosse in presenza di una single source vanno valutati i relativi fattori di rischio come la possibilità che il fornitore non sia in grado, per varie ragioni, di portare a termine il lavoro, oppure la possibilità che modifichi le sue condizioni di offerta in termini di prezzo, tempi di consegna e condizioni contrattuali, per aumentare il suo margine oppure, nei casi peggiori, che favorisca un competitor diventando un elemento critico per la presentazione dell'offerta al cliente.

Un altro elemento centrale è rappresentato dalla geo-localizzazione delle fonti di approvvigionamento e dalla loro storicità di relazione con l'azienda di riferimento, è importante valutare se siamo in presenza di una fonte consolidata negli

anni e se ci siano dei rapporti di partnership già definiti. Tali elementi possono essere determinanti per la gestione progettuale ed in particolare per la valutazione dei rischi. Basti pensare che la geo-localizzazione ha impatti sia sui tempi che sui costi di spedizione, inoltre può rappresentare un elemento critico per la valutazione e controllo del fornitore e della fornitura. Le fonti di approvvigionamento consolidate possono rappresentare un elemento di forza poiché la loro storicità consente una profonda conoscenza ed analisi degli elementi sia di forza che di debolezza, facilitandone quindi la gestione.

Vincoli

Nell'analisi delle forniture è necessario verificare anche i vincoli imposti dall'opportunità di business. Di seguito ne vengono citati alcuni:

- Normativo: vincoli di legge, ad esempio la certificazione degli impianti elettrici.
- Fornitura: vincolo relativo alla necessità di mantenere uniforme la nuova fornitura con quanto già in possesso del cliente.
- Tecnologico: non esistono tecnologie alternative sul mercato.
- Fornitore: fornitore imposto dal cliente per particolari esigenze come ad esempio permessi per accedere ai siti.
- Vincoli di Import – Export: materiali soggetti a limitazioni all'esportazione.
- Vincoli di proprietà intellettuale: la particolare tecnologia è fornita solo da un dato fornitore che ne detiene la proprietà intellettuale.
- Vincoli di confidenzialità: il fornitore deve avere particolari certificazioni di sicurezza per la gestione dei dati.

Tale analisi è fondamentale per il successo del progetto, trascurare anche uno solo di questi può comportarne il fallimento. È chiaro, quindi,



che tali aspetti condizionano tutti gli altri, è dunque necessario trovare le soluzioni progettuali che rispettino rigorosamente i vincoli imposti dall'opportunità di business.

Fornitori

Passiamo, a questo punto, ad analizzare il parco fornitori (*vendor list*) in grado di rispondere ai requisiti identificati. Come primo elemento è necessario che i fornitori siano selezionati attraverso una regolare gara con i criteri stabiliti in base ai:

1. Processi definiti a livello aziendale;
2. Requisiti stabiliti per la particolare opportunità di business.

I criteri di selezione, basandosi sui principi di trasparenza e correttezza, devono essere pre-determinati e non modificabili durante tutto il processo di gara, in modo da poter selezionare la fonte migliore di approvvigionamento in base alle esigenze identificate nel modo più oggettivo possibile. Sarebbe buona norma comunicare ai fornitori i criteri ed i pesi di valutazione delle offerte al momento del lancio della gara.

Ovviamente il numero di fornitori coinvolti in una gara, come definito dalle procedure aziendali o dalle norme di legge, è definito in base all'importanza economica ed alla criticità della fornitura. Tutti i fornitori preselezionati per una gara dovrebbero essere scelti tra quelli già qualificati nell'albo fornitori o almeno pre-verificati come

potenziali vendor. Il fornitore selezionato dal processo di gara, prima di ricevere un ordine/contratto di acquisto, dovrà essere obbligatoriamente qualificato in albo fornitori e quindi aver superato tutte le verifiche richieste a livello aziendale. Tale vincolo si rende necessario per evitare, nel migliore dei casi, di ritardare la fase esecutiva a causa del processo di qualifica, causando sia ritardi contrattuali, difficilmente spiegabili al cliente finale, che potenziali penali; nel peggiore dei casi, fornitore non qualificabile, di aver firmato un contratto con il cliente non onorabile a causa della necessità di sostituire uno o più fornitori, con evidenti rischi sia contrattuali, vaglio del cliente sulle nuove fonti, sia tecnologici, necessità di identificare tecnologie similari. Inoltre, va considerato il dispendio di ulteriore tempo per un nuovo processo di selezione che porti ad una valida alternativa (tempi di fornitura, costi e qualità rispondenti ai requisiti già identificati).

È bene evidenziare, inoltre, che il tema della qualifica fornitori non deve considerarsi per nessuna ragione solo una necessità di tipo burocratico, come spesso viene percepito dai richiedenti, ma rappresenta una vera e propria tutela aziendale, che garantisce sia la qualità del fornitore che della fornitura, indicandoli come idonei al tipo di appalto richiesto. Infatti, lavorare con fornitori non opportunamente qualificati può comportare rischi notevoli sul proget-



to come ritardi o rilavorazioni, fino ad arrivare, in casi estremi, al fallimento del fornitore durante l'attività, con evidenti impatti irreversibili sulla corretta esecuzione del progetto in termini di tempi, costi e qualità.

In prima analisi va verificato se è possibile coinvolgere fornitori con i quali è stato definito un accordo quadro o di partnership. Tali fornitori, infatti, oltre a garantire costi definiti contrattualmente dall'accordo, dovrebbero garantire anche capacità di esecuzione e qualità del prodotto / servizio. Tali accordi, infatti, sono generalmente firmati con fornitori abituali che vengono reputati come chiave per il successo del business.

Tempi

La pianificazione temporale degli acquisti è dettata dal Project Master Schedule del Progetto (PMS) che evidenzia le date di svolgimento delle attività e di conseguenza la data di acquisizione, e quindi di disponibilità, del contratto (contract award). A ritroso potranno essere ricavate tutte le date significative dell'iter progettuale (milestones come l'avviso del bando, Richiesta di Acquisto, Richiesta di Offerta, ricezione offerte, analisi tecnica, economica, assegnazione ...).

La definizione delle tempistiche di acquisto deve quindi essere coerente con tale programma. Tale analisi è fondamentale affinché tutto il processo di "supply chain" (processo per tra-

sferire o fornire un prodotto o un servizio dal fornitore al cliente) non rappresenti un elemento critico in fase di esecuzione ma una leva per creare valore aggiunto.

In particolare, i tempi di supply chain possono essere scomposti nei seguenti elementi:

- Tempi di processo interno;
- Tempi di selezione;
- Tempi di negoziazione e contrattualizzazione;
- Tempi di fornitura (*Lead Time*);
- Tempi di pagamento.

Tali tempistiche avranno delle durate differenti a seconda dell'importanza economica e della criticità della commessa. Il primo elemento rappresenta la tempistica interna necessaria per rendere disponibile al buyer tutta la documentazione necessaria ed il budget per poter procedere con la fase successiva. In questa tempistica sono inclusi anche i tempi necessari al buyer e ad altre strutture a supporto, come ad esempio il *techno-marketing* di acquisto, per effettuare *scouting* di mercato (indagine di mercato), ove possibile e necessario, di nuove fonti di approvvigionamento. La fase successiva consiste, nei casi in cui non siano presenti vincoli di mono-fornitura, nel processo di RFQ (Request For Quotation) attraverso una gara, se richiesto dal processo, valutazione delle offerte e selezione della migliore fonte di acquisto. La valutazione delle offerte, a seconda del settore merceologico e del valore della fornitura, potrà

variare da una semplice valutazione dei tempi e dei costi della fornitura (*Part Number a scaffale*) a valutazioni complesse basate sia su aspetti tecnici, qualitativi ed economici della fornitura che su aspetti di affidabilità del fornitore.

Una volta selezionata la fonte è possibile passare alla fase di negoziazione nella quale vengono analizzati ed accettati tra le parti i vari termini contrattuali e, di conseguenza, formalizzato il contratto/ordine di acquisto con relativo processo autorizzativo di firma da entrambe le parti coinvolte.

La quarta fase varia a seconda di molteplici fattori come:

1. Tecnologia della fornitura e lead time produttivi;
2. Carichi di lavoro del fornitore;
3. Geo-localizzazione e tempi di spedizione delle merci.

Tutti questi elementi vanno opportunamente concordati con il potenziale fornitore e possono rappresentare un criterio di selezione. In particolare, è possibile agire sui carichi di lavoro del fornitore, in modo che in caso di urgenza possa programmare diversamente la produzione o effettuare turni straordinari di lavoro, al fine di rispondere alle criticità temporali del progetto, sia sulle modalità di spedizione via nave, o via aerea che possono influenzare in modo determinate le tempistiche complessive di approvvigionamento.

L'ultima fase relativa alle tempistiche è rappre-

sentata dalla pianificazione dei tempi di pagamento. Mentre le fasi precedenti hanno un impatto diretto sulle consegne al cliente del prodotto finito, quest'ultima fase ha un impatto diretto sul cash-flow della commessa e quindi sulla sua redditività ed indiretto sulle consegne. Mancati pagamenti pregressi, possono causare un'interruzione delle consegne da parte del fornitore anche se le clausole contrattuali spesso lo impediscono. La mancanza di risorse economiche può causare l'impossibilità di onorare la fornitura da parte del fornitore. Generalmente, per forniture determinanti per il progetto, che quindi hanno un peso rilevante sul budget di acquisto, si tende a condividere i rischi del contratto con il fornitore attraverso condizioni contrattuali dette "*Back to Back*". Tali clausole mirano a ribaltare al fornitore lo stesso schema contrattuale del cliente e quindi anche i termini di pagamento. In questo modo è possibile garantire il corretto cash flow del progetto pagando il fornitore solo a valle del pagamento da parte del cliente. Ovviamente accettando tale schema contrattuale il fornitore ha un quadro chiaro di quale sarà il suo cash flow per il progetto e potrà organizzarsi di conseguenza. Pianificare i tempi di fatturazione e pagamento, in modo che siano allineati alle tempistiche di pagamento da parte del cliente, consente al progetto di abbattere l'esposizione finanziaria ed i relativi oneri. Tali oneri finanziari sono spesso determinanti per i margini economici del contratto al punto che possono determinare la deci-



sione della direzione sul partecipare o meno ad un'opportunità.

L'analisi degli esborsi legati agli acquisti esterni contribuisce a generare il piano di "cash flow" (flusso di cassa) di progetto nel tempo. In questo piano vengono inseriti in un grafico sia gli incassi che gli esborsi globali del progetto composti come sommatoria del cash flow delle singole commesse. È molto importante che nel tempo la curva degli incassi (in blu in Figura 3) sia sempre superiore a quella degli esborsi (in rosso in Figura 3), affinché il progetto sia autosostenibile, senza la necessità di finanziamenti da parte della società.

Ovviamente le curve degli incassi e degli esborsi cambiano e si aggiornano in funzione dell'avanzamento del progetto.

Pianificare e gestire in modo errato le tempistiche può comportare l'insorgere di costi indiretti che hanno un impatto rilevante sul margine di commessa. Basti pensare, che pianificare una consegna in ritardo rispetto alle esigenze del progetto, può generare costi legati a penali applicate da parte del cliente. Pianificare in anticipo una consegna, invece, può causare l'insorgere di maggiori costi di immagazzinamento, che possono essere applicati dal fornitore nel caso sia lui a stoccare il materiale o interni nel caso in cui il materiale sia stoccato nel magazzino dell'azienda. Un altro costo indiretto è rappresentato dal deterioramento del materiale stoccato e la riduzione dei termini utili

di garanzia da quando il prodotto diventerà realmente operativo in sito; questo può generare o un costo certo per l'estensione della garanzia o incerto per possibili guasti non coperti.

Rischi

Un altro elemento cruciale è rappresentato dall'analisi dei rischi di acquisto, questa mira ad identificare ed eliminare tutte le possibili criticità e ad amplificare tutte le possibili opportunità, inerenti la fase di acquisto.

I rischi relativi agli acquisti di progetto dovranno essere analizzati in sede di verifica delle offerte già nella fase di proposta al cliente, al fine di poter disporre di imprese idonee alle attività che saranno chiamate ad eseguire.

Occorrerà, infatti, esaminare le capacità tecniche e organizzative, le competenze per il tipo di attività richieste, le capacità operative di risorse e di mezzi; assicurare che siano in grado di provvedere alla pianificazione e alla conduzione in sicurezza e nel rispetto dell'ambiente di lavori in un contesto spesso internazionale e caratterizzato da ampia complessità.

Risorse non adeguate, rilavorazioni, conflittualità, test di qualità non superati, ecc., porterebbero a ritardi temporali, e quindi ad extra costi per il progetto, che devono essere assolutamente evitati.

È necessario prevedere, a valle di tutte le azioni per eliminare o trasferire il rischio, delle contingencies (risorse per imprevisti) a copertura

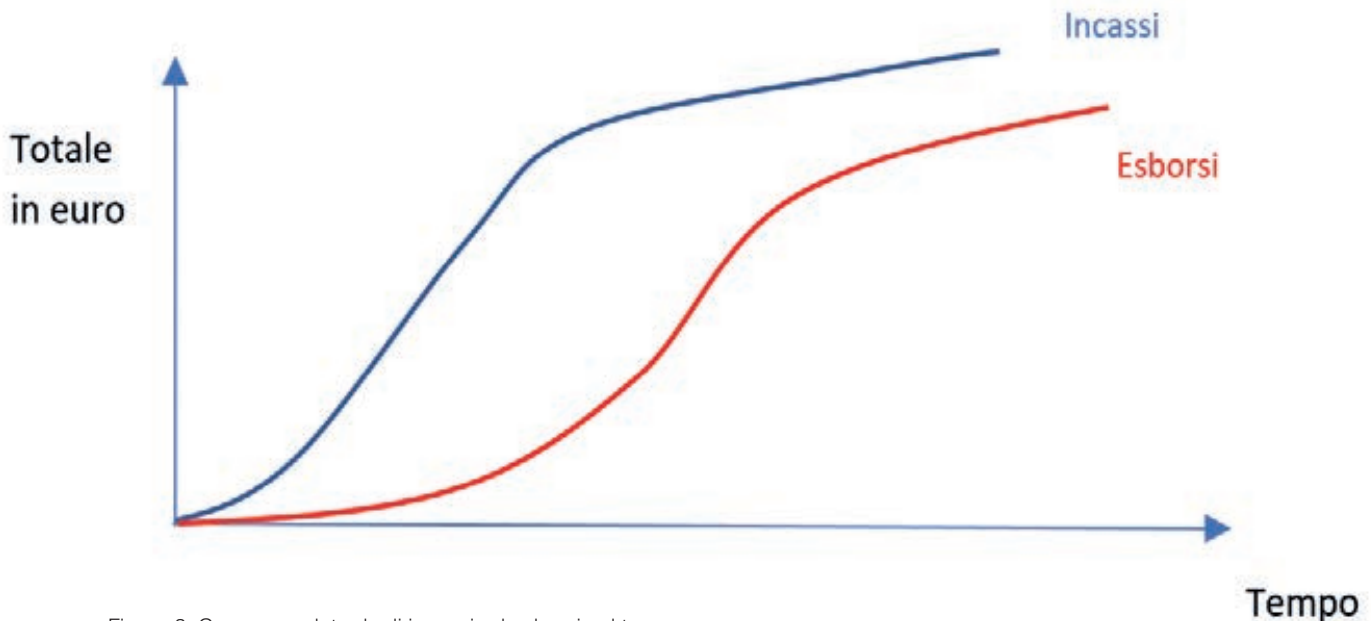


Figura 3: Curve cumulate degli incassi ed esborsi nel tempo

delle operazioni da mettere in atto per mitigare l'impatto del rischio accaduto.

Alcuni esempi di rischi e relative domande da porsi possono essere:

- Fornitori coinvolti: Sono fornitori storici? Esistono più fonti di acquisto o siamo in regime di mono-fornitura? Sono geo-localizzati nei pressi dell'azienda o a livello interazionale?
- Tecnologie utilizzate: Sono note? È necessario effettuare analisi o test particolari per validarle? Sono conosciute dal cliente?
- Tempi di processo e/o di consegna: Sono stabili oppure hanno una varianza molto alta? Quali e quanti sono i colli di bottiglia? Possono essere superati?
- Vincoli di fornitura: Quali sono i vincoli sulla fornitura e come potrebbero comportare un problema?

L'analisi dei rischi deve considerare sia gli aspetti esterni che interni. Entrambi possono impattare sul progetto ed è necessario valutare sia il potenziale impatto in termini di tempi e costi sia la probabilità di accadimento. Il valore del rischio è calcolato come prodotto tra P (probabilità) x I (impatto). Nella pianificazione dei rischi bisogna essere il più pessimisti possibile per individuare tutti gli eventi potenzialmente critici, per poterli evitare o quantomeno quantificare.

Il processo di gestione dei rischi consta di tre differenti fasi:

1. Identificazione del rischio: strumenti a supporto possono essere *check list* per facilitare l'individuazione, o un archivio storico con i rischi già intervenuti su precedenti progetti sia in termini di impatto che di probabilità.
2. Valutazione e riduzione dell'esposizione al rischio. Azioni specifiche di mitigazione che possono essere di tipo:
 - a. Prevenzione: Eliminazione della causa;
 - b. Protezione: Riduzione dell'impatto o della probabilità;
 - c. Trasferimento: trasferire il rischio ad un soggetto terzo in cambio di un premio.
3. Monitoraggio in fase operativa di progetto per verificare lo stato dei rischi individuati e valutare le possibili variazioni necessarie.

Il rischio non va inteso solo come evento negativo ma può avere anche un'accezione positiva in termini di opportunità, in questo caso va valutato in termini di massimizzazione della probabilità di accadimento e del suo impatto.

OBS (Organization Breakdown Structure)

Nella fase di pianificazione, al fine di organizzare il lavoro nel miglior modo possibile, è molto importante scomporre il progetto nei suoi elementi elementari, anche detti *work package*, in modo che sia facilmente associabile il relativo responsabile, garante del suo completamento corretto nei tempi stabiliti. Identificare quali

sono i ruoli che interverranno nelle varie fasi del processo consente di sapere esattamente chi gestirà ogni singolo elemento della catena ed evitare che possibili incertezze possano causare rallentamenti nel processo. Nel processo di acquisto la OBS (Organization Breakdown Structure) può essere composta, a seconda delle necessità dell'organizzazione, dalle seguenti figure:

- Procurement Manager;
- Tecno-marketing di acquisto;
- Buyer;
- Commercial/legal.

Tali ruoli possono o meno intervenire nel processo a seconda della complessità del progetto o a seconda della struttura organizzativa definita a livello aziendale.

In particolare, i *buyer* sono, generalmente, divisi per categorie merceologiche, poiché attraverso la loro specializzazione possono identificare le soluzioni migliori conoscendo il mercato di riferimento e garantendo anche maggiori economie di scala. Il *buyer* specializzato per settore merceologico conosce i fornitori presenti sul mercato per una determinata merceologia e sa come selezionarli a seconda della situazione. In caso di necessità, può affidarsi alla struttura di *tecno-marketing* di acquisto per identificare nuove soluzioni sul mercato sia in termini di fornitori che di tecnologie.

Il *Procurement Manager* ha il ruolo di gestire



il processo di acquisto come interfaccia del procurement verso gli altri enti aziendali, occupandosi sia della pianificazione che, nella fase operativa, di seguire l'intero processo affinché rispetti il piano di progetto. Il Procurement Manager ha il ruolo di compilare il piano di acquisto sia in fase di proposta al cliente che di aggiornarlo nelle varie fasi operative di progetto in base alla sua evoluzione.

Il *commercial o legal* nella OBS di acquisto ha la funzione di supportare il *buyer* nella stesura dei contratti e di verificare che, nel caso di contratti non standard, eventuali ulteriori condizioni negoziate con i fornitori non abbiano risvolti particolarmente rischiosi per l'azienda o che il contratto includa tutte le clausole necessarie.

Budget

Il budget è ciò che identifica il valore complessivo delle forniture ed è l'ultimo elemento da trattare, non di certo per importanza ma poiché questo rappresenta la sintesi di tutti gli elementi precedenti.

Nella fase di pianificazione, il budget potrà essere composto dai seguenti elementi da considerare per priorità di utilizzo:

1. Offerte vincolanti e non dei fornitori;
2. Offerte precedenti opportunamente attualizzate;
3. Stime interne.

Nel primo caso, offerte dei fornitori, affinché

possano essere considerate valide è necessario che siano rispondenti ai requisiti tecnici identificati dal reparto di ingegneria. Inoltre, tali offerte devono rispondere anche ai requisiti contrattuali sia in termini di CGA (Condizioni Generali di Acquisto) sia in termini di condizioni particolari richieste per la specifica opportunità di business. Infine, devono essere coerenti con i *lead time* di fornitura richiesti. L'offerta considerata deve riportare un codice ben determinato ed univoco, una validità ed un riferimento alla documentazione tecnica di RFQ (*Request for Quotation*) oltre che una matrice di compliance (conformità) dei requisiti.

Non sempre è possibile ottenere delle offerte dal mercato, poiché, per esempio, a causa dei tempi stringenti non è possibile definire la corretta documentazione tecnica con la quale chiedere l'offerta, oppure semplicemente non ci sono i tempi tecnici per consentire al mercato di rispondere in modo coerente alla RFQ. In questi casi è possibile stimare, in modo più o meno accurato, il valore delle forniture utilizzando offerte precedenti oppure ordini già emessi per forniture simili. Quindi è importante valutare sia il livello di similitudine con l'attuale esigenza, sia il tempo che è passato dalla scadenza dell'offerta o dalla consegna delle merci/servizi della precedente opportunità. Laddove non fosse possibile aggiornare l'offerta in termini di validità, sarà necessario considerare una *escalation* (incremento del costo basato su parametri legati al particolare mercato) idonea che tenga conto del tempo trascorso.

In alternativa, nel caso in cui non sia possibile richiedere un'offerta e/o far riferimento ad un'offerta/ODA (Ordine di Acquisto) precedente, sarà necessario utilizzare una stima interna del reparto tecnico di pertinenza. Inutile sottolineare che questo è il caso più rischioso possibile poiché, anche nel caso in cui la stima fosse quanto mai accurata, non è però univocamente determinata la fonte di approvvigionamento, cosa che può comportare dei problemi in fase di esecuzione contrattuale (difficoltà ad individuare un fornitore o una tecnologia nel mercato di riferimento che rispetti i vincoli del progetto). Utilizzando queste singole voci appena descritte, è possibile stilare un piano di *procurement* che rappresenta la sintesi dei costi esterni analizzati, da inglobare nella proposta complessiva che verrà presentata al cliente. Pertanto, rappresenta il primo passo del piano di acquisti esterni da sviluppare in fase contrattuale.

È necessario evidenziare che il piano degli acquisti è uno strumento fondamentale per la pianificazione e successivo *monitoring* (monitoraggio) e controllo per gli approvvigionamenti della singola gara, in tutto il suo iter fino all'acquisizione del contratto, in quanto integrato con il PMS



attraverso le date (target, forecast ed actual), e contenente tutti gli elementi indispensabili come la tipologia (fornitura, appalto, fornitura in opera, servizio, incarico,...), modalità di gara, importi di riferimento e responsabilità per ogni *milestone* (traguardi intermedi nello svolgimento del processo).

A valle dell'acquisizione del progetto, sarà necessario riallineare il piano fatto in fase di gara con i nuovi requisiti sia tecnici che contrattuali negoziati con il cliente, analizzando nel dettaglio tutti gli scostamenti intervenuti, diventando in questo modo la corretta *baseline* (linea di riferimento rispetto alla quale calcolare gli scostamenti delle variabili implicate nella gestione del processo) da cui partire per il controllo di tutto il processo di acquisto.

In generale, nel caso in cui la fornitura sia stata accettata dal cliente durante la negoziazione ed a seconda dei tipi di variante intervenuti, è possibile decidere se chiedere ai fornitori pre-selezionati in fase di gara un allineamento della loro offerta oppure, in caso di varianti sostanziali, rimettere un bando di gara per la fornitura. Ovviamente, già in fase di proposta al cliente, è necessario prevedere le tempistiche per effettuare una nuova gara in linea con i tempi di progetto, per evitare di ritardare le consegne già negoziate e contrattualizzate con il cliente finale.

Molto importate, è fare in modo che la valutazione delle offerte sia effettuata in ottica *Total Cost of Ownership*, cioè tenendo in considerazione tutti i costi che intervengono durante il ciclo di vita della fornitura. Tali costi devono tenere in considerazione, quindi, non solo il valore dell'offerta per la specifica fornitura, ma anche quei fattori che potrebbero non essere esplicitati come:

- Manutenzione;
- Parti di ricambio,
- Training;
- Spedizioni;
- Immagazzinamento;
- Integrazione;
- Altri.

Tutto ciò per evitare imprevisti in fase operativa ed ottenere realmente la soluzione economicamente più vantaggiosa. In quest'ottica quindi, in termini di "*saving*" (risparmio), va considerato non solo il mero costo dell'offerta economica, ma anche la capacità del fornitore di gestire la fornitura ed evitare potenziali problemi che potrebbero in fase operativa risultare particolarmente onerosi, al punto tale da azzerare il *saving* ottenuto e generare potenzialmente anche degli extra costi.

Nella fase di progetto, a prescindere dalla necessità di rimettere delle gare per tutte o alcune delle forniture, è necessario verificare se:

1. I perimetri di fornitura sono cambiati;

2. I perimetri temporali sono cambiati;
3. Sono intervenuti nuovi fattori di rischio;
4. Il processo o la OBS di *procurement* ha subito dei cambiamenti;
5. La catena dei fornitori precedentemente selezionati ha subito variazioni in termini di tempi e costi;
6. I nuovi fornitori selezionati sono in grado di rispettare il piano di progetto;
7. Le *milestone* di consegna, fatturazione e pagamento del progetto sono rispettate.

A questo punto è possibile definire il piano di *procurement*, di cui se ne riporta uno schema semplificato in figura 4.

Una prima parte riporta i campi:

- Stato: può essere Gara o Programma a seconda se il piano si riferisce ad un'opportunità (offerta, come nel caso di esempio: Gara) oppure ad un contratto acquisito.
- ID dell'acquisto: indica l'item da acquistare ed ha un progressivo da 1 ad N.
- Categoria merceologica: indica la merceologia a cui appartiene l'item di acquisto in modo semplificato (Subfornitura, Materiali, Prestazioni, vedere figura 5).

Il secondo blocco del piano contiene informazioni relative alla parte tecnica ed economica dell'acquisto, andando a registrare le informazioni relative a:

- Descrizione acquisto: è un campo nel quale deve essere riportata una breve descrizione di quale sia l'oggetto di fornitura;
- SOW (Statement of Work) documento tecnico: è un campo che riporta il codice univoco del documento tecnico che deve essere approvato ed archiviato;
- Vincoli di import/export: in questo campo è necessario indicare se la fornitura è soggetta a vincoli per l'esportazione/importazione al fine di poter mettere in atto tutte le azioni necessarie correttamente in anticipo;
- Fornitore: indica il fornitore prescelto per la fornitura;
- WBS: indica l'elemento della Work Breakdown Structure del progetto per la quale deve essere approvvigionata la fornitura;
- I valori rappresentano il costo unitario e totale della fornitura (vedere figura 6).

Il blocco in figura 7 riporta le date di attraversamento del processo di acquisto legato per ogni ITEM alle milestone contrattuali. Le tempistiche pianificate per RDA/ODA/Consegne e pagamento devono essere allineate con le date riportate nel GANTT di progetto affinché non ci siano problemi legati a slittamenti nelle consegne o anticipi non gestibili (vedere figura 7).

Le note alla fine riportano delle informazioni relative alla fornitura/fornitore che possono aiutare a comprenderne meglio come gestire i singoli item (vedere figura 8).

Ovviamente tale schema può essere modificato, aggiungendo o eliminando dei campi, a seconda delle necessità e delle particolarità del business. Inoltre, tale tabella può essere accompagnata da un documento descrittivo per approfondire il contesto di riferimento.

Tale piano congelato ad inizio progetto deve essere aggiornato in base ai cambiamenti intercorsi durante la sua vita. In particolare, inserendo le informazioni di consuntivazione, numero delle Richieste di Acquisto/Ordini di Acquisto, tempi effettivi di consegna e pagamenti avvenuti. Tali elementi di consuntivazione consentono di creare dei KPI (*Key Performance Indicator*) per monitorare la qualità del servizio fornito al progetto ed all'azienda (come tempistiche di attraversamen-

to, saving raggiunti, etc) e dando la possibilità di analizzare in dettaglio le soluzioni identificate e/o le problematiche intercorse al fine di creare delle possibili "lesson learned" per affrontare meglio situazioni simili nel futuro.

Sintetizzando, i principali step del processo di acquisto monitorabili in fase di progetto sono:

- Richiesta di acquisto (RdA) con la quale il progetto autorizza il *buyer* ad acquistare una determinata fornitura nei limiti dei requisiti, tempistiche e budget;
- Ordine di acquisto (OdA) con il quale viene ordinata una determinata fornitura nei limiti dei requisiti, tempistiche e budget;
- Tempi di consegna;
- Tempi di pagamento.

Stato	Identificativo	Categoria merceologica	Valore	WBS	Conversione Valuta	Q. tà	Valore totale
Gara	1	Subfornitura	10.000,00 €	AA.bb.CC	1	1	€ 10.000

Figura 4

Stato	Identificativo	Categoria merceologica
Gara	1	Subfornitura

Figura 5

Descrizione Acquisto	Rif. SOW e Doc. Tecnico	Vincoli di Import-Export	Fornitore	Conversione Valuta	WBS	Valore Unitario	Q. tà	Valore totale
Impianto di condizionamento	XXX_YYY_ZZ Z	Nessuno	Fornitore 1	1	AA.bb.CC	10.000,00 €	1	€ 10.000

Figura 6

Data limite Autorizzazione RdA	Milestone	Data Milestone	Leadtime (giorni)	Data consegna richiesta	Data Limite Autorizzazione OdA	Termini di pagamento (giorni)	Data di pagamento
04/05/2020	Accettazione in fabbrica	30/12/2020	180	30/11/2020	30/06/2020	60	29/01/2021

Figura 7

Note

Il fornitore è vincolato a causa di specifiche condizioni tecniche

Figura 8

Il processo di approvvigionamento in fase operativa parte con l'emissione delle RDA (Richiesta di acquisto) per autorizzare la struttura acquisti ad acquistare un determinato bene e/o servizio. Al fine di rispettare il piano di progetto è molto importante che sin da questo primo step vengano rispettate le date indicate e concordate nel piano acquisti. Il Piano acquisti in fase operativa è fondamentale per la verifica ed approvazione relativa alla regolarità e completezza della Richiesta di Acquisto e dei suoi allegati tecnici e contrattuali, nella sua fase di emissione da parte dell'Unità Richiedente.

Nella fase di pianificazione al T_0 (tempo zero, iniziale) contrattuale devono essere analizzati e definiti in modo chiaro:

- i requisiti commerciali e contrattuali da trasferire nei contratti di acquisto con i sub e co-fornitori;
- i rischi associati alle attività di acquisto e gestire le relative attività di mitigazione e di recupero;

- le eventuali criticità nei pagamenti che potrebbero avere un impatto negativo sul programma.

Gli acquisti pianificati ed approvati nel piano degli approvvigionamenti durante la fase esecutiva, essendo già verificati ed approvati dai corretti livelli autorizzativi, non dovrebbero prevedere ulteriori controlli durante il processo come approvazioni di deroghe specifiche per singole forniture. Si potrebbe addirittura prevedere, nel caso quanto pianificato sia esattamente quanto necessario, di non richiedere nemmeno la firma della RDA.

È necessario però considerare in fase operativa la possibilità che ci siano degli acquisti fuori piano che non era stato possibile prevedere durante la fase di pianificazione, oppure non era stato possibile declinare con il corretto livello di dettaglio. Per questi acquisti quindi la RDA dovrà essere approvata opportunamente da tutti i livelli autorizzativi necessari ed in tutte le sue parti sia tecniche che programmatiche.



È possibile comprendere, dunque, quanto possa essere conveniente, in termini sia di riduzione delle tempistiche del processo sia di monitoraggio e controllo, utilizzare tale strumento di pianificazione.

La definizione di un piano di acquisto, al T_0 contrattuale, consente di assicurare il controllo complessivo di budget e consuntivi per gli approvvigionamenti del progetto e predispone i rispettivi reporting periodici come delta rispetto a quanto pianificato. In collaborazione con le funzioni aziendali coinvolte, contribuisce, inoltre, alla misurazione ed alla validazione del saving contrattuale. Consente quindi di monitorare l'andamento delle attività di acquisto in termini di tempi e costi permettendo di verificare tempestivamente ogni deviazione e quindi porre in atto, in modo repentino, tutte le necessarie azioni correttive.

Un utile strumento per il controllo dei consuntivi e l'analisi degli scostamenti è l'utilizzo di un ERP (*Enterprise Resource Planning*) che consenta la gestione in modo informatico di tutti i processi di impresa. Tra i più diffusi possono essere menzionati SAP – Oracle – Microsoft. Tale strumento, per alcune tipologie di dati, è in grado di estrapolare in modo automatico anche i KPI (*Key Performance Indicator*) di riferimento, basti pensare alla semplice analisi dei *saving* come delta tra valore della RDA ed il valore dell'ODA, oppure al tempo di attraversamento del processo, confrontando la data emissione della RDA con quella di emissione dell'ODA. Può anche aiutare a calcolare i KPI dei fornitori, come ad esempio, confrontando le date di consegna reali con quelle riportate nell'ODA. Ovviamente, tali dati, estratti in modo massivo, devono necessariamente essere letti ed interpretati per evitare di generare dei risultati errati. Basti pensare, che qualora la trattativa sia avvenuta prima dell'emissione della RDA, il *saving* anche se ottenuto dal buyer, probabilmente verrà registrato a sistema come nullo poiché il richiedente tenderà ad emettere il valore della RDA direttamente al valore dell'offerta negoziata.

Un altro esempio è relativo ai tempi di attraversamento, infatti, potrebbe capitare che una richiesta venga bloccata ma non respinta per aggiornamento della documentazione tecnica, in

questo caso i tempi di attraversamento dovrebbero essere bloccati per non influenzare negativamente il KPI delle tempistiche. Infine, le date di consegna del fornitore potrebbero non essere allineate all'ordine di acquisto per accordi presi dal progetto e non registrati sul sistema informativo, generando dei ritardi del fornitore non reali ma che peggiorano il suo "Vendor Rating" (Valutazione del fornitore calcolato dal sistema ERP).

Il pagamento dei fornitori in fase operativa ha un ruolo determinante per il *cash flow* del progetto. È particolarmente importante che tali pagamenti siano allineati al piano finanziario della commessa, affinché ciò accada, il piano acquisti al T_0 ed i suoi successivi aggiornamenti devono tenere traccia delle tempistiche di pagamento dei fornitori rispetto al piano incassi del progetto.

Il piano, inoltre, deve tenere in opportuna considerazione le strategie definite a livello direzionale del reparto acquisti. Ciò affinché sia possibile sfruttare le economie di scala fornendo vantaggi concreti al budget del progetto, sia aumentandone i margini sia riducendone i rischi attraverso fornitori e forniture abituali con le quali, probabilmente, sono già stati instaurati dei rapporti commerciali e definite condizioni di fornitura quali accordi quadro o di partnership.

Il piano di acquisto come sopra descritto e la sua applicazione, in fase di gara o in fase di programma, rappresenta un elemento centrale in qualsiasi organizzazione acquisti che voglia lavorare in modo strutturato per ottenere il massimo risultato. Ovviamente, secondo il principio dell'*"Early Involvement"* prima la struttura acquisti viene coinvolta, prima può avere un ruolo determinante per il successo del progetto o della gara. Quindi è necessario poter pianificare il prima possibile tutte le attività di acquisto, per analizzare ed affrontare nel modo corretto il processo e le sue inevitabili criticità.

Possiamo concludere indicando che, come si è soliti dire, chi ben comincia è a metà dell'opera, pianificare è un po' come guardare ed interpretare il futuro tentando di trarne il massimo risultato possibile con il minimo sforzo. Non pianificare, in ogni ambito aziendale (o di vita), sarebbe come camminare nel buio sperando di riuscire a seguire la strada.

IL MOTORE ELETTRICO NELLA PROPULSIONE DEGLI AUTOVEICOLI

L'attuale panorama del mercato internazionale dell'auto risente della sempre più diffusa attenzione alle problematiche ambientali, sia da parte dei cittadini sia da parte dei legislatori. In questo senso, l'UE ha definito per il settore dei trasporti obiettivi molto stringenti, con lo scopo di orientare i costruttori ed il mercato verso una mobilità sempre più sostenibile. I nuovi limiti di emissioni per i nuovi modelli di auto, fissati per il 2021 in 95 gCO₂/km, rappresentano un obiettivo molto sfidante che sta spingendo i costruttori verso la produzione di veicoli elettrici o ibridi o, in alternativa, a definire accordi con produttori di veicoli elettrici per acquisire crediti green compensativi, necessari per evitare le sanzioni previste per i veicoli con limiti di emissioni di CO₂ superiori ai 95 g/km.

Salvo il periodo di fulgore di circa un secolo fa, il mercato dei veicoli elettrici è particolarmente giovane e rappresenta, ad oggi, solo una piccola parte dell'intera domanda. Il parco dei veicoli elettrici è ancora molto ridotto anche se, da un anno all'altro, si registrano notevoli incrementi percentuali. In Italia il parco della auto elettriche al 2018 era di circa 13 mila unità (0,03% del totale) e quello delle auto ibride di circa 266 mila unità (0,7% del totale) (UNRAE Book 2018).

Sempre nel 2018 la flotta globale di auto elettriche nel mondo ammontava a 5.1 milioni, in aumento di 2 milioni rispetto all'anno precedente. La Repubblica Popolare Cinese rappresenta il più grande mercato di auto elettriche, seguito da Europa e Stati Uniti. La Norvegia è il leader mondiale in termini di quota di mercato (46%). La consistenza del parco delle auto elettriche è di 2,3 milioni di unità in Cina (1.1 million vendute nel 2018), 1.2 milioni in Europa, 1.1 milioni negli Stati Uniti (IEA, Global EV outlook, maggio 2019).

Oltre ai veicoli che utilizzano esclusivamente la trazione elettrica esiste una grande varietà di mezzi ibridi che usano, in combinazione, i motori elettrici ed i più tradizionali motori a combustione interna. Essi si differenziano, anche notevolmente, per le diverse combinazioni tra dimensione e ruolo del motore termico e numero e dimensione dei motori elettrici.

a cura di

Ing. G. Stella

Ing. L. Ianni

Ing. F. Mastrandrea

Ing. D. Pellegrino

Commissione

Motorismo

visto da

Ing. S. A. Sciuto





LE PRINCIPALI ARCHITETTURE DEGLI AUTOVEICOLI ELETTRICI

Considerata la grande varietà dei sistemi di trazione (powertrain) dei veicoli che utilizzano il motore elettrico, di seguito ed in figura 1 si riassumono le definizioni e gli schemi delle architetture più diffuse. Questi veicoli si aggiungono alle auto che utilizzano un sistema di trazione così detta convenzionale assicurata meccanicamente attraverso un motore a combustione interna (ICE, Internal Combustion Engine).

Micro Hybrid - Da un punto di vista meramente tecnico le micro hybrid non sono vetture ibride, ma hanno permesso l'adozione di sistemi come lo Start&Stop, utilizzando batterie con maggiori prestazioni richieste per soddisfare il fabbisogno energetico necessario per ripartire dopo le soste a motore spento.

Mild Hybrid - Anche questa tipologia non può essere considerata un vero ibrido ma, piuttosto, l'ottimizzazione del sistema Start&Stop (molto diffuso sulle auto più recenti). L'alternatore e il motorino d'avviamento tradizionali sono sostituiti da un'unità integrata motorino di avviamento/generatore installata tra il motore termico e la trasmissione, che recupera l'energia in frenata e la restituisce in accelerazione, oppure nella fase di "veleggiamento" a velocità costante, oppure ricarica la batteria. La funzione di generatore è usata soltanto per integrare la potenza prodotta dal motore a combustione interna, pertanto il veicolo non consente una trazione esclusivamente elettrica. Il circuito elettrico a 48 V migliora l'efficienza e permette una significativa riduzione della sezione dei cavi. I vantaggi del sistema risiedono nel miglioramento del rendimento energetico generale, nel peso contenuto e nella possibilità di essere installato praticamente su

qualsiasi motorizzazione senza costi elevati. Inoltre, l'omologazione di queste unità come hybrid consente di accedere ad alcuni benefici fiscali.

Hybrid Electric Vehicle - Il sistema di propulsione viene progettato per funzionare grazie ad un motore termico abbinato ad uno elettrico. Entrambe le unità forniscono coppia alle ruote e lavorano in stretta sinergia: nella fase di decelerazione e frenata l'energia cinetica viene recuperata dal motore elettrico (che in tali occasioni funziona da generatore) e contribuisce a ricaricare le batterie. Anche il motore termico può ricaricare le batterie in caso di necessità. I vantaggi dell'ibrido classico consistono in una sostanziale riduzione dei consumi, nella maggiore silenziosità di marcia e nella possibilità di percorrere piccoli tratti di strada in modalità completamente elettrica (ad esempio in città). Inoltre, in alcune regioni, le auto ibride godono di agevolazioni e vantaggi fiscali. Gli svantaggi riguardano i costi più elevati e l'aumento di peso dovuto alle batterie.

Plug-in Hybrid Electric Vehicle - È il vero anello di congiunzione tra l'ibrido e l'elettrico, perché le batterie (che hanno una capacità superiore a quelle delle auto Full-Hybrid) possono essere ricaricate anche utilizzando un cavo da collegare alla rete elettrica. L'auto Plug-in Hybrid ha le stesse caratteristiche dell'auto Full-Hybrid quando funziona come ibrida, ma può essere utilizzata come auto esclusivamente elettrica ricaricando regolarmente la batteria ed utilizzando il mezzo nei limiti di autonomia previsti (generalmente alcune decine di chilometri).

Range Extended Electric Vehicle - Sono veicoli elettrici che includono un'unità di potenza ausiliaria (Auxiliary Power Unit) che aziona un generatore elettrico che carica la batteria che, a sua volta, alimenta il motore elettrico di trazione. Que-

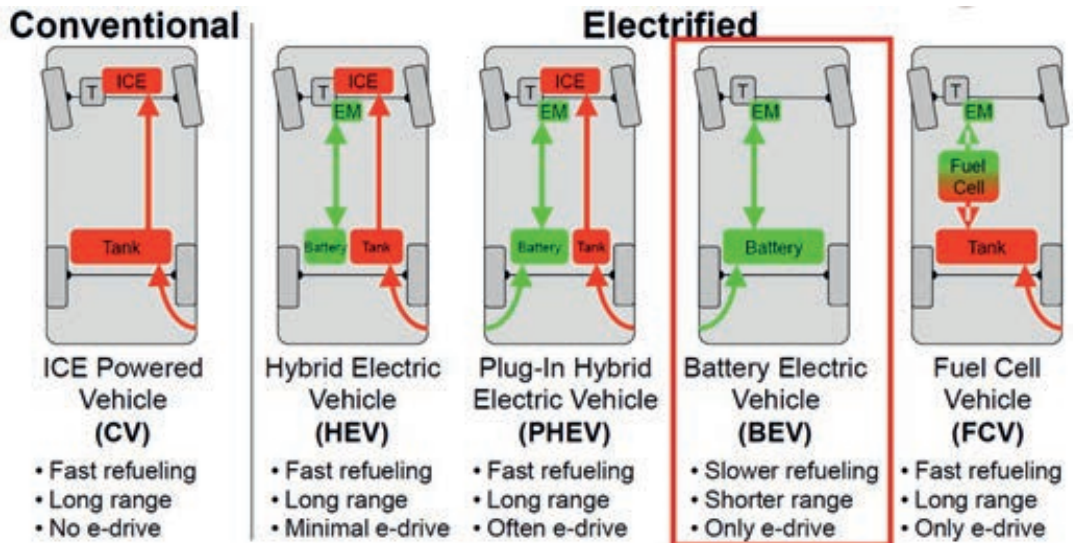


Figura 1: Principali tipologie di powertrain

sta disposizione è nota anche come trasmissione ibrida in serie. Gli estensori di autonomia più comunemente usati sono i motori a combustione interna, ma è possibile utilizzare anche i motori a turbina e le celle a combustibile.

Battery Electric Vehicle (BEV) – Veicoli completamente elettrici.

Fuel Cell Vehicle (FCV) - Sono veicoli elettrici che utilizzano l'energia prodotta da una cella a combustibile per caricare una batteria, o un supercondensatore, che alimenta il motore elettrico di trazione. Le celle a combustibile nei veicoli normalmente generano elettricità usando l'ossigeno dall'aria e idrogeno compresso. I veicoli a celle a combustibile sono classificati come veicoli a emissioni zero, in quanto emettono solo acqua e calore. In realtà, rispetto ai veicoli a combustione interna, quelli a fuel cell ad idrogeno concentrano gli inquinanti nel sito di produzione dell'idrogeno stesso. Anche il trasporto e lo stoccaggio dell'idrogeno vanno considerati nel bilancio complessivo per quanto riguarda le emissioni di sostanze inquinanti.

I VEICOLI ELETTRICI A BATTERIA (Battery Electric Vehicle)

Considerata la vastità della materia, in questo articolo si prenderanno in considerazione solo i

veicoli completamente elettrici (Battery Electric Vehicle - BEV) quelli, cioè, nei quali la propulsione è basata esclusivamente sull'energia immagazzinata nelle batterie. In termini generali, nel confronto con i veicoli a combustione interna, si caratterizzano per l'elevata efficienza del sistema e per il costo ridotto dei motori elettrici; di contro, il principale svantaggio riguarda la bassa densità di energia immagazzinabile ed il costo del pacco batterie.

Come rappresentato in figura 2, i componenti principali di un veicolo elettrico sono:

- il Pacco Batterie
- uno o più motori elettrici e relativi riduttori
- l'inverter
- il caricabatterie
- convertitore DC/DC per gli ausiliari a 12V

Il pacco batterie è l'elemento in cui viene immagazzinata l'energia elettrica necessaria al funzionamento del motore ed è composto da celle collegate in serie e parallelo per ottenere le prestazioni desiderate. La capacità del pacco batteria è espressa in kWh.

La struttura e le dimensioni delle singole celle possono essere diversi, come gli esempi di celle prismatiche e cilindriche rappresentati nella figura 3. A causa dell'elevato peso il pacco batterie vie-

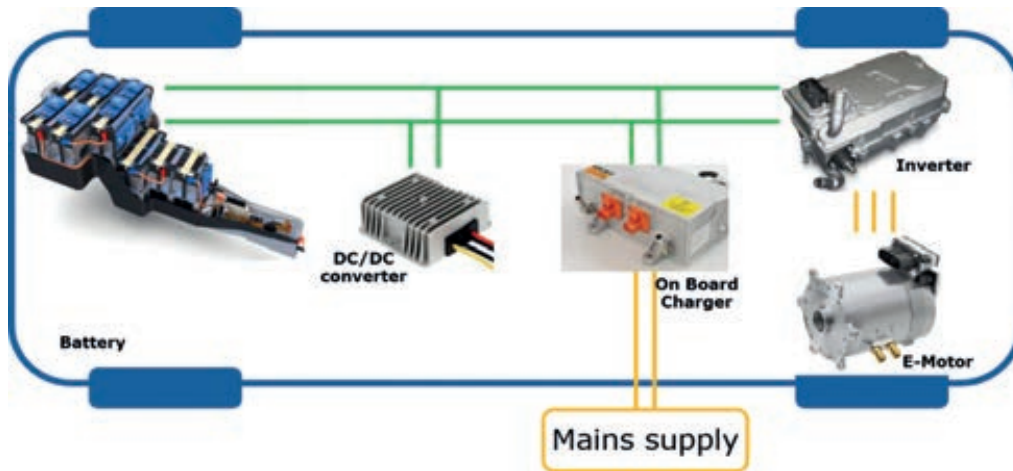


Figura 2: Architettura del sistema BEV



Figura 3: Esempi di cella cilindrica e prismatiche

ne solitamente posizionato in basso, nel pianale del veicolo, e deve essere protetto in modo adeguato in caso di incidente, per salvaguardare la sicurezza degli occupanti del veicolo. A seconda delle scelte progettuali e del target di performance vengono utilizzati uno o più motori elettrici, installati sugli assali anteriore e/o posteriore: le diverse architetture spaziano da un singolo motore, anteriore o posteriore, fino a veicoli con doppio motore per assale come illustrato nella figura 4.

Uno dei vantaggi delle architetture con doppio motore su almeno un assale riguarda, oltre all'elevata potenza disponibile alle ruote, la possibilità di usufruire di un efficiente sistema di controllo dinamico della trazione (torque vectoring) controllando separatamente l'erogazione dei motori elettrici. Questo consente di ottimizzare la forza scaricata a terra in ogni situazione aumentando le performance del veicolo e presentano, rispetto al classico sistema meccanico, il vantaggio di una maggiore modulabilità nelle diverse situazioni.

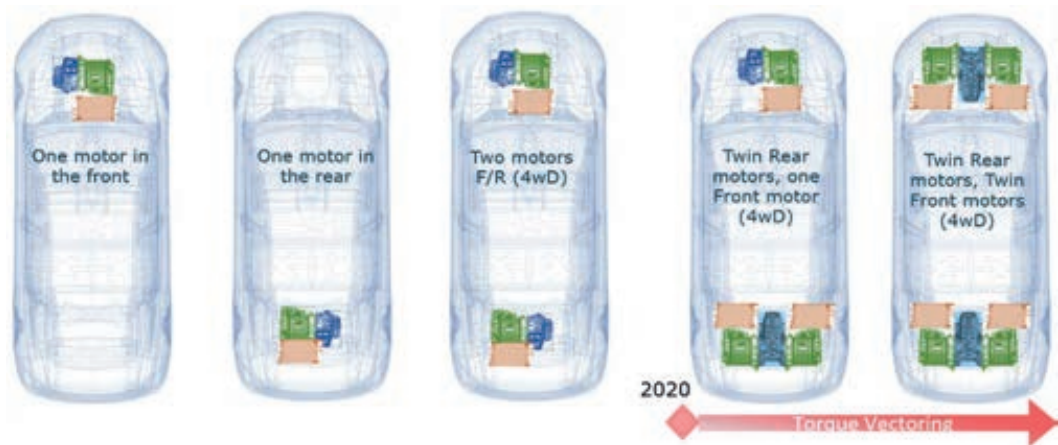


Figura 4:
Architetture
veicoli elettrici



Figura 5:
Trend nell'integrazione
dell'assale elettrico

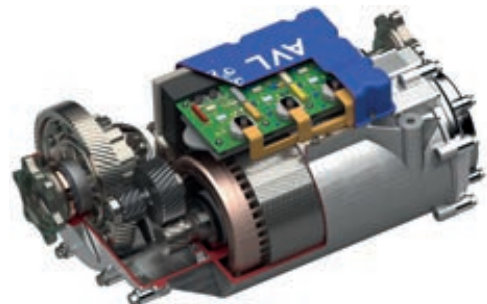


Figura 6:
Assale elettrico
completamente integrato

A seconda dei motori utilizzati e dei target di velocità e coppia desiderati si può scegliere di adottare un cambio (ad una o due marce) che, attraverso l'integrazione all'interno dell'assale, consente di ridurre i pesi e permette al motore elettrico di operare nel proprio range di massima efficienza. Spesso, per quanto riguarda le trasmissioni meccaniche connesse al motore elettrico, vengono adottate soluzioni distinte tra assale anteriore e posteriore.

Allo scopo di aumentare la densità di potenza degli assali elettrici il trend è creare sistemi sempre più integrati nel minore spazio possibile (Figure 5 e 6).

Solo a titolo di esempio, si descrivono di seguito le configurazioni di alcune tra le più performanti auto elettriche disponibili sul mercato, come indicative dell'attuale stato dell'arte utilizzato su vetture commerciali.

La Tesla Model S dispone di una configurazione con tre motori elettrici, due dei quali sull'assale posteriore (figura 7).

Il powertrain dispone di una potenza massima di 611 cv (450 kW) e garantisce una velocità massima di 250 km/h e un'accelerazione da 0-100 km/h in 2.6 secondi.

Il powertrain della Rimac One è dotato di 4 motori elettrici, due su ogni assale.

Essi costituiscono 4 sottosistemi indipendenti formati dal motore elettrico, inverter e cambio collegati a ciascuna ruota, che consentono di controllare ogni ruota in maniera indipendente per garantire le massime prestazioni (torque vectoring) (figura 8).

Il powertrain eroga complessivamente 1224 CV e una coppia alla ruota di 1600 Nm, che garantiscono un'accelerazione 0-100 in 2.5 secondi e una velocità massima di 355 km/h.

IL MOTORE ELETTRICO

Tra il 1860 ed il 1880, Pacinotti e Ferraris svilupparono i prototipi delle due principali categorie di motori elettrici: quelli in corrente continua DC (Direct Current) e quelli in corrente alternata AC (Alternating Current), che diedero luogo alle diverse famiglie di motori elettrici che oggi conosciamo, raffigurate nella figura 9.

Attualmente, all'interno del mercato automobilistico, la scelta ricade principalmente sui motori in corrente alternata trifase sincroni a magneti permanenti, in diverse varianti legate principalmente a differenti design del rotore, come verrà descritto nel seguito.

Talvolta, per ridurre il costo del motore e/o per semplificarne il processo produttivo, vengono utilizzati motori sincroni a riluttanza o motori asin-

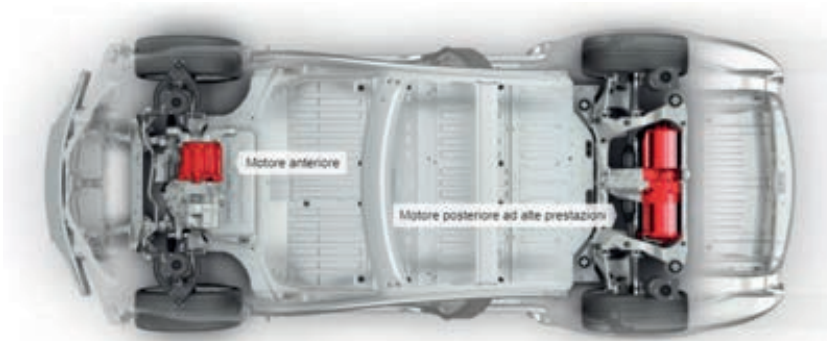


Figura 7:
Powertrain Tesla Model S

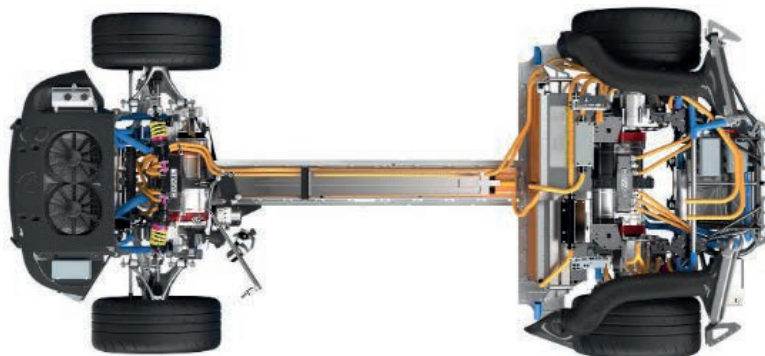


Figura 8:
Powertrain e Motore elettrico Rimac One

croni. Ciò consente di non utilizzare i magneti permanenti, componenti che incidono in modo considerevole sul costo complessivo del motore. Di contro, le tipologie che non prevedono l'utilizzo di magneti permanenti hanno una minore efficienza, che rappresenta una caratteristica molto importante nell'economia dell'intero sistema veicolo. Ridurre l'efficienza del motore significa, infatti, dover mettere a disposizione del motore una quantità di energia maggiore affinché il veicolo sia in grado di garantire le stesse performance. Come si può vedere dalla figura 10 (fonte Adamas Intelligence Service, centro di ricerca indipendente per il settore dei minerali e dei metalli), il motore asincrono costa meno rispetto al motore a magneti ma, considerando l'aumento di capacità delle batterie necessario per far fronte al calo di efficienza, il bilancio sul costo totale

torna a favore del motore a magneti permanenti. Nella successiva tabella 1 è riportata una comparazione qualitativa delle principali caratteristiche delle diverse tipologie di motori. Quelli a magneti permanenti presentano vantaggi legati principalmente all'efficienza, come già detto, ma anche alla densità di coppia e potenza; di contro presentano limiti dovuti ai rischi di smagnetizzazione dei magneti alle alte temperature e di rottura e/o deformazione elastica e plastica dei rotori alle alte velocità. Questo significa un più oneroso processo di ottimizzazione strutturale in fase di design e dover ricorrere a particolari costruttivi aggiuntivi, quali ad esempio il bendaggio dei rotori a magneti superficiali o il backlack (backlack-v® è l'innovativo rivestimento con cui si rende possibile la produzione efficiente di grossi pacchi incollati di lamierini magnetici per

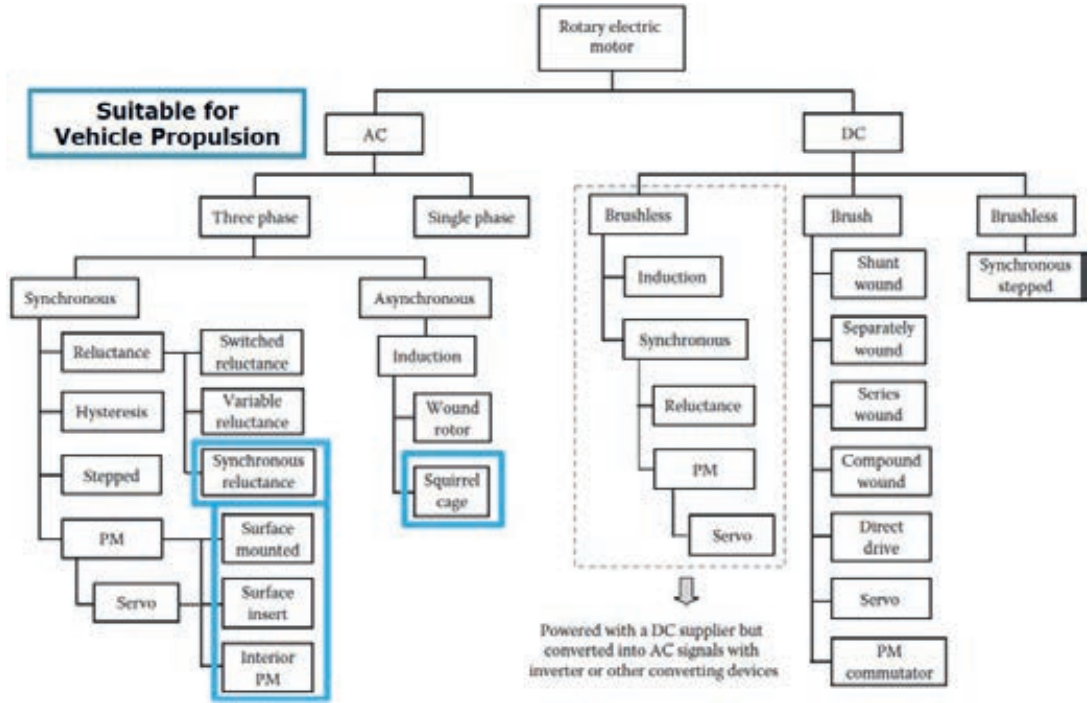


Figura 9: Tipologie di motori elettrici - Mechanical Design of Electric Motors, Wei Tong

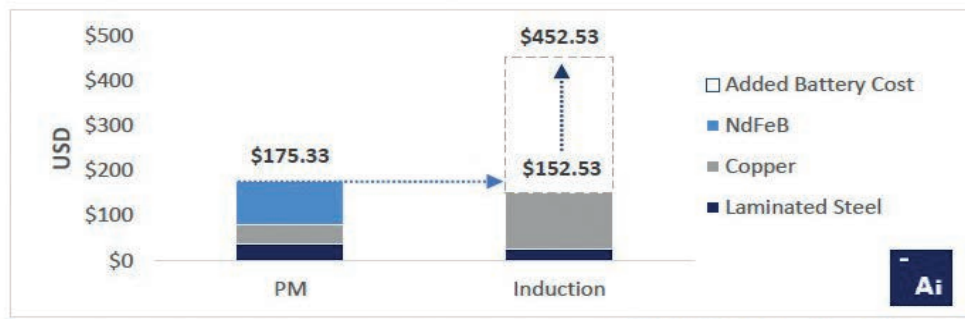


Figura 10: Comparazione in termini di costi tra motori a magneti e motori ad induzione

Source: Adamas Intelligence research

generatori e motori industriali), per irrobustire le barriere di flusso nei rotor a magneti interni. I motori asincroni e quelli sincroni a riluttanza, di contro, presentano in generale una migliore robustezza meccanica ed un maggiore limite termico, legato sostanzialmente alla classe termica del materiale isolante utilizzato. Altro importante aspetto che caratterizza un motore elettrico è il range operativo, che per il motore a magneti permanenti risulta più ampio rispetto alle altre tipologie. Come si rileva dalla figura 11, le varie tipologie di motori, a parità di alimentazione, ricoprono aree diverse nel grafico coppia-velocità¹. La maggiore area ricoperta dai motori sincroni a magneti permanenti è dovuta principalmente all'elevata densità di coppia ed alla capacità di deflussaggio². Per far sì che il flusso totale decresca e sia possibile raggiunge-

re valori di velocità più alta, a parità di tensione disponibile, la corrente statorica viene opportunamente regolata in modo che la componente di asse d, spiegata nel seguito, generi un flusso contrario rispetto a quello prodotto dai magneti. Senza avere la pretesa di una trattazione completa, si riporta di seguito una breve introduzione teorica necessaria per comprendere il comportamento operativo dei motori a magneti. I motori PSM o PMSM (Permanent Magnet Synchronous Machine) funzionano applicando la tensione agli avvolgimenti statorici per generare un campo magnetico rotante al traferro. Questo campo interagisce con quello prodotto dai magneti presenti nel rotore generando una coppia elettromagnetica. Affinché i due campi interagiscano correttamente è necessario che la posizione relativa sia fis-






Rating Criteria	 PSM	 IM	 ESM	 SynRM	 IPM
Size/power density	++	+	+	o	++
Efficiency	++	+	+	+	++
Moment of inertia	+	o	o	o	+
Robustness	o	++	-	++	+
Temperature range	o	+	o	+	o
eMotor costs	o	+	+	++	o
Usage in high torque	++	-	--	--	++
Usage in high speed	+	++	+	++	++

Tabella 1: Comparazione qualitativa delle tipologie di motori elettrici (PSM: Permanent Magnet Synchronous Machine; IM: Induction Machine; ESM: Excited Rotor Synchronous Machine; SynRM: Synchronous Reluctance Machine; IPM: Internal Permanent Magnet Machine)

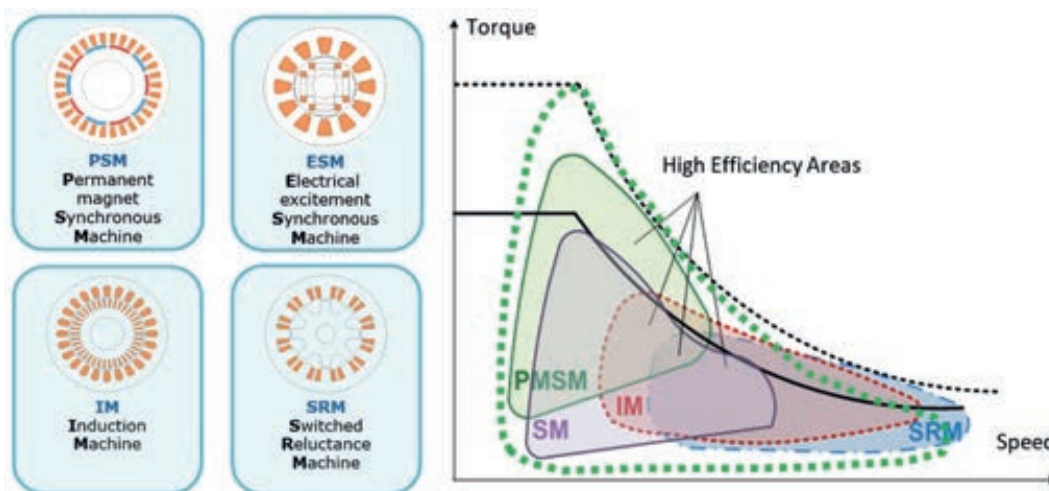
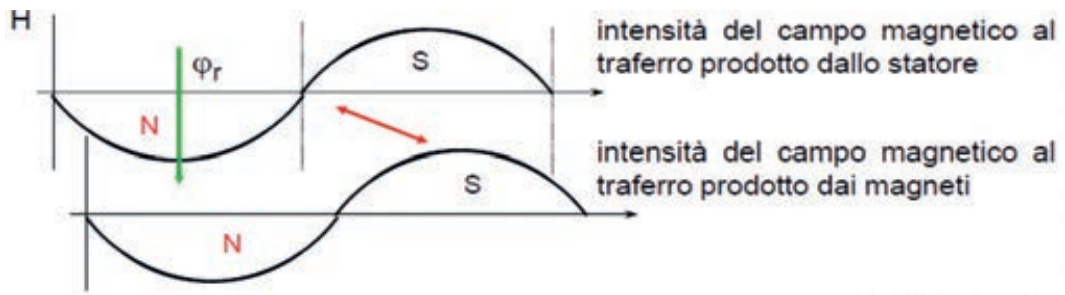


Figura 11: Tipologie di motori e range di funzionamento



sa, ovvero che i due campi siano fermi o ruotino alla stessa velocità (motore sincrono) e siano sfasati tra loro. La risultante di coppia sarà massima quando i due campi si troveranno in quadratura tra loro. La velocità del rotore è direttamente proporzionale alla frequenza del sistema di alimentazione ed inversamente proporzionale al numero di poli (formula 1)

$$Nr = 60 \cdot f_{supply} / p \quad (1)$$

Dove Nr è la velocità rotorica in rpm, f_{supply} è la frequenza delle tensioni applicate agli avvolgimenti in Hz e p è il numero di coppie polari. In seguito alla sincronizzazione del campo magnetico rotorico con il campo statorico, il rotore ruota ad una velocità legata alla frequenza di alimentazione come riportato nella formula (1). Questa sincronizzazione viene mantenuta anche in caso di variazione del carico applicato al motore; pertanto la velocità del motore rimarrà costante finché la frequenza di alimentazione sarà costante.

La coppia generata dal motore può essere espressa secondo la relazione seguente:

$$T_e = T_L + J (d\omega_m) / dt \quad (2)$$

dove ω_m è data dall'espressione seguente:

$$\omega_m = (d\theta_m) / dt \quad (3)$$

J è l'inerzia del rotore e del carico, T_e è la coppia elettromagnetica generata dal rotore, T_L è la coppia del carico e θ_m è l'angolo meccanico. Semplificando, si evince quindi che la coppia del motore eguaglia la coppia richiesta dal carico con l'aggiunta del prodotto dell'inerzia per la variazione di velocità angolare nel tempo. La relazione tra velocità angolare meccanica e velocità angolare elettrica dipende dal numero di poli $2p$ del motore come riportato nella formula seguente:

$$\vartheta_e = p \vartheta_m \quad (4)$$

Particolarità dei motori PMSM/PSM è la presenza della coppia di cogging³, che dipende dalla posizione rotorica e la cui periodicità è connessa al numero di poli ed al numero di cave statoriche. La coppia di cogging, seppur caratterizzata da un valor medio nullo nel periodo, è un comportamento indesiderato del motore soprattutto a basse velocità in quanto porta a ondulazioni di coppia indesiderate (ripple).

Esistono differenti modi per mitigare la coppia di cogging, per esempio lo skew (inclinazione delle cave rotoriche) del rotore in modo tale che, invece di avere i denti statorici attraversati da uno stesso polo lungo una linea retta, l'attraversamento avvenga lungo una linea obliqua. Un'altra soluzione prevede l'utilizzo di avvolgimenti a cave frazionarie in cui il numero di cave statoriche diviso per il numero di poli non sia un numero intero. Dispositivi di retroazione ad alta risoluzione rappresentano un vantaggio notevole per ridurre al minimo l'ondulazione di coppia in applicazioni servoassistite. La filosofia maggiormente impiegata per il controllo di un motore a magneti permanenti è quella di gestire vettorialmente la corrente in un sistema di riferimento in coordinate (d, q), sincrono con il rotore, dove l'asse "d" è orientato parallelamente al flusso dei magneti (allineato con il polo rotorico). In questo modo, le equazioni di macchina risultano semplificate e si adattano a più immediate comparazioni (figura 12).

In questo tipo di grafico vengono riportate le curve di coppia, tensione e corrente come funzionari delle correnti di alimentazione nel sistema di riferimento bifase rotante, parliamo quindi della corrente di asse d e della corrente di asse q. Per ogni valore di coppia desiderato, corrispondente ad una singola curva isocoppia (verde), il punto di lavoro sarà dato dal punto di intersezione della curva di coppia con la circonferenza di corrente (blu) e con l'ellisse di tensione (rosso).

Nella figura 13 sono riportate le curve tipiche per una tipologia di motore IPM (Interior Permanent Magnet). Una caratteristica d'interesse, in questo caso, è data dall'aver il centro delle ellissi di tensione in corrispondenza del valore unitario di corrente (Punto "-1" sull'asse id). All'aumentare della velocità, infatti, le ellissi si riducono, presentando valori degli assi via via minori, ma il punto di funzionamento, dato dall'intersezione con la corrente, rimane a valori pari ad I_n .

Questo significa che un motore di questo tipo sarà in grado di deflussare e raggiungere alte velocità senza sovraccaricare gli avvolgimenti in termini di corrente. Questa caratteristica è di particolare interesse nella scelta di motori con elevato range di velocità di funzionamento, rendendo questa tipologia preferibile se comparata alle altre.

Al contrario, in un motore con rotore a magneti superficiali, solitamente il centro delle ellissi è spostato ancora più a sinistra e l'aumento di velocità è possibile solo accettando di sovraccaricare il motore ($I > I_n$). Il raggiungimento di velocità superiori alla velocità nominale sarà quindi possibile solo per un ridotto arco temporale

Come esempio si riporta nella figura 14 il caso di un motore con rotore a magneti superficiali in cui il raggiungimento di velocità teoricamente infinite è possibile solo sovraccaricando di due volte il motore in termini di corrente. Da notare che le curve rosse di tensione sono ora delle circonferenze.

Anche i motori asincroni rappresentano una buona soluzione per il raggiungimento delle alte velocità. Dalla figura 15 si rileva come anche con questa tipologia di motore sia possibile raggiungere alte velocità, a patto di ridurre la coppia, ma senza dover sovraccaricare in corrente gli avvolgimenti statorici. All'aumentare della velocità, con la riduzione delle ellissi di tensione, i punti di lavoro si spostano infatti verso l'origine, con una riduzione delle circonferenze di corrente.

Più volte si è fatto riferimento alla possibilità di raggiungere, dal punto di vista teorico, velocità infinite. In concreto, invece, i limiti di velocità sono dettati dalle scelte costruttive, dai materiali impiegati e dal design finalizzato verso specifiche caratteristiche di velocità e coppia.

MATERIALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

Attualmente i motori sincroni a magneti interni IPM sono tra le varianti più utilizzate nel settore della propulsione elettrica, soprattutto nel caso in cui si ricerchino alte performance in termini di elevate densità di coppia e di potenza ed elevata efficienza in un ampio range di velocità.

Nella ricerca delle migliori performance di un motore per la propulsione elettrica un aspetto fondamentale è rappresentato dalla riduzione delle perdite interne, cioè l'aumento dell'efficienza e la conseguente riduzione del calore

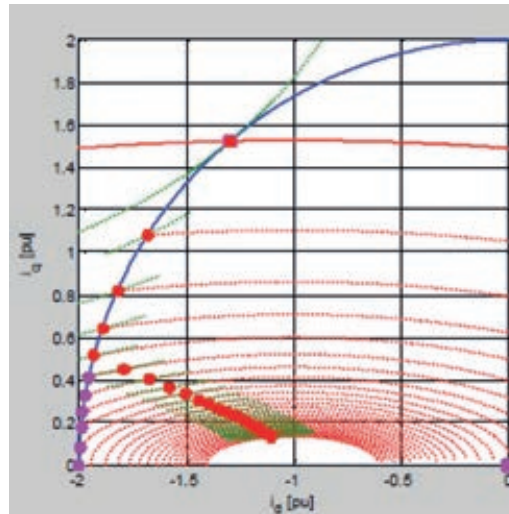


Figura 13: Punti di lavoro per un motore IPM

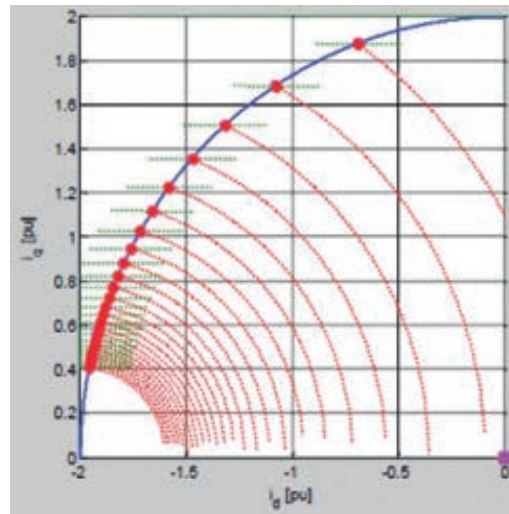


Figura 14: Punti di lavoro per un motore a magneti superficiali SPM

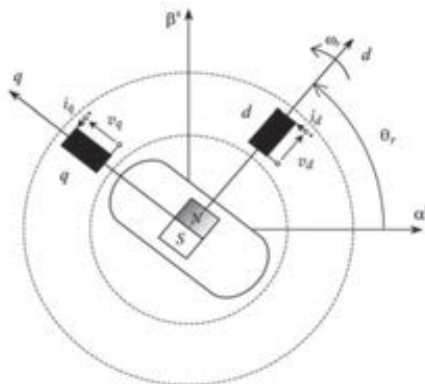


Figura 12: Rappresentazione schematica del motore sincrono a magneti permanenti nel riferimento di rotore

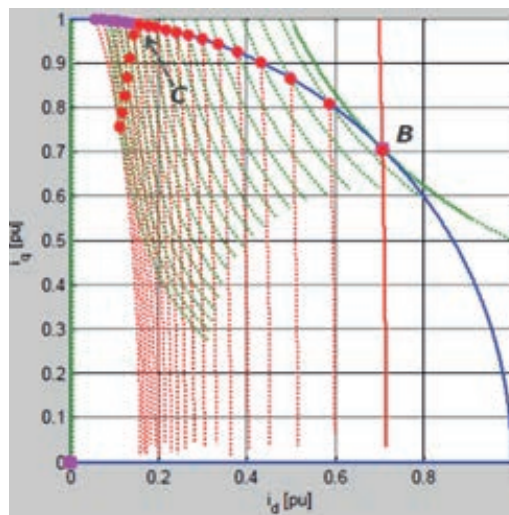


Figura 15: Punti di lavoro per un motore asincrono

generato per una certa potenza erogata.

Al contempo, la riduzione delle perdite deve essere accompagnata, in fase di design, dal dimensionamento di un adeguato sistema di raffreddamento. L'ottimizzazione di questo aspetto, permette di sfruttare valori più alti di potenza elettrica in ingresso, ad esempio raggiungendo:

- punti operativi a coppia maggiore (che comportano sovraccarico degli avvolgimenti e necessità di maggiore estrazione di calore dallo statore);
- punti a velocità maggiore (maggiori perdite nel ferro all'aumentare della frequenza e necessità di maggiore estrazione di calore dai lamierini).

All'interno del motore elettrico le perdite possono essere di tipo joule negli avvolgimenti statorici e nelle barre rotoriche in caso di motori ad induzione; perdite per correnti parassite ed isteresi nei lamierini; perdite per correnti parassite nei magneti; perdite di attrito nei cuscinetti e perdite per resistenza aerodinamica nel traferro in aria tra statore e rotore (figura 16).

In termini generali si può correttamente assumere che la maggior quota di perdite è relativa agli avvolgimenti (perdite Joule) e al ferro (isteresi e correnti parassite).

GLI AVVOLGIMENTI [1], [2], [7], [10]

Le perdite Joule sono strettamente legate alla dimensione dei conduttori che formano gli avvolgimenti ed alla corrente che vi circola. Nella forma più semplice, la componente DC delle perdite Joule relative ad un conduttore può essere espressa come segue:

$$P_j = RI^2 \tag{5}$$

Dove *R* è la resistenza del conduttore ed *I* la corrente.

Alle perdite così calcolate si somma il contributo dovuto all'effetto pelle (skin effect) causato dal passaggio di corrente solo nelle zone più esterne del conduttore. Questo effetto è particolarmente sentito in caso di utilizzo di conduttori di sezione importante o di elevate frequenze.

In ambito automotive uno dei metodi di realizzazione degli avvolgimenti statorici prevede l'utilizzo di barre di sezione rettangolare laminate dette hairpin (figura 17). Questa soluzione permette di aumentare la sezione del conduttore a parità di cavo, e quindi ridurre la densità di corrente oppure, mantenendo la stessa corrente, di ottenere la stessa potenza con un volume minore. Inoltre, si elimina il fenomeno dello skin effect sezionando il singolo conduttore in più strati isolati tra loro.

Questo tipo di avvolgimento dello statore ha anche il vantaggio dalla minor lunghezza degli avvolgimenti in testata, con conseguente minor estensione assiale del motore rispetto a quelli ad avvolgimento con conduttori a sezione circolare. Di contro, lo svantaggio è rappresentato dalle maggiori perdite nel rame alle alte frequenze.

I LAMIERINI [1], [2], [7], [11]

Come detto in precedenza, i rotor sono realizzati grazie all'impilaggio di molteplici lamierini di acciaio ferromagnetico (figura 18).

Esistono diverse tecniche per unire fra loro i lamierini. Nella figura 19 sono riportate le principali tecniche utilizzate per l'unione dei lamierini e quindi la produzione degli stacks rotorici e statorici. Da sinistra verso destra passiamo dalla presenza di scanalature e sporgenze sulle due facce del lamierino che ne permettono l'incastro pressando più lamierini tra loro. Nella seconda immagine vediamo il caso di unione del pacco

Figura 16: Perdite nei motori elettrici

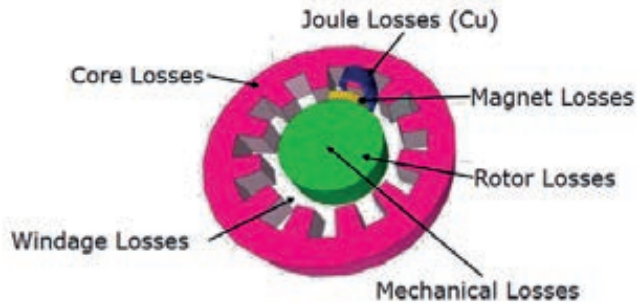


Figura 17: Statore con hairpin <https://www.atopwinding.com>



attraverso l'impiego di linee di saldatura sulla superficie esterna dei lamierini (solitamente le linee di saldatura vengono eseguite in zone non critiche per quanto riguarda il circuito elettromagnetico o la tenuta meccanica, in modo tale che le inevitabili deformazioni termiche derivanti dal processo non incidano sulle performance del componente). Nella terza immagine vediamo l'utilizzo di un serraggio esterno a tenere in posizione i lamierini. Altro metodo analogo prevede la presenza di un foro nei lameirini, all'interno del quale inserire delle barre da serrare sulle facce esterne. L'ultima immagine è invece relativa alla tecnica di incollaggio che, a differenza delle altre tecniche, va ad interessare tutta la superficie dei lamierini.

Le perdite nel ferro possono essere ricondotte a due contributi: le perdite per isteresi e le perdite per correnti parassite, come riportato nella formula 6

$$P_{fe} = P_i + P_{cp} \tag{6}$$

Nel dettaglio:

$$P_i = Cl * K_i * f * (Bd^a * Gd + Bc^a * Gc) \tag{7}$$

$$P_{cp} = Cl * K_{cp} * f^2 * (Bd^2 * Gd + Bc^2 * Gc) \tag{8}$$

Tralasciando i termini relativi alle induzioni (B), ai pesi (G) e alla tecnica di lavorazione (Cl), ciò che è interessante notare è che le perdite aumentano con la frequenza (quindi all'aumentare

della velocità) e con i tre coefficienti (K_i, K_{cp}, a). Per ridurre questi coefficienti, e quindi le perdite, la scelta più performante prevede l'utilizzo di lamierini in ferro-cobalto in quanto offrono prestazioni migliori in termini di comportamento elettromagnetico, range di utilizzo più ampio prima della saturazione e ridotte perdite a parità di induzione e frequenze, rispetto ad altri materiali come il ferro-silicio. Di contro, il ferro-cobalto presenta usualmente valori di tensione di snervamento minori rispetto al ferro-silicio, motivo per cui per applicazioni ad alta velocità, con importanti stress meccanici, diventa cruciale l'ottimizzazione del design, per esempio con:

- **barriere di flusso** per i motori IPM⁴ il rotore risulta essere magneticamente anisotropo, in quanto la riluttanza è dovuta sia alla sezione non uniforme del rotore, sia alla presenza dei magneti, la cui permeabilità, per piccole variazioni del flusso è paragonabile a quella del vuoto. In figura 20 è rappresentata la tipica sezione di un IPMSM a due coppie polari. Sono ben visibili le cave di statore, così come la struttura non omogenea del rotore. Le cavità in cui sono alloggiati i magneti si estendono anche oltre, costituendo le cosiddette barriere di flusso che enfatizzano l'anisotropia magnetica;
- **tecniche di manufacturing** quali, ad esempio, la tecnologia autoadesiva Backlack

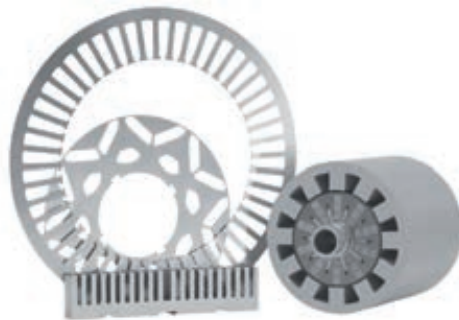


Figura 18: Esempi di lamierini

TECNICHE CONVENZIONALI PER LA GIUNZIONE DI LAMIERINI DI ACCIAIO FERROMAGNETICO



INTERLOCKING
I lamierini sono collegati mediante scanalature e linguette.



SALDATURA
I lamierini sono impilati liberamente e successivamente fissati mediante cordoni di saldatura.



GRAPPATURA
I lamierini sono impilati liberamente e successivamente grappati.



INCOLLAGGIO
I lamierini sono incollati a piena faccia.

Fig. 19: Tecniche di collegamento dei lamierini in acciaio ferromagnetico

che rappresenta il migliore modo per garantire un flusso magnetico ininterrotto nei pacchi di lamierini:

Contrariamente ai processi tradizionali come saldatura, stampaggio e rivettatura, il Backlack, tramite un particolare processo di laminazione di pellicola adesive su entrambi i lati dei lamierini di acciaio ferromagnetico, li fa aderire senza provocare danni materiali ai punti di contatto. L'incollaggio tramite Backlack offre numerosi vantaggi: oltre al flusso magnetico non interrotto, non compaiono tensioni o deformazioni nel materiale e, in tal modo, le proprietà magnetiche sono completamente mantenute. Inoltre, la migliore stabilità meccanica ed una maggiore precisione dimensionale evitano il prodursi dei rumori che si percepiscono durante la rotazione dei rotori che utilizzano accoppiamenti meccanici. La tecnologia Backlack consente anche complesse geometrie di raggruppamento dei lamierini, senza ulteriori elaborazioni necessarie per ottenere un'alta precisione (figura 22). Con il Backlack, anche la conduttività termica tra lamierini contigui è di un ordine di grandezza superiore a quella nell'aria (figura 23).

Come mostrato in figura 23 è l'impiego del Backlack migliora la conducibilità termica del rotore e dello statore, facilitando l'estrazione del calore del motore.

I MAGNETI [1], [2], [7], [13], [14]

Discorso analogo a quanto visto per la laminazione dei lamierini deve essere considerato anche per i magneti i quali, ad eccezione delle ferriti, risentono delle problematiche relative alle correnti parassite e vengono quindi segmentati assialmente (figure 24 e 25).

La scelta dei magneti è strettamente legata al valore di densità di coppia ricercato. Nel caso di elevate performance, si impiegano solitamente magneti con valori di induzione residua e di campo coercitivo intrinseco più alti (in valore assoluto), ciò equivale ad una maggiore performance a parità di volumi del magnete e minori problematiche di smagnetizzazione. In questo modo i motori riescono ad operare a temperature più alte e con flussi magnetici interni più alti, quindi maggiori prestazioni in termini di densità di coppia e di potenza. La densità di energia ottenibile dal materiale è

Fig. 20: Sezione di un IPMSM a due coppie polari. In evidenza le linee di flusso principali (assi magnetici)

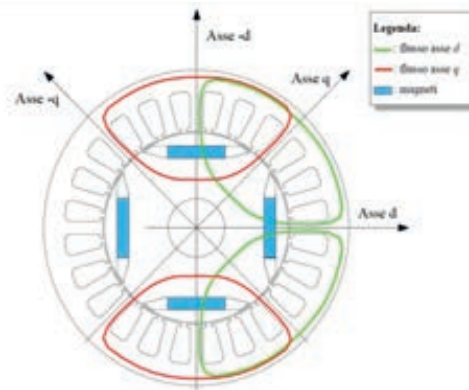
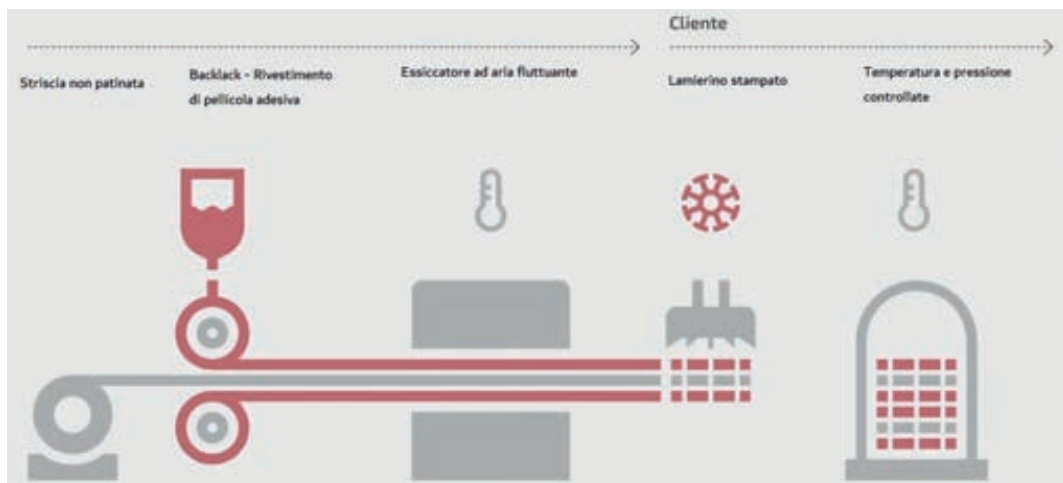


Fig. 21: Processo di verniciatura e rivestimento con polimeri adesivi su lamierini di acciaio ferromagnetico



il prodotto dell'induzione magnetica residua per la forza coercitiva (BHmax) espresso in MGOe (Gauss•Oerstedx10⁶) ed è un parametro di comparazione relativo alle performance dei magneti da utilizzare in unione con le informazioni relative ad induzione residua e campo coercitivo. Da un punto di vista grafico è l'area del rettangolo più ampio iscrivibile all'interno della curva BH come riportato in figura 26.

Il BHmax è, inoltre, il dato connesso al grado nella nomenclatura del magnete, che troviamo sotto forma di numero di due cifre a seguire la lettera "N" (es. N40EH, N52SH).

Un materiale largamente utilizzato per i magneti è il Neodimio-Ferro-Boro (NdFeB). Altra tipologia di magneti è quella in Samario-Cobalto (SmCo), più costosa ma che presenta valori di BHmax nettamente maggiori rispetto a quelli aiNdFeB per temperature superiori ai 150/180°C ma un

po' inferiori rispetto ai migliori materiali a base di NdFeB per temperature più basse. Il magnete in SmCo presenta valori di induzione residua maggiori alle alte temperature e soffre meno delle problematiche di smagnetizzazione (figura 27).

SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO ^{[1],[3]}

Esistono diverse tipologie di sistemi di raffreddamento, che si caratterizzano per la loro efficacia nella dissipazione del calore prodotto dal motore elettrico (figura 28 e 29).

In ambito automotive, solitamente l'involucro del motore è costituito da una camicia esterna (water jacket) che contiene una serie di condotti in cui viene fatto passare il liquido refrigerante, di solito una miscela di acqua e glicole. Si tratta di una tipologia molto utilizzata, che permette di avere un'estrazione di calore tre volte maggiore



Fig. 22: Confronto del flusso magnetico tra fasci di acciaio elettrico uniti meccanicamente e quelli con Backlax

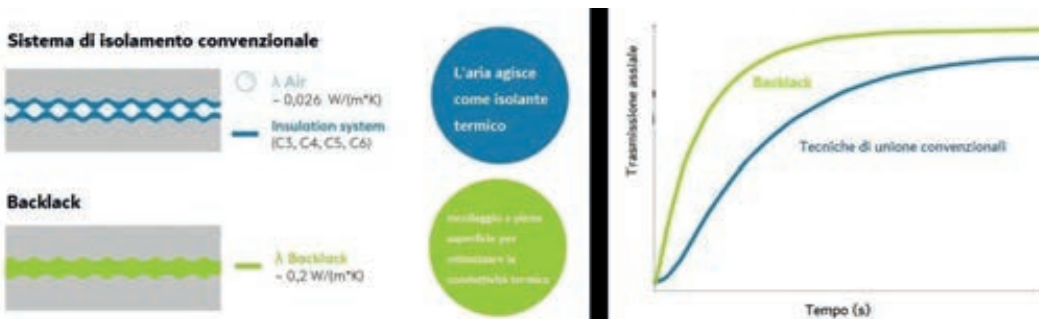


Fig. 23: Conduttività termica ottimizzata in direzione assiale

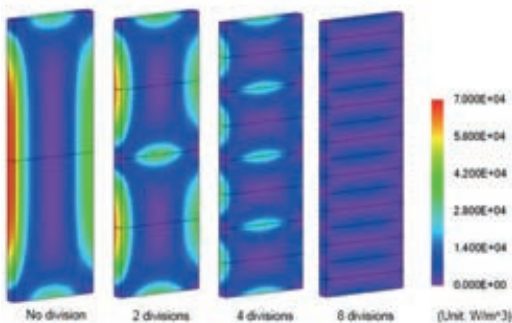


Figura 24: Riduzione delle correnti parassite attraverso la segmentazione

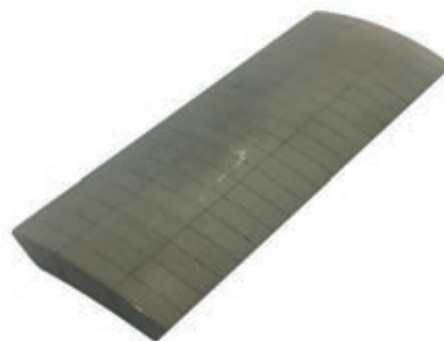


Figura 25: Esempio di magnete segmentato

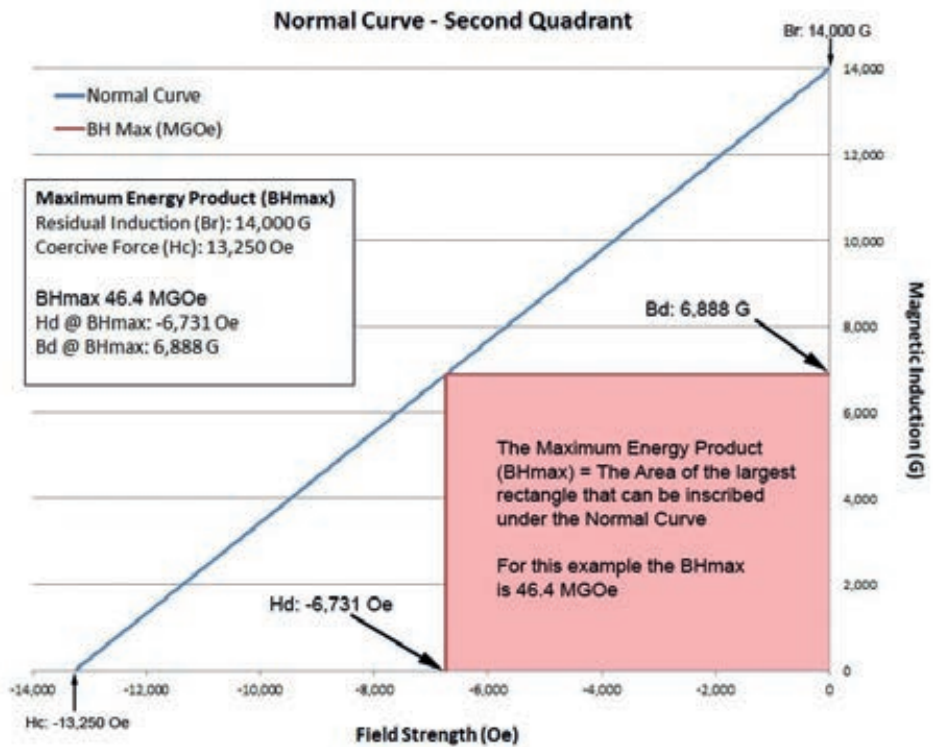


Figura 26: BHmax dei magneti

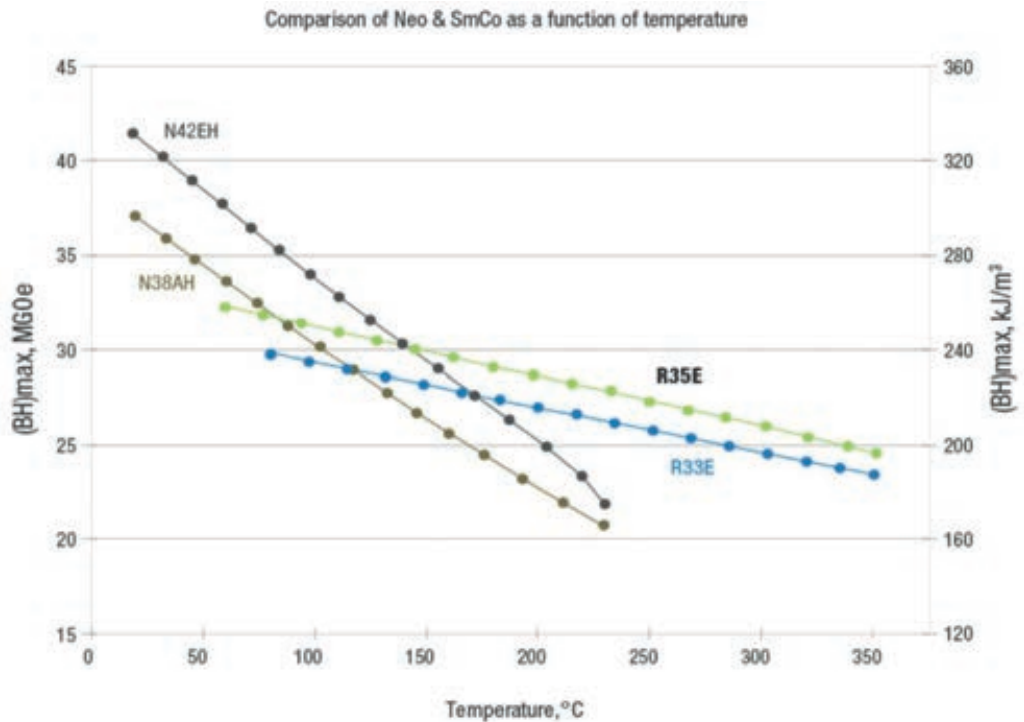


Figura 27: Comparazione dei magneti NdFeB e SmCo <https://www.arnoldmagnetics.com/>

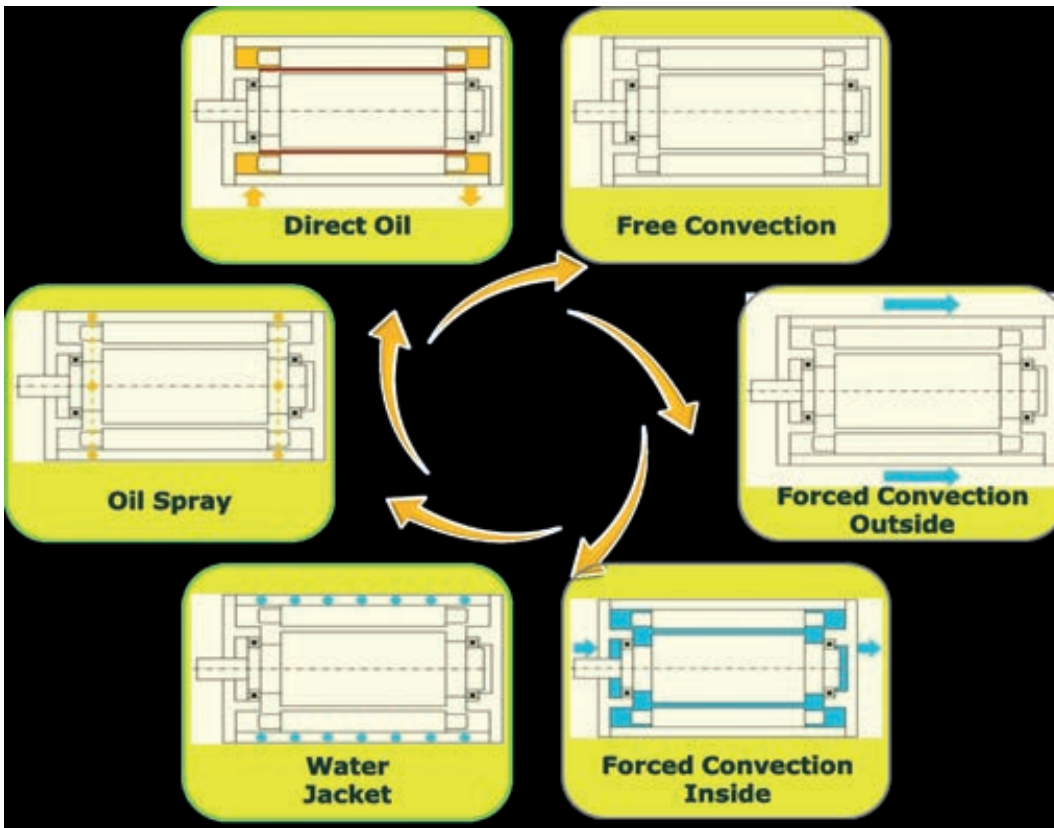


Figura 28: Tipologie di sistemi di raffreddamento

rispetto ad un motore refrigerato per convezione naturale.

Un risultato simile a questa soluzione è ottenibile con il sistema oil spray, ovvero l'iniezione di olio refrigerato sulle testate degli avvolgimenti statorici che consente, quindi, di estrarre calore direttamente dalla sezione di rame che fuoriesce dal pacco statorico.

Per applicazioni particolarmente performanti si opta, invece, per l'immersione completa dello statore all'interno dell'olio, che consente una performance di dissipazione 4.5 volte superiore alla convezione naturale (figura 29).

Nelle figure 30 e 31 viene riportato l'esempio di un motore con sistema di raffreddamento a passaggio di olio nella parte statorica.

SIMULAZIONI E TEST^[1]

Per concludere, non si può fare a meno di sottolineare quanto la ricerca delle elevate performance, in parallelo alla riduzione dei volumi e dei pesi, abbia spinto la fase di design ad un livello di dettaglio non richiesto in altri settori.

Nell'immagine che segue (figura 32) si può notare come la fase di design e simulazioni copra ogni aspetto del componente del motore.

Le simulazioni effettuate prima della fase di

prototipazione e produzione sono fondamentali per il raggiungimento del target desiderato. In un primo step possono essere usati software di calcolo ai parametri concentrati 1D sia per il dimensionamento di massima che per le simulazioni termiche. In una seconda fase di ottimizzazione più accurata vengono invece utilizzati software di simulazione agli elementi finiti FEM (Finite Element Method) e CFD (Computational Fluid Dynamics) sia 2D che 3D, andando a coprire tutti gli aspetti che caratterizzano il motore elettrico: dal circuito elettromagnetico alle performance meccaniche, termiche e NVH (Noise, Vibration and Harshness), fino ad arrivare allo studio del comportamento del motore all'interno del sistema finale, quale ad esempio un assale elettrico o un intero powertrain.

Successivo passaggio chiave è il test sul motore prodotto che permette sia di validare le simulazioni eseguite ed apportare le dovute ottimizzazioni nella seconda fase di simulazioni sia di acquisire i necessari input per altre tipologie di simulazioni che vengono eseguite nella fase successiva alla prototipazione, per la definizione e la riduzione delle rumorosità.

Nella figura 33 seguente un esempio di camera di test per motori elettrici.

Cooling systems heat extraction comparison p.u.

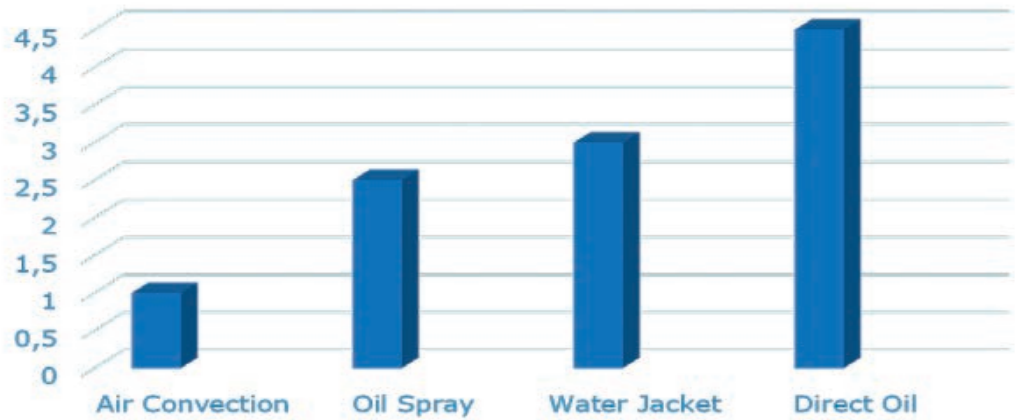


Figura 29:
Cofronto di efficienza
per differenti tipologie
di sistemi di
raffreddamento



Figura 30:
Motore IPM con
raffreddamento in olio
vista esterna



Figura 31:
Motore IPM con
raffreddamento in olio
vista interna

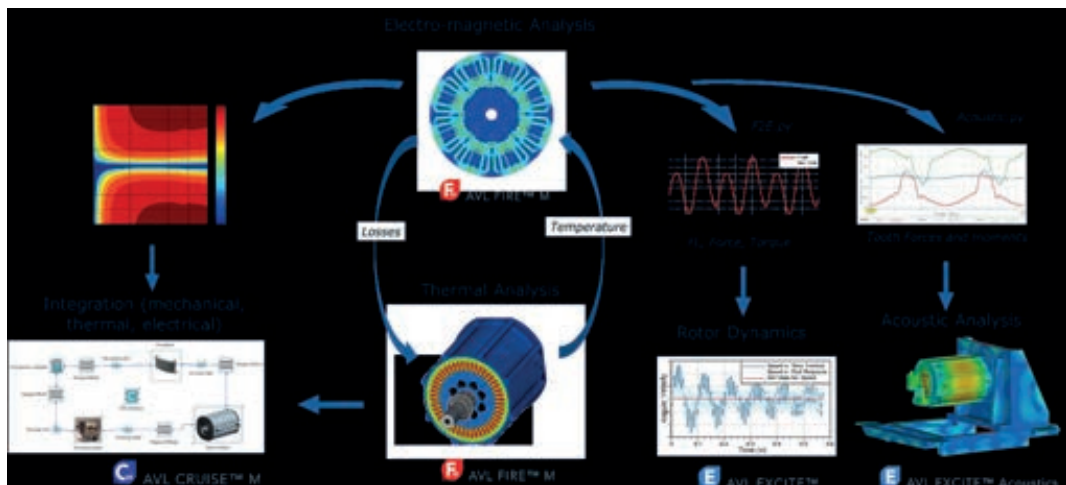


Figura 32:
Software
per simulazione
di motori elettrici



Figura 33:
Rendering di una camera
di test per motori elettrici

Bibliografia e Sitografia

- [1] AVL internal documents;
- [2] "Design of Brushless Permanent-Magnet Machine", J. R. Hendershot, T. J. E. Miller;
- [3] "Mechanical Design of Electric Motors", Wei Tong;
- [4] "Interior Permanent Magnet Machine", Rukmi Dutta;
- [5] "Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles", Ehsani, Gao, Longo, Ebrahimi;
- [6] "Sistemi di propulsione elettrica" Claudio Rossi, Alma Mater Sudiorum, Università di Bologna;
- [7] "Metodologie di progettazione delle macchine elettriche", Giovanni Serra, Alma Mater Sudiorum, Università di Bologna;
- [8] "Hybrid Technology and Architecture Indroduction", Vehicle Design, Ing. Favaretto, corso Ingegneria del Veicolo, UNIMORE;
- [9] www.adamasintel.com
- [10] www.atopwinding.com
- [11] www.vacuumschmelze.de
- [12] www.voestalpine.com
- [13] www.duramag.com
- [14] www.arnoldmagnetics.com
- [15] www.rimac-automobili.com
- [16] www.unrae.it
- [17] www.iea.org

Note

1. PSM o PMSM sono due acronimi per la stessa topologia di motore, cioè il motore sincrono a magneti permanenti che si divide poi in sottotipologie, a seconda che i magneti siano 1) sulla superficie del rotore SPM (Surface Mounted Permanent Magnet Machine); 2) inseriti nella parte esterna del rotore SIPM (Surface Inserted Permanent Magnet Machine); 3) interni al rotore IPM (Interior Permanent Magnet Machine);
2. Una volta raggiunto il limite di tensione V_{max} , dovendo essere soddisfatta l'equazione $V \approx \omega l$, necessariamente il flusso statorico deve diminuire affinché la macchina possa aumentare la propria velocità. Il motore entra così nella regione di deflussaggio;
3. La coppia di cogging è dovuta alle variazioni della riluttanza del circuito magnetico: è riconoscibile quando l'albero è ruotato a mano lentamente ed è sempre presente, anche quando non c'è corrente di statore: per questo è possibile valutarla qualitativamente girando manualmente il rotore di un motore scollegato dalla rete. È generata dall'attrazione magnetica tra i denti statorici e i magneti permanenti rotorici dovuta alla rotazione del rotore. È dovuta alla componente circonferenziale della forza attrattiva che tenta di mantenere l'allineamento tra i denti di statore ed i magneti permanenti: il rotore tende ad allinearsi con il massimo numero di denti statorici in modo tale che sia minima la riluttanza di una linea di flusso e massima l'energia magnetica immagazzinata. La coppia di cogging aggiunge una componente oscillante alla coppia costante desiderata dalla macchina: questo può produrre vibrazione, rumore e una forma non perfettamente sinusoidale della corrente di fase, specialmente a bassa velocità;
4. Il motore IPM è costituito da uno statore su cui sono disposti gli avvolgimenti delle fasi, e da un rotore in materiale ferromagnetico all'interno del quale sono disposti dei magneti permanenti.



a cura di
Ing. E. Robortella
Stacul

Commissione
Rifiuti, bonifiche e
acque reflue

visto da
Ing. P. Boitani
Ing. M. Pasca

L'EVOLUZIONE DELLA NORMATIVA TECNICA NEL CAMPO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO: ASPETTI PROCEDURALI E CRITICITA'

L'UTILIZZO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO
E' UN TEMA DI RILEVANTE INTERESSE SIA
IN TERMINI AMBIENTALI CHE DI
IMPATTO ECONOMICO

Riassunto

Il tema della gestione delle terre e rocce da scavo, siano esse provenienti da un cantiere "tradizionale" di ingegneria civile piuttosto che da una bonifica ambientale, è di primaria rilevanza ai fini di una corretta programmazione dell'intero progetto in quanto impatta significativamente sulla componente economica di un intervento nonché sulla tempistica dell'iter autorizzativo del procedimento. A partire dalla emanazione del primo testo unico ed organico in materia di ambiente, il cosiddetto "decreto Ronchi" (D.lgs. 22/97) è stata trattata in maniera sempre più specifica tale tipologia di materiali, fino alle recenti evoluzioni normative che, con specifici decreti attuativi, hanno tentato di fornire delle indicazioni operative per la loro gestione.

L'interdisciplinarietà del tema in questione ed il continuo sovrapporsi di leggi ed emendamenti non sempre ha consentito agli operatori del settore, includendo quelli delle PP.AA. coinvolte, una facile lettura ed interpretazione della normativa tecnica.

Si illustrano di seguito i principali riferimenti legislativi, con l'intento di evidenziarne i principali punti di forza e le criticità ancora aperte e stimolare nel lettore un approfondimento nel tema che non può certamente essere qui trattato in maniera esaustiva.

L'EVOLUZIONE NORMATIVA NAZIONALE

Le leggi che trattano la tematica della gestione delle terre e rocce da scavo di seguito richiamate devono essere ricondotte e considerate, direttamente quali norme tecniche di attuazione o indirettamente quali misure straordinarie di attuazione di interventi ambientali, nell'ambito del più vasto impianto normativo che risulta essere il D.lgs. 152/06 e s.m.i. (ovvero il cosiddetto TU Ambiente - TUA), che per ragioni di spazio non si riporta ma a cui si rimanda integralmente.

Legge 24 marzo 2012 n. 28 "Misure straordinarie e urgenti in materia ambientale"

La legge n. 28/12 - legge di conversione con modificazioni del DL n.02/12 - è entrata in vigore il 25 marzo 2012 introducendo l'interpretazione autentica dell'art. 185 del TUA "disposizioni in materia di matrici materiali di riporto e ulteriori disposizioni in materia di rifiuti", estendendo i contenuti riportati in tale articolo anche alle cosiddette "matrici ambientali di riporto".

Si riporta di seguito il testo integrale dell'art. 3 così come sostituito dall'Allegato alla legge n. 28/12.

Art. 3

1. Ferma restando la disciplina in materia di bo-

nifica dei suoli contaminati, i riferimenti al "suolo" contenuti all'articolo 185, commi 1, lettere b) e c), e 4 del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, si interpretano come riferiti anche alle matrici materiali di riporto di cui all'allegato 2 alla parte IV del medesimo decreto legislativo.

2. Ai fini dell'applicazione del presente articolo, per matrici materiali di riporto si intendono i materiali eterogenei, come disciplinati dal decreto di cui all'articolo 49 del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, utilizzati per la realizzazione di riempimenti e rilevati, non assimilabili per caratteristiche geologiche e stratigrafiche al terreno in situ, all'interno dei quali possono trovarsi materiali estranei.

3. Fino alla data di entrata in vigore del decreto di cui al comma 2 del presente articolo, le matrici materiali di riporto, eventualmente presenti nel suolo di cui all'articolo 185, commi 1, lettere b) e c), e 4 del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152, e successive modificazioni, sono considerate sottoprodotti solo se ricorrono le condizioni di cui all'articolo 184-bis del citato D.Lgs. 152/06.

Decreto Ministeriale 10 agosto 2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo"

Tale regolamento, entrato in vigore a partire dal 6 ottobre 2012, al fine di migliorare l'uso delle risorse naturali e prevenire la produzione di rifiuti, definiva i criteri qualitativi da soddisfare affinché i materiali di scavo venissero considerati sottoprodotti e non rifiuti ai sensi dell'art. 183, comma 1, lettera qq) del TUA nonché le procedure e le modalità affinché la gestione e l'utilizzo dei materiali da scavo potesse avvenire senza pericolo per la salute dell'uomo e senza recare pregiudizio all'ambiente.

Nel rimandare al testo ufficiale di legge si riportano di seguito alcuni passaggi di particolare interesse e oggetto di approfondimento.

Art. 5

Il Piano di Utilizzo del materiale da scavo è presentato dal proponente all'Autorità competente almeno novanta giorni prima dell'inizio dei lavori per la realizzazione dell'opera. Il proponente ha facoltà di presentare il Piano di Utilizzo all'Autorità competente in fase di approvazione del progetto definitivo dell'opera.

Allegato 2

Nel caso in cui gli scavi interessino la porzione satura del terreno, per ciascun sondaggio oltre ai campioni sopra elencati sarà necessario acquisire un campione delle acque sotterranee, preferibilmente e compatibilmente con la situazione locale, con campionamento dinamico.

Allegato 4

Qualora si rilevi il superamento di uno o più limiti



di cui alle colonne A e B Tabella 1 allegato 5, al Titolo V parte IV del D.lgs. 152/06 e s.m.i., è fatta salva la possibilità del proponente di dimostrare, anche avvalendosi di analisi e studi pregressi già valutati dagli Enti, che tali superamenti sono dovuti a caratteristiche naturali del terreno o da fenomeni naturali e che di conseguenza le concentrazioni misurate sono relative a valori di fondo naturale.

Legge 24 giugno 2013 n. 71 “Disposizioni urgenti per il rilancio dell’area industriale di Piombino, di contrasto ad emergenze ambientali, in favore delle zone terremotate del maggio 2012 e per accelerare la ricostruzione in Abruzzo e la realizzazione degli interventi per Expo 2015”

La legge n. 71/13 - legge di conversione con modificazioni del DL n. 43/13 cosiddetto “decreto emergenze” - è entrata in vigore il 25 giugno 2013 e modificava la normativa in materia attraverso l’introduzione dell’art. 8 bis come di seguito riportato.

Art. 8 bis - Deroga alla disciplina dell’utilizzazione di terre e rocce da scavo

1. Al fine di rendere più celere e più agevole la realizzazione degli interventi urgenti previsti dal

presente decreto che comportano la necessità di gestire terre e rocce da scavo, adottando nel contempo una disciplina semplificata di tale gestione, proporzionata all’entità degli interventi da eseguire e uniforme per tutto il territorio nazionale, le disposizioni del regolamento di cui al decreto del Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161, si applicano solo alle terre e rocce da scavo prodotte nell’esecuzione di opere soggette ad autorizzazione integrata ambientale o a valutazione di impatto ambientale.

2. Fermo restando quanto previsto dal comma 1, in attesa di una specifica disciplina per la semplificazione amministrativa delle procedure, alla gestione dei materiali da scavo, provenienti dai cantieri di piccole dimensioni la cui produzione non superi i seimila metri cubi di materiale, continuano ad applicarsi su tutto il territorio nazionale le disposizioni stabilite dall’articolo 186 del D.Lgs. 152/06 in deroga a quanto stabilito dall’articolo 49 del decreto-legge 24 gennaio 2012 n. 1 convertito con modificazioni dalla legge 24 marzo 2012 n. 27.

Legge 9 agosto 2013 n. 98 “Disposizioni urgenti per il rilancio dell’economia”

La legge n. 98/13 - legge di conversione con



modificazioni del DL n. 69/13 cosiddetto "decreto del fare" - è entrata in vigore il 21 agosto 2013 modificando nuovamente la normativa in materia attraverso l'introduzione degli artt. 41 e 41 bis di cui si riportano di seguito i passaggi di interesse.

Art. 41

Comma 2. All'articolo 184-bis del D.lgs. 152/06 e successive modificazioni, dopo il comma 2, è aggiunto il seguente:

"2-bis. Il decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare di concerto con il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 10 agosto 2012, n. 161, adottato in attuazione delle previsioni di cui all'articolo 49 del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 27, si applica solo alle terre e rocce da scavo che provengono da attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale. Il decreto di cui al periodo precedente non si applica comunque alle ipotesi disciplinate dall'articolo 109 del presente decreto."

Comma 3. All'articolo 3 del decreto-legge 25 gennaio 2012 n. 2, convertito con modificazioni

dalla legge 24 marzo 2012 n. 28, sono apportate le seguenti modificazioni:

a) al comma 1 sono aggiunte, in fine, le seguenti parole: «, costituite da una miscela eterogenea di materiale di origine antropica, quali residui e scarti di produzione e di consumo, e di terreno, che compone un orizzonte stratigrafico specifico rispetto alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche naturali del terreno in un determinato sito, e utilizzate per la realizzazione di riempimenti, di rilevati e di reinterri.»;

b) i commi 2 e 3 sono sostituiti dai seguenti:

«2. Fatti salvi gli accordi di programma per la bonifica sottoscritti prima della data di entrata in vigore della presente disposizione che rispettano le norme in materia di bonifica vigenti al tempo della sottoscrizione, ai fini dell'applicazione dell'articolo 185, comma 1, lettere b) e c), del D.lgs. 152/06, le matrici materiali di riporto devono essere sottoposte a test di cessione effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'articolo 9 del decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale 16 aprile 1998, n. 88, ai fini delle metodiche da utilizzare per escludere

rischi di contaminazione delle acque sotterranee e, ove conformi ai limiti del test di cessione, devono rispettare quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di bonifica dei siti contaminati.

3. Le matrici materiali di riporto che non siano risultate conformi ai limiti del test di cessione sono fonti di contaminazione e come tali devono essere rimosse o devono essere rese conformi ai limiti del test di cessione tramite operazioni di trattamento che rimuovano i contaminanti o devono essere sottoposte a messa in sicurezza permanente utilizzando le migliori tecniche disponibili e a costi sostenibili che consentano di utilizzare l'area secondo la destinazione urbanistica senza rischi per la salute.

3-bis. Gli oneri derivanti dai commi 2 e 3 sono posti integralmente a carico dei soggetti richiedenti le verifiche ivi previste.»

Art. 41 bis

1. In relazione a quanto disposto dall'articolo 266, comma 7, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, in deroga a quanto previsto dal regolamento di cui al decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 10 agosto 2012, n. 161,

i materiali da scavo di cui all'articolo 1, comma 1, lettera b), del citato regolamento, prodotti nel corso di attività e interventi autorizzati in base alle norme vigenti, sono sottoposti al regime di cui al D.lgs. 152/06, e successive modificazioni, se il produttore dimostra:

- a) che è certa la destinazione all'utilizzo
- b) che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi sul suolo, non sono superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del D.lgs. 152/06;
- c) che, in caso di destinazione ad un successivo ciclo di produzione, l'utilizzo non determina rischi per la salute né variazioni qualitative o quantitative delle emissioni rispetto al normale utilizzo delle materie prime;
- d) che ai fini di cui alle lettere b) e c) non è necessario sottoporre i materiali da scavo ad alcun preventivo trattamento, fatte salve le normali pratiche industriali e di cantiere.

2. Il proponente o il produttore attesta il rispetto delle condizioni di cui al comma 1 tramite dichiarazione resa all'Agenzia regionale per la protezione ambientale ai sensi e per gli effetti del testo unico di cui al d.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445,



precisando le quantità destinate all'utilizzo, il sito di deposito e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione, salvo il caso in cui l'opera nella quale il materiale è destinato ad essere utilizzato preveda un termine di esecuzione superiore. Le attività di scavo e di utilizzo devono essere autorizzate in conformità alla vigente disciplina urbanistica e igienico-sanitaria. La modifica dei requisiti e delle condizioni indicati nella dichiarazione di cui al primo periodo è comunicata entro trenta giorni al comune del luogo di produzione.

3. Il produttore deve, in ogni caso, confermare alle autorità di cui al comma 2, territorialmente competenti con riferimento al luogo di produzione e di utilizzo, che i materiali da scavo sono stati completamente utilizzati secondo le previsioni comunicate.

4. L'utilizzo dei materiali da scavo come sottoprodotto resta assoggettato al regime proprio dei beni e dei prodotti. A tal fine il trasporto di tali materiali è accompagnato, qualora previsto, dal documento di trasporto o da copia del contratto di trasporto redatto in forma scritta o dalla scheda di trasporto di cui agli articoli 6 e 7-bis del decreto legislativo 21 novembre 2005, n. 286, e successive modificazioni.

Legge 11 agosto 2014 n. 116 “Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e ... omissis ...”

La legge n. 116/14 - legge di conversione con modificazioni del DL n. 91/14 - è entrata in vigore il 20 agosto 2014 e con l'art. 13 co 1 introduceva nel TUA una procedura semplificata per le operazioni di bonifica (art. 242 bis del TUA) mentre con il co 5, lett. b bis sempre dell'art. 13 veniva modificato l'Allegato D alla Parte IV del TUA per la parte relativa alla classificazione dei rifiuti.

Il richiamo a tale articolo, come di seguito integralmente riportato, è funzionale alla comprensione di un successivo passaggio previsto dal co 10 bis dell'art. 34 della legge successiva n. 164/14.

Art. 13

1. L'operatore interessato a effettuare, a proprie spese, interventi di bonifica del suolo con riduzione della contaminazione ad un livello uguale o inferiore ai valori di concentrazione soglia di contaminazione, può presentare all'amministrazione di cui agli articoli 242 o 252 uno specifico progetto completo degli interventi programmati sulla base dei dati dello stato di contaminazione del sito, nonché del cronoprogramma di svolgimento dei lavori.

5, lett. B bis. All'allegato D alla parte IV è premezza la seguente disposizione: *Classificazione dei rifiuti:*

... omissis ...

5. *Se i componenti di un rifiuto sono rilevati dalle analisi chimiche solo in modo aspecifico, e non sono perciò noti i composti specifici che lo costituiscono, per individuare le caratteristiche di pericolo del rifiuto devono essere presi come riferimento i composti peggiori, in applicazione del principio di precauzione.*

6. *Quando le sostanze presenti in un rifiuto non sono note o non sono determinate con le modalità stabilite nei commi precedenti, ovvero le caratteristiche di pericolo non possono essere determinate, il rifiuto si classifica come pericoloso.*

... omissis ...

Legge 11 novembre 2014 n. 164 “Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive”

La legge n. 164/14 - legge di conversione con modificazioni del DL n. 133/14 - è entrata in vigore il 11 novembre 2014 e tra le varie misure urgenti da attuare inseriva, con l'art. 34, commi da 7 a 10 bis, anche quelle urgenti inerenti la realizzazione, “in siti inquinati nei quali sono in corso o non sono ancora avviate attività di



messa in sicurezza e di bonifica, di interventi e opere richiesti dalla normativa sulla sicurezza nei luoghi di lavoro, di manutenzione ordinaria e straordinaria di impianti e infrastrutture, compresi adeguamenti alle prescrizioni autorizzative, nonché opere lineari necessarie per l'esercizio di impianti e forniture di servizi e, più in generale, altre opere lineari di pubblico interesse a condizione che detti interventi e opere siano realizzati secondo modalità e tecniche che non pregiudicano né interferiscono con il completamento e l'esecuzione della bonifica, né determinano rischi per la salute dei lavoratori e degli altri fruitori dell'area (comma 7 così sostituito dall'art. 1, comma 551 della Legge n. 190/14)".

Si riportano di seguito i passaggi di interesse dell'art. 34, dal comma 8 al comma 10.

Art. 34

8. Ai fini dell'applicazione del comma 7 sono rispettate le seguenti procedure e modalità di caratterizzazione, scavo e gestione dei terreni movimentati:

a) nel caso in cui non sia stata ancora realizzata la caratterizzazione dell'area oggetto dell'intervento, è analizzato un numero si-

gnificativo di campioni di suolo e sottosuolo insaturo prelevati da stazioni di misura rappresentative dell'estensione dell'opera e del quadro ambientale conoscitivo. I punti di campionamento e analisi devono interessare per ogni stazione il campione di suolo superficiale, puntuale, il campione medio rappresentativo del primo metro di profondità, il campione puntuale del fondo scavo, nonché eventuali livelli di terreno che presentino evidenza organolettica di contaminazione. Il piano di dettaglio della caratterizzazione, comprensivo della lista degli analiti da ricercare è concordato con l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente territorialmente competente che si pronuncia entro il termine perentorio di trenta giorni dalla richiesta del proponente, eventualmente stabilendo particolari prescrizioni in relazione alla specificità del sito e dell'intervento. Il proponente, trenta giorni prima dell'avvio dei lavori, trasmette agli Enti interessati il Piano di caratterizzazione definitivo, comprensivo del piano operativo degli interventi previsti e di un dettagliato cronoprogramma con l'indicazione della data di inizio dei lavori;



b) in presenza di attività di messa in sicurezza operativa già in essere, il proponente, in alternativa alla caratterizzazione di cui alla lettera a), previa comunicazione all'ARPA da effettuarsi con almeno quindici giorni di anticipo, può avviare la realizzazione degli interventi e delle opere. Al termine dei lavori, l'interessato assicura il ripristino delle opere di messa in sicurezza operativa;

c) le attività di scavo sono effettuate con le precauzioni necessarie a non aumentare i livelli di inquinamento delle matrici ambientali interessate e, in particolare, delle acque sotterranee. Le eventuali fonti attive di contaminazione, quali rifiuti o prodotto libero, rilevate nel corso delle attività di scavo, sono rimosse e gestite nel rispetto delle norme in materia di gestione rifiuti. I terreni e i materiali provenienti dallo scavo sono gestiti nel rispetto dei commi 3 e 4.

9. Il riutilizzo in situ dei materiali prodotti dagli scavi è sempre consentito se ne è garantita la conformità alle concentrazioni soglia di contaminazione/valori di fondo.

10. I terreni non conformi alle concentrazioni soglia di contaminazione/valori di fondo, ma inferiori

alle concentrazioni soglia di rischio, possono essere riutilizzati in situ con le seguenti prescrizioni:

a) le concentrazioni soglia di rischio, all'esito dell'analisi di rischio, sono preventivamente approvate dall'autorità ordinariamente competente, mediante convocazione di apposita conferenza di servizi. I terreni conformi alle concentrazioni soglia di rischio sono riutilizzati nella medesima area assoggettata all'analisi di rischio;

b) qualora ai fini del calcolo delle concentrazioni soglia di rischio non sia stato preso in considerazione il percorso di lisciviazione in falda, l'utilizzo dei terreni scavati è consentito solo se nell'area di riutilizzo sono attivi sistemi di barrieramento fisico o idraulico di cui siano comprovate l'efficienza e l'efficacia.

Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"

Si veda il paragrafo dedicato.







PRIMI CHIARIMENTI ED INTERPRETAZIONI

Una prima richiesta di chiarimento al testo del Regolamento (DM 161/12) è stata inviata da parte dell'Ordine dei Geologi della regione Umbria alla quale il Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare ha dato pronto riscontro con nota prot. 36288 del 14.11.2012, dando evidenza che:

- Il Regolamento non trattava quindi il materiale realizzato nello stesso sito in cui è prodotto... (cfr art. 13 del D.lgs. 205/10)
- Il Regolamento non trattava le piccole quantità (< 6.000 mc) in quanto si demanda a specifico decreto ... (cfr. art. 2 del D.lgs. 4/08)

Quanto sopra avveniva senza tener conto che molte delle regioni si erano già dotate di linee guida per gestire l'art. 186 del TUA, coinvolgendo per gli aspetti interpretativi operativi ARPA territorialmente competenti.

Le norme di settore successive hanno da una parte prodotto una serie di chiarimenti operativi mentre, dall'altra, hanno portato ad una revisione dei contenuti presenti in numerosi articoli del TUA, diversi dall'art. 186 che riguarda nello specifico le terre e rocce.

In particolare, attraverso gli artt. 41 e 41 bis della legge 98/13 sono state introdotte nell'ordinamento di settore due semplificazioni significative: la prima riguardava la scomparsa della soglia volumetrica dei 6.000 mc per tutti i cantieri, la seconda prevedeva sostanzialmente, nei casi di utilizzo all'esterno del sito di produzione, solo due scenari possibili:

- essendo stato modificato l'art. 184 bis del TUA dal comma 2 dell'art. 41 della legge 98/13, per le sole opere soggette a VIA o AIA, e indipendentemente dal volume di materiali di scavo, si sarebbe applicato il Regolamento di cui al DM 161/12 e l'autorità competente è la stessa del procedimento di VIA e/o di AIA;
- in deroga al citato Regolamento, per tutti gli altri casi di cui all'art. 1, comma 1, lettera b del DM 161/12, sarebbe stata sufficiente la presentazione di un'autocertificazione (ex DPR 445/00) in merito alla sussistenza di tutti i requisiti previsti dall'art. 184 bis del TUA e più dettagliatamente indicati al comma 1 dell'art. 41 bis della legge 98/13. L'autocertificazione sarebbe stata da trasmettere all'ARPA competente territorialmente e, trattandosi di una comunicazione, non sarebbe stato necessario attendere uno specifico parere di approvazione di ARPA.

In merito agli altri temi trattati di pertinenza parte quarta del TUA, si segnalano principalmente

due articoli del TUA che vengono coinvolti dalla introduzione dei nuovi disposti previsti dalla legge 98/13 e successive:

- art. 184 bis (sottoprodotti). Le modifiche apportate dall'articolo 41 della legge 98/13 riguardavano la regolamentazione di tali categorie, cui viene aggiunto il comma 2 bis in base al quale si chiariva che il DM 161/20 si applica solo alle terre e rocce da scavo che provengono da attività o opere soggette a valutazione d'impatto ambientale o ad autorizzazione integrata ambientale.
- art. 185 (matrici da riporto). In base alle modifiche introdotte dalla legge 98/13, le matrici si riferiscono alla nozione di "suolo" di cui all'art. 185 quando sono "costituite da una miscela eterogenea di materiale di origine antropica, quali residui e scarti di produzione e di consumo, e di terreno, che compone un orizzonte stratigrafico specifico rispetto alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche naturali del terreno in un determinato sito e utilizzati per la realizzazione di riempimenti, di rilevati e di riinterri".

I due nuovi commi 2 e 3 dell'art. 3 della legge 28/12, così come modificati dall'art. 41 della legge 98/13, sancivano che, ai fini dell'esclusione dall'applicazione del Capo IV del Codice Ambiente, i materiali "le matrici materiali di riporto devono essere sottoposte a test di cessione effettuato sui materiali granulari ai sensi dell'articolo 9 del decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, ... e, solo ove conformi ai limiti del test di cessione, devono rispettare quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di bonifica dei siti contaminati".

In altri termini elemento dirimente per il corretto inquadramento dei materiali di riporto era la conformità o meno al citato test di cessione, che ove rispettata consente a tali tipologie di materiali un regime di deroga rispetto a quello della gestione dei rifiuti.

Se, infine, corretto e congruente era apparso l'esplicito richiamo, attraverso l'art. 3, comma 4 della legge 28/12, all'inserimento nell'elenco di matrici ambientali previste dall'art. 240, comma 1, lettera a) del TUA, della categoria "materiali di riporto", tale dettagliata catalogazione non sembrava essere stata fatta propria dalle successive norme di settore dove si trattava unicamente quali matrice ambientale solo la categoria "terreni" (vedasi a titolo di esempio i commi 8, lettera a) e 10 dell'art. 34 della legge 164/14).

PRIME QUESTIONI E CRITICITÀ

Nonostante i tentativi da parte del legislatore, con l'introduzione di norme ed emendamenti successivi all'entrata in vigore del Regolamen-

to ex DM 161/12, di dettagliare, chiarire e semplificare la tematica della gestione delle terre e rocce - e materiali affini - permanevano alcuni elementi non chiari soprattutto per le implicazioni tecniche ed operative, tali da meritarsi un opportuno approfondimento.

In più passaggi si faceva riferimento, ai fini della corretta gestione delle terre e rocce, a “valori di fondo naturale” e alla “qualità dei suoli urbani”. In aggiunta all’assenza di limiti di concentrazione specifici per alcune tipologie di matrici ambientali (vedasi la mancata definizione, a distanza di oltre 15 anni dall’entrata in vigore del DM 471/99, di una colonna di valori riferimento specifica per i suoli agricoli), non si è proceduto ad una definitiva riorganizzazione dei dati disponibili presso ISPRA ed altri istituti scientifici per la realizzazione di mappe territoriali aggiornate e facilmente fruibili per gli operatori di settore.

In mancanza di tali dati, risultavano di difficile applicazione alcuni passaggi normativi che interessano settori specifici quali i ripristini ambientali; basti pensare al comma 3 bis dell’art. 41 della Legge 98/13 che definiva le modalità di riutilizzo dei materiali di scavo provenienti dalle miniere dismesse, o comunque esaurite, collocate all’interno dei siti di interesse nazionale, evidenziando l’imprescindibilità della caratterizzazione di tali materiali dalla conoscenza proprio dei valori di fondo naturale dell’area.

Nel tralasciare le problematiche procedurali sollevate dall’art. 5, lettera b bis della Legge 116/14 in merito alle nuove disposizione sulla classificazione dei rifiuti, che chiaramente impattano anche sul percorso amministrativo dei materiali di scavo in termini di classificazione, trasporto e smaltimento, si riporta una interessante considerazione che riguarda aspetti meno ambientali e più legati all’ingegneria civile, ovvero il mancato raccordo e le potenziali interazioni con i regolamenti edilizi locali e con quanto contenuto nei relativi atti amministrativi. L’introduzione, con l’accordo “Italia Semplice” siglato il 12 giugno 2014 tra governo, regioni ed enti locali, dei moduli unificati e semplificati per la SCIA edilizia e il permesso di costruire, ad oggi ancora non viene operativamente recepito dalle realtà delle PP.AA. locali se non, spesso, a valle di circolari esplicative interne agli uffici che, anziché semplificare e facilitare l’inizio dei lavori, rallentano notevolmente i tempi autorizzativi e l’inizio dei lavori.

IL DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA N. 120/17

L’entrata in vigore a partire dal 22 agosto 2017 del Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazio-

ni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164 (DPR 120/17) consente di adottare, ai sensi dell’art. 8 del DL n. 133/14, convertito, con modificazioni, dalla Legge 11 novembre 2014, n. 164, le disposizioni di riordino e di semplificazione della disciplina inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, con particolare riferimento:

- a) alla gestione delle terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotti, ai sensi dell’art. 184-bis, del TUA, provenienti da cantieri di piccole dimensioni, di grandi dimensioni e di grandi dimensioni non assoggettati a VIA o a AIA, compresi quelli finalizzati alla costruzione o alla manutenzione di reti e infrastrutture;
- b) alla disciplina del deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate rifiuti;
- c) all’utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce da scavo escluse dalla disciplina dei rifiuti;
- d) alla gestione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica.

Alla base dell’impostazione del decreto sono i principi e le disposizioni della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008, che disciplina appunto le attività di gestione delle terre e rocce da scavo, assicurando adeguati livelli di tutela ambientale e sanitaria e garantendo controlli efficaci, al fine di razionalizzare e semplificare le modalità di utilizzo delle stesse.

Il D.P.R. è composto da 31 articoli e da 10 allegati, che verranno di seguito esaminati – limitatamente ai passaggi di maggior interesse e innovazione.

L’art. 2 (Definizioni) contiene, fra le altre, la stessa definizione di “terre e rocce da scavo” (lett. c), specificando quali materiali possano essere contenuti nelle medesime, nonché quella di “sito” (lett. i) e di “normale pratica industriale” (lett. o), chiarendo che in tale concetto rientrano quelle operazioni “finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l’utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace”.

Dall’art. 4 inizia il Capo I, il quale stabilisce i requisiti generali da soddisfare affinché le terre e rocce da scavo possano essere qualificate come sottoprodotti: a) devono essere generate durante la realizzazione di un’opera di cui costituiscono parte integrante; b) l’utilizzo è conforme al piano di utilizzo ex art. 9 o alla dichiarazione di utilizzo per i piccoli cantieri ex art. 21; c) sono idonee ad essere utilizzate direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale; d) soddisfino i requisiti di qualità ambientale previsti dai capi II, III e IV del medesimo D.P.R.

Il terzo comma, poi, si occupa dell’annosa questione dei materiali di riporto, mentre il quarto





affronta il tema del “parametro amianto”.

Di interesse l'introduzione del concetto di “deposito intermedio”, disciplinato dall'art. 5, la nozione di “trasporto” di cui all'art. 6 (l'allegato 7 rimanda alla relativa documentazione) e la “dichiarazione di avvenuto utilizzo” attestata dall'autorità competente di cui all'art. 7.

Il capo II – nello specifico artt. 8 e 9 – introduce la specifica disciplina delle “terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di grandi dimensioni” (produzione di materiali di scavo superiori ai seimila metri cubi). In particolare l'art. 9 disciplina il “piano di utilizzo”, da redigere in conformità alle disposizioni dell'allegato 5. Il co 4 – in particolare – prevede una sorta di “silenzio assenso”, ovvero trascorsi novanta giorni dalla presentazione del piano all'autorità competente, il proponente può avviare la gestione delle terre nel rispetto del medesimo piano di utilizzo. L'art. 10 tratta delle terre e rocce conformi alle concentrazioni soglia di contaminazione (le cosiddette CSC), mentre l'art. 11 tratta di quelle conformi ai valori del fondo naturale ed il 12 di quelle prodotte in un sito oggetto di bonifica.

Gli artt. dal 14 al 17 disciplinano – rispettivamente – l'efficacia, l'aggiornamento, la proroga e la realizzazione del piano di utilizzo.

Il capo III – nello specifico artt. 20 e 21 – tratta la problematica delle “terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni”. Interessante in particolare è la “dichiarazione di utilizzo” che assolve la funzione del piano di utilizzo, utilizzando una procedura più semplificata.

L'art. 22 specifica le modalità di gestione delle terre e rocce generate in cantieri di grandi dimensioni non sottoposti a VIA o AIA, per essere qualificate come sottoprodotti devono rispettare sia i requisiti di cui all'art. 4, nonché quelli ambientali di cui all'art. 20. L'art. 23 si occupa invece del deposito temporaneo delle terre e rocce qualificate come rifiuti, ovvero qualificate con i codici CER 17.05.04 e 17.05.03*.

Il titolo IV, costituito dal solo art. 24, disciplina l'utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti.

Il titolo IV, costituito dagli artt. 25 e 26, chiarisce l'ambito di applicazione delle terre e rocce da scavo nei siti oggetto di bonifica, ovvero la definizione delle procedure di scavo e dell'utilizzo nel sito, anche all'interno di progetti di bonifica già approvati.

Le norme transitorie e finali nonché le abrogazioni sono contenute nell'art. 27 e in quelli a seguire. A corredo e supporto dell'articolato sono stati individuati elementi e procedure di dettaglio in dieci allegati di cui si fornisce l'elenco e alcuni punti di particolare rilievo.

Allegato 1 - Caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo (art. 8)

Allegato 2 - Procedure di campionamento in fase di progettazione (art. 8). Vengono qui riportate le modalità di campionamento, da valutarsi sulla base delle dimensioni e della forma dell'area di intervento, prevedendo un numero di punti di indagine minimi (non inferiore a tre) e tipologie di indagini specifiche in base alle caratteristiche dello scavo. Sono inoltre stabiliti i numeri minimi di campioni di terreno da sottoporre alla caratterizzazione chimico-fisica di laboratorio, da valutarsi sulla profondità di scavo previsto. In fine, si stabiliscono le procedure da adottare in caso di ritrovamento di materiali di riporto.

Allegato 3 - Normale pratica industriale (art. 2, co 1, lett. o). Tra le operazioni più comunemente effettuate sono comprese le seguenti:

- la selezione granulometrica delle terre e rocce da scavo, con l'eventuale eliminazione degli elementi/materiali antropici;
- la riduzione volumetrica mediante macinazione;
- la stesa al suolo per consentire l'asciugatura e la maturazione delle terre e rocce da scavo al fine di conferire alle stesse migliori caratteristiche di movimentazione, l'umidità ottimale e favorire l'eventuale biodegradazione naturale degli additivi utilizzati per consentire le operazioni di scavo.

Allegato 4 - Procedure di caratterizzazione chimico-fisiche e accertamento delle qualità ambientali (art. 4). Sono qui riportate le caratteristiche dei campioni di terreno da sottoporre ad analisi chimica di laboratorio ed i criteri per la definizione degli analiti da ricercare, stabilendo (tab. 4.1) un set analitico minimo da considerare. Quest'ultimo allegato presenta una novità relativa alle metodologie di verifica dei requisiti ambientali delle rocce massive, infatti la caratterizzazione ambientale di questi prodotti che dovrà essere eseguita previa porfirizzazione dell'intero campione.

Allegato 5 - Piano di utilizzo (art. 9)
Allegati 6, 7 e 8 – Modulistica (Dichiarazione di utilizzo, documento di trasporto, dichiarazione avvenuto utilizzo). Nel caso del trasporto, per ogni automezzo che trasporta terre e rocce da scavo qualificate come sottoprodotto da un sito di produzione verso un sito di destinazione o di deposito intermedio previsti dalla dichiarazione di utilizzo (art. 21), il produttore deve compilare il documento di trasporto previsto dall'art. 6. La previsione vale sia per i cantieri piccoli che per i grandi. Si tratta di un documento da non confondere con il formulario per il trasporto dei rifiuti per la ragione che sugli automezzi sono presenti materiali che sono sottoprodotti e non rifiuti. Tuttavia, per non rinunciare alla tracciabilità dei

materiali, ogni viaggio deve essere accompagnato da un documento redatto secondo lo schema dell'allegato 7 che equivale, ai fini della responsabilità per l'autotrasportatore (art. 8, D.lgs. 286/05) alla copia del contratto in forma scritta di cui all'articolo 6 del medesimo decreto, prevista per accompagnare il carico.

Il documento va redatto (e conservato per tre anni) in triplice copia. Una copia resta all'esecutore delle opere/produttore, una va al trasportatore e l'altra al destinatario dei materiali. Tuttavia, se il proponente è un soggetto diverso dall'esecutore, le copie diventano quattro. Il documento di trasporto va compilato:

- per ogni viaggio dal sito di produzione fino al sito di utilizzo;
- per ogni viaggio dal sito di produzione fino al sito intermedio di deposito;
- per ogni viaggio dal sito intermedio di deposito a quello di utilizzo.

Se i tragitti sono coperti da più automezzi, ogni automezzo utilizzato deve essere assistito dal relativo documento di trasporto.

Nell'abrogato DM 161/12 il documento di trasporto presentava una notevole criticità dovuta al fatto che prima del trasporto del materiale da scavo, doveva essere inviata all'autorità competente una comunicazione attestante le generalità di: stazione appaltante, ditta appaltatrice dei lavori di scavo/intervento, ditta che trasporta il materiale, ditta che riceve il materiale e luogo di destinazione, targa del mezzo utilizzato, sito di provenienza, data e ora del carico, quantità e tipologia del materiale trasportato.

Allegato 9 - Procedure di campionamento in corso d'opera e per i controlli e le ispezioni (artt. 9 e 28)

Allegato 10 - Metodologia per la quantificazione dei materiali di origine antropica di cui all'articolo 4, comma 3 (art. 4). Non si tratta di una novità assoluta rispetto alle disposizioni precedenti, infatti già all'allegato 9 del D.M. 161/12 era stabilito un quantitativo massimo di materiali antropici che potevano essere frammiti al ai terreni naturali, pari al 20%.

PRIMI CHIARIMENTI ED INTERPRETAZIONI

In data 10 novembre 2017, il Ministero dell'Ambiente e T.T.M. ha ritenuto opportuno emanare una circolare al fine di fornire alle amministrazioni chiarimenti interpretativi utili a uniformarne l'azione con specifico riferimento *“alla disciplina delle matrici materiali di riporto ed all'utilizzo che di tali materiali possono farsi anche in considerazione delle nuove disposizioni in materia contenute nel decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120”*.

Al capo III - Gestione delle terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto, alla luce dell'esame del quadro normativo descritto

nei precedenti paragrafi della circolare qui non riportati, si vince che:

a) le terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto nei limiti di cui all'articolo 4, comma 3, del DPR n. 120/17, che risultino conformi al test di cessione e non risultino contaminate, possono essere gestite come sottoprodotti;

b) le terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto non contaminate e conformi al test di cessione ai sensi dell'articolo 3, comma 2, del DL n. 02/12 possono essere riutilizzate in situ in conformità a quanto previsto dall'articolo 24 del DPR n. 120/17.

c) le terre e rocce da scavo contenenti matrici materiali di riporto contaminate e non conformi al test di cessione ai sensi del comma 3 dell'articolo 3 del DL n. 02/12, in relazione ai successivi interventi normativi rappresentati dall'art. 34, commi 9 e 10, del DL n. 133/14 e dall'art. 26 del DPR n. 120/17 sono fonti di contaminazione.

In tale ultimo caso, ai sensi dell'art. 3 comma 3 del DL n. 25/12, le matrici materiali di riporto che non siano risultate conformi ai limiti del test di cessione devono, alternativamente e non cumulativamente, essere:

- 1) rimosse;
- 2) sottoposte a messa in sicurezza permanente utilizzando le migliori tecniche disponibili e a costi sostenibili che consentano di utilizzare l'area secondo la destinazione urbanistica senza rischi per la salute.
- 3) rese conformi ai limiti del test di cessione tramite operazioni di trattamento che rimuovano i

contaminanti.

La circolare conclude specificando che "... nel caso le matrici materiali di riporto rispettino la conformità alle concentrazioni soglia di contaminazione/valori di fondo, e pertanto non risultino essere contaminate, è sempre consentito il riutilizzo in situ. Nel caso in cui nelle matrici materiali di riporto sia presente una fonte di contaminazione è necessario procedere alla eliminazione di tale fonte di contaminazione e non dell'intera matrice materiale di riporto prima di poter riutilizzare in situ il materiale di riporto stesso".

Dall'entrata in vigore del nuovo Regolamento alcune regioni (in particolare le regioni Emilia Romagna, Friuli, Liguria, Piemonte, Toscana, Veneto, Provincia Autonoma di Trento e Lazio) hanno predisposto una serie di documenti informativi utili a fornire una guida ai produttori interessati dalla nuova normativa.

Tali regioni hanno diffuso, tramite le strutture delle ARPA territorialmente competenti, una serie dettagliata di FAQ, che arrivano a toccare specifiche questioni. Si tratta, nella maggior parte dei casi, di una prima lettura in chiave operativa e dalla portata generale, tesa sostanzialmente ad inquadrare le procedure nei relativi termini e nei rispettivi campi di applicazione (limiti quantitativi dei cantieri e rispettive modalità di gestione).

LINEE GUIDA SULL'APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA PER L'UTILIZZO DI TERRE E ROCCE DA SCAVO DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE N. 54 DEL 2019



Tali linee guida sono state sviluppate dal Gruppo di Lavoro n. 8 “Terre e rocce da scavo”, costituito nell’ambito delle attività previste dal programma triennale 2014-2016 del Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (SNPA) con l’obiettivo di produrre manualistica per migliorare l’azione dei controlli attraverso interventi ispettivi sempre più qualificati, omogenei e integrati. Il documento è principalmente finalizzato alla:

- analisi del DPR e individuazione delle criticità applicative (ad esempio modalità operative di campionamento, aspetti procedurali, ecc.);
- definizione di un approccio comune finalizzato ad una applicazione condivisa delle diverse disposizioni con particolare riferimento ai compiti di monitoraggio e controllo attribuiti al SNPA, fermi restando i compiti di vigilanza e controllo stabiliti dalle norme vigenti per le Agenzie;
- definizione di criteri comuni per la programmazione annuale delle ispezioni, dei controlli dei prelievi e delle verifiche delle Agenzie regionali e provinciali.

QUESTIONI E CRITICITÀ APERTE

Diverse sono state le novità introdotte dal D.P.R. 120/17 che hanno destato l’attenzione degli operatori del settore e degli organi di controllo, non senza qualche criticità in quanto il nuovo D.P.R. si configura quale norma speciale di rango primario, prevalendo dunque sul TUA.

In via preliminare, è utile ricordare che l’inquadramento giuridico delle terre e rocce da scavo continua a rispondere alla regola generale di cui all’art. 184, comma 3, lett b) del TUA potendo le stesse configurarsi come sottoprodotti, rifiuti o non rifiuti.

Ai fini dell’utilizzo delle terre e rocce da scavo rileva, infatti, sia la nozione di “suolo” inteso come terre e rocce da scavo ma di cui fanno parte anche le matrici “materiali di riporto” di cui all’art. 3, comma 1, DL 02/12, sia la definizione di “non contaminato” che ha fatto sorgere non poche perplessità.

Precedentemente all’entrata in vigore del D.P.R. 120/17, una prima risposta in tema di gestione di rifiuti era stata fornita dalla Corte di Cassazione Penale - Sezione III che, con sentenza del 1 ottobre 2008 n. 37280 - aveva chiarito che l’esclusione dall’applicazione della relativa disciplina alle terre e rocce da scavo (art. 186 del TUA) dipendeva dalla capacità di dimostrazione del riutilizzo ambientalmente compatibile da parte dell’imputato, mentre spettava alla eventuale controparte fornire la prova circa l’esclusione della deroga, ovvero dell’esistenza di una concentrazione di inquinanti superiore ai

massimi consentiti.

L’art. 24 del nuovo D.P.R. fornendo interpretazione autentica dispone che, ai fini dell’esclusione dall’ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, si debba procedere a verificare la non contaminazione delle terre e rocce escavate, conducendo il campionamento sulla base di quanto indicato dal relativo Allegato 4.

L’analisi va condotta sul sito considerato nel suo complesso, con un’unica deroga relativa alle sostanze da ricercare nel caso in cui in sede progettuale sia prevista una produzione di materiale da scavo compresa tra i 6.000 e i 150.000 metri cubi. In tal caso la caratterizzazione potrà avvenire selezionando solo parte delle sostanze da verificare purché esse consentano di definire in modo esaustivo le concentrazioni presenti nel suolo. I risultati delle analisi devono essere conformi alle CSC di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del TUA con riferimento alla specifica destinazione d’uso urbanistica, o ai valori di fondo naturali.

Tali nuove prescrizioni sembrano appesantire invece la prassi precedente, che al contrario concedeva una certa discrezionalità di procedura, richiedendo la verifica di non contaminazione su tutti i cantieri e prescindendo dalla loro dimensione. Peraltro, gli adempimenti richiesti restano confinati nella forma di una auto-dichiarazione, eludendo un sistematico controllo diretto da parte degli organi competenti quali l’Istituto Superiore di Sanità (ISS) e l’ISPRA (ora SNPA), demandandone un interessamento preventivo solo qualora, per consentire le operazioni di scavo, sia previsto l’utilizzo di additivi che contengono sostanze inquinanti non comprese tra quelle direttamente prese in considerazione dalla norma. Infine, in Gazzetta Ufficiale del 7 giugno 2019, n. 132 del DM n. 46/2019 è stato pubblicato “Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d’emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all’allevamento, ai sensi dell’articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152”. tale norma introduce e disciplina - in maniera conforme non solo alla parte IV del D.lgs. n. 152/2006 ma anche al principio comunitario “chi inquina paga” – tra le altre cose:

- i criteri generali per la caratterizzazione delle aree agricole (allegato 1);
- le concentrazioni soglia di contaminazione (Csc) per i suoli delle aree agricole (allegato 2);
- i criteri generali per la valutazione di rischio (allegato 3);
- le tipologie di intervento applicabili per le aree agricole (allegato 4).



RIFERIMENTI NORMATIVI

- [1] Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152 "Norme in materia ambientale"
- [2] Decreto Ministeriale 10 agosto 2012 n. 161 "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo"
- [3] Ordine dei Geologi della regione Umbria Richiesta – richiesta chiarimenti al Regolamento DM 161/12 con nota prot. n. 2669 del 20.11.2012
- [4] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Riscontro richiesta chiarimenti da parte Ordine dei Geologi della regione Umbria Richiesta con nota prot. 36288 del 14.11.2012
- [5] Legge 24 marzo 2012 n. 28 "Misure straordinarie e urgenti in materia ambientale"
- [6] Legge 24 giugno 2013 n. 71 "Disposizioni urgenti per il rilancio dell'area industriale di Piombino, di contrasto ad emergenze ambientali, in favore delle zone terremotate del maggio 2012 e per accelerare la ricostruzione in Abruzzo e la realizzazione degli interventi per Expo 2015"
- [7] Legge 9 agosto 2013 n. 98 "Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia"
- [8] Legge 11 agosto 2014 n. 116 "Disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica ed universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea"
- [9] Legge 11 novembre 2014 n. 164 "Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive"
- [10] Accordo tra Governo, Regioni ed Enti Locali del 12 giugno 2014 "Italia Semplice"
- [11] Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017, n. 120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164"
- [12] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Circolare interpretativa prot. n. 15786 del 10.11.2017 "Disciplina delle matrici materiali di riporto - chiarimenti interpretativi"
- [13] Delibera n. 54_19 del SNPA "Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo"
- [14] Decreto del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare 1° marzo 2019, n. 46

LE PIATTAFORME STRATOSFERICHE HAPS

a cura di Ing. Giovanni Nicolai, Ing. Giuseppe Rondinelli, Ing. Mauro Di Crescenzo

*dal Workshop 18 Ottobre 2019 presso
Scuola di Ingegneria Aerospaziale -Via Salaria 851
organizzato da Commissione Aerospazio
Ordine Ingegneri Provincia di Roma*



GENERALITÀ

Negli anni le piattaforme stratosferiche hanno assunto diverse denominazioni ma quella di High Altitude Platform (HAP) o High Altitude Platforms Systems (HAPS), adottata dall'ITU, è quella più comunemente usata.

Le piattaforme di alta quota HAP sono oggetti posizionati ad un'altezza di circa 20 Km dalla superficie terrestre. Gli HAP sono comunemente impiegati nella stratosfera, ad una quota maggiore di quella alla quale operano gli aerei commerciali. Pertanto, gli HAP sono in grado di coprire, con i loro payload, ampie superfici e possono essere utilizzati per applicazioni marittime e terrestri.

La gamma di altitudine adottata per le HAP, circa 20 Km, è motivata dal fatto che a queste altitudini la velocità del vento è meno intensa e, di conseguenza, l'HAP richiede meno potenza per mantenere la posizione (le forti correnti di vento -Jet Streams- sono allocate tra 10 e 15 km).

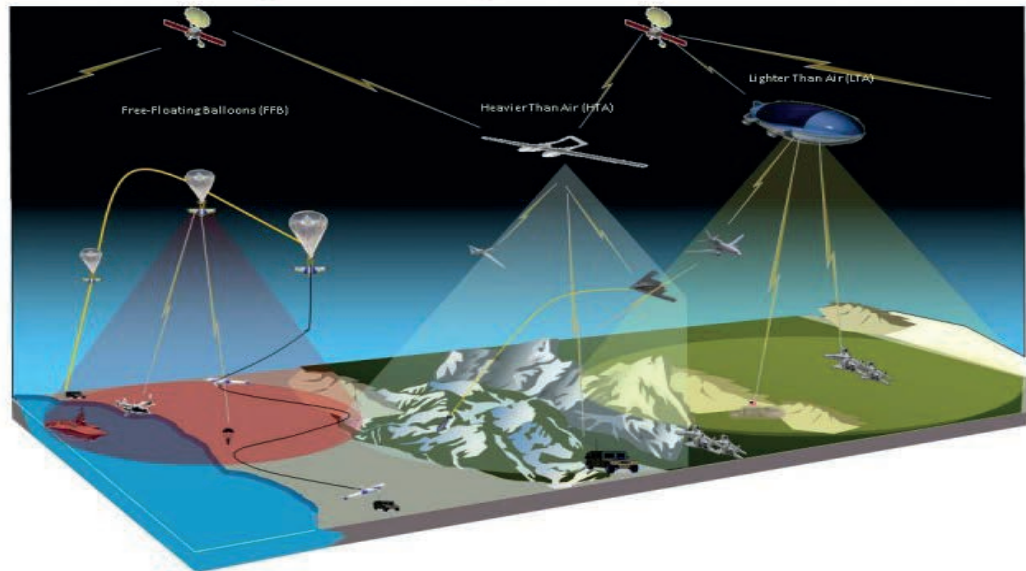
Le principali applicazioni HAP riguardano le Telecomunicazioni e il Telerilevamento, sia civili che militari. Nell'area delle Telecomunicazio-

ni alcuni dei vantaggi degli HAP in relazione alle reti terrestri sono un'area di copertura più ampia, meno interferenze causate da ostacoli (edifici, elevazioni del terreno) e tempi di spiegamento più brevi. Per il Telerilevamento, gli HAP hanno un importante vantaggio rispetto ai satelliti, principalmente quelli a orbita bassa, la capacità di rimanere su un'area per periodi molto lunghi (persistenza). Un altro vantaggio è consentire una migliore risoluzione delle immagini, poiché sono più vicine alle aree coperte.

Il mercato degli HAP è guidato dalla crescente penetrazione dei servizi Internet che dovrebbero avere una crescita sostanziale nei prossimi anni. La Rete 5G inoltre offre interessanti opportunità agli HAP sia per le vaste aree di copertura fornite sia per avere i vantaggi di una bassa latenza (ritardo di trasmissione). Le categorie degli HAPs, illustrate nella figura seguente, possono essere definite come:

- FFB: Free Floating Balloon
- HTA: Heavier Than Air
- LTA: Lighter Than Air

Categories of High Altitude Platforms



1. GLI HAPS E L'INDUSTRIA ITALIANA

Per HAPS si intende una piattaforma-aeromobile che possa operare nell'atmosfera, al di sopra delle attuali quote massime di volo (< 18 Km) e possa portare un payload per gli usi ed i fini più differenti quali, ad esempio, l'osservazione del territorio, le telecomunicazioni, l'ausilio alla navigazione di precisione o lo Space Weather, rimanendo in alta quota, su uno stesso punto per periodi molto lunghi.

L'ambiente in cui operano presenta le seguenti caratteristiche:

- Quote intorno ai 20 km, equivalenti a circa 60.000 ft., ben al di sopra delle rotte degli aeromobili commerciali;
- la densità dell'aria è estremamente ridotta (circa 1/15 di quella al livello del mare);
- le temperature molto basse (circa 50 gradi centigradi sotto lo zero);
- I venti sono nell'ordine di 30-90 Km/h;

- L'esposizione alle radiazioni ionizzanti è rilevante.

Quindi la cura dei materiali ricopre un aspetto importante per la realizzazione degli HAPS.

L'Italia può vantare una filiera completa in ambito spaziale e le piattaforme stratosferiche HAP rivestono grande interesse per l'industria nazionale (Leonardo) e per l'Aeronautica Militare. Negli anni recenti diverse piattaforme sono state progettate sia negli USA che in Giappone e Corea. La TAS-I e Leonardo hanno collaborato a progetti internazionali e l'interesse istituzionale tramite l'AMI potrebbe spingere l'industria nazionale a concepire un sistema HAP completamente italiano. Per l'Aeronautica Militare Italiana, infatti, le piattaforme stratosferiche rappresentano un importante tassello che integra le capacità dei satelliti e quelle dei velivoli a pilotaggio remoto", ed è in tale contesto che sta operando, sia in ambito italiano che europeo, la selezione di un gruppo di imprese che possano realizzare una piattaforma HAP di concezione e progetto italiana.

Per l'industria italiana, sono da menzionare i seguenti progetti:

- Il Progetto **Stratobus** di TAS-F;
- Il Progetto **High Altitude Hybrid Airship** del CIRA (Centro Italiano Ricerca Aerospaziale);
- La proposta di Piattaforma **LESTA** di Space Italy (consorzio di aziende).

1.1. Piattaforma Stratobus

La **Piattaforma Stratobus** di Thales Alenia Space France dovrà essere lanciata entro il 2020. Si tratta di un "pallone a elio pressurizzato, autonomo, del peso di 8,3 tonnellate per una lunghezza di 140 metri e 32 metri di diametro". Capace di portare payload da 250 a 450 Kg, le sue applicazioni spaziano dalle telecomunicazioni civili (5G compreso) agli aspetti militari, per cui lo Stratobus mantiene la possibilità di spostarsi tatticamente grazie alla motorizzazione di cui è dotato (fig. 1).

Le Applicazioni principali sono:

- Osservazione Radar;
- Telecomunicazioni.

1.2. Piattaforma High Altitude Hybrid Airship

Le caratteristiche principali del Progetto **High Altitude Hybrid Airship** del CIRA sono:

- Trasportabilità. Dimensioni contenute (ripiegabile in un container);
- Lancio in situazione tattiche anche in zone difficilmente accessibili;
- Uso «duale»: per scopi militari e civili;
- Dimensioni 40 x 20 m; Payload 75 Kg;
- Durata di ogni singola missione 4 mesi.

La Piattaforma sarà operativa dal 2022 e le applicazioni principali possono essere:

- Sorveglianza
- Disaster Recovery



Figura 1
Stratobus



Figura 2
Hybrid High
Altitude Airship



Figura 3
Piattaforma
LESTA

1.3. Piattaforma LESTA

Al 53° Salone dell'Aerospazio di Parigi (Giugno 2019) è stata presentata la proposta di studio per la realizzazione di una piattaforma stratosferica del Consorzio Space Italy denominata LESTA (Long Endurance STratospheric Airship) che potrà essere operativa dal 2023. Il consorzio che la dovrà realizzare è composto da IDS, Logic, Sitael ed altri come mostrato nella Figura 3. La Piattaforma avrà dimensioni 50 x 20 m con un Payload di circa 100 Kg.

Le principali applicazioni di LESTA sono:

- Settore ICT (es. Telecomunicazioni);
- Remote Sensing per scopi sia militare sia civile (es. Osservazione, Identificazione emissioni elettromagnetiche).

1.4. Comparazione dei Programmi Italiani

Una prima comparazione dei suddetti programmi italiani può essere sintetizzata nella Tabella 1

da cui si evince che le Piattaforme Stratobus e LESTA sono più adatte per Impiego Statico (Telecomunicazioni e Osservazione Radar) mentre la Piattaforma CIRA si addice a un impiego Tattico, Flessibile e dinamico (Osservazione ottica, Backup Radio Mobile per situazioni di Emergenza).

Tabella 1
Comparazione
tra gli HAPS

Produttore	Tecnologia	Massa (Kg)	Dimensioni (mt)	Payload (Kg)
Thales Alenia Space	Dirigibile - elio	8300	140 x 30	350
CIRA	Ibrida/alare - elio	600	40 x 20	75
Space Italy	Dirigibile - elio	--	50 x 20	100

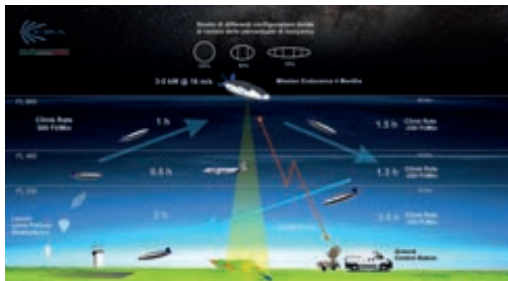


Figura 4
Dinamiche di
Impiego Tattico



Figura 5
Scenario "High-Altitude
Pseudo Satellites"

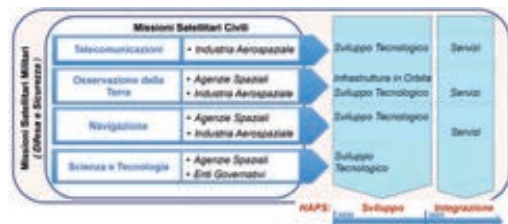


Figura 6
Missioni "Terrestri"

2. PROGRAMMI DI RICERCA E SVILUPPO

Programmi di R&D sugli HAP vengono portati avanti in Italia dal CIRA, dalla Scuola di Ingegneria Aerospaziale SIA, da altre Università ed Enti di Ricerca ma soprattutto da enti governativi come l'Aeronautica Militare che si sta adoperando per un progetto completamente italiano. Le caratteristiche principali che attraggono negli HAP sono il concetto di Sistema dual-use (civile e militare) con differenti applicazioni:

- Telecomunicazioni;
- Osservazione della terra (telerilevamento);
- Osservazione della terra (sorveglianza);
- Meteorologia;
- Stazione di lancio.

Mentre le criticità tecnologiche per le piattaforme possono essere le seguenti:

- Materiali innovativi;
- Meccanica del volo e tecniche di controllo;
- Operazioni autonome;
- Propulsione;
- Generazione e accumulo di energia.

Nell'ottica di un programma italiano, l'Aeronautica Militare partecipa allo sviluppo della Piattaforma (ha emesso un bando di Piattaforma sia per impiego Statico che per impiego Tattico). Per impieghi tattici la Piattaforma CIRA è quella che sembra prestarsi di più, per le seguenti principali caratteristiche:

- Trasportabilità. Dimensioni contenute (ripiegabile in un container);
- Lancio in situazione tattiche anche in zone difficilmente accessibili;
- Uso «duale»: per scopi militari e civili.

Le dinamiche di impiego tattico sono quelle illustrate nella Figura 4.

3. APPLICAZIONI E SERVIZI INTEGRATI SATELLITI E HAPS

L'utilizzo degli HAPS nello spazio stratosferico può fornire delle possibilità di miglioramento all'uso dei sistemi satellitari complementandoli e offrendo nuove caratteristiche. L'Agenzia Spaziale Europea (ESA) li classifica conseguentemente con la dizione "High Altitude Pseudo Satellites" inserendoli nello scenario dello spazio più prossimo alla terra.

Compito fondamentale dei sistemi sinergici basati anche su HAPS è quello di fornire tutta una serie di servizi che sono prerogativa delle "Missioni Terrestri", ovvero tutte quelle atte a dare supporto dallo spazio per le attività e la vita sul nostro pianeta.

Per definire l'attuale scenario e le possibili interazioni con HAPS è necessario considerare quale siano tali missioni e chi siano gli attori chiamati ad implementarle.

Missioni per Telecomunicazioni: Attualmente l'uso e lo sfruttamento delle "orbite terrestri" ad uso civile per le Telecomunicazioni è affidato in gran parte ai privati e all'industria del settore

aerospaziale,

Missioni di Osservazione della Terra: Le Agenzie Spaziali Nazionali ed Internazionali partecipano ad un numero selezionato di programmi dedicati all'Osservazione della Terra dedicati a temi di interessi generale (studio e monitoraggio dell'ecosistema terrestre, prevenzione e mitigazione delle catastrofi naturali), ma non sono presenti nei sistemi di telecomunicazione e nelle reti se non indirettamente attraverso il supporto allo sviluppo di alcune tecnologie abilitanti.

Missioni di Navigazione: hanno una supervisione delle Agenzie Spaziali e sono sottoposte all'egida di coordinamento di Agenzie sovranazionali dedicate.

Missioni Militari e di Sicurezza: sono guidate e gestite da Enti Governativi e Enti Sovranazionali Specifici che predispongono sviluppi e soluzioni ad hoc anche nello "Spazio Stratosferico" che fino a 100 km di altitudine è considerato nazionale.

Missioni Scientifiche: sono ideate da Enti di Ricerca Nazionali e sovranazionali e gestite dalle Agenzie Spaziali e dagli enti stessi. L'utilizzo dello spazio stratosferico, e conseguentemente delle piattaforme che vi operano, dovrà essere funzionale ai requisiti economici e tecnici dei servizi offerti (Figura 6).

3.1. HAPS come Pseudo Satelliti: Punti Critici e Vantaggi

Le principali caratteristiche dei diversi HAPS (HTA e LTA), sia sperimentati che in fase di progettazione, sono illustrate in Figura 7.

In base all'attuale stato di sviluppo tecnologico i vari aspetti da considerare per un inserimento armonico degli HAPS nei servizi spaziali sono i seguenti:

Criticità

- I diversi tipi di Tecnologia utilizzata negli HAPS richiedono ciascuno ancora una fase di sviluppo che va dai 3 ai 5 anni attraverso specifiche 'Missioni Pilota'.
- Gli aspetti Legislativi (nazionali ed internazionali) per il loro utilizzo sono ancora da mettere a punto.

- La Normativa completa da parte di ICAO ed altri enti preposti, che deve necessariamente seguire procedure internazionali e nazionali, è prevista intorno al 2030.
- Costi operativi elevati da ridurre (es.: ore di volo vs ore di manutenzione).

Vantaggi

- Persistenza di volo e sopra aree delimitate.
- Flessibilità operativa (es: copertura di più aree nella stessa missione, variazione altezza operativa).
- Rapida Implementazione delle missioni rispetto ai satelliti in particolare per servizi di emergenza.
- Rispetto al satellite, possibilità di Riutilizzo per più missioni.

3.2. HAPS - Missioni per Scienza e Tecnologia

Questo tipo di missioni possono essere supportate principalmente con l'ausilio di Palloni Stratosferici. Le principali limitazioni al loro uso sono: capacità del carico utile ridotta; problemi di sicurezza; il volo è sensibile alle variazioni atmosferiche.

Mentre i vantaggi che presenta sono; comprovata e lunga esperienza nei voli di palloni stratosferici a fini di ricerca, scientifici e di sperimentazione tecnologica.

Attualmente vengono utilizzate tre tipologie di Palloni stratosferici:

- Super Pressione - In grado di mantenere costante l'altitudine;
- Zero Pressione - L'altitudine cambia con la temperatura atmosferica;
- Sounding - nella sua missione il pallone raggiunge l'altitudine utile e sgancia il P/L con gli strumenti.

Per il loro utilizzo sono disponibili e operative molte basi di lancio in vari punti del globo, tra queste si possono citare quelle di: Kiruna (Svezia); Timmins (Canada); Alice Springs (Australia); Columbia Scientific Balloon Facility (USA). Così come esistono e sono operativi programmi internazionali per i voli dei palloni stratosferici a cui si può accedere, come nel caso del programma europeo HEMERA (Horizon 2020) che

HAPS	Tipo	Capacità Carico Utile	Persistenza in volo Requisiti	Livello Sviluppo (TLR)	Costo
	HTA Heavier than air HALE UAV	< 100 kg < 500 w	1- 3 mesi Requisito; non ancora raggiunto ad oggi max 26 giorni	Medio Tecnologie di base consolidate ed in continuo incremento	Alto
	LTA Lighter than air Strato-Ship	< 500 kg < 6 kw	6 mesi - 1 anno	Medio Necessarie Batterie ad alta capacità	Alto
	LTA Lighter than air Strato-Balloon	< 200 Kg < 100 w	1 mese	Alto Consolidato nel tempo	Basso

Figura 7
APS: principali
caratteristiche

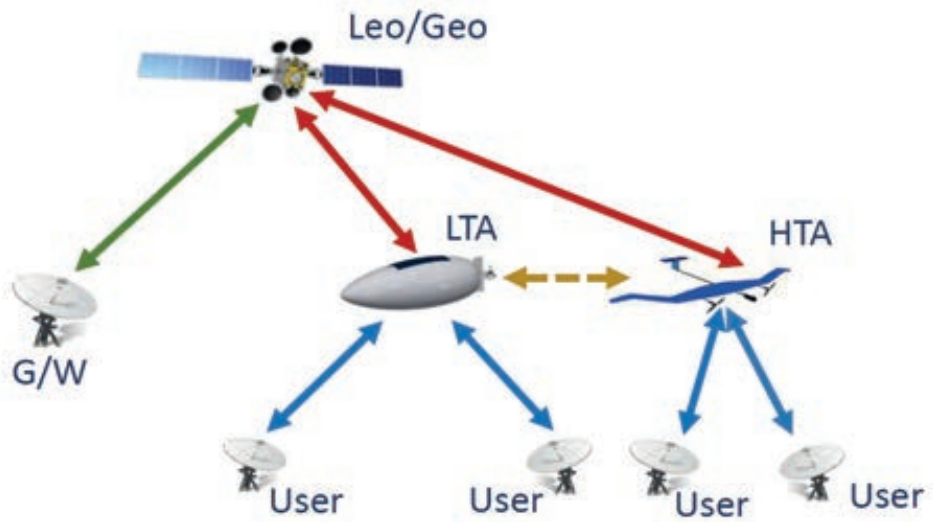


Figura 8
Piattaforma LESTA

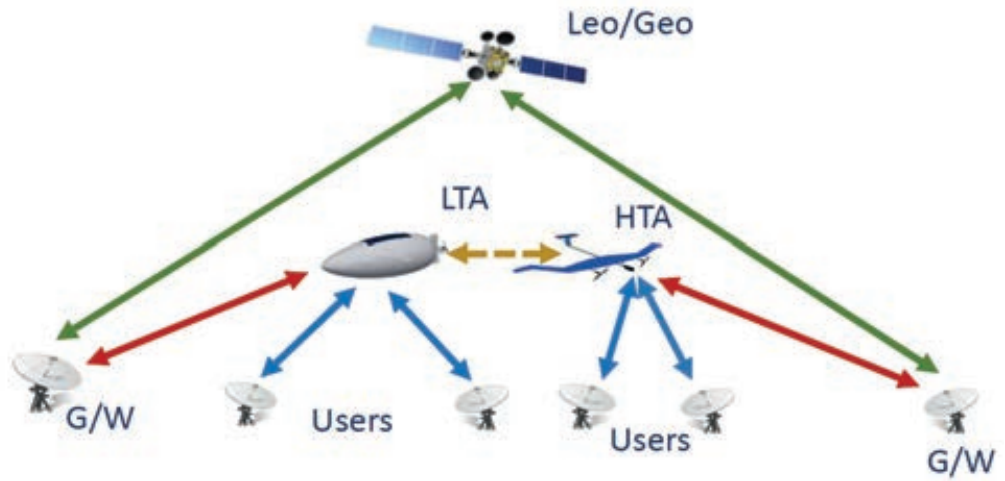


Figura 9
Applicazioni Integrate
HAPS-Sistemi terrestri



Figura 10
Comando e
Controllo HAPS
via Satellite

vede l'attiva partecipazione di 7 paesi: Svezia; Norvegia; Francia; Italia; Germania; UK; Canada e consiste nell'opportunità di volo gratuita (con payload su gondola) su sei palloni 'Zero Pressione' (carico utile 150kg) e diversi palloni 'Sounding' (carico utile 3Kg).

I Palloni Stratosferici possono inoltre ridurre il tempo di sviluppo della tecnologia satellitare ed aiutarne efficacemente la sperimentazione, in particolare per i piccoli satelliti, imbarcandone i payload (inclusi i sistemi di telecomunicazioni), testandoli e recuperandoli per tutte le verifiche necessarie.

3.3. HAPS – Missioni per Telecomunicazioni

Anche queste tipologie di missione potrebbero essere supportate da HTA e LTA.

Diverse missioni pilota si sono succedute per dimostrare la possibile realizzazione di sistemi di telecomunicazioni su larga scala basati su palloni stratosferici (quelli più facilmente ed immediatamente realizzabili), tuttavia la mancanza di adeguata propulsione e controllo della traiettoria non permette in questo caso di soddisfare gli SLA (livelli di servizio) normalmente richiesti dagli utenti dei sistemi di telecomunicazioni. Inoltre la futura disponibilità di Mega costellazioni per telecomunicazioni in orbita bassa con bassa latenza del segnale (da 19 a 50 millisecondi) rende meno competitivo l'uso di Piattaforme Stratosferiche.

Gli operatori Satellitari pensano quindi di utilizzare, appena disponibile, la tecnologia degli HAPS a complemento dell'offerta delle reti e dei servizi satellitari LEO (Sistemi con costellazioni in orbita bassa) e GEO (Sistemi che utilizzano l'orbita geosincrona) solo per specifiche esigenze e su aree limitate.

Gli utilizzi più probabili come Pseudo Satelliti sono stati ipotizzati (Figura 8) per servizi quali:

- Connettività LTE; 4G
- Ultra-Broadband x applicazioni internet residenziali
- 5G servizi M2M e IoT.

Mentre, al momento sembra essere più probabile per le caratteristiche tecniche e economiche un loro impiego per servizi a supporto delle reti terrestri (Figura 9) come 'Pseudo Stazioni' terrestri per:

- Connettività LTE; 4G; 5G
- Backhaul per reti cellulari
- Ultra-Broadband x internet
- 5G servizi M2M e IoT
- Network di HAPS integrate reti terrestri

Sarà invece fondamentale l'uso dei satelliti di telecomunicazioni per permettere il comando e controllo di HAPS (Figura 10) potendo questa tecnologia garantire:

- Il Collegamento per il comando e controllo fuori dalla copertura della stazione di Controllo (BLOS) di terra sia fissa che mobile, per il dispiegamento di reti di HAPS.
- Il 'Backup' per l'integrità delle comunicazioni di controllo e segnale di posizione e per

la sicurezza del volo.

3.4. HAPS – Missioni per Sistemi di Navigazione

L'utilizzo HAPS potrebbe essere utile per migliorare o permettere la piena fruizione dei servizi di localizzazione basati su satellite in particolari contesti quali:

- Risoluzione del problema di interferenze sul segnale GNSS a livello locale (copertura del singolo HAPS)
- Implementazione di sistemi di 'Augmentation' locali per GNSS.
- Risoluzione di problemi di oscuramento ('Urban canyon') in ambito urbano.

Tuttavia l'entrata in piena operatività del Sistema Satellitare Galileo nonché le numerose, e prevedibilmente più economiche, soluzioni tramite stazioni terrestri ad oggi disponibili e in via di sviluppo per 'Augmentation', risoluzione interferenze e 'Canyoning', rende non competitivo l'utilizzo degli HAPS per complementare i sistemi di navigazione.

3.5. HAPS - Missioni Osservazione della Terra

Le possibilità di utilizzo degli HAPS per integrare le missioni Satellitari di osservazione della Terra sono numerose:

- Monitoraggio dell'Atmosfera
- Monitoraggio dell'Ambiente marino
- Monitoraggio del Territorio
- Monitoraggio dei Cambiamenti climatici

Gli HAPS diventeranno una tecnologia che farà parte integrante dei futuri programmi di Osservazione della Terra delle Agenzie Spaziali, potendo fornire grazie all'utilizzo di sensori Iperspettrali e SAR dati su scala locale ad altissima risoluzione. Utilizzando le piattaforme stratosferiche è possibile per migliorare la risoluzione e complementare i dati provenienti dalle costellazioni e da sistemi satellitari ad oggi in sviluppo (es: Copernicus, CosmoSkymed, Sistemi Commerciali, Costellazioni di Mini satelliti). È possibile anche integrare dati di piccole costellazioni di micro satelliti e nano satelliti su scala locale.

3.6. HAPS - Missioni Militari e di Sicurezza

Il maggiore sviluppo per gli HAPS a medio termine è previsto provenire da progetti in ambito Istituzionale/Militare per missioni di 'Difesa, Sicurezza ed Emergenze'. Queste infatti hanno dei requisiti di base che ben si adattano alle loro caratteristiche, quali: monitoraggio periodico a media/alta risoluzione su aree 'sensibili' limitate; monitoraggio ognitempo e in qualunque ora del giorno, lunghi tempi di permanenza.

Alcuni esempi di applicazioni basate su tali requisiti di tali applicazioni sono:

- Analisi di attività militari;
- Rilevazione armi di distruzione di massa;
- Aiuti umanitari;
- Pianificazione e gestione piani di emergenza;

- Monitoraggio Infrastrutture Critiche;
- Monitoraggio e sorveglianza della criminalità;
- Supporto per sistemi di comando e controllo;
- Utilizzo nei Sistemi di Sistemi (Satellite, Aereo, RPAS, Cyber...) per sorveglianza da aereo e spazio.

I Livelli di integrazione e le sinergie tra Sistemi Satellite e HAPS (High Altitude Pseudo Satellites) dipendono quindi fortemente dalla tipologia di Missione; nella seguente tabella (Tabella 2) ne sono sintetizzati i principali aspetti sulla base di quanto esposto.

4. HAPS – REGOLAMENTAZIONE ED ALLOCAZIONE DELLE FREQUENZE

Un sistema ricetrasmittente senza fili per operare, e quindi fornire un servizio, necessita di trasmettere e ricevere dallo spazio circostante onde elettromagnetiche. L'accesso alle risorse disponibili nello spettro elettromagnetico è regolamentato, al fine di evitare interferenza fra le varie reti, attraverso istituzioni che operano a livello internazionale e nazionale.

Le procedure di regolamentazione dell'utilizzo delle frequenze è principalmente contenuto in due documenti:

- I Radio Regolamenti (RR) emessi dall'ITU (International Telecommunication Union);
- I Piani Nazionali Regolamentazione delle frequenze (PNRF) emessi da ognuno degli stati membri dell'ITU ovvero tutte le nazioni del globo.

Attraverso un sistema di procedure di coordinamento con tutti i paesi membri dell'ITU, estremamente complesso, si può ottenere la licenza ad operare globalmente sempre nel rispetto dei RR ed i PNRF.

Questo processo naturalmente si applica anche ai sistemi che sfruttano lo spazio stratosferico (HAPS). Il mancato ottenimento dei necessari permessi implica l'impossibilità della rete ad operare globalmente. Ogni paese è comunque

sovrano nel proprio territorio e la licenza di operare potrebbe essere rilasciata solo localmente. La "World Radiocommunication Conferences (WRC), organizzata dall'ITU, rappresenta l'unico strumento per rivedere e modificare i Radio Regolamenti ovvero il trattato internazionale che governa l'utilizzo dello spettro delle frequenze radio e l'assegnazione delle orbite per i satelliti GEO-stazionari e nonGEO-stazionari.

La WRC si tiene ogni tre o quattro anni e vi partecipano tutti gli Stati Membri. Le revisioni ai RR sono fatte unicamente sugli argomenti riportati nell'agenda stilata dal Consiglio dell'ITU due anni prima della WRC stessa.

L'Agenda si fonda sulle raccomandazioni della WRC precedente ed in accordo con quanto stabilito dalla maggioranza degli Stati Membri.

Alla chiusura di ogni WRC si apre una fase preparatoria (tecnico/programmatica) necessaria alla preparazione della prossima Conferenza. La fase preparatoria è gestita da gruppi di lavoro (prevalentemente tecnici, permanenti o creati ad hoc) che hanno il compito di studiare i vari elementi dell'agenda e proporre le relative soluzioni. I gruppi di lavoro si articolano in ambito Internazionale (ITU - Regionale tipo CEPT) e Nazionale.

Nella WRC19 è stata approvata una nuova Risoluzione per le HAPS: **“Resolution COM4/6 (WRC-19): Use of the frequency band 38-39.5 GHz by high altitude platform stations in the fixed service”**

Questa Risoluzione determina che le HAPS possono fornire connettività a larga banda con una infrastruttura terrestre minimale permettendo quindi connettività a basso costo implementabile in tempi brevi. Anche se le HAPS non sono un concetto innovativo, essendo state studiate in ambito ITU fin dal 1996, solo negli ultimi anni sono diventate di interesse commerciale in virtù dell'evoluzione tecnologica dovuta alla realizzazione di pannelli solari più efficienti, al miglioramento delle prestazioni delle batterie, all' utilizzo di materiali più leggeri e al progresso progettuale dell'avionica e delle antenne.

Per venire incontro a queste esigenze nella WRC-19 si è concordato che le allocazioni ai servizi fissi nelle bande di frequenza 31-31.3 GHz, 38-39.5 GHz fossero identificate per l'utilizzo delle HAPS su base mondiale ovvero in tutte e tre le regioni definite dall'ITU.

Sono state inoltre confermate le allocazioni esistenti ovvero l'utilizzo su basi mondiali delle bande di frequenza a 47.2 – 47.5 GHz e 47.9 – 48.2 GHz da parte di quelle Amministrazioni che desiderano sviluppare servizi tramite le HAPS. Nella conferenza è stato concordato l'utilizzo delle bande 21.4-22 GHz e 24.25-27.5 GHz del servizio fisso per le HAPS nella sola Regione 2. La risoluzione specifica le caratteristiche emis-

Tabella 2
Sinergie tra sistemi
satellite ed HAPS

Missioni Satellitari	Livello di Integrazione SAT-HAPS	Sinergia SAT-HAPS
Telecomunicazioni	Basso	Complementari con Sovrapposizioni
Osservazione della Terra	Alto tramite Intelligenza Artificiale	Complementari con Sovrapposizioni
Navigazione	Basso	Poche sinergie
Scienza e Tecnologia	Alto	Complementari senza sovrapposizioni
Militari e di Sicurezza	Alto	Complementari

sive delle HAPS al fine di garantire la protezione dei servizi esistenti, infatti le piattaforme dovranno operare su base secondaria ovvero non potranno causare interferenza né reclamare protezione dai servizi a statuto primario. Questo costituisce un primo passo verso la commercializzazione dei servizi offerti dalle

HAPS attraverso la possibilità di operare su basi sperimentali con copertura mondiale.

Le HAPS attualmente sono considerate un servizio fisso mobile nonostante presentino a tutti gli effetti le caratteristiche trasmissive di un collegamento satellitare.



CUBESAT E NANOSATELLITI, NUOVE PROSPETTIVE DI SVILUPPO

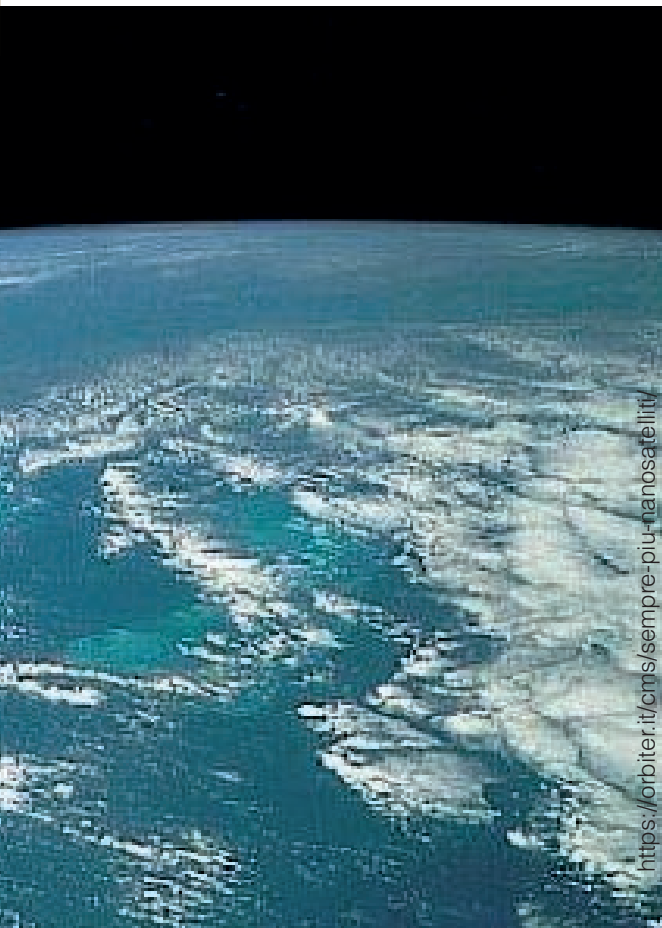


Ing. Stefano Coltellacci, Ing. Cristina Vittucci, Ing. Giuseppina De Felice Proia, Ing. Giovanni Nicolai

1. GENERALITÀ

Le piattaforme Cubesat, e Nanosatelliti in generale, sono nate da una felice intuizione destinata a progetti educativi, per portare studenti universitari a contatto con il mondo delle missioni spaziali. L'idea di base era che una piattaforma di volo standardizzata avrebbe ridotto notevolmente la complessità delle procedure di assemblaggio, integrazione e testing, tempi e costi di sviluppo; secondo questa filosofia anche il modulo payload sarebbe risultato molto semplificato, ma questo non avrebbe pregiudicato lo scopo principale, anzi la possibilità di ampliare l'accesso al mondo spaziale avrebbe moltiplicato il numero dei potenziali realizzatori a tal punto da generare una "fioritura" di idee e progetti potenzialmente prodigiosa. La mancanza di logiche commerciali ed obiettivi in campo governativo/militare avrebbe inoltre reso "accettabile" il numero di insuccessi nelle missioni; i costi peraltro sarebbero stati compensati dalla logica educativa di allargare enormemente il numero dei tecnici e scienziati potenzialmente in grado di progettare o comunque partecipare ad una missione spaziale. I grandi sviluppi nella connettività mondiale dei primi anni 2000, degli applicativi software e dei social network hanno facilitato questa tipologia di missioni, facendo partecipare studenti di piccole università, scuole tecniche secondarie e spin-off universitari che fino a pochi anni prima non avrebbero avuto risorse per accedere al mondo aerospaziale. Una grande novità degli ultimi anni

***dal Workshop 13 Dicembre 2019 presso
Scuola di Ingegneria Aerospaziale - Via Salaria 851
organizzato da Commissione Aerospazio
Ordine Ingegneri Provincia di Roma***



ford University nel 1999 per facilitare l'accesso allo spazio per gli studenti universitari (figura 1).

I suoi inventori sono **Robert J. "Bob" Twiggs**, professore allo Space Systems Development della Stanford University Laboratory (SSDL), attualmente professore di astronautica e scienze spaziali alla Morehead State University, e **Jordi Puig-Suari** (figura 2), professore di progettazione di veicoli spaziali, dinamica e controllo di veicoli spaziali e meccanica orbitale alla California Polytechnic State University, attualmente il co-fondatore della Tyvak Nano-Satellite.

Al di fuori del mondo universitario le reazioni furono poco incoraggianti, le grandi agenzie spaziali e centri di ricerca governativi erano dubbiosi sull'effettiva efficacia dei payload dei cubesat mentre il mondo industriale non vedeva di buon occhio la totale mancanza di affidabilità connessa alla semplificata filosofia di AIT. I creatori non si persero d'animo e continuarono nel loro percorso fidando anche sul fatto che il mancato supporto (e quindi stretta connessione e influenza) di tali soggetti sarebbe stato solo un vantaggio potendo godere di una libertà di creatività molto superiore.

Dopo 20 anni i numeri hanno dato ragione a questa scelta con quasi 1200 Cubesat lanciati (per circa 2500 Unità Cubesat – dati di Dicembre 2019). La maturità della piattaforma e delle procedure di AIT hanno portato alla nascita di decine di piccole aziende operanti nella costruzione e nei servizi di questi nano satelliti convincendo, anche i soggetti più settici, a fare entrare a pieno titolo queste piattaforme satellitari nel mondo delle missioni spaziali applicative.

è la cosiddetta New Space Economy (nuovi soggetti che costruiscono e finanziano missioni spaziali, nuove tecnologie emergenti applicabili, nuovi utenti che richiedono nuovi servizi, etc); in questo nuovo contesto le piattaforme Cubesat e Nanosatelliti, oramai giunte a maturità tecnologica, possono trovare uno sviluppo, inizialmente impreveduto, e diventare strumento per missioni spaziali pienamente operative anche in ambito commerciale o governativo/militare. Il presente articolo si propone di analizzare il panorama italiano e internazionale di queste piattaforme, gli sviluppi e le nuove prospettive di utilizzo nei vari segmenti che caratterizzano una missione spaziale come segmento di terra, lanciatore, payload e ambiente spaziale, visto come vero e proprio "spazio da condividere" in modo consapevole e regolamentato.

2. GLI ESORDI

Lo standard CubeSat è stato creato dalla California Polytechnic State University di San Luis Obispo e dalla Space Systems Development Lab della Stan-

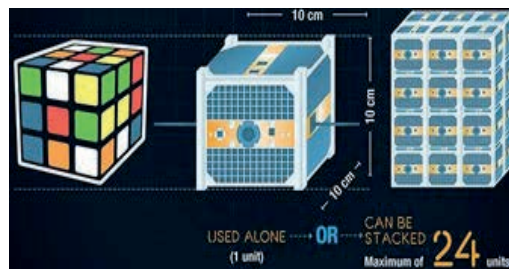


Figura 1
Schema di una
piattaforma cubesat



Figura 2
Robert J. "Bob" Twiggs e
Jordi Puig-Suari

3. PROSPETTIVE DI RICERCA E EDUCAZIONALI

Lo spazio sta entrando ormai nelle nostre aule per cambiare il modo di insegnare e apprendere le materie tecnico-scientifiche conosciute come materie STEM, acronimo di Science, Technology, Engineering and Maths. Pur non essendo in sé disciplina di insegnamento, lo Spazio è divenuto un nuovo ambiente di apprendimento basato sull'hands-on experience (esperienza manuale) che mette a disposizione modelli reali di metodologia scientifica, collaborazione, accesso a dati scientifici e a strutture e ruoli professionali. Ciò è reso possibile anche grazie al sostegno delle stesse agenzie spaziali di tutto il mondo. Si pensi alla NASA, all'ESA, e per l'Italia all'ASI. Il principale progetto europeo nell'educazione spaziale è l'ESERO, attivo dal 2006 e coordinato dall'ESA e dalle agenzie nazionali. Il progetto si rivolge alla scuola primaria e secondaria di I e II grado e mira allo sviluppo di conoscenze e tecnologie nelle scuole con particolare attenzione allo Spazio, proponendosi anche di formare comunità di docenti attraverso eventi di formazione interamente gratuiti. Allo scopo di raggiungere tali obiettivi, ESERO organizza ogni anno delle straordinarie competizioni nazionali e internazionali. Per la scuola secondaria di II grado le più famose coinvolgono la progettazione e la simulazione di nanosatelliti e sono rappresentate da CANSAT e ZERO ROBOTICS, quest'ultima sostituita, a partire dal corrente anno scolastico, da ASTROBEE. Attraverso questi concorsi a supporto dell'educazione spaziale vengono sollecitati negli studenti la motivazione, l'innovazione, il lavoro di squadra e il pensiero critico, in un'ottica interdisciplinare, progettuale e inclusiva.

Nel contesto dell'Osservazione della Terra da Satellite, possiamo pensare di suddividere le diverse tipologie di missioni e, conseguentemente, le corrispondenti tipologie di satelliti che le costituiscono in base a:

- ai diversi obiettivi di missione,
- alla loro storia,
- alle dimensioni del payload

partendo da quelle le cui tecnologie sono ormai consolidate. Troviamo quindi Satelliti a scopi

scientifici, sviluppati in programmi di missioni innovative a carattere prettamente scientifico; satelliti meteorologici, di carattere più puramente operativo, che svolgono il ruolo di monitoraggio meteo; satelliti da agenzie spaziali nazionali, che possono avere obiettivi scientifici così come governativi/difesa e commerciali e satelliti di operatori satellitari privati a scopi principalmente commerciali.

In questo scenario, due importanti innovazioni risiedono nella implementazione di grandi missioni satellitari, del Programma Copernicus della Comunità Europea, a carattere puramente operativo ma in ambiti differenti da quello classicamente associato alla meteorologia e la nascita di missioni basate su costellazioni di mini-satelliti, attualmente operate enti privati. Ancora più recentemente le tecnologie di miniaturizzazione, che ha portato ad esempio alla definizione della piattaforma Cubesat, sono arrivate ad un sufficiente livello di maturità da stimolare l'attivazione di programmi di finanziamento per lo sviluppo di nuove possibili missioni da parte di agenzie spaziali sovranazionali come l'ESA. Lo schema generale appena introdotto ha solo finalità descrittive e il trend nello sviluppo delle applicazioni scientifiche e di altra tipologia prevede ormai una sempre più completa integrazione delle diverse tipologie di dati acquisite dai satelliti delle differenti categorie. L'integrazione delle diverse tipologie di dati, va a costituire quello che viene definito come l'Earth Observation Data Cube (Fig. 4), che rappresenta l'insieme multidimensionale di informazioni raccolte su scala geospaziale e alle diverse lunghezze d'onda di acquisizione (dall'ultravioletto alle microonde) al variare del tempo. L'analisi di questa enorme quantità di informazioni viene sempre più affrontata con tecniche di Big Data dando spunto a un nuovo settore scientifico ed applicativo chiamato Eo Data Cube Analytics, ad elevato impatto in campi di ricerca interdisciplinari. In questo ambito lo sviluppo di nuove missioni di nanosatelliti contribuirà sempre più ad aumentare la risoluzione spaziale e quella temporale dell'EO Data Cube.

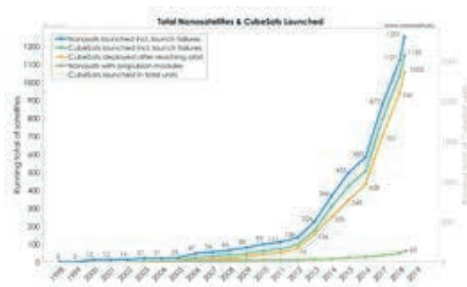


Figura 3 - Numero totale di cubesats, nanosats e unità lanciate (dati 12-2019)

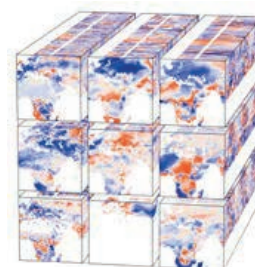


Figura 4 - Rappresentazione grafica dell'EO Data Cube

3.1 Ricerca nelle Scuole Secondarie e Università Ricerca nelle Scuole Secondarie

L'ITIS "Enrico Fermi" di Roma partecipa da diversi anni alla competizione CANSAT organizzata da ESERO, una simulazione di satelliti reali integrati all'interno del volume di una lattina per le bevande. La sfida per gli studenti consiste nell'inserimento nel Cansat di un sistema di comunicazione che trasmetta a terra i dati e dei sensori finalizzati alla realizzazione della missione scelta, diversa per ogni squadra. Il team LASER dell'ITIS "Enrico Fermi" si è formato nel 2018 e ha visto protagonisti dei giovanissimi e brillanti studenti delle classi seconde e terze dell'Istituto per la partecipazione alla competizione indetta per il 2018/2019. Le loro creative conoscenze tecniche si sono riversate sui seguenti compiti: Sviluppo e Software, Antenna-Trasmissione e Ricezione dati, Elettronica e Meccanica. Come da regolamento, CANSAT ha previsto una Missione Primaria comune a tutte le squadre, basata sulla rilevazione dei dati standard di temperatura, umidità e pressione, a cui sono state aggiunte altre rilevazioni in telemetria, come altitudine, campo magnetico, accelerazione e coordinate geografiche. Al fine di garantire la trasmissione e la fruibilità dei dati online, è stata prevista una postazione a terra in grado di comunicare con la pagina web del sito dell'Istituto, permettendo così la visione e l'ascolto in tempo reale durante l'esecuzione

della missione. La disponibilità dei dati in audio è stata resa possibile da un sistema in modalità fonica disponibile in diverse lingue. I dati sono stati trasmessi anche in codice Morse, percepibili quindi mediante le vibrazioni dei dispositivi mobili. È stata così realizzata la Missione Secondaria, che caratterizza esclusivamente il progetto del Laser Team: permettere agli ipovedenti di poter seguire tutte le fasi della gara. Il team ha garantito la sicurezza e la manovrabilità della sonda in fase di discesa grazie a un dispositivo con autogiro composto da pale attaccate a un primo piatto mediante molle di torsione e tre servo motori utilizzati per regolare l'inclinazione (Fig. 5). Il tutto è stato realizzato in nylon con stampante 3D. Per assicurare una maggiore manovrabilità il CanSat è stato dotato anche di un paracadute.

La raccolta dati provenienti dai sensori e memorizzati sul computer di bordo è avvenuta mediante la comunicazione tra due antenne: un'antenna trasmittente (433 MHz) montata sul Cansat per inviare i dati e un'antenna ricevente montata sulla postazione terra. Nella pagina web <https://cansat.sciencewatching.com/>, che gli studenti hanno appositamente realizzato, è resa disponibile la visualizzazione 3D del CanSat nella fase di discesa, la posizione dello stesso sulla mappa geografica e i grafici delle grandezze misurate. Con il loro progetto il Laser Team si è aggiudicato il secondo posto nella finale svoltasi a Modena nel mese di aprile del 2019.

Ricerca nell'Università

La Scuola di Ingegneria Aerospaziale fu istituita nel 1926, agli albori dell'aeronautica, come Scuola di Ingegneria Aeronautica. Con il Preside Gaetano Arturo Crocco ha seguito, in stretta collaborazione con il Centro Studi ed Esperienze di Guidonia, l'evoluzione della tecnologia Aeronautica Italiana dai primi palloni e dirigibili all'aeroplano. Negli anni '60 la Scuola è stata rinominata Scuola di Ingegneria Aerospaziale ed è stata subito protagonista dell'era spaziale grazie al progetto San Marco di Luigi Broglio, pioniere e fondatore dello spazio in Italia. La Scuola di Ingegneria Aerospaziale (SIA) di Roma è un ente di formazione di livello universitario con rango di Facoltà istituito nel 1926 per rispondere alle esigenze di una formazione di stampo sistemistico e multidisciplinare necessaria nello sviluppo dell'ingegneria aerospaziale e aeronautica. La Scuola di Ingegneria Aerospaziale ha svolto un importante ruolo pionieristico nello sviluppo dell'ingegneria e della tecnologia Aeronautica e Aerospaziale in Italia tramite collaborazioni con l'Aeronautica Italiana e le industrie di settore per lo sviluppo della tecnologia aeronautica/aerospaziale. Il Progetto San Marco (sperimentazione dello spazio tra il 1962 ed il 1980) ha portato alla nascita della tecnologia spaziale



Figura 5 - Cansat, piatto e pale.



Figura 6
Progetto San Marco,
asi di AIT e
lancio da Malindi

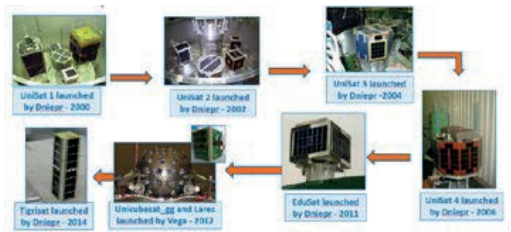


Figura 7
Timeline di
sviluppo e lancio
delle varie missioni
universitarie realizzate
dalla Scuola di Ingegneria
Aerospaziale.

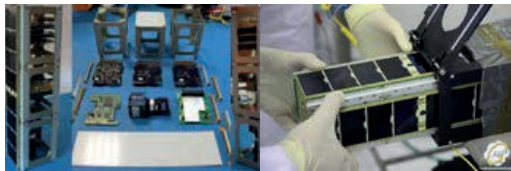


Figura 8
Tigrisat,
fasi di realizzazione e AIT

Name of satellite	Address/Host Organization	Status	Altitude	Mass	Power
Formosat-4	NASA/ESA	Active	~500 km	~100 kg	~100 W
Comstar-1	ESA/ESA	Active	~1000 km	~100 kg	~100 W
Proteus	University of Southampton	Deactivated	~1000 km	~100 kg	~100 W
Other satellites in orbit	Other to be added	Yes	Yes	Yes	Yes
Deployment date	March 2015	Task ended in 2015	2015	2015	2015
Cost/altitude	~1000	~1000	~1000	~1000	~1000
Number of satellites	10	10	10	10	10
Weight	~100 kg	~100 kg	~100 kg	~100 kg	~100 kg
Frequency	~100 MHz	~100 MHz	~100 MHz	~100 MHz	~100 MHz
Self-powered	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Figura 9
Costellazioni di nanosatelliti
già in orbita o prossime al
lancio per l'erogazione di
servizi IoT e broadband

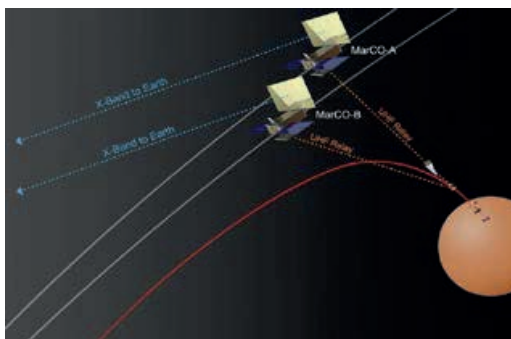


Figura 10
Rappresentazione delle
modalità di comunicazione
tra i CubSat MarCO,
lo spacecraft InSight e il
rover su Marte

in Italia, permettendo all'Italia di essere il terzo paese nella storia dopo USA e URSS a realizzare e lanciare un proprio satellite nel 1964 a cui sono poi seguiti altri 4 lanci fino al satellite San Marco 5 nel 1988 (figura 6).

Attualmente la SIA è attiva nel campo spaziale con numerosi indirizzi, fra i più importanti ricordiamo:

- Sviluppo materiali compositi nanostrutturati
- Monitoraggio di Debris Spaziale
- Stazione di Telemetria SPIV
- Progetto Unisat
- Progetto Edusat
- Progetto Tigrisat

Il progetto Unisat lanciato dall'allora preside, Prof. Filippo Graziani, prevede il lancio in orbita di microsattelliti interamente progettati, costruiti e gestiti in orbita dagli studenti universitari della SIA. È questo un progetto pionieristico: la Scuola infatti è stata la prima Facoltà in Europa a lanciare un satellite realizzato dai propri studenti con Unisat 1 il 26 settembre 2000. Il progetto procede con un discreto successo mantenendo una cadenza di lancio biennale con Unisat 2 lanciato il 20 dicembre 2002, Unisat 3 il 29 giugno 2004, Unisat 4 il 26 luglio 2006 e Unicusat GG nel 2012 (figura 7).

Un discorso a parte è il Progetto Tigrisat, lanciato nel 2014, esso è stato costruito dalla Scuola di Ingegneria Aerospaziale SIA con il contributo di studenti iracheni presenti nella Scuola di Ingegneria Aerospaziale grazie ad un progetto di interscambio culturale universitario volto a formare una futura classe di ingegneri aerospaziali in IRAQ dopo molti anni di guerra che hanno sensibilmente degradato le capacità industriali del paese (figura 8).

4. RICERCA INDUSTRIALE E SVILUPPO DI PAYLOAD INNOVATIVI

La ricerca nell'ambito dei Nano Satelliti interessa diversi settori, che vanno dalla progettazione avionica, ai sensori fino alla progettazione di specifiche applicazioni e missioni. Senza pretesa di essere esaustivi, data la vastità e l'interdisciplinarietà degli argomenti, si può fornire una schematizzazione di massima dei settori di ricerca e sviluppo legati alla progettazione di una missione satellitare basata su tecnologie di mini-satelliti e nano-satellite. Partendo dal livello più basso i temi di ricerca sono legati alla progettazione del vettore satellitare (avionica e comunicazioni) e del payload (sensori di differenti tipologie) mentre ad un livello più alto la ricerca si concentra su tecniche di signal processing e di on-board processing per ottimizzare le varie fasi di acquisizione dell'informazione e di produzione di dati. Temi di ricerca più evoluti riguardano sia l'utilizzo dei dati forniti da tecnologie di signal e on board processing sia la loro integrazione con altre sorgenti informative per la soluzione di problemi più complessi.



Nel campo delle telecomunicazioni, inoltre, sono in fase di avanzato sviluppo i Cubesat Nanosatelliti con un payload capace di poter trasmettere dati.

Per i primi 10 anni di ricerca (dal 1999 al 2009) i settori coinvolti furono quelli dell'educazione e il payload doveva soltanto eseguire operazioni molto semplici quali:

- trasmissione di un radiofaro, memorizzazione di dati o trasmissione di dati raccolti da semplici sensori a velocità di trasmissione molto bassa (1 to 9.6kbps)
- utilizzo di frequenze amatoriali all'UHF
- standard AX.25 per le comunicazioni

Diverse missioni sono state sviluppate successivamente ma solo durante l'ultimo quinquennio si è avuto un incremento di questi studi, collegato a diverse tipologie di missioni applicative e di test che hanno avuto come oggetto da applicazioni di monitoraggio sino a applicazioni di telecomunicazioni. Per queste varie missioni sono state impiegate diverse tecnologie di payload relativo alla trasmissione dei dati e operanti a differenti bande a Radio Frequenza.

Queste tipologie di studi hanno portato ad uno scenario abbastanza consolidato in cui la tecnologia Cubesat viene impiegata nel settore delle telecomunicazioni con costellazioni di satelliti Cubesat operanti in orbita bassa (LEO Low Earth Orbit) a supporto dell'infrastruttura esistente a Terra per assolvere a funzionalità quali:

- L'estensione della copertura Internet a scala globale
- La distribuzione di dati attraverso tecniche di broadcasting

- L'implementazione delle tecnologie Internet of Things (IoT) e di paradigmi Machine-to-Machine (M2M)

In figura 9 sono riportate le costellazioni di Nanosatelliti impiegate a supporto dell'infrastruttura di telecomunicazioni terrestri.

Una ulteriore applicazione di notevole rilievo sviluppata a partire dalle ricerche condotte sui payload e sui protocolli di comunicazione nell'ambito dei Cubesat è stata la missione MarCO Mars Communication Observation (implementata con tecnologia 6U Cubesat) che ha contribuito alle funzioni di comunicazione tra la Terra, lo spacecraft InSight e il Rover, nella sua missione su Marte (Fig. 10). La tecnologia impiegata ha permesso di affrontare i problemi della discontinuità di connessione end-to-end e ha sperimentato di nuove architetture con protocolli di comunicazione DTN (Delay Tolerant Network). L'impiego della tecnologia CubeSat e dei payload e protocolli di comunicazioni in un contesto come quello di una missione spaziale, apre possibili scenari futuri in cui queste tecnologie potranno trovare impiego nel garantire una infrastruttura di telecomunicazione a per comunicazioni spaziali tra la Terra e le missioni nel Sistema Solare. Queste ipotesi potranno fare da leva a nuovi lavori di ricerca per il raggiungimento di requisiti ancora non attuabili. Si ipotizza infatti un necessario aumento del data rate da 9600 kbps a data rate dell'ordine dei Gbps, nonché un elevato grado di flessibilità caratterizzato dalla possibilità di stabilire Inter Satellite Links (ISL) e connessioni con differenti stazioni di ricezione (operanti in condizioni anche mol-

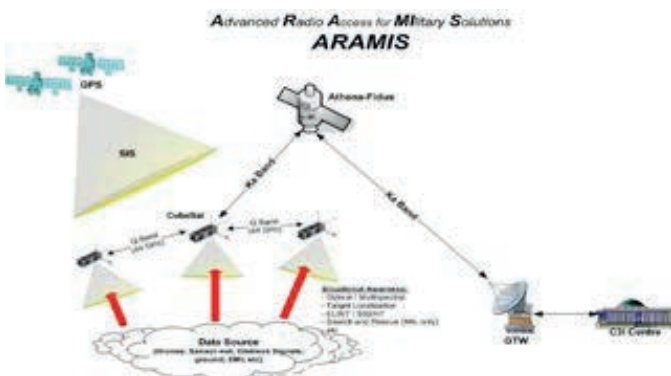


Figura 11 - Progetto ARAMIS

to diverse). Infine sarà richiesta una maggiore capacità di comunicazione dei satelliti a livello di costellazione, possibilmente integrando architetture di tipo 5G con protocolli DTN. Parte di questi requisiti, come vedremo, sono già affrontati in temi di ricerca. In particolare i payload relativi alla comunicazione negli ultimi anni hanno subito una notevole evoluzione tecnologica, passando dai primi sistemi operanti a bande UHF/VHF con data rate di 9600 bps, ai sistemi operanti in banda S (per la Telemetria a 2 GHz) e banda X (7-8 GHz), come quelli utilizzati nelle missioni RAX e GOMX-3, con data rate fino a 1 Mbps, e arrivando alla tecnologia più recentemente sviluppata per i Nanosatelliti, con antenne di tipo Reflector e Reflectorarray, nelle bande Ku (12-14 GHz), K (18 GHz) e Ka (20-30 GHz) e con data rate fino a 100 Mbps.

Ulteriori studi stanno evolvendo o potranno evolvere verso l'impiego di altre frequenze con la banda Q (33-50 GHz) e la banda V (50-75 GHz) che sono state valutate positivamente per implementare connessioni intrasatellitari ISL (anche fra satelliti in orbite differenti, come GEO (Orbita Geostazionaria 36.000 Km), MEO (Orbita Media tra 3.000 e 12.000 Km) e LEO (Orbita tra 400 e 1.200 Km) o per downlink da orbite molto basse Very Low Earth Orbit (VLEO fino a 150 Km). La Tecnologia in banda V band è stata ad esempio impiegata nel progetto Starlink con unità in orbita VLEO. Anche la banda W (75-110 GHz) potrebbe trovare impiego, come dimostra il recente progetto ESA W-Cube, costituito da un CubeSat con un trasmettitore in banda W impiegato per misure di propagazione a quelle lunghezze d'onda. Ulteriori studi si stanno concentrando sulle possibilità di utilizzare comunicazioni a lunghezze d'onda ottiche anche su Nanosatelliti. Questo approccio garantirebbe elevati data rate, fino a 10 Gbps ma con consu-



Figura 12 - Antenna deployable in banda Ka per ISL LEO-GEO

mi dell'ordine dei 50W e non è ancora evidente un trend evolutivo.

In ogni caso sono già stati sviluppati dei test per la comunicazione inter satellitare ISL e a scopo di studio anche con stazioni di ricezione a terra "ottiche". Queste ultime sono però limitate ad operare in assenza di nubi meteo, per cui sono prevedibili sviluppi ibridi di tipo RF/Optical (ad esempio affiancando i trasmettitori ottici con sistemi operanti in banda X). Una ulteriore tecnologia emergente, che consentirà differenti vantaggi applicativi, è costituita da quella di Payload Software Defined Radio (SDR).

Alcuni esempi di applicazione su grandi satelliti hanno dimostrato l'efficacia della tecnologia SDR e l'impiego in sistemi basati su Nanosatelliti non è precluso da particolari limitazioni. In particolare l'adozione di payload di tipo SDR consentirebbe lo sfruttamento ottimale delle risorse consentendo un adattamento veloce ai requisiti di missione per le telecomunicazioni. Infatti la programmabilità di questi sistemi abilita al supporto di segnali multipli, l'incremento del data rate su canali affidabili e l'ottimizzazione nello sfruttamento dello spettro elettromagnetico destinato alla telecomunicazioni.

Ancora pochi payload SDR sono già stati impiegati in piccoli satelliti e altri sono in fase di sviluppo, come ad esempio AstroSDR, NanoDock SDR, GAMALINK e STI-PRX-01. L'utilizzo di questa tecnologia potrà portare a sviluppi futuri per l'implementazione del concetto di Software Defined Networking, ovvero di reti, altamente configurabili, costituite da diverse tipologie di link tra vari satelliti e stazioni a terra. In un simile scenario l'introduzione di costellazioni di CubeSat abiliterà alla attuazione di link intersatellitari ISL sempre più performanti e configurabili, ad esempio con connessioni tra satelliti GEO, MEO, LEO (o HAPS) e ground stations.



Figura 13 - Geometria di interscambio dati ai poli per la mission di Situational Awareness

Il progetto ARAMIS sviluppato dalla società Ital-Spazio punta allo studio, al progetto e alla futura implementazione e verifica di tecnologie spaziali avanzate per CubeSat, e alla realizzazione di una costellazione satellitare Low-Cost basata su CubeSat (nanosatelliti da 12U) in comunicazione tra loro via ISL LEO-LEO in banda Q e capaci di cooperare con il satellite geostazionario Athena-Fidus tramite ISL in banda Ka ad alta capacità.

Il Progetto ARAMIS costituisce una risposta flessibile e a costi contenuti per aumentare la capacità trasmissiva di satelliti tipo cubesat e complementare e/o potenziare servizi già offerti da altri segmenti spaziali attraverso il suo impiego cooperativo e garantendo totale accessibilità ed esclusività dei servizi e maggiore disponibilità del servizio nelle regioni di interesse. ARAMIS prevede diversi tipi di applicazioni/payload:

- Situational Awareness;
- AIS/ADS Satellitare;
- Estensione copertura di AF per controllo di UAV;
- Applicazioni tipo PTT (Push-to-Talk);
- Applicazioni di tipo ELINT (ELectronic-sIGNALS INTelligence o "spionaggio di segnali elettronici").

Il sistema è caratterizzato dai seguenti sottoassiemi:

- Antenna "deployabile" in banda Ka per la comunicazione tra Cubesat e AF;
- Sistema di antenne Patch in banda Q per la comunicazione ISL tra Cubesat e Cubesat;
- Front RF/Transponder in banda Ka e in banda Q per i due sistemi di comunicazione;
- Modem SDR
- Payload

Una particolare attenzione è rivolta allo sviluppo del Modem SDR, che sarà realizzato appunto in tecnologia SDR-FPGA. Librerie Open-Source saranno impiegate per gli algoritmi di recupero del sincronismo di frequenza, fase e simboli. Il

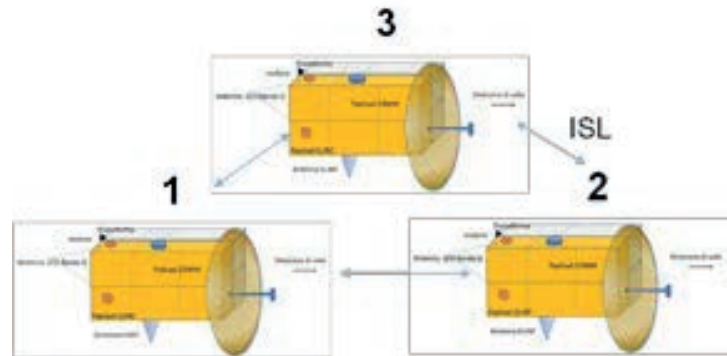


Figura 14 - Geometria della configurazione ELINT per ottimizzare le tecniche di localizzazione sorgenti EM

linguaggio VHDL sarà utilizzato per la fase di sviluppo FPGA. La scelta del HW FPGA verrà effettuata tra i prodotti COTS disponibili.

Il payload di Situational Awareness ARAMIS potrebbe essere basato su un design SDR molto flessibile in grado di far fronte agli standard attuali che operano nella larghezza di banda UHF (400-3000 MHz). In particolare, LoRa-E è specificamente focalizzato per la sua capacità di operare con SNR (Signal to Noise Ratio) molto bassi, permettendo così una lunga resilienza, una bassa rilevabilità e un basso consumo energetico delle batterie dei terminali di terra. Un'antenna UHF dispiegabile con guadagno di 6 dBi raccoglierà i dati di terra, mentre l'implementazione di un trasmettitore in banda S può costituire una buona opzione per comandare i terminali di terra. I dati raccolti verranno archiviati nella memoria di massa Cubesat per essere inviati via ISL alla stazione di terra dopo la formattazione e la crittografia.

Per applicazioni ELINT, l'attività consiste nella ricezione di dati relativi a sorgenti di trasmissione, in particolare delle emissioni dei vari tipi di radar. Le intercettazioni possono essere effettuate da stazioni ELINT poste a terra nella prossimità dei confini dell'avversario, su Navi e/o Aerei specificamente equipaggiati o su satelliti artificiali (CubeSat – ARAMIS). Il payload dell'applicazione ELINT, operante secondo un approccio TDOA/FDOA, è basato su una formazione di tre satelliti ciascuno con un payload di acquisizione del segnale BW ampio e include due ampie antenne dispiegabili BW, seguite da catene di ricevitori innovative. La configurazione della formazione prevede due satelliti sullo stesso piano orbitale e un terzo in volo. Le posizioni relative vengono calcolate elaborando gli osservabili potenti ricevitori EGNSS. La trasformazione dei dati e la localizzazione e l'analisi

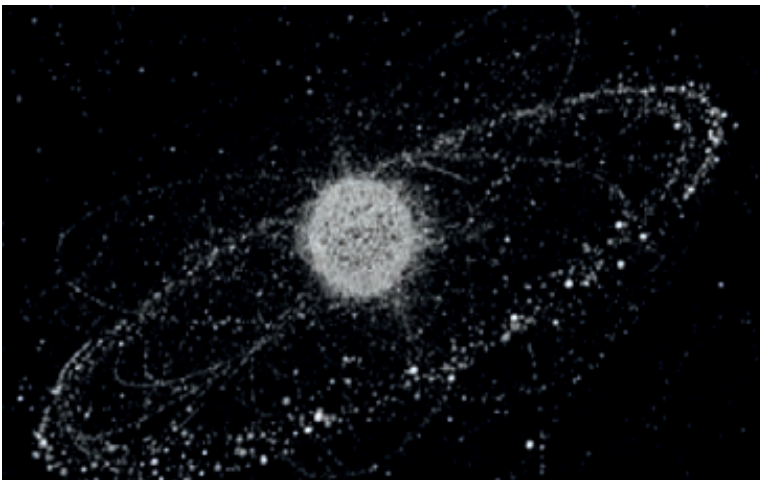
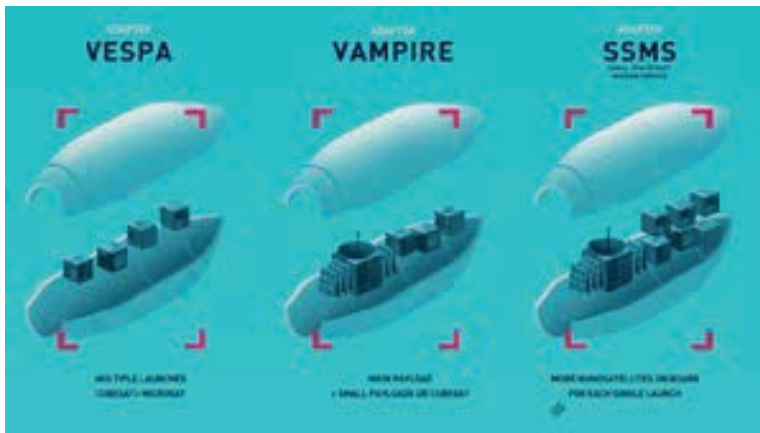


Figura 15
configurazioni del
lanciatore VEGA dedicate
ai piccolo satelliti

Figura 16
Rappresentazione
(non in scala) della
popolazione di oggetti
orbitanti attorno alla Terra

della fonte terrestre vengono eseguite a terra nel centro di elaborazione.

5. PROSPETTIVE INDUSTRIALI

La caratterizzazione fortemente innovativa dello sviluppo tecnologico delle piattaforme CubeSat e Nanosatelliti fa sì che spesso ci sia una continuità piuttosto marcata tra il settore della ricerca a vari livelli e il settore industriale. Di questa continuità di approccio ne è un tipico esempio il progetto U-DRAGON (Unified Distributed Advanced Global Operative Network for nano and micro satellite operations), implementato da Telespazio. Progetto stanziato dal Ministero della Ricerca e Sviluppo (MISE) nel 2016 relativo all' "Agenda Digitale", per il quale Telespazio ha proposto lo sviluppo di una network di stazioni a terra geograficamente distribuita e integrata, chiamata U-DRAGON, per la fornitura di servizi di Ground as a Services (GaaS) commerciali, riguardanti il mercato dei cubesat/nanosatelliti.

Questo settore di mercato coinvolge centri di ricerca universitari che utilizzano questi satelliti

per dimostrazioni e validazioni di tecnologie in ambito spaziale sviluppando inoltre piccole stazioni di terra ad hoc, con limitazioni riguardanti le opportunità di accesso al satellite, e li mette direttamente in contatto con il settore industriale costituito da Telespazio e dalle sue Partecipate. In particolare, Telespazio sta sviluppando il progetto U-Dragon relativo al Ground Segment per CubeSat e Nanosat nell'ambito del quale si utilizzano delle funzionalità sviluppate ad hoc per caratteristiche vincolanti del progetto, quali:

- Software di Scheduling - Telespazio UK
- Progettazione del Ground Segment e dell'infrastruttura - Telespazio Italia
- Sviluppo di SDR per applicazioni Low/Medium data rate - Telespazio Italia
- Monitor and Control, Networking, Protocol adapting - Telespazio Italia
- Satellite Control Center per il software del centro di controllo satellite - Telespazio Italia
- User Interface con la collaborazione di aziende italiane del settore spazio (GEM del gruppo Sistematica)
- Studio per l'ottimizzazione e la prototipazione di antenne operanti nelle bande di frequenza del progetto in collaborazione con l'Università Federico II di Napoli tramite il consorzio NITEL.
- SpaceTwitter scheda di volo realizzazione del prototipo (Euro Soft)

6. SERVIZI DI LANCIO

Uno dei punti di maggiore criticità per la diffusione iniziale dei Cubesat è stato l'elevato costo di lancio con lanciatori commerciali da centinaia di milioni di dollari. La mancanza di criteri di AIT consolidati poneva un alto rischio per ogni Cubesat-Nanosat ospite del lanciatore (che oltretutto ha un prezzo molto alto); inoltre i costruttori di Cubesat non sono in grado di pagare alti costi per la messa in orbita. I primissimi lanciatori sono stati ex-ICBM sovietici riconvertiti che avevano requisiti di sicurezza molto più rilassati e offrivano costi molto bassi. L'italiana AVIO è stata la prima a progettare e costruire ex novo un lanciatore dedicato a piccoli satelliti, con in mente già la filosofia di espandere la sua offerta ai Nanosatelliti, il VEGA. Il lanciatore della ditta di Colleferro è in grado di mettere circa 1800 Kg di carico utile (anche in configurazione dual payload) in orbita polare a 600 Km di quota e di recente ha proposto una gamma di configurazioni molto flessibile dedicate al trasporto di mini, micro e nano satelliti. Una caratteristica innovativa di questi servizi di lancio è quella di predisporre un servizio di gestione delle "prenotazione" molto più agile e tagliato sulle esigenze di questi nuovi attori del panorama spaziale ovvero i costruttori di Nanosatelliti.

Questi ultimi sono molto reattivi, elastici e si-

curamente molto meno soggetti ad esigenze di mercato o di operatività che è richiesta alle missioni di satelliti di tipo standard di TLC, EO e GNSS. Inoltre il numero elevato di soggetti partecipanti ad un unico lancio pone dei requisiti innovativi da soddisfare nella realizzazione di aree di integrazione che riescano a ospitare in modo efficace una variegata platea di soggetti.

7. “AMBIENTE” SPAZIALE

Nella fase iniziale dell'esplorazione spaziale l'ambiente esterno alla Terra è stato considerato essenzialmente come un ambiente a capacità di sopportazione di “pressioni” infinite. In esso sono stati riversati ogni tipo di materiali non più necessari alle missioni spaziali oltre alle piattaforme orbitali non più operative. Ad esso si sono sommati elementi dovuti al degrado di elementi presenti a bordo che hanno portato a esplosioni o comunque frammentazioni dei satelliti o moduli di lancio che li ospitavano (fluidi o composti presenti in batterie e serbatoi). Adesso è presente una normativa di riferimento sull'argomento (EOL Disposal Guidelines, ESA/ADMIN/IPOL-2014-2 - Space Debris Mitigation - Policy for Agency Projects e ECSS-U-AS-10C Adoption Notice della norma ISO 24113: Space Debris Mitigation Requirements), per l'orbita bassa. In tale normativa è stato specificato che ogni oggetto immesso deve rientrare entro 25 anni dalla fine della sua missione e requisiti volti a diminuire il rischio di ulteriore frammentazione degli oggetti orbitanti. Finalmente si è introdotto il concetto di “ambiente spaziale” che come ogni altra matrice ambientale è capace di sopportare “pressioni inquinanti” fino ad un certo limite oltre il quale viene meno la sua capacità di fruizione salutare.

Tale idea è partita dalla iniziale considerazione che l'arco geostazionario è una risorsa molto redditizia ma limitata; inoltre ad oggi non è possibile spostare satelliti non più operativi che rappresentano, oltre ad uno spreco di risorse “di posizione”, un potenziale pericolo per possibili drift che impattino il servizio di altri satelliti vicini. Per le orbite basse il problema è sorto agli onori della cronaca quando un satellite sovietico non più operativo è entrato in collisione con un satellite di telecomunicazioni della costellazione Iridium: oltre alla perdita di operatività che ha sofferto la costellazione Iridium si è generato uno sciame di detriti che solo parzialmente è rientrato in atmosfera. A peggiorare le cose USA e Cina hanno condotto dei test di intercettazione missilistica di satelliti in orbita bassa che hanno anche loro generato sciami di detriti, solo essi parzialmente rientrati in atmosfera. Questi sciami in orbita si sommano a migliaia di oggetti già presenti che costituiscono micidiali siluri ad altissima velocità (a circa 7 Km/s anche frammenti di pochi grammi sono letali) in grado di



inattivare un satellite o addirittura danneggiare la Stazione Spaziale Internazionale ISS. Maggiori sono gli impatti, maggiore il numero di detriti che si formano e il limite è la totale preclusione dell'orbita bassa, oramai saturata: questa situazione viene descritta come la cosiddetta Sindrome di Kessler, un vero incubo capace di precludere la presenza e anche ogni tipo di accesso allo spazio esterno dalla Terra (anche ai lanciatori). I Cubesat, con il loro basso costo e la facilità di messa in orbita, possono costituire un elemento aggravante della popolazione di oggetti orbitanti senza controllo.

Una soluzione a questo problema è stato proposto dalla ditta italiana D-ORBIT che propone di montare su ogni nano satellite un piccolo siste-

Figura 17
Serbatoio di satellite
rientrato in atmosfera e
caduto al suolo



Figura 18 - soluzione D-ORBIT per rientro sicuro e controllato di satelliti in orbita

ma, totalmente autonomo dalla piattaforma, in grado di deorbitare con precisione il satellite a fine vita tramite un motore a razzo. Infatti i satelliti che rientrano in atmosfera hanno dei componenti metallici che possono resistere al calore del rientro, ponendo un elevato rischio se non indirizzati verso zone disabitate.

8. SEGMENTO DI TERRA

I settori della ricerca e quello industriale sono attivi nello studio e nell'implementazione del segmento di terra, realizzando le specifiche e i requisiti specificatamente individuati nel contesto delle tecnologie CubeSat e Nanosat.

Lo scenario italiano vede la sperimentazione di diversi temi di ricerca con consorzi di ricerca e Università, nonché una rilevante attività industriale. Come già accennato, il progetto U-Dragon, guidato da Telespazio si prefigge l'obiettivo di realizzare una network di stazioni a terra geograficamente distribuita e integrata. Gli obiettivi del progetto sono:

- Facilitare l'accesso alle operazioni satellitari per i proprietari di nano/microsatelliti, con un approccio plug and play alla rete di ground stations distribuita, con accesso fruibile tramite internet e la virtualizzazione delle ground station;
- Incrementare la visibilità dei satelliti tramite la distribuzione geografica delle ground station e alla facilità di accesso, pianificando una gestione real time delle risorse disponibili, semplicemente richiedendo un servizio invece di installazione e manutenzione di stazioni a terra;
- Realizzare un prototipo di volo in grado di inviare a stazioni di terra la posizione orbitale del satellite in modalità totalmente autonoma, in modo da permettere la localizzazione del satellite senza ricorrere a mezzi o sistemi altrui (Space Twitter).

La metodologia adottata da Telespazio nella realizzazione del progetto e resa cortesemente disponibile fornisce un'ottima opportunità di ap-

profondimento relativamente agli aspetti critici da considerare nella progettazione di una infrastruttura del segmento di terra.

Dovendo realizzare un Ground Segment in grado di interfacciare il maggior numero di Cubesat/Nanosat eterogenei, nel progetto U-DRAGON si è proceduto con l'analisi delle tecnologie adottate nelle missioni varie missioni in termini di:

- Orbite utilizzabili
- Link Space to Ground
- Link Ground to Space
- Tipologia di missione (earth observation, sperimentazioni, telecomunicazioni, ecc.)

Partendo dall'analisi delle tecnologie adottate nelle missioni Cubesat/Nanosat dagli sviluppi delle tecnologie inerenti ai sistemi di comunicazione, sono risultate maggiormente utilizzate le seguenti bande di frequenza nel campo amatoriale e/o commerciale:

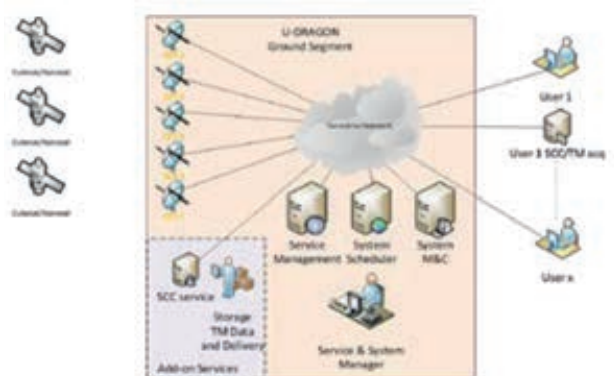
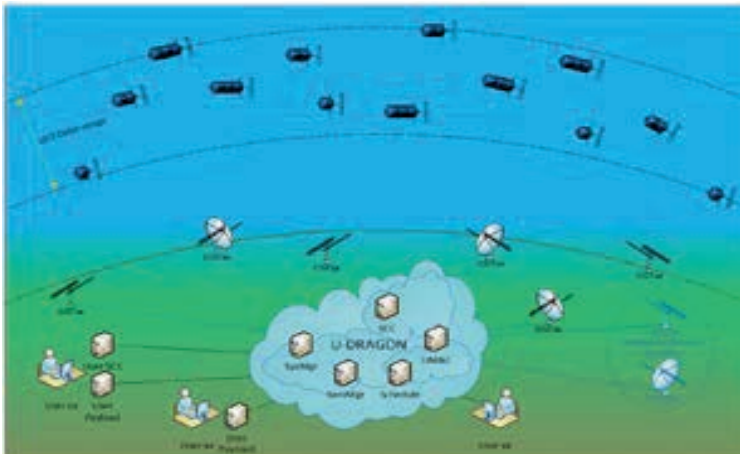
- VHF
- UHF
- S band
- band (implementabile in una seconda fase nel network U-DRAGON)

Le prime due bande di frequenza vengono utilizzate prevalentemente per il loro basso costo implementativo, che però ha una scarsa efficienza in termini di velocità di trasmissione implementabile. Mentre la S band richiede un onere maggiore rispetto alle altre bande di frequenza più basse (in termini economici), ma raggiunge un buon compromesso nel rapporto costi/prestazioni, con prestazioni decisamente maggiori; lo stesso vale per la banda X (poco utilizzata per i Cubesat, e più largamente utilizzata per i Nanosatelliti), il cui onere riguarda soprattutto i sistemi demodulazione. La banda X è utilizzata prevalentemente per i sistemi di Telemetry downloading. Definite le bande è stato quindi affrontato il problema di gestione e condivisione delle risorse, arrivando a definire i componenti del sistema (riportati in Figura 19).

Il progetto U-DRAGON si compone dei seguenti sottosistemi:

Figura 19
Architettura del sistema
U-DRAGON

Figura 20
Componenti di
Gestione del Ground
Segment



- SysMgr raccoglie al suo interno tutti gli elementi necessari al controllo e alla gestione operativa del progetto questo è composto a sua volta da:
 - Network Protocol Management (NPM)
 - Network Management System (NMS)
 - ServMgr rappresenta l'interfaccia utente in relazione alle richieste di attivazione dei servizi e di scambio della reportistica
 - U-DRAGON Monitor and Control (UMC) il braccio esecutivo del sistema in grado di interfacciare e controllare tutti i sistemi facenti parte della network U-DRAGON
 - Scheduler (SCH) sottosistema di pianificazione delle risorse in grado di ottimizzare l'utilizzo delle ground station
 - Ground Station Tracking Antennas (GST) antenne dotate di sistema di tracking
 - Satellite Control Centre (SCC) sistema di gestione TT&C per satelliti

Inoltre è di interesse considerare le policy di gestione dei componenti di Ground Segment (Figura 20) che permette di operare con satelliti multi missioni e multi utenti attivando i collegamenti tra le Ground Station e i centri di controllo e di TT&C e TM acquisition dell'utente, adattando i protocolli di comunicazione in maniera automatizzata. Gli elementi aggiuntivi necessari alla gestione del GS includono anche servizi a valore aggiunto quali:

- SCC service (Satellite Control Center), servizio per il controllo del satellite tramite piattaforma dedicata controllata dal GS
- Storage TM data and Delivery, sistema di storage della TM ricevuta e offline delivery

Un altro importante attore dello scenario italiano per i servizi del Segmento di Terra è la NEXT

Ingegneria dei Sistemi che propone un sistema di gestione di costellazioni di piccoli satelliti molto evoluto. Tale sistema denominato NCS si propone, come obiettivo primario, di fornire un segmento di controllo validato in orbita per i sistemi a Nanosatellite caratterizzati da gestione simultanea multi-costellazione, gestione autonoma delle operazioni di routine e gestione del controllo orbitale autonomo multi-missione. Infine, come obiettivo finale propone la fornitura di un servizio di gestione operativa dei Nanosatelliti con funzionalità avanzate (ad es. Gestione degli sciami, voli di formazione cooperativa) e firmando accordi commerciali con gli attuali operatori dei fornitori di servizi di TT&C (e i fornitori di servizi dell'utente finale per favorire l'approvvigionamento di servizi).

Un grande risultato è stato soddisfare i requisiti di MOIMS compliance, l'obiettivo dell'area dei servizi di gestione delle informazioni e delle operazioni di missione (MOIMS) è quella di affrontare tutte le applicazioni della fase di esecuzione del volo necessarie per far funzionare il veicolo spaziale e il suo sistema di terra in risposta agli obiettivi della missione e il loro standard e processi di gestione delle informazioni dettagliate associate.

9. REGOLAMENTAZIONE SULLE FREQUENZE

La comunità dei produttori e operatori dei piccoli satelliti è interessata ad una esemplificazione delle procedure previste dai Radio Regolamenti al fine di facilitare lo spiegamento delle reti satellitari NGSO in quanto la loro richiesta è in continua crescita. Tra le ragioni principali si ricorda che i cubesat e i piccoli satelliti in gene-



Figura 21
Schema del sistema di gestione satelliti NCS

Bande di Frequenza (MHz)	Servizio	Simbolo	Tipo di allocazione
401 - 403	EESS (E-S)	EW	Primario
401 - 402	SOS (S-E)	ET	Primario
449.75 - 450.25	sos (E-S) srs (E-S)	ET EH	No.5.286- Soggetta No.9.21 (No.4.4)
1215 - 1300	ESSS (active), SRS	Ex, EH	Nos. 5.330-5.335A protezione RNSS e RL
1427 - 1429	SOS (E-S)	ET	Primario
2025 - 2110	EESS (E-S, S-S) SOS (S-E, S-S) SRS (E-S, S-S)	EW ET EH	Primario
2200 - 2290	EESS(S-E, S-S) SOS(S-E, S-S) SRS (S-E, S-S)	EW ET EH	Primario
2290 - 2300	SRS (S-E) (deep space)	EH	Primario

Bande di Frequenza	Servizio	Simbolo	Tipo di allocazione
8 025 - 8 400 MHz	EESS (S-E)	EW	Primario
8 400 - 8 500 MHz	FX, MOB, SRS (S-E)	EH	Primario
8 550 - 8 650 MHz	(EESS), (SRS) (active)	Ex, EH	Primario
9 300 - 9 800 MHz	(EESS), (SRS) (active)	Ex, EH	Primario
9 800 - 9 900 MHz	(eess) (active), (srs) (active)	Ex, EH	secondary
10.6 - 10.7 GHz	(EESS), (SRS) (passive)	Ex, EH	Primario
13.25 - 13.75 GHz	(EESS), (SRS) (active)	Ex, EH	Primario
22.21 - 22.5 GHz	(EESS), (SRS) (passive)	Ex, EH	Primario
22.55 - 23.15 GHz	(ISS), (SRS) (E-S)	ES, EH	Primario (No.5.338A)
23.6 - 24 GHz	(EESS), (SRS) (passive)	Ex, EH	Primario

Figura 22
Bande di frequenza
allocate per piccoli
satelliti su NGSO

rale sono un mezzo molto utile per testare nuove tecnologie emergenti e offrono l'opportunità a nuovi operatori di inserirsi nel mercato satellitare altrimenti proibitivo per i costi eccessivi delle reti GEO. Inoltre si ricorda che come imposto dai regolamenti le piattaforme orbitali trasmettenti dovranno essere controllate da sistemi in grado di far cessare immediatamente ogni emissione radio che dovesse causare interferenza nociva ad altri servizi.

La Risoluzione 659 del WRC-2015 ha invitato la ITU a studiare la possibilità di assegnare nuove bande di frequenza per le operazioni di TT&C delle reti satellitari NGSO a breve durata in considerazione della recente proliferazione di tali costellazioni. Nei Radio Regolamenti ITU non esiste la definizione cubesat o piccoli satelliti ma la definizione pico e nanosatelliti (tra 0.1 e 1 Kg e 1 e 10 Kg rispettivamente) quindi i cubesat possono essere definiti nanosatelliti fino a 10U o picosatelliti da 1U. I requisiti spettrali sono specificati di queste classi di satelliti nel Report ITU-R SA.2312 mentre le procedure di

notifica nel ITU-R SA.2348. Durante il WRC 2019 la Risoluzione COM5/5 ha affrontato la tematica in generale delle frequenze dei sistemi NGSO LEO, i punti salienti sono stati:

- Le missioni avranno breve durata inferiore ai 3 anni (dopo i quali verrà cancellata senza possibilità di ripetizione l'assegnazione di frequenza)
- Il numero di satelliti non potrà essere superiore a 10
- Si può utilizzare spettro di frequenza assegnato ai servizi radio amatoriali via satellite (vedi Figura 22)
- In caso di interferenza nociva deve interrompere subito il servizio

Per le costellazioni consolidate che non rientrano nei casi sopra descritti vi sono delle regole per il dispiegamento della costellazione secondo 3 fasi: il 10% entro i primi due anni, il 50% entro 5 anno e il 100% entro 7 anni. Il Sistema di coordinamento centrale di queste costellazioni di piccolo satelliti è molto complicato e può essere riassunto nella Figura 23 che indica il

documento di riferimento per ogni ramo della comunicazione di un Sistema satellitare NGSO. E molto interessante notare che molto prima della sensibilità sull'ambiente spaziale prima citata (che è fruibile se non "inquinato" fatalmente da detriti spaziali) si è sviluppata molto presto e molto dettagliatamente una sensibilità molto elevata ed ammirevole, per precisione e disciplina, sull'ambiente elettromagnetico spaziale

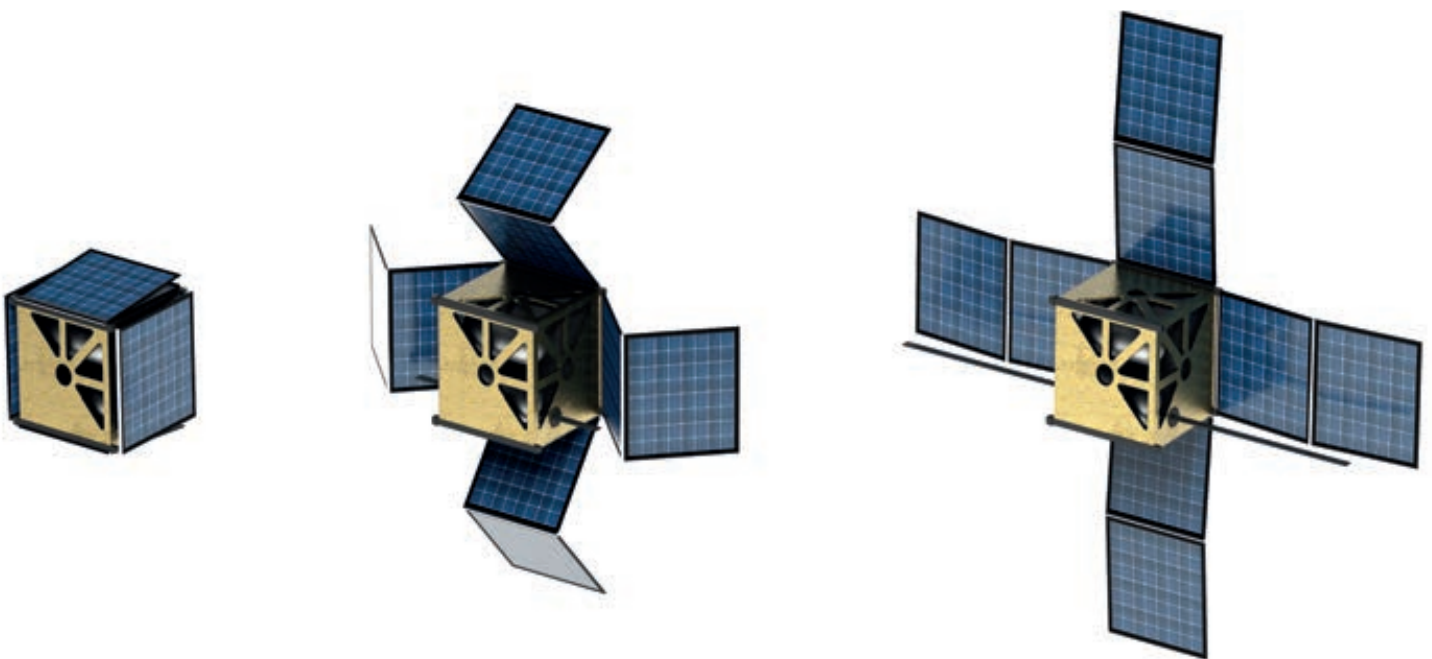
che, come il precedente, è un ecosistema molto delicato e fruibile da tutti solo se adeguatamente disciplinato e tutelato.

10. BIBLIOGRAFIA

Atti del Convegno Cubesat e Nanosatelliti: Panorama sui nuoviscenari applicative del 13 Dicembre 2019 organizzato da Commissione Aerospazio dell'Ordine Ingegneri Provincia di Roma.



Figura 23
Disposizioni per il coordinamento di sistemi spaziali di telecomunicazione NGSO



Parere del CTAP su responsabilità e competenze del RUP

**La figura del Responsabile Unico
del Procedimento di un appalto pubblico.
Ruolo, requisiti professionali e incompatibilità.**

a cura di Ing. S. Minotti





1. Premessa

Recentemente un iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma ha avanzato a questo Comitato un quesito in merito al **ruolo del Responsabile Unico del Procedimento (RUP)** all'interno di una stazione appaltante pubblica, con particolare riferimento alla sua formazione professionale e al relativo obbligo del conseguimento/mantenimento dei crediti formativi professionali.

Questo Comitato ritiene il quesito di interesse generale e utile per chiarire - alla luce dell'attuale quadro normativo che disciplina la materia degli appalti pubblici - il ruolo, i requisiti professionali e le incompatibilità di questa importante figura professionale.

2. Requisiti Professionali del RUP di un appalto pubblico

a. Requisiti professionali del RUP in generale

1) Ai sensi dell'art. 31 comma 1 del D.lgs. 50/2016, il RUP deve essere nominato con atto formale del soggetto responsabile dell'unità organizzativa (deputata alla gestione del procedimento dalla fase della programmazione a quella dell'esecuzione di un lavoro, di un servizio o di una fornitura), tra i **dipendenti di ruolo di livello apicale** (dirigenti o funzionari direttivi) addetti

all'unità medesima, dotati del necessario livello di inquadramento giuridico in relazione alla struttura della pubblica amministrazione e di **competenze professionali adeguate** in relazione ai compiti per cui è nominato.

2) Laddove sia accertata la carenza nell'organico della suddetta unità organizzativa, il RUP è nominato tra gli altri dipendenti in servizio (dirigenti o dipendenti con funzioni direttive). **L'ufficio di responsabile unico del procedimento è obbligatorio e non può essere rifiutato.**

3) Per i **lavori e per i servizi attinenti all'ingegneria e all'architettura il RUP deve essere un tecnico abilitato all'esercizio della professione** o, quando l'abilitazione non sia prevista dalle norme vigenti, un tecnico anche di qualifica non dirigenziale.

Le Linee Guida ANAC n. 3 stabiliscono in particolare il RUP deve essere in possesso di **specificata formazione professionale, soggetta a costante aggiornamento** e deve aver maturato **un'adeguata esperienza professionale** nello svolgimento di attività analoghe a quelle da realizzare in termini di natura, complessità e/o importo dell'intervento, alternativamente: a. alle dipendenze di stazioni appaltanti, nel ruolo di RUP o nello svolgimento di mansioni nell'ambito tecnico/amministrativo; b. nell'esercizio di un'attività di lavoro autonomo, subordinato o di consulenza in favore di imprese operanti nell'ambito dei lavori pubblici o privati.

b. Appalti e concessioni di lavori (Linee Guida ANAC n. 3)

a) Per gli importi inferiori a 150.000 euro il RUP deve essere almeno in possesso, di un *diploma rilasciato da un istituto tecnico superiore di secondo grado al termine di un corso di studi quinquennale* (es. diploma di perito industriale, perito commerciale, perito agrario, agrotecnico, perito edile, geometra/tecnico delle costruzioni e titoli equipollenti ai precedenti) e di anzianità di servizio ed esperienza di almeno tre anni nell'ambito dell'affidamento di appalti e concessioni di lavori. In caso di assenza di idonea figura in organico, *il ruolo di RUP può essere affidato a un dirigente o dipendente amministrativo*. In tale evenienza, la stazione appaltante valuta se, per il particolare oggetto dell'appalto, è necessaria la *costituzione di una struttura di supporto ai sensi dell'art. 31, comma 11, del codice*.

b) Per gli importi pari o superiori a 150.000 euro e inferiori a 1.000.000,00 euro il RUP deve essere almeno in possesso, alternativamente, di: *1. diploma rilasciato da un istituto tecnico superiore di secondo grado al termine di un corso di studi quinquennale* (es. diploma di perito industriale, perito commerciale, perito agrario, agrotecnico, perito edile, geometra/tecnico delle costruzioni e titoli equipollenti ai precedenti.),

e di anzianità di servizio ed esperienza almeno decennale nell'ambito dell'affidamento di appalti e concessioni di lavori; *2. laurea triennale nelle materie oggetto dell'intervento da affidare, quali ad esempio architettura, ingegneria, scienze e tecnologie agrarie, scienze e tecnologie forestali e ambientali, scienze e tecnologie geologiche, o equipollenti, scienze naturali e titoli equipollenti ai precedenti, abilitazione all'esercizio della professione*, nelle more della previsione di apposite sezioni speciali per l'iscrizione al relativo Albo ed esperienza almeno triennale nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di lavori; *3. laurea quinquennale nelle materie suindicate, abilitazione all'esercizio della professione ed esperienza almeno biennale* nelle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di lavori.

c) Per gli importi pari o superiori a 1.000.000,00 di euro il RUP e inferiori alla soglia di cui all'art. 35 del Codice, deve essere in possesso, alternativamente, di: *1. laurea triennale nelle materie di cui alla lettera b), abilitazione all'esercizio della professione*, nelle more della previsione di apposite sezioni speciali per l'iscrizione al relativo Albo e anzianità di servizio ed esperienza almeno quinquennale nell'ambito dell'affida-





mento di appalti e concessioni di lavori; **2. laurea quinquennale nelle materie di cui alla lettera b) abilitazione all'esercizio della professione ed esperienza almeno triennale** nelle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di lavori. Possono svolgere, altresì, le funzioni di RUP **i tecnici in possesso di diploma di geometra/ tecnico delle costruzioni o titoli equipollenti ai precedenti purché in possesso di un'anzianità di servizio ed esperienza di almeno quindici anni** nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di lavori.

d) **Per gli importi pari o superiori alla soglia di cui all'art. 35 del Codice**, il RUP deve essere in possesso di una **Laurea magistrale o specialistica nelle materie indicate alla lettera b), abilitazione all'esercizio della professione, nelle more della previsione di apposite sezioni speciali per l'iscrizione al relativo Albo, e anzianità di servizio ed esperienza almeno quinquennale** nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di lavori.

**c. Appalti e concessioni di servizi, forniture e concessioni di servizi
(Linee Guida ANAC n. 3)**

Il RUP è in possesso di una *specifica forma-*

zione professionale soggetta a costante aggiornamento, commisurata alla tipologia e alla complessità dell'intervento da realizzare. Le stazioni appaltanti, nell'ambito dell'attività formativa specifica di cui all'art. 31, comma 9, del codice organizzano interventi rivolti ai RUP, nel rispetto delle norme e degli standard di conoscenza Internazionali e Nazionali di **Project Management**, in materia di pianificazione, gestione e controllo dei progetti, nonché in materia di uso delle tecnologie e degli strumenti informatici.

a) **Per i servizi e le forniture di importo inferiore alle soglie di cui all'art. 35 del Codice**, il RUP è in possesso, alternativamente, di: **1. diploma di istruzione superiore di secondo grado** rilasciato da un istituto superiore al termine di un corso di studi quinquennale e **un'anzianità di servizio ed esperienza almeno quinquennale** nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di servizi e forniture; **2. laurea triennale ed esperienza almeno triennale** nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di servizi e forniture; **3. laurea quinquennale ed esperienza almeno biennale** nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di servizi e forniture.

b) **Per i servizi e le forniture pari o superiore alle**

soglie di cui all'art. 35 del Codice, il RUP è in possesso di diploma di laurea triennale, magistrale o specialistica e di un'anzianità di servizio ed esperienza di almeno cinque anni nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di servizi e forniture. Possono svolgere, altresì, le funzioni di RUP coloro che sono in possesso di diploma di istruzione superiore di secondo grado rilasciato al termine di un corso di studi quinquennale e un'anzianità di servizio ed esperienza di almeno dieci anni nell'ambito delle attività di programmazione, progettazione, affidamento o esecuzione di appalti e concessioni di servizi e forniture.

c) *Per appalti che richiedano necessariamente valutazioni e competenze altamente specialistiche* è necessario il possesso del titolo di studio nelle materie attinenti all'oggetto dell'affidamento. *Per gli acquisti attinenti a prodotti o servizi connotati da particolari caratteristiche tecniche* (es. dispositivi medici, dispositivi antincendio, sistemi informatici e telematici) *la stazione appaltante può richiedere*, oltre ai requisiti di anzianità di servizio ed esperienza di cui alle lettere a) e b), *il possesso della laurea magistrale o quinquennale, di specifiche competenze e/o abilitazioni tecniche o l'abilitazione all'esercizio della professione*. In ogni caso, a decorrere dalla data di entrata in vigore del nuovo sistema di qualificazione delle stazioni appaltanti di cui all'art. 38 del Codice, a prescindere dall'importo del contratto, il RUP dovrà possedere, oltre ai requisiti già indicati nella presente lettera, *adeguata formazione in materia di Project Management*.

d. Nuovo sistema di qualificazione delle stazioni appaltanti di cui all'art. 38 del Codice

A decorrere dalla data di entrata in vigore del nuovo sistema di qualificazione delle stazioni appaltanti di cui all'art. 38 del Codice, a prescindere dall'importo del contratto, *per i lavori particolarmente complessi*, secondo la definizione di cui all'art. 3, comma 1, lett. oo) del Codice, *il RUP dovrà possedere, oltre ai requisiti di cui alla lettera d), adeguata competenza quale Project Manager*, acquisita anche attraverso la frequenza, con profitto, di corsi di formazione in materia di Project Management.

2. Compiti del RUP

a. Compiti del RUP in generale

1) Fermo restando quanto previsto dall'art. 31 e da altre specifiche disposizioni del Codice, nonché dalla legge 7 agosto 1990, n. 241, *il RUP vigila sullo svolgimento delle fasi di progettazione, affidamento ed esecuzione di ogni*

singolo intervento e provvede a creare le condizioni affinché il processo realizzativo risulti condotto in modo unitario in relazione ai tempi e ai costi preventivati, alla qualità richiesta, alla manutenzione programmata, alla sicurezza e alla salute dei lavoratori e in conformità a qualsiasi altra disposizione di legge in materia.

2) I compiti fondamentali del RUP sono specificati all'art. 31, comma 4 del codice, per le varie fasi del procedimento di affidamento. Altri compiti assegnati al RUP sono individuati nel Codice in relazione a specifici adempimenti che caratterizzano le fasi dell'affidamento e dell'esecuzione del contratto. Inoltre, per espressa previsione dell'art. 31, comma 3, il RUP, ai sensi della legge 7 agosto 1990, n. 241, svolge tutti i compiti relativi alle procedure di programmazione, progettazione, affidamento ed esecuzione previste dal Codice, che non siano specificatamente attribuiti ad altri organi o soggetti.



3) Oltre agli ulteriori compiti più dettagliatamente descritti ai paragrafi successivi nelle fasi della programmazione, progettazione ed esecuzione il RUP:

a) promuove, sovrintende e coordina le indagini e gli studi preliminari idonei a consentire la definizione degli aspetti di cui all'art. 23, comma 1, del Codice;



b) promuove l'avvio delle procedure di variante urbanistica;

c) svolge le attività necessarie all'espletamento

della conferenza dei servizi, curando gli adempimenti di pubblicità delle relative deliberazioni e assicurando l'allegazione del verbale della conferenza tenutasi sul progetto di fattibilità tecnica ed economica posto a base delle procedure di appalto di progettazione ed esecuzione e di affidamento della concessione di lavori pubblici;

d) individua i lavori di particolare rilevanza sotto il profilo architettonico, ambientale, paesaggistico, agronomo e forestale, storico artistico, conservativo o tecnologico accertando e certificando, sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice preposto alla struttura competente, l'eventuale presenza, negli interventi, delle seguenti caratteristiche:

1. utilizzo di materiali e componenti innovativi;
2. processi produttivi innovativi o di alta precisione dimensionale e qualitativa;
3. esecuzione in luoghi che presentano difficoltà logistica o particolari problematiche geotecniche, idrauliche, geologiche e ambientali;
4. complessità di funzionamento d'uso o necessità di elevate prestazioni per quanto riguarda la loro funzionalità;
5. esecuzione in ambienti aggressivi che, come tali, siano capaci di provocare malattie o alterazioni morbose a uomini e animali o di distruggere e danneggiare piante e coltivazioni;
6. necessità di prevedere dotazioni impiantistiche non usuali;
7. complessità in relazione a particolari esigenze connesse a vincoli architettonici, storico-artistici o conservativi;
8. necessità di un progetto elaborato in forma completa e dettagliata





in tutte le sue parti, architettonica, strutturale e impiantistica.

e) Raccoglie i dati e le informazioni relativi agli interventi di sua competenza e collabora con il responsabile della prevenzione della corruzione in relazione all'adempimento degli obblighi prescritti dall'articolo 1, comma 32, della legge n. 190/2012 s.m.d.

b. Compiti del RUP nella fase antecedente la programmazione

Nella fase antecedente alla programmazione, il RUP, qualora già nominato, formula proposte e fornisce dati e informazioni utili alla predisposizione del quadro esigenziale di cui all'art. 3, comma 1, lett. ggggg)-nonies, del codice.

c. Compiti del RUP nella fase della programmazione

Nella fase della programmazione il RUP, in particolare:

a) qualora già nominato, formula proposte e fornisce dati e informazioni utili, oltre che al fine della predisposizione del programma triennale dei lavori pubblici e dei relativi aggiornamenti annuali, anche per la preparazione di ogni altro atto di programmazione di contratti pubblici e dell'avviso di pre-informazione, nelle fasi di affidamento, elaborazione e approvazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica, definitivo ed esecutivo, nelle procedure di scelta del contraente per l'affidamento di appalti e

concessioni, in occasione del controllo periodico del rispetto dei tempi programmati e del livello di prestazione, qualità e prezzo, nelle fasi di esecuzione e collaudo dei lavori;

b) Si assicura che ogni intervento per cui è stato nominato RUP sia stato associato al relativo codice CUP di investimento pubblico.

d. Compiti del RUP nella fase della progettazione

Nella fase della progettazione il RUP, in particolare:

a) Fornisce indirizzi, formalizzandoli in apposito documento, in ordine agli obiettivi generali da perseguire, alle strategie per raggiungerli, alle esigenze e ai bisogni da soddisfare, fissando i limiti finanziari da rispettare e indicando i possibili sistemi di realizzazione da impiegare, anche al fine della predisposizione del documento di fattibilità delle alternative progettuali di cui all'art. 3, comma 1, lett. ggggg)-quater, del codice e del capitolato prestazionale di cui all'art. 3, comma 1, lett. ggggg)-decies.

b) Per la progettazione dei lavori di cui all'art. 23, comma 2, del codice verifica la possibilità di ricorrere alle professionalità interne in possesso di idonea competenza oppure propone l'utilizzo della procedura del concorso di progettazione o del concorso di idee.

c) In relazione alle caratteristiche e alla dimensione dell'intervento, promuove e definisce, sul-



la base delle indicazioni del dirigente preposto alla struttura competente, le modalità di verifica dei vari livelli progettuali, le procedure di eventuale affidamento a soggetti esterni delle attività di progettazione e la stima dei corrispettivi, da inserire nel quadro economico.

d) Coordina le attività necessarie alla redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica, verificando che siano indicati gli indirizzi che devono essere seguiti nei successivi livelli di progettazione e i diversi gradi di approfondimento delle verifiche, delle rilevazioni e degli elaborati richiesti.

e) Coordina le attività necessarie alla redazione del progetto definitivo ed esecutivo, verificando che siano rispettate le indicazioni contenute nel progetto di fattibilità tecnica ed economica.

f) Effettua, prima dell'approvazione del progetto in ciascuno dei suoi livelli, le necessarie verifiche circa la rispondenza dei contenuti del documento alla normativa vigente, il rispetto dei limiti finanziari, la stima dei costi e delle fonti di finanziamento, la rispondenza dei prezzi indicati ai prezziari aggiornati e in vigore, e l'esistenza dei presupposti di ordine tecnico e amministrativo necessari per conseguire la piena disponibilità degli immobili.

g) Svolge l'attività di verifica dei progetti per lavori di importo inferiore a un milione di euro, anche avvalendosi della struttura di cui all'articolo 31, comma 9 del Codice.

h) Sottoscrive la validazione, facendo preciso

riferimento al rapporto conclusivo, redatto dal soggetto preposto alla verifica, e alle eventuali controdeduzioni del progettista. In caso di dissenso sugli esiti della verifica, il RUP è tenuto a motivare specificatamente.

e. Compiti del RUP nella fase dell'affidamento

Nella fase dell'affidamento il RUP, in particolare:

a) Propone all'amministrazione aggiudicatrice i sistemi di affidamento dei lavori, la tipologia di contratto da stipulare, il criterio di aggiudicazione da adottare; nel caso di procedura competitiva con negoziazione e di procedura negoziata senza previa pubblicazione di un bando, promuove il confronto competitivo e garantisce la pubblicità dei relativi atti, anche di quelli successivi all'aggiudicazione;

b) Effettua le indagini di mercato, ove previsto o necessario;

c) Provvede all'acquisizione e al successivo perfezionamento del CIG secondo le indicazioni fornite dall'Autorità;

d) Pubblica i Bandi di Gara;

e) Trasmette gli inviti nelle procedure ristrette;

f) Custodisce le offerte;

g) Convoca e presiede, nelle procedure ristrette e nei casi di partenariato per l'innovazione e di dialogo competitivo, ove ne ravvisi la necessità, un incontro preliminare per l'illustrazione del progetto e per consentire osservazioni allo stesso;



- h) Richiede all'amministrazione aggiudicatrice la nomina della commissione nel caso di affidamento con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, indicando se ricorrono i presupposti per la nomina di componenti interni o per la richiesta all'A.N.AC. di una lista di candidati, ai sensi dell'art. 77, comma 3 del Codice;
- i) Convoca presiede, ove nominato, il seggio d'asta o la commissione di gara dell'offerta economicamente più vantaggiosa. Qualora nominato può assumere solo il ruolo di Presidente e non quello di componente;
- j) Valuta la congruità delle offerte anormalmente basse;
- k) Comunica l'esito della gara, a seguito dell'aggiudicazione definitiva alla stazione appaltante e ai partecipanti;
- l) Verifica, nel periodo di 35 gg a partire dall'aggiudicazione definitiva, le dichiarazioni presentate all'atto dell'offerta dal vincitore, dal secondo classificato e dal numero di concorrenti estratti secondo quanto previsto dalla alla normativa vigente alla data del bando di gara;
- m) Dichiarata efficace l'aggiudicazione all'esito positivo di tutte le verifiche sul vincitore e ne dà comunicazione alla Stazione Appaltante;
- n) Predisporre lo schema di contratto, sulla base di quello allegato al progetto e lo trasmette alla Stazione Appaltante;
- o) Si accerta che il contratto sia stato approvato dall'organo dirigenziale allo scopo deputato;
- p) Si accerta che il contratto venga trasmesso

agli organi di controllo;

q) Raccoglie, verifica e trasmette all'Osservatorio dell'A.N.AC. gli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 3, del Codice.

f. Compiti del RUP nella fase dell'esecuzione

Nella fase di esecuzione il RUP, in particolare:

- a) Promuove l'istituzione dell'ufficio di direzione dei lavori e accerta sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice preposto alla struttura competente, la sussistenza delle condizioni che giustificano l'affidamento dell'incarico a soggetti esterni all'amministrazione aggiudicatrice;
- b) Accerta e certifica, sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice preposto alla struttura competente, le situazioni di carenza di organico in presenza delle quali le funzioni di collaudatore sono affidate a soggetti esterni alla stazione appaltante;
- c) Raccoglie, verifica e trasmette all'Osservatorio dell'A.N.AC. gli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 3, del Codice;
- d) Raccoglie i dati e le informazioni relativi agli interventi di sua competenza e collabora con il responsabile della prevenzione della corruzione in relazione all'adempimento degli obblighi pre-



scritti dall'articolo 1, comma 32, della legge n. 190/2012 s.m.i.;

e) Impartisce al direttore dei lavori, con disposizioni di servizio, le istruzioni occorrenti a garantire la regolarità dei lavori. Autorizza il direttore dei lavori alla consegna dei lavori dopo che il contratto è divenuto efficace e svolge le attività di accertamento della data di effettivo inizio, nonché di ogni altro termine di realizzazione degli stessi;

f) Trasmette all'organo di collaudo tutta la documentazione indicata all'art. 217, comma 1 del D.P.R. 207/2010 e ogni altro documento richiesto dai collaudatori;

g) Provvede, sentito il direttore dei lavori e il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, a verificare che l'esecutore corrisponda alle imprese subappaltatrici i costi della sicurezza relativi alle prestazioni affidate in subappalto, senza alcun ribasso;

h) Adotta gli atti di competenza a seguito delle iniziative e delle segnalazioni del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione sentito il direttore dei lavori, laddove tali figure non coincidano;

i) Svolge, su delega del soggetto di cui all'articolo 26, comma 3, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, i compiti ivi previsti, qualora non sia prevista la predisposizione del piano di sicurezza e di coordinamento;

j) Assume il ruolo di responsabile dei lavori, ai fini del rispetto delle norme sulla sicurezza e

salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro. Il RUP, nello svolgimento dell'incarico di responsabile dei lavori, salvo diversa indicazione e fermi restando i compiti e le responsabilità di cui agli articoli 90, 93, comma 2, 99, comma 1, e 101, comma 1, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 richiede la nomina del coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori e vigila sulla loro attività;

k) Prima della consegna dei lavori, tiene conto delle eventuali proposte integrative del piano di sicurezza e di coordinamento formulate dagli operatori economici, quando tale piano sia previsto ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81;

l) Trasmette agli organi competenti dell'amministrazione aggiudicatrice, sentito il direttore dei lavori, la proposta del coordinatore per l'esecuzione dei lavori relativa alla sospensione, all'allontanamento dell'esecutore o dei subappaltatori o dei lavoratori autonomi dal cantiere o alla risoluzione del contratto;

m) Accerta, in corso d'opera, che le prestazioni oggetto di contratto di avvalimento siano svolte direttamente dalle risorse umane e strumentali dell'impresa ausiliaria che il titolare del contratto utilizza in adempimento degli obblighi derivanti dal contratto di avvalimento, anche facendo ricorso al direttore dei lavori;

n) Predisporre, con riferimento ai compiti di cui all'art. 31, comma 12 del Codice, un piano di



verifiche da sottoporre all'organo che lo ha nominato e, al termine dell'esecuzione, presenta una relazione sull'operato dell'esecutore e sulle verifiche effettuate, anche a sorpresa;

o) Controlla il progresso e lo stato di avanzamento dei lavori sulla base delle evidenze e delle informazioni del direttore dei lavori, al fine del rispetto degli obiettivi dei tempi, dei costi, della qualità delle prestazioni e del controllo dei rischi. In particolare, verifica: le modalità di esecuzione dei lavori e delle prestazioni in relazione al risultato richiesto dalle specifiche progettuali; il rispetto della normativa tecnica; il rispetto delle clausole specificate nella documentazione contrattuale (contratto e capitolati) anche attraverso le verifiche di cui all'art. 31, comma 12 del Codice;

p) Autorizza le modifiche, nonché le varianti, dei contratti di appalto in corso di validità anche su proposta del direttore dei lavori, con le modalità previste dall'ordinamento della stazione appaltante da cui il RUP dipende in conformità alle previsioni dell'art. 106 del Codice e, in particolare, redige la relazione di cui all'art., 106, comma 14, del Codice, relativa alle varianti in corso d'opera, in cui sono riportate le ragioni di fatto e/o di diritto che hanno reso necessarie tali varianti. Il RUP può avvalersi dell'ausilio del direttore dei lavori per l'accertamento delle condizioni che giustificano le varianti;

q) Approva i prezzi relativi a nuove lavorazioni originariamente non previste, determinati in

contraddittorio tra il Direttore dei Lavori e l'impresa affidataria, rimettendo alla valutazione della stazione appaltante le variazioni di prezzo che comportino maggiori spese rispetto alle somme previste nel quadro economico;

r) Dispone la ripresa dei lavori e dell'esecuzione del contratto non appena siano venute a cessare le cause della sospensione e indica il nuovo termine di conclusione del contratto, calcolato tenendo in considerazione la durata della sospensione e gli effetti da questa prodotti;

s) In relazione alle contestazioni insorte tra stazione appaltante ed esecutore circa aspetti tecnici che possono influire sull'esecuzione dei lavori, convoca le parti entro il termine di quindici giorni dalla comunicazione del direttore dei lavori e promuove, in contraddittorio, l'esame della questione al fine di risolvere la controversia;

t) Propone la risoluzione del contratto ogni qualvolta se ne realizzino i presupposti;

u) Rilascia il certificato di pagamento, previa verifica della regolarità contributiva dell'affidatario e del subappaltatore, entro i termini previsti dall'art. 113 bis del codice e lo invia alla stazione appaltante ai fini dell'emissione del mandato di pagamento da parte della stazione appaltante, che deve intervenire entro 30 giorni dalla data di rilascio del certificato di pagamento oppure dalla data di ricezione della fattura o della richiesta equivalente di pagamento qualora successiva alla data di rilascio del certificato di pagamento;

- v) All'esito positivo del collaudo o della verifica di conformità rilascia il certificato di pagamento ai sensi dell'art. 113-bis, comma 3, del codice;
- w) Rilascia all'impresa affidataria copia conforme del certificato di ultimazione dei lavori emesso dal direttore dei lavori;
- x) Conferma il certificato di regolare esecuzione rilasciato dal direttore dei lavori nei casi in cui la stazione appaltante non abbia conferito l'incarico di collaudo ai sensi dell'art. 102, comma 2, del Codice. Liquidava il credito residuo dell'Impresa;
- y) Sottoscrive e trasmette alla Stazione Appaltante il Certificato di collaudo. Liquidava l'Impresa con un Certificato di Pagamento Finale;
- z) Trasmette all'amministrazione aggiudicatrice, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni di cui al titolo II, capo V, sez. I del R.D. 12 luglio 1934, n. 1214 e di quelli di cui al titolo II, capo I e capo II del R.D. 13 agosto 1933, n. 1038, nonché dell'art. 2 della legge 14 gennaio 1994, n. 20, entro sessanta giorni dalla deliberazione da parte della stessa sull'ammissibilità del certificato di collaudo, sulle domande dell'esecutore e sui risultati degli avvisi ai creditori, la documentazione relativa alle fasi della progettazione, dell'affidamento e dell'esecuzione del contratto;
- aa) Raccoglie, verifica e trasmette all'Osservatorio dell'A.N.AC. gli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 3, del Codice.

3. Incompatibilità del ruolo RUP

a. Incompatibilità del RUP in generale

- 1) Il RUP, nell'esercizio delle sue funzioni, è

qualificabile come *pubblico ufficiale*. *Le funzioni di RUP non possono essere assunte* dal personale che versa nelle ipotesi di cui al comma 2 dell'art. 42 del Codice, né dai *soggetti che sono stati condannati*, anche con sentenza non passata in giudicato, per i *reati previsti nel capo I del titolo II del libro secondo del codice penale*, ai sensi dell' art.35-bis del d.lgs. 165/2001, stante l'espresso divieto che la norma contiene in ordine all'assegnazione di tali soggetti agli uffici preposti, tra l'altro, all'acquisizione di beni, servizi e forniture, anche con funzioni direttive, tenuto conto che le funzioni di RUP sono assegnate ex lege (art. 5, comma 2, legge 7 agosto 1990, n. 241) al dirigente preposto all'unità organizzativa responsabile ovvero assegnate ai dipendenti di ruolo addetti all'unità medesima (art. 31, comma 1, terzo periodo del Codice).

2) Le funzioni di RUP devono essere svolte nel rispetto di quanto previsto dal *d.p.r. n. 62/2013 e dal Codice di comportamento adottato* da ciascuna amministrazione aggiudicatrice, nonché in osservanza delle specifiche disposizioni contenute nel Piano triennale di prevenzione della corruzione adottato dall'amministrazione.

b. Incompatibilità nella fase della progettazione

1) Il RUP, in base alle indicazioni delle Linee Guida ANAC n. 3, può svolgere l'attività di progettista, solo qualora sia in possesso di:

- a) *titolo di studio* richiesto dalla normativa vigente per l'esercizio della specifica attività richiesta;



b) **esperienza** almeno triennale o quinquennale, da graduare in ragione della complessità dell'intervento, in attività analoghe a quelle da realizzare in termini di natura, complessità e/o importo dell'intervento;

c) **specifica formazione** acquisita in materia di programmazione, progettazione, affidamento ed esecuzione di opere e servizi pubblici, da parametrare, ad opera del dirigente dell'unità organizzativa competente, in relazione alla tipologia dell'intervento.

2) *Le funzioni di RUP, progettista e direttore dei lavori non possono coincidere nel caso di lavori complessi* o di particolare rilevanza sotto il profilo architettonico, ambientale, storico-artistico e conservativo, oltre che tecnologico, **nonché nel caso di progetti integrali ovvero di interventi di importo superiore a 1.500.000 di euro**. Per gli appalti di importo inferiore a 1.000.000 di euro si applicano le disposizioni di cui all'art. 26, comma 6, lett. d) **del Codice. Restano fermi il disposto dell'art. 26, comma 7, del codice, e l'incompatibilità tra lo svolgimento dell'attività di validazione e lo svolgimento, per il medesimo intervento, dell'attività di progettazione.**

3) Nel caso di **servizi e forniture** il RUP, sempre in base alle Linee Guida ANAC n. 3, punto 10, nei limiti delle proprie competenze professionali, svolge anche le funzioni di progettista dell'esecuzione del contratto, qualora sia in possesso del titolo di studio, della formazione e dell'esperienza professionale necessaria. Non si rileva quindi alcuna incompatibilità tra la figura del RUP e quella di progettista nel caso di servizi e forniture.

N.B. Occorre evidenziare una contraddizione tra il disposto dell'art. 26, comma 7 del codice - che dispone espressamente l'incompatibilità dello svolgimento dell'attività di "**verifica**" con lo svolgimento, per il medesimo progetto, dell'attività di progettazione, coordinamento della sicurezza, direzione dei lavori e collaudo - e le indicazioni delle linee guida ANAC n.3 che dichiarano incompatibili le medesime prestazioni con l'attività di "**validazione**", che è l'atto formale che riporta l'esito dell'attività di verifica, di esclusiva competenza del RUP che ne sottoscrive il relativo verbale.

In base al disposto delle linee guida ANAC, infatti, essendo la validazione di esclusiva competenza del RUP, il suo ruolo sarebbe sempre incompatibile con quello di progettista, in evidente contraddizione sia con il disposto normativo, che fa riferimento esclusivamente all'attività di verifica, sia con la stessa linea guida n. 3, che al punto 9.1 disciplina i casi in cui il RUP può svolgere le funzioni di progettista.

Si ritiene pertanto che nell'ultima parte della li-

nea guida ANAC n. 3, l'incompatibilità richiamata debba riferirsi all'attività di verifica e non a quella di validazione.

Qualora il RUP, per importi inferiori ad 1.000.000,00 di euro, provveda anche a verificare il progetto, oltre che a validarlo, allora il suo ruolo sarà incompatibile con quello di progettista, ma anche con quello di direttore dei lavori e di collaudatore, perché si concretizzerebbe una evidente incompatibilità tra soggetto controllore e soggetto controllato.

c. Incompatibilità nella fase dell'affidamento

Nella fase di affidamento il ruolo di RUP è incompatibile:

a) con quello di commissario componente di una gara che preveda l'affidamento con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa. Il RUP può assumere solo il ruolo di Presidente della commissione e non quello di componente;

b) con quello di membro componente del seggio d'asta. Il RUP può assumere solo il ruolo di Presidente del seggio d'asta e non quello di componente.

c) con quello di dirigente che approva il contratto se, abbia provveduto in prima persona alla stipula dello stesso.

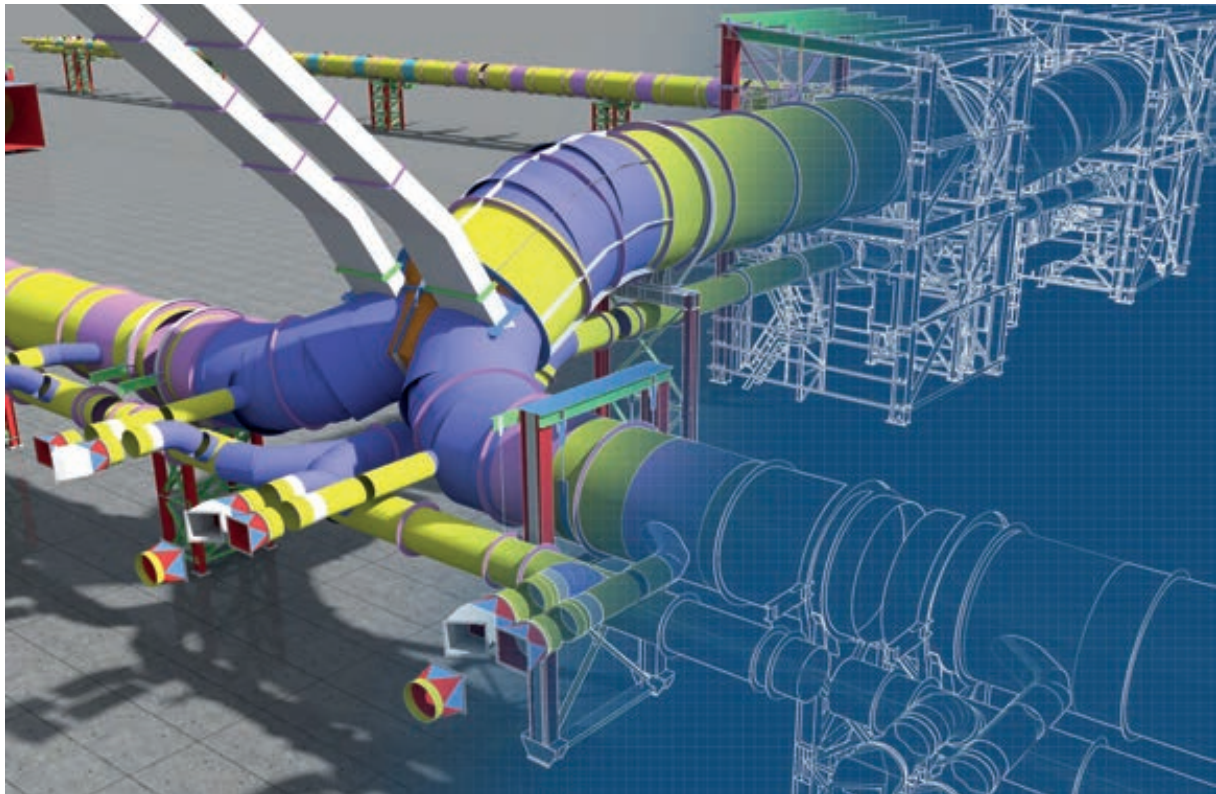
N.B. al di là di casi di grave carenza di organico, per le quali si rende indispensabile far coincidere determinate figure facenti parte del procedimento quando non vi sia un divieto espresso della norma, è sempre consigliabile - in virtù dei principi generali di trasparenza, imparzialità e buon andamento dell'azione amministrativa - non far coincidere il ruolo di RUP con quello di Presidente di una commissione di gara o di un seggio d'asta, nonché di dirigente-stipulante, al fine di salvaguardare al massimo la terzietà di tale figura, nonché ridurre al minimo i casi di possibile conflitto tra soggetti controllori e soggetti controllati.

d. Incompatibilità nella fase dell'esecuzione

1) Qualora **il RUP abbia provveduto alla verifica del progetto posto a base di gara**, per le medesime ragioni esplicate al precedente punto 0.3.1, **il suo ruolo è sempre incompatibile con quello di direttore dei lavori.**

2) Sarà **inoltre incompatibile**, sempre con il ruolo di direttore dei lavori, **nel caso di lavori complessi** o di particolare rilevanza sotto il profilo architettonico, ambientale, storico-artistico e conservativo, oltre che tecnologico, nonché nel caso di progetti integrali **ovvero di interventi di importo superiore a 1.500.000 di euro.**

3) **Il ruolo di RUP**, in base alle indicazioni delle linee guida ANAC n.3, punto 10.2, **è incompatibile**



tibile con quello di Direttore dell'esecuzione del contratto, nei seguenti casi:

- a) prestazioni di importo superiore a 500.000 euro;
 - b) interventi particolarmente complessi sotto il profilo tecnologico;
 - c) prestazioni che richiedono l'apporto di una pluralità di competenze (es. servizi a supporto della funzionalità delle strutture sanitarie che comprendono trasporto, pulizie, ristorazione, sterilizzazione, vigilanza, sociosanitario, supporto informatico);
 - d) interventi caratterizzati dall'utilizzo di componenti o di processi produttivi innovativi o dalla necessità di elevate prestazioni per quanto riguarda la loro funzionalità;
 - e) per ragioni concernente l'organizzazione interna alla stazione appaltante, che impongano il coinvolgimento di unità organizzativa diversa da quella cui afferiscono i soggetti che hanno curato l'affidamento.
- 4) Infine, *il ruolo di RUP è sempre incompatibile con il ruolo di collaudatore* in virtù del divieto espresso, indicato all'art. 102, comma 7, D.Lgs. 50/2016 di assegnare incarichi di collaudatore a *coloro che hanno, comunque, svolto o svolgono attività di controllo, verifica, progettazione, approvazione, autorizzazione, vigilanza o direzione*

ne sul contratto da collaudare.

4. Responsabilità del RUP

a. Responsabilità nella fase della Programmazione

Nella fase della programmazione il Responsabile del Procedimento ha la responsabilità:

- 1) della correttezza dei dati e delle informazioni fornite al Referente della Programmazione, con particolare riferimento
 - (a) alla tipologia di lavori, servizi e forniture da inserire nella programmazione;
 - (b) alla correttezza delle stime sommarie da inserire nel programma.
- 2) del coordinamento delle attività necessarie alla elaborazione del progetto di fattibilità tecnico-economica e del documento di fattibilità delle alternative progettuali, nei casi previsti;
- 3) della valutazione della possibilità di suddivisione in lotti funzionale dei lavori o degli acquisti di servizi e forniture e delle eventuali motivazioni in caso di scelta contraria.

b. Responsabilità nella fase della Progettazione

Nella fase della progettazione il Responsabile del Procedimento è responsabile:

- 1) della promozione e del coordinamento delle



indagini e gli studi preliminari idonei a consentire la definizione degli aspetti di cui all'art. 23, comma 1, del Codice;

2) della promozione e definizione, sulla base delle indicazioni del dirigente preposto alla struttura competente, delle modalità di verifica dei vari livelli progettuali, delle procedure di eventuale affidamento a soggetti esterni delle attività di progettazione e della stima dei corrispettivi, da inserire nel quadro economico;

3) della proposta di affidamento degli incarichi della progettazione a personale interno od esterno alla stessa. Per la progettazione dei lavori di cui all'art. 23, comma 2, del codice è responsabile della verifica della possibilità di ricorrere alle professionalità interne in possesso di idonea competenza oppure della proposta di l'utilizzo della procedura del concorso di progettazione o del concorso di idee;

4) In caso di affidamento all'esterno degli incarichi di progettazione è responsabile dell'attestazione e certificazione di carenza di organico, rilasciata sulla base dei dati relativi ai carichi di lavoro forniti dal dirigente della struttura preposta all'appalto dei lavori;

5) della predisposizione e della correttezza del Documento Preliminare della Progettazione;

6) della promozione dell'avvio delle procedure

di variante urbanistica;

7) dell'individuazione dei lavori di particolare rilevanza sotto il profilo architettonico, ambientale, paesaggistico, agronomo e forestale, storico artistico, conservativo o tecnologico;

8) della formalizzazione, in apposito documento, degli indirizzi in ordine agli obiettivi generali da perseguire, alle strategie per raggiungerli, alle esigenze e ai bisogni da soddisfare, fissando i limiti finanziari da rispettare e indicando i possibili sistemi di realizzazione da impiegare, anche al fine della predisposizione del documento di fattibilità delle alternative progettuali di cui all'art. 3, comma 1, lett. ggggg)-quater, del codice e del capitolato prestazionale di cui all'art. 3, comma 1, lett. ggggg)-decies;

9) dell'efficacia del coordinamento delle attività necessarie alla redazione del progetto definitivo ed esecutivo, verificando che siano rispettate le indicazioni contenute nel progetto di fattibilità tecnica ed economica;

10) dell'effettuazione, prima dell'approvazione del progetto in ciascuno dei suoi livelli, delle necessarie verifiche circa la rispondenza dei contenuti del documento alla normativa vigente, il rispetto dei limiti finanziari, la stima dei costi e delle fonti di finanziamento, la rispondenza dei prezzi indicati ai prezziari aggiornati e in vigore,

e l'esistenza dei presupposti di ordine tecnico e amministrativo necessari per conseguire la piena disponibilità degli immobili;

11) dell'efficacia e della qualità dell'attività di verifica dei progetti per lavori di importo inferiore a un milione di euro, anche avvalendosi della struttura di cui all'articolo 31, comma 9 del Codice;

12) della sottoscrizione del verbale di validazione del progetto, facendo preciso riferimento al rapporto conclusivo, redatto dal soggetto preposto alla verifica, e alle eventuali controdeduzioni del progettista. In caso di dissenso sugli esiti della verifica, il RUP è tenuto a motivare specificatamente;

13) Al ricorrere dei presupposti previsti dall'art. 51 del codice per la suddivisione dell'appalto in lotti, è responsabile dell'accertamento e dell'attestazione circa: l'avvenuta redazione, ai fini dell'inserimento nell'elenco annuale, del progetto preliminare di fattibilità tecnico economica dell'intero lavoro e la sua articolazione per lotti.

c. Responsabilità nella fase dell'Affidamento

Nella fase dell'affidamento il Responsabile del Procedimento ha la responsabilità:

1) della proposta all'amministrazione aggiudicatrice dei sistemi di affidamento dei lavori, della tipologia di contratto da stipulare, del criterio di aggiudicazione da adottare; nel caso di procedura competitiva con negoziazione e di procedura negoziata senza previa pubblicazione di un bando, della promozione del confronto competitivo e della garanzia della pubblicità dei relativi atti, anche di quelli successivi all'aggiudicazione;

2) dell'acquisizione e del successivo perfezionamento del CIG secondo le indicazioni fornite dall'Autorità;

3) della convocazione, nelle procedure ristrette e nei casi di partenariato per l'innovazione e di dialogo competitivo, ove ne ravvisi la necessità, di un incontro preliminare – che presiede - per l'illustrazione del progetto e per consentire osservazioni allo stesso;



- 4) della richiesta all'amministrazione aggiudicatrice della nomina della commissione nel caso di affidamento con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, indicando se ricorrono i presupposti per la nomina di componenti interni o per la richiesta all'A.N.A.C. di una lista di candidati, ai sensi dell'art. 77, comma 3 del Codice;
- 5) dell'effettuazione e dell'efficacia delle indagini di mercato, ove previsto o necessario.
- 6) della pubblicazione dei bandi di gara;
- 7) della trasmissione degli inviti nelle procedure ristrette;
- 8) della custodia delle offerte;
- 9) della correttezza delle azioni di propria competenza qualora assuma la presidenza della commissione di gara all'offerta economicamente più vantaggiosa o del seggio d'asta;
- 10) del controllo della documentazione amministrativa, secondo canoni di qualità;
- 11) della verifica della congruità dell'offerta, nel caso di aggiudicazione con il prezzo dell'offerta

- economicamente più vantaggiosa;
- 12) della verifica delle offerte anormalmente basse, nel caso di aggiudicazione con il criterio del minor prezzo;
- 13) della richiesta di integrazione documentale nei casi di soccorso istruttorio;
- 14) della comunicazione degli esiti della gara, a seguito dell'aggiudicazione definitiva, alla stazione appaltante e ai partecipanti;
- 15) della verifica, nel periodo di 35 gg a partire dall'aggiudicazione definitiva, delle dichiarazioni presentate all'atto dell'offerta dal vincitore, dal secondo classificato e dal numero di concorrenti estratti secondo quanto previsto dalla normativa vigente alla data del bando di gara;
- 16) della dichiarazione di efficacia dell'aggiudicazione, all'esito positivo di tutte le verifiche sul vincitore e della relativa comunicazione alla Stazione Appaltante;
- 17) della predisposizione dello schema di contratto, sulla base di quello allegato al progetto e della relativa trasmissione alla Stazione Appaltante;
- 18) dell'accertamento che il contratto sia stato approvato dall'organo dirigenziale allo scopo deputato;
- 19) della raccolta, verifica e trasmissione all'Osservatorio dell'A.N.A.C. degli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 3, del Codice;
- 20) della raccolta dei dati e delle informazioni relative agli interventi di sua competenza, in collaborazione con il responsabile della prevenzione della corruzione in relazione all'adempimento degli obblighi prescritti dall'articolo 1, comma 32, della legge n. 190/2012 s.m.i..

d. Responsabilità nella fase dell'Esecuzione

Nella fase dell'esecuzione il Responsabile del Procedimento ha la responsabilità:

- 1) della promozione dell'istituzione dell'ufficio di direzione dei lavori o della nomina del direttore dell'esecuzione, per servizi e forniture, previo accertamento sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice preposto alla struttura competente, della sussistenza delle condizioni che giustificano l'affidamento dell'incarico a soggetti esterni all'amministrazione aggiudicatrice;
- 2) dell'accertamento e della certificazione, sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice preposto alla struttura competente, delle situazioni di carenza di organico in presenza delle quali le funzioni di collaudatore sono affidate a soggetti esterni alla stazione appaltante;
- 3) della raccolta, verifica e trasmissione all'Osservatorio dell'A.N.A.C. degli elementi relativi



agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 3, del Codice;

4) della raccolta dei dati e delle informazioni relative agli interventi di sua competenza, in collaborazione con il responsabile della prevenzione della corruzione in relazione all'adempimento degli obblighi prescritti dall'articolo 1, comma 32, della legge n. 190/2012 s.m.i.;

5) delle disposizioni di servizio impartite al direttore dei lavori o al direttore dell'esecuzione, contenenti le istruzioni occorrenti a garantire la regolarità dei lavori, dei servizi o delle forniture.

6) dell'autorizzazione del direttore dei lavori alla consegna dei lavori, ovvero del direttore dell'esecuzione alla consegna dei servizi e delle forniture, dopo che il contratto è divenuto efficace;

7) delle attività di accertamento della data di effettivo inizio, nonché di ogni altro termine di realizzazione dei lavori, dei servizi e delle forniture;

8) della trasmissione all'organo di collaudo tutta la documentazione indicata all'art. 217, comma 1 del D.P.R. 207/2010 e ogni altro documento richiesto dai collaudatori;

9) della verifica, sentito il direttore dei lavori e

il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, che l'esecutore corrisponda alle imprese subappaltatrici i costi della sicurezza relativi alle prestazioni affidate in subappalto, senza alcun ribasso;

10) dell'adozione degli atti di competenza a seguito delle iniziative e delle segnalazioni del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione sentito il direttore dei lavori, laddove tali figure non coincidano;

11) di svolgere correttamente, su delega del soggetto di cui all'articolo 26, comma 3, del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81, i compiti ivi previsti, qualora non sia prevista la predisposizione del piano di sicurezza e di coordinamento;

12) del corretto svolgimento del ruolo di responsabile dei lavori, che deve assumere ai fini del rispetto delle norme sulla sicurezza e salute dei lavoratori sui luoghi di lavoro.

13) della richiesta alla stazione appaltante, nello svolgimento dell'incarico di responsabile dei lavori, della nomina del coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori, nei casi previsti dalla norma;

14) della vigilanza sulle attività del CSP e del CSE;



15) della corretta valutazione, prima della consegna dei lavori, delle eventuali proposte integrative del piano di sicurezza e di coordinamento formulate dagli operatori economici, quando tale piano sia previsto ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81;

16) della trasmissione agli organi competenti dell'amministrazione aggiudicatrice, sentito il direttore dei lavori, della proposta del coordinatore per l'esecuzione dei lavori relativa alla sospensione, all'allontanamento dell'esecutore o dei subappaltatori o dei lavoratori autonomi dal cantiere o alla risoluzione del contratto;

17) dell'accertamento, in corso d'opera, che le prestazioni oggetto di contratto di avvalimento siano svolte direttamente dalle risorse umane e strumentali dell'impresa ausiliaria che il titolare del contratto utilizza in adempimento degli obblighi derivanti dal contratto di avvalimento, anche facendo ricorso al direttore dei lavori;

18) della predisposizione, con riferimento ai compiti di cui all'art. 31, comma 12 del Codice, di un piano di verifiche da sottoporre all'organo che lo ha nominato;

19) della trasmissione, al termine dell'esecuzione, di una relazione sull'operato dell'esecutore e sulle verifiche effettuate, anche a sorpresa;

20) della qualità della verifica del progresso delle prestazioni previste in contratto e dello stato di avanzamento dei lavori, dei servizi e delle forniture, sulla base delle evidenze e delle informazioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione, al fine del rispetto degli obiettivi dei tempi, dei costi, della qualità delle prestazioni e del controllo dei rischi. In particolare, per i lavori, verifica: le modalità di esecuzione in relazione al risultato richiesto dalle specifiche progettuali; il rispetto della normativa tecnica; il rispetto delle clausole specificate nella documentazione contrattuale (contratto e capitolati) anche attraverso le verifiche di cui all'art. 31, comma 12 del Codice;

21) dell'autorizzazione delle modifiche, nonché delle varianti, dei contratti di appalto in corso di validità anche su proposta del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione, con le modalità previste dall'ordinamento della stazione appaltante da cui il RUP dipende in conformità alle previsioni dell'art. 106 del Codice e, in particolare, redige la relazione di cui all'art. 106, comma 14, del Codice, relativa alle varianti in corso d'opera, in cui sono riportate le ragioni di fatto e/o di diritto che hanno reso necessarie tali varianti. Il RUP può avvalersi dell'ausilio del direttore dei lavori o



del direttore dell'esecuzione per l'accertamento delle condizioni che giustificano le varianti.

22) dell'approvazione dei prezzi relativi a nuove lavorazioni, nuovi servizi o nuove forniture, originariamente non previste, determinati in contraddittorio tra il direttore dei Lavori o con il direttore dell'esecuzione e l'impresa affidataria, rimettendo alla valutazione della stazione appaltante le variazioni di prezzo che comportino maggiori spese rispetto alle somme previste nel quadro economico.

23) dell'irrogazione delle penali per il ritardato adempimento degli obblighi contrattuali in contraddittorio con l'appaltatore, anche sulla base delle indicazioni fornite dal direttore dei lavori o dal direttore dell'esecuzione;

24) dell'Ordine di sospensione dei lavori, dei servizi o delle forniture, per ragioni di pubblico interesse o necessità, nei limiti e con gli effetti previsti dall'art. 107 del Codice;

25) della disposizione la ripresa dei lavori, servizi e forniture e dell'esecuzione del contratto non appena siano venute a cessare le cause della sospensione, indicando nella disposizione il nuovo termine di conclusione del contratto, calcolato tenendo in considerazione la durata della sospensione e gli effetti da questa prodotti;

26) della convocazione delle parti, in relazione alle contestazioni insorte tra stazione appaltante ed esecutore circa aspetti tecnici che possono influire sull'esecuzione dei lavori, servizi o forniture, entro il termine di quindici giorni dalla comunicazione del direttore dei lavori e della promozione, in contraddittorio, dell'esame della questione al fine di risolvere la controversia;

27) dell'attivazione della definizione con accordo bonario ai sensi dell'art. 205 del Codice delle controversie che insorgono in ogni fase di realizzazione dei lavori, dei servizi o forniture; a tal proposito viene sentito sulla proposta di transazione ai sensi dell'art. 208, comma 3 del Codice;

28) della proposta di risoluzione del contratto ogni qual volta se ne realizzino i presupposti;

29) dell'emissione dei certificati di pagamento, previa verifica della regolarità contributiva dell'affidatario e del subappaltatore, entro i termini previsti dall'art. 113 bis del codice e della relativa trasmissione alla stazione appaltante;

30) della consegna all'impresa affidataria di copia conforme del certificato di ultimazione dei lavori emesso dal direttore dei lavori;

31) della conferma del certificato di regolare esecuzione rilasciato dal direttore dei lavori, nei casi in cui la stazione appaltante non abbia conferito l'incarico di collaudo ai sensi dell'art. 102, comma 2, del Codice e della trasmissione del C.R.E. alla stazione appaltante;

32) della sottoscrizione e trasmissione alla Stazione Appaltante del Certificato di collaudo;

33) della liquidazione del credito residuo dell'im-

presa con apposito certificato di pagamento che trasmette alla stazione appaltante insieme al certificato di collaudo o al C.R.E.;

34) della trasmissione all'amministrazione aggiudicatrice, ai sensi e per gli effetti delle disposizioni di cui al titolo II, capo V, sez. I del R.D. 12 luglio 1934, n. 1214 e di quelli di cui al titolo II, capo I e capo II del R.D. 13 agosto 1933, n. 1038, nonché dell'art. 2 della legge 14 gennaio 1994, n. 20, entro sessanta giorni dalla deliberazione da parte della stessa sull'ammissibilità del certificato di collaudo, sulle domande dell'esecutore e sui risultati degli avvisi ai creditori, la documentazione relativa alle fasi della progettazione, dell'affidamento e dell'esecuzione del contratto;

35) del rilascio del certificato di esecuzione dei lavori, entro 30 giorni dalla richiesta dell'esecutore, con le modalità telematiche stabilite dall'A.N.A.C.;

36) della raccolta, verifica e trasmissione all'Osservatorio dell'A.N.A.C. degli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 3, del Codice.

5. Le cinque responsabilità del dipendente pubblico

La norma fondamentale in relazione alla quale si configura il principio di responsabilità del dipendente pubblico è l'art. 28 della nostra Costituzione, secondo cui «i funzionari e i dipendenti dello Stato e degli enti pubblici sono direttamente responsabili, secondo le leggi penali, civili e amministrative, degli atti compiuti in violazione di diritti. In tali casi la responsabilità civile si estende allo Stato e agli enti pubblici». Il Responsabile del Procedimento risponde quindi nei confronti dell'Amministrazione e della collettività in quanto pubblico ufficiale nell'esercizio delle sue funzioni. Le principali responsabilità alle quali va in capo in tale veste sono:

1. La responsabilità civile;
2. La responsabilità penale;
3. La responsabilità amministrativo-contabile;
4. La responsabilità disciplinare;
5. La responsabilità dirigenziale (ove ricopra anche l'incarico di dirigente).

Di seguito si illustrano quindi sinteticamente le suddette responsabilità, rinviando al quadro sinottico allegato il dettaglio per ciascuna fase del procedimento.

a. Responsabilità civile

La responsabilità civile sorge ogni qualvolta venga posto in essere un atto o fatto doloso o colposo che abbia cagionato a terzi un danno ingiusto, secondo quanto disposto dall'art. 2043 c.c..

A tal proposito l'art. 22 del D.P.R. 19 gennaio



1957, n. 3, Testo Unico delle disposizioni concernenti lo Statuto degli impiegati civili dello Stato, stabilisce che: *“L'impiegato che, nell'esercizio delle attribuzioni ad esso conferite dalle leggi o dai regolamenti, cagioni ad altri un danno ingiusto ai sensi dell'art. 23 è personalmente obbligato a risarcirlo. L'azione di risarcimento nei suoi confronti può essere esercitata congiuntamente con l'azione diretta nei confronti dell'Amministrazione qualora, in base alle norme ed ai principi vigenti dell'ordinamento giuridico, sussista anche la responsabilità dello Stato. L'amministrazione che abbia risarcito il terzo del danno cagionato dal dipendente si rivale agendo contro quest'ultimo a norma degli articoli 18 e 19. Contro l'impiegato addetto alla conduzione di autoveicoli o di altri mezzi meccanici l'azione dell'Amministrazione è ammessa solo nel caso di danni arrecati per dolo o colpa grave.”*

b. Responsabilità penale

La *responsabilità penale* si configura quando la trasgressione dei doveri d'ufficio assume il carattere della *violazione dell'ordine giuridico generale* e si concreta nella figura del reato.

I reati in cui tipicamente può incorrere il pubblico funzionario sono quelli del titolo II del libro II del Codice penale, dedicato ai *delitti contro la pubblica amministrazione*. Questo «gruppo» di reati è stato sensibilmente inciso dalla *L. 6-11-2012, n. 190, cd. legge anticorruzione*, con cui il legislatore ha inteso potenziare la risposta

punitiva dello Stato a fronte di condotte illecite poste in essere dai soggetti rivestite di funzioni pubbliche nell'esercizio di tali funzioni.

Le tipologie più diffuse di tali reati sono:

1. Il peculato (art. 314 c.p.);
2. l'abuso d'ufficio (art. 323 c.p.);
3. interesse privato in atti d'ufficio (art. 324 c.p.);
4. la rilevazione ed utilizzazione dei segreti d'ufficio (art. 325 c.p.);
5. il rifiuto o l'omissione di atti d'ufficio (art. 328 c.p.);
6. la concussione (art. 317 c.p.);
7. la corruzione (artt. 318 e 319 c.p.);
8. l'istigazione alla corruzione (art. 322 c.p.);
9. il traffico di influenze illecite (art. 346 bis c.p.);
10. induzione indebita a dare o promettere utilità (art. 319 quater c.p.);
11. la turbata libertà degli incanti (art. 353 c.p.).

A questi deve aggiungersi, nella residuale ipotesi che il RUP ricopra anche la funzione di progettista o direttore dei lavori e i collaudatori, tutte le tipologie di reato che possono essere ricondotte ad errori od omissioni nell'esercizio delle proprie funzioni quali, per citarne solo i più comuni:

- a) delitti contro la persona;
- b) delitti contro l'ordine pubblico;
- c) delitti contro la pubblica incolumità;
- d) delitti contro l'ambiente.

c. Responsabilità amministrativo-contabile

Altra tipica responsabilità del pubblico dipendente è quella amministrativo-contabile.

A tal proposito l'art. 81 del R.D. 18 novembre 1923, n. 2440, in materia di *Nuove disposizioni sull'amministrazione del patrimonio e sulla contabilità generale dello Stato*, stabilisce che: *"I funzionari di cui ai precedenti articoli 81 e 82 sono sottoposti alla giurisdizione della Corte dei conti la quale, valutate le singole responsabilità, può porre a carico dei responsabili tutto o parte del danno accertato o del valore perduto. I direttori generali e i capi di servizio i quali, nell'esercizio delle loro funzioni, vengano a conoscenza di un fatto, che possa dar luogo a responsabilità, a norma dei precedenti articoli 81 e 82, debbono farne denuncia al procuratore generale*

presso la Corte dei conti. Quando nel giudizio di responsabilità la Corte dei conti accerti che fu omessa denuncia, a carico di personale dipendente, per dolo o colpa grave, può condannare al risarcimento, oltre che gli autori del danno, anche coloro che omisero la denuncia."

Il diritto al risarcimento del danno si prescrive in cinque anni, decorrenti dalla data in cui si è verificato il fatto dannoso, "ovvero, in caso di occultamento doloso del danno, dalla data della sua scoperta" (art. 1, comma 2, Legge 20/1994).

d. Responsabilità disciplinare

La responsabilità disciplinare è quella che discende dalla violazione degli obblighi di condotta cui il pubblico dipendente deve attenersi. Tali obblighi sono previsti, a loro volta, dalla legge, dai codici di comportamento e/o dal contrat-



to collettivo nazionale.

In sintesi, il pubblico dipendente è soggetto all'azione disciplinare ogni qualvolta compie atti contrari ai doveri d'ufficio, fatta salva le più ampie ed eventualmente connesse responsabilità amministrativo-contabile e penale delle quali risponde di fronte alla Procura della Corte dei Conti e alla Procura della Repubblica.

N.B. I procedimenti disciplinari, penali e amministrativo-contabili, anche se interconnessi, seguono iter svincolati, nel senso che non occorre attendere gli esiti dell'uno per procedere con il successivo. A valle delle risultanze di ognuno dei tre procedimenti possono essere riviste le considerazioni degli altri da parte degli Organi preposti.

e. Responsabilità dirigenziale

Infine, solo per i dipendenti pubblici che ricoprono incarichi dirigenziali è prevista una *responsabilità gestionale*, supplementare connessa al mancato raggiungimento degli obiettivi stabiliti dall'Amministrazione.

A tal proposito è utile richiamare l'art. 21 D.lgs. n. 165/01: *"Il mancato raggiungimento degli obiettivi, ovvero l'inosservanza delle direttive imputabili al dirigente, valutati con i sistemi e le garanzie di cui all'articolo 5 del decreto legislativo 30 luglio 1999, n. 286, comportano, ferma restando l'eventuale responsabilità disciplinare secondo la disciplina contenuta nel contratto collettivo, l'impossibilità di rinnovo dello stesso incarico dirigenziale. In relazione alla gravità dei casi, l'amministrazione può, inoltre, revocare l'incarico collocando il dirigente a disposizione dei ruoli di cui all'articolo 23, ovvero recedere dal rapporto di lavoro secondo le disposizioni del contratto collettivo"*.

f. Analisi del Rischio

Analizzando per ogni fase l'attività del RUP in relazione alle 5 responsabilità del dipendente pubblico (**Tabella A**), è possibile costruire una Matrice del Rischio assegnando ad ognuna delle attività un valore di probabilità (P) e un valore di danno potenziale (D).

La Matrice $R = P \times D$ (**Tabella B**) evidenzia che il fattore di Rischio cresce sempre di più passando dalla fase della programmazione a quella della esecuzione, restituendo complessivamente valori più elevati nella fase di affidamento. Tale analisi è congruente con il risultato atteso; il rischio di incappare in una delle cinque responsabilità del dipendente pubblico, infatti, è in generale più alto allorché nel procedimento di realizzazione di un'opera pubblica fanno la loro comparsa operatori economici esterni alla P.A., diventando più probabile la lesione di interessi

soggettivi con le relative conseguenze di tipo civile, penale ed erariale.

L'Analisi del Rischio proposta rappresenta un modello generale e può essere customizzata per ogni Amministrazione, modulando opportunamente i fattori di probabilità e danno, in base alle condizioni organizzative e ambientali presenti nelle stazioni appaltanti (comprese le risorse umane e strumentali a disposizione del RUP, che incidono in maniera significativa sulla performance in ciascuna delle fasi del procedimento).

Il modello proposto può pertanto essere di ausilio al RUP e al Responsabile della Trasparenza e della Corruzione per individuare le criticità del sistema e mettere a punto le relative azioni correttive.

6. Mantenimento dei crediti formativi professionali da parte delle figure tecniche impegnate negli appalti di lavori, servizi e forniture.

a. Iscrizione agli albi professionali e CFP

Come ben noto il D.P.R. 137/2012 n. 137 stabilisce l'obbligatorietà del Professionista alla formazione continua, che viene certificato attraverso il sistema del mantenimento di un numero adeguato di CFP, che diventano così indispensabili *per lo svolgimento della professione*.

In particolare, l'art. 7 del succitato D.P.R. reca disposizioni in merito alla *formazione continua*¹ e alle modalità per il mantenimento dei CFP.

Il mantenimento di un adeguato numero di crediti formativi è quindi strettamente correlato alla necessità di poter svolgere la professione e di conseguenza mantenere l'iscrizione all'Albo Professionale di appartenenza.

b. Esercizio di incarichi attinenti alla professione di ingegnere da parte di un pubblico dipendente, abilitazione professionale e iscrizione all'Ordine

L'art. 24 del D.Lgs. 560/2016², ai commi 3 e 5, stabilisce un chiaro ed inequivocabile obbligo di abilitazione ed iscrizione all'albo professionale per gli incaricati della progettazione e in, via indiretta per gli incaricati della direzione dei lavori e del collaudo.

In particolare, il comma 5 indica che *"indipendentemente dalla natura giuridica del soggetto affidatario l'incarico è espletato da professionisti iscritti negli appositi albi previsti dai vigenti ordinamenti professionali"*.

Ne discende che per *tali figure professionali, anche se ricoperte da dipendenti* in servizio presso una pubblica amministrazione *risulta obbligatoria l'iscrizione all'albo professionale e il conseguente mantenimento dei crediti professionali previsti dall'albo di appartenenza.*

ALLEGATO A

LE CINQUE RESPONSABILITA' PER OGNI FASE DEL PROCEDIMENTO

(RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO)

122

RUOLO	N. ORD.	FASE	AZIONE		RESPONSABILITA'					T	
			CODICE	DESCRIZIONE	CIVILE	PENALE	AMMINISTRATIVO CONTABILE	DISCIPLINARE	DIRIGENZIALE		
	1	PT/PB	P R O G R A M M A Z I O N E	0.4.1 (1)	verifica dei dati e delle informazioni fornite al febbraio della Programmazione			1	1	1	3
	2	PT/PB		0.4.1 (2)	coordinamento delle attività necessarie alla elaborazione del progetto di fattibilità tecnico-economica e del documento di fattibilità delle alternative progettuali				1		1
	3	PT/PB		0.4.1 (3)	valutazione della possibilità di sostituzione in tutti i funzionali dei lavori e degli acquisti di servizi e forniture e delle eventuali motivazioni in caso di scelta contraria	1		1	1		3
	4	P		0.4.2 (1)	promozione e coordinamento delle indagini e gli studi preliminari idonei a consentire la definizione degli aspetti di cui all'art. 23, comma 1, del Codice			1			1
	5	P		0.4.2 (2)	promozione e definizione, sulla base delle indicazioni del dirigente proposto alla struttura competente, delle modalità di verifica dei vari livelli progettuali, delle procedure di eventuale affidamento a regime interno delle attività di progettazione e della stima dei costi/previsioni, da inserire nel quadro economico			1			1
	6	P		0.4.2 (3)	progetto di affidamento degli incarichi della progettazione a personale interno ed esterno alla stessa. Per la progettazione dei lavori di cui all'art. 23, comma 2, del codice è responsabile della verifica della possibilità di ricorrere alle professionalità interne in presenza di idonea competenza rispetto della proposta di l'ufficio della procedura del concorso di progettazione o del concorso di idee			1	1		2
	7	P		0.4.2 (4)	in caso di affidamento all'esterno degli incarichi di progettazione è responsabile dell'attestazione e certificazione di carriera di merito, rilasciata sulla base dei dati relativi ai carichi di lavoro forniti dal dirigente della struttura proposta all'appalto dei lavori		1	1	1	1	3
	8	P		0.4.2 (5)	predispone e della correttezza del Documento Preliminare della Progettazione			1		1	2
	9	P		0.4.2 (6)	promozione dell'avvio delle procedure di variante urbanistica	1	1	1	1	1	5
	10	P		0.4.2 (7)	individuazione dei lavori di particolare rilevanza sotto il profilo architettonico, ambientale, paesaggistico, agronomico e forestale, storico artistico, conservativo o tecnologico	1	1	1	1		4
	11	P		0.4.2 (8)	formalizzazione, in apposito documento, degli indirizzi in ordine agli obiettivi generali da perseguire, alle strategie per raggiungerli, alle esigenze e ai bisogni da soddisfare, fissando i limiti finanziari da rispettare e indicando i possibili sistemi di realizzazione da impiegare, anche al fine della predisposizione del documento di fattibilità delle alternative progettuali di cui all'art. 1, comma 1, lett. a) del codice e del capitolo prestazionale di cui all'art. 3, comma 1, lett. a) del codice			1	1	1	3
	12	P		0.4.2 (9)	efficacia del coordinamento delle attività necessarie alla redazione del progetto definitivo ed esecutivo, verificando che siano rispettati le indicazioni contenute nel progetto di fattibilità tecnica ed economica				1		1
	13	P		0.4.2 (10)	effettuazione, prima dell'approvazione del progetto in ciascuno dei suoi livelli, delle necessarie verifiche circa la rispondenza del contenuto del documento alla normativa vigente, il rispetto dei limiti finanziari, la stima dei costi e delle fonti di finanziamento, la rispondenza dei prezzi indicati ai prezzi aggiornati e in vigore, e l'adempimento dei presupposti di ordine tecnico e amministrativo necessari per conseguire la piena disponibilità degli immobili			1	1		2
	14	P		0.4.2 (11)	efficacia e della qualità dell'attività di verifica dei progetti per lavori di importo inferiore a un milione di euro, anche avvalendosi della struttura di cui all'articolo 31, comma 9 del Codice			1	1		2

ALLEGATO A

LE CINQUE RESPONSABILITA' PER OGNI FASE DEL PROCEDIMENTO

(RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO)

RUOLO	N. ORD.	FASE	ADORE		RESPONSABILITA'					T	
			CODICE	DESCRIZIONE	CIVILE	PENALE	AMMINISTRATIVO CONTABILE	DISCIPLINARE	DIRIGENZIALE		
	15	P	0.4.2 (12)	sottoscrizione del verbale di validazione del progetto, facendo preciso riferimento al rapporto conclusivo, redatto dal soggetto preposto alla verifica, e alle eventuali controdeduzioni del progettista, in caso di dissenso sugli esiti della verifica, il RUP è tenuto a motivare specificatamente					1		1
	16	P	0.4.3 (13)	Al ricorrere dei presupposti previsti dall'art. 75 del codice per la suddivisione dell'appalto in lotti, accertamento e attuazione circa l'eventuale relazione, al fine dell'inserimento nell'elenco annuale, del progetto preliminare di fattibilità tecnica economica dell'intero lotto e la sua articolazione per lotti	1		1		1		3
	17	A	0.4.3 (1)	presente all'amministrazione aggiudicatrice del sistema di affidamento dei lavori, della tipologia di contratto da stipulare, del criterio di aggiudicazione da adottare, nel caso di procedura competitiva con negoziazione e di procedura negoziata senza previa pubblicazione di un bando, della promozione del confronto competitivo e della garanzia della pubblicità dei relativi atti, anche di quelli successivi all'aggiudicazione		1	1		1	1	4
	18	A	0.4.3 (2)	acquisizione e successivo perfezionamento del CIG secondo le indicazioni fornite dall'ANAC			1				1
	19	A	0.4.3 (3)	partecipazione, nelle procedure ristrette e nei casi di partenariato per l'innovazione e di dialogo competitivo, ove ha posto la necessità, di un incontro preliminare - che precede - per l'illustrazione del progetto e per consentire osservazioni alle stesse	1		1		1		3
	20	A	0.4.3 (4)	richiesta all'amministrazione aggiudicatrice della revisione della commissione nel caso di affidamento con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, indicando se rispettano i presupposti per la nomina di componenti interni e per la richiesta all'ANAC di una lista di candidati, ai sensi dell'art. 71, comma 3 del Codice	1		1				2
	21	A	0.4.3 (5)	effettuazione ed efficacia delle indagini di mercato, per prodotti o materiali	1	1	1	1			4
	22	A	0.4.3 (6)	pubblicazione dei bandi di gara	1	1	1	1			4
	23	A	0.4.3 (7)	invasione degli studi nelle procedure ristrette	1	1	1	1			4
	24	A	0.4.3 (8)	scadenza delle offerte			1	1	1		3
	25	A	0.4.3 (9)	competenza della azione di propria competenza qualora assuma la presidenza della commissione di gara all'offerta economicamente più vantaggiosa e del raggio d'asta	1	1	1	1			4
	26	A	0.4.3 (10)	controllo della documentazione amministrativa, secondo canoni di qualità	1	1	1	1			4
	27	A	0.4.3 (11)	verifica della congruità dell'offerta, nel caso di aggiudicazione con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa	1	1	1	1			4
	28	A	0.4.3 (12)	verifica delle offerte anomalamente basse, nel caso di aggiudicazione con il criterio del miglior prezzo	1	1	1	1			4
	29	A	0.4.3 (13)	richiesta di integrazione documentale nei casi di assenza istruttoria	1		1				2
	30	A	0.4.3 (14)	della comunicazione degli esiti della gara, a seguito dell'aggiudicazione definitiva, alla stazione appaltante e ai partecipanti	1	1	1	1			4
	31	A	0.4.3 (15)	verifica, nel periodo di 35 gg e parte dall'aggiudicazione definitiva, delle dichiarazioni presentate all'atto dell'offerta del vincitore, del secondo classificato e del numero di consensi esposti secondo quanto previsto dalla alla normativa vigente alla data del bando di gara		1	1	1			3
	32	A	0.4.3 (16)	distinzione di efficacia dell'aggiudicazione, all'esito positivo di tutte le verifiche sul vincitore e della relativa comunicazione alla Stazione Appaltante				1			1
	33	A	0.4.3 (17)	prelazione dello schema di contratto, sulla base di quello allegato al progetto e della relativa trasmissione alla Stazione Appaltante				1			1
	34	A	0.4.3 (18)	accertamento che il contratto sia stato approvato dall'organo dirigenziale allo scopo stipulato			1	1		1	3

ALLEGATO A

LE CINQUE RESPONSABILITÀ PER OGNI FASE DEL PROCEDIMENTO

(RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO)

124

RUOLO	N. ORD.	FAM.	AZIONI		RESPONSABILITÀ					T	
			CODICE	DESCRIZIONE	CIVILE	PENALE	AMMINISTRATIVO CONTABILE	DISCIPLINARE	DIRIGENZIALE		
R E S P O N S A B I L E D E L P R O C E D I M E N T O	35	A	0.4.3 (38)	raccolta, verifica e trasmissione all'Observatorio dell'ANAC degli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto previsto dall'articolo 215, comma 3, del Codice				1		1	
	36	A	0.4.3 (20)	raccolta dei dati e delle informazioni relative agli interventi di sua competenza, in collaborazione con il responsabile della prevenzione della corruzione in relazione all'adempimento degli obblighi previsti dall'articolo 1, comma 32, della legge n. 190/2012 s.m.i.		1			1	2	
	37	E	0.4.4 (1)	promozione dell'istituzione dell'ufficio di direzione dei lavori e della nomina del direttore dell'esecuzione, per servizi e forniture, previo accertamento sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice proposto alla struttura competente, della sussistenza delle condizioni che giustificano l'affidamento dell'incarico a soggetti esterni all'amministrazione aggiudicatrice		1	1		1	3	
	38	E	0.4.4 (2)	l'accertamento e della certificazione, sulla base degli atti forniti dal dirigente dell'amministrazione aggiudicatrice proposto alla struttura competente, delle situazioni di servizio di organico in presenza delle quali le funzioni di collaudatore sono affidate a soggetti esterni alla stazione appaltante		1	1		1	3	
	39	E	0.4.4 (3)	raccolta, verifica e trasmissione all'Observatorio dell'ANAC, degli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto previsto dall'articolo 215, comma 3, del Codice				1		1	
	40	E	0.4.4 (4)	raccolta dei dati e delle informazioni relative agli interventi di sua competenza, in collaborazione con il responsabile della prevenzione della corruzione in relazione all'adempimento degli obblighi previsti dall'articolo 1, comma 32, della legge n. 190/2012 s.m.i.		1			1	2	
	41	E	0.4.4 (5)	approvazione di servizio impartire al direttore dei lavori o al direttore dell'esecuzione, concernenti le situazioni occorrenti a garantire la regolarità dei lavori, dei servizi e delle forniture			1		1	2	
	42	E	0.4.4 (6)	autorizzazione del direttore dei lavori alla consegna dei lavori, ovvero del direttore dell'esecuzione alla consegna dei servizi e delle forniture, dopo che il contratto è diventato efficace					1	1	
	43	E	0.4.4 (7)	attività di accertamento della data di effettivo inizio, nonché di ogni altro termine di realizzazione dei lavori, dei servizi e delle forniture					1	1	
	44	E	0.4.4 (8)	trasmissione all'organo di collaudo tutta la documentazione indicata all'art. 215, comma 1 del D.P.A. 30/7/2010 e ogni altro documento richiesto dai collaudatori					1	1	
	45	E	0.4.4 (9)	verifica, sentito il direttore dei lavori e il coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione, che l'esecuzione corrisponda alle esigenze sottoposteci i casi della sicurezza relativi alle previsioni affidate in subappalto, senza alcun rinvio		1	1		1	3	
	46	E	0.4.4 (10)	aduzione degli atti di competenza e regola delle iniziative e delle segnalazioni del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione sentito il direttore dei lavori, odove sul figure non coincidano	1	1	1		1	4	
	47	E	0.4.4 (11)	verifica, simultaneamente, su delega del soggetto di cui all'articolo 24, comma 3, del decreto legislativo 3 aprile 2008, n. 81, i compiti ivi previsti, qualora non sia prevista la predisposizione del piano di sicurezza e di coordinamento		1	1		1	1	4
	48	E	0.4.4 (12)	corretto svolgimento del ruolo di responsabile dei lavori, che deve assumere al fine del rispetto delle norme sulla sicurezza e salute dei lavoratori sul luogo di lavoro	1	1	1		1	1	5

ALLEGATO A

LE CINQUE RESPONSABILITÀ PER OGNI FASE DEL PROCEDIMENTO

(RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO)

RUOLO	N. ORD.	FASE	AZIONI		RESPONSABILITÀ					T
			CODICE	DESCRIZIONE	CIVILE	PENALE	AMMINISTRATIVO CONTABILE	DISCIPLINARE	DIRIGENZIALE	
	49	E	0.4.4 (13)	richiesta alla stazione appaltante, sullo assegnamento dell'incarico di responsabilità dei lavori, della nomina del coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione e del coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione dei lavori, nei casi previsti dalla norma		1	1	1	1	4
	50	E	0.4.4 (14)	vigilanza sulle attività del CSP e del CM		1	1	1		3
	51	E	0.4.4 (15)	corretta soluzione, prima della consegna dei lavori, delle eventuali proposte integrate del piano di sicurezza e di coordinamento formulate dagli operatori economici, quando tale piano sia previsto ai sensi del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81		1	1	1		3
	52	E	0.4.4 (16)	trasmissione agli organi competenti dell'amministratore aggiudicatario, scritto il direttore dei lavori, della proposta del coordinatore per l'esecuzione dei lavori relativa alla sospensione, all'abbandonamento dell'esecuzione o del subappalto e dei lavoratori autonomi dal cantiere o alla risoluzione del contratto	1	1	1	1		4
	53	E	0.4.4 (17)	accertamenti, in corso d'opera, che le prestazioni oggetto di contratto e gli avvenimenti siano tutte direttamente dalle risorse umane e strumentali dell'impresa ausiliaria che il titolare del contratto utilizza in adempimento degli obblighi derivanti dal contratto di appalto, anche facendosi ricorso al direttore dei lavori				1		1
	54	E	0.4.4 (18)	preposizione, con riferimento ai compiti di cui all'art. 31, comma 12 del Codice, di un piano di verifiche da sottoporre all'organo che lo ha nominato				1	1	2
	55	E	0.4.4 (19)	trasmissioni, al termine dell'esecuzione, di una relazione sull'operato dell'esecutore e sulle verifiche effettuate, anche a sorpresa				1		1
	56	E	0.4.4 (20)	della qualità della verifica del progresso delle prestazioni previste in contratto e dello stato di avanzamento dei lavori, dei servizi e delle forniture, sulla base delle evidenze e delle informazioni del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione, al fine del rispetto degli obiettivi dei tempi, dei costi, della qualità delle prestazioni e del controllo dei rischi. In particolare, per i lavori, verifica la modalità di esecuzione in relazione al risultato richiesto dalle specifiche progettuali, il rispetto della normativa tecnica; il rispetto delle rilevanti specificate nelle documentazioni contrattuali (tecniche e regolative) anche attraverso le verifiche di cui all'art. 31, comma 12 del Codice	1	1	1	1	1	5
	57	E	0.4.4 (21)	autorizzazione delle modifiche, nonché delle varianti, dei contratti di appalto in caso di urgenza anche su proposta del direttore dei lavori e del direttore dell'esecuzione, con le modalità previste dall'ordinamento della stazione appaltante di cui il RUP dipende in conformità alle previsioni dell'art. 336 del Codice e, in particolare, la redazione della relazione di cui all'art. 336, comma 14, del Codice, relativa alle varianti in corso d'opera, in cui sono riportate le ragioni di fatto e di diritto che fanno ritenere necessarie tali varianti.		1	1	1	1	4
	58	E	0.4.4 (22)	approvazione dei prezzi relativi a nuove lavorazioni, nuovi servizi o nuove forniture, originariamente non previste, determinati in contraddittorio tra il direttore dei Lavori e con il direttore dell'esecuzione e l'impresa affidataria, restando alla valutazione della stazione appaltante le variazioni di prezzo che comportino maggior spesa rispetto alle somme previste nel quadro economico.			1	1		2
	59	E	0.4.4 (23)	imposizione delle penali per il ritardo adempimento degli obblighi contrattuali in corrispondenza con l'appalto, anche sulla base delle indicazioni fornite dal direttore dei lavori e dal direttore dell'esecuzione			1	1		2
	60	E	0.4.4 (24)	Ordine di sospensione dei lavori, dei servizi e delle forniture, per ragioni di pubblica interesse a necessità, nei limiti e con gli effetti previsti dall'art. 337 del Codice	1	1	1	1		4

LE CINQUE RESPONSABILITA' PER OGNI FASE DEL PROCEDIMENTO

(RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO)

126

RUOLO	N. ORD.	FASE	AZIONI		RESPONSABILITA'					F	
			CODICE	DESCRIZIONE	CIVILE	PENALE	AMMINISTRATIVO CONTABILE	DISCIPLINARE	DIRIGENZIALE		
	61	E	0.4.4 (25)	disposizione la ripresa dei lavori, servizi e forniture e dell'esecuzione del contratto non appena siano venute a cessare le cause della sospensione, indicando nella disposizione il nuovo termine di conclusione del contratto, valutato tenendo in considerazione la durata della sospensione e gli effetti da questo prodotti			1		1		2
	62	E	0.4.4 (26)	comunicazione delle parti, in relazione alle controversie insorte tra stazione appaltante ed esecutore circa aspetti tecnici che possono influire sull'esecuzione dei lavori, servizi o forniture, entro il termine di quindici giorni dalla comunicazione del direttore dei lavori e della promissione, in controvventoria, dall'esame della questione al fine di risolvere la controversia;			1		1		2
	63	E	0.4.4 (27)	attuazione della definizione con accordo bonario ai sensi dell'art. 205 del Codice delle controversie che insorgono in ogni fase di realizzazione dei lavori, dei servizi o forniture, e tal proposito viene sentita sulla proposta di transazione ai sensi dell'art. 205, comma 9, del Codice;	1		1		1	1	4
	64	E	0.4.4 (28)	proposta di mutazione del contratto ogni qual volta se ne realizzino i presupposti			1		1	1	3
	65	E	0.4.4 (29)	emissione dei certificati di pagamento, previa verifica della regolarità contabile dell'affidatario e del subappaltatore, entro i termini previsti dall'art. 113 bis del codice e della relativa trasmissione alla stazione appaltante	1		1		1		3
	66	E	0.4.4 (30)	consegna all'impresa affidataria di copia conforme del certificato di ultimazione dei lavori emesso dal direttore dei lavori	1				1		2
	67	E	0.4.4 (31)	conferma del certificato di regolare esecuzione rilasciato dal direttore dei lavori, nei casi in cui la stazione appaltante non abbia conferito l'incarico di collaudo ai sensi dell'art. 302, comma 2, del Codice e della trasmissione del C.R.E. alla stazione appaltante			1		1		2
	68	E	0.4.4 (32)	emissione e trasmissione alla Stazione Appaltante del Certificato di collaudo			1		1		2
	69	E	0.4.4 (33)	liquidazione del credito residuo dell'impresa con apposito certificato di pagamento che trasmette alla stazione appaltante insieme al certificato di collaudo e al C.R.E.			1		1		2
	70	E	0.4.4 (34)	trasmissione all'amministrazione aggiudicatrice, ai sensi e per gli effetti della disposizione di cui all'articolo 10, capo V, del R.D. 17 luglio 1934, n. 1534 e di quelli di cui al titolo II, capo I e capo II del R.D. 13 agosto 1931, n. 3058, nonché dell'art. 2 della legge 16 gennaio 1994, n. 30, entro sessanta giorni dalla deliberazione da parte della stessa sull'ammissibilità del certificato di collaudo, tutte le domande dell'esecutore e sui risultati degli esami ai collaudatori, la documentazione relativa alle fasi della progettazione, dell'affidamento e dell'esecuzione del contratto	1		1		1		3
	71	E	0.4.4 (35)	rilascio del certificato di esecuzione dei lavori, entro 30 giorni dalla richiesta dell'esecutore, con la modalità schematica stabilita dall'ANAC	1		1		1		3
	72	E	0.4.4 (36)	raccolta, verifica e trasmissione all'Osservatorio dell'ANAC degli elementi relativi agli interventi di sua competenza anche in relazione a quanto prescritto dall'articolo 213, comma 1, del Codice					1		1
TOTALE					67	94	166	100	18	445	

TABELLA B
MATRICE DEI RISCHI

(RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO)

FASE / RESPONSABILITA'		RESPONSABILITA'				
		CIVILE	PENALE	AMMINISTRATIVO CONTABILE	DISCIPLINARE	DIRIGENZIALE
F A S E	PROGRAMMAZIONE	1	0	3	4	1
	PROGETTAZIONE	4	8	28	13	4
	AFFIDAMENTO	42	77	82	65	8
	ESECUZIONE	38	36	100	46	10

Per quanto attiene alla figura del RUP, né il Codice, né le Linee Guida ANAC prevedono invece alcun obbligo di iscrizione all'albo professionale, né tantomeno fanno riferimento ai CFP. Per ricoprire tale incarico è però richiesta - come sopra esposto, una *adeguata competenza* in relazione all'incarico da ricoprire, nonché - sulla base dell'importo dell'appalto - il possesso di un *idoneo titolo di studio, l'abilitazione all'esercizio della professione*³ e un'*anzianità di servizio* variabile da 2 a 10 anni.

La *ratio* di tale scelta è probabilmente da ricondurre alla *necessità di garantire che tale incarico sia sempre ricoperto da un dirigente o da un funzionario apicale della stazione appaltante*, come esplicitamente prescritto dall'art. 31 comma 1 del D.Lgs. 50/2016, anche nel caso di carenza in organico di un tecnico iscritto al relativo albo professionale.

Nel caso non sia possibile, per carenza nell'organico della stazione appaltante, disporre di un RUP dotato di adeguata competenza in relazione all'incarico da ricoprire, l'incaricato potrà essere affiancato da una *struttura di supporto* ai sensi dell'art. 31 del D.Lgs 50/2016.

7. La struttura di supporto al RUP

Nel caso di appalti di particolare complessità in

relazione all'opera da realizzare ovvero alla specificità della fornitura o del servizio, che richiedano necessariamente valutazioni e competenze altamente specialistiche, il responsabile unico del procedimento⁴ propone alla stazione appaltante di conferire appositi incarichi a supporto dell'intera procedura o di parte di essa, da individuare sin dai primi atti di gara.

La *stazione appaltante*⁵, allo scopo di migliorare la qualità della progettazione e della programmazione complessiva, *può*, nell'ambito della propria autonomia organizzativa e nel rispetto dei limiti previsti dalla vigente normativa, *istituire una struttura stabile a supporto dei RUP*, anche alle dirette dipendenze del vertice della pubblica amministrazione di riferimento.

Nel caso in cui l'organico della stazione appaltante presenti carenze accertate o in esso non sia compreso nessun soggetto in possesso della specifica professionalità necessaria per lo svolgimento dei compiti propri del RUP, secondo quanto attestato dal dirigente competente, *i compiti di supporto all'attività del RUP possono essere affidati*⁶, con le procedure previste dal codice, *ai soggetti aventi le specifiche competenze di carattere tecnico, economico-finanziario, amministrativo, organizzativo e legale*, dotati di adeguata polizza assicurativa a copertura dei rischi profes-

sionali come previsto dall'articolo 24, comma 4 del codice, assicurando comunque il rispetto dei principi di pubblicità e di trasparenza.

8. Premio incentivante per il RUP e la struttura di supporto – Art. 113 D.lgs. 50/2016

L'art.113, comma 3, del D.lgs. 50/2016 “Codice dei Contratti Pubblici”. La norma ripropone l'istituto della *remunerazione incentivante del personale della Stazione Appaltante*, già introdotto con la Legge n°109 dell'11 febbraio 1994 “Legge quadro in materia di lavori pubblici”, in quanto rappresenta uno strumento efficace per valorizzare la professionalità del dipendente e per stimolare e motivare il personale impegnato nelle procedure di affidamento degli appalti pubblici di lavori, servizi e forniture, avente competenze tecniche, amministrative e contabili.

A tal fine ciascuna Amministrazione deve adottare un Regolamento attuativo da adottarsi in base al succitato art. 113, stabilendo i criteri e le modalità di ripartizione del fondo incentivante, pari al 2% del valore dell'appalto, il cui ammontare è - per una quota pari all'80% - destinato a *premiare le risorse umane* impegnate nelle procedure di programmazione, affidamento ed esecuzione di lavori, servizi e forniture e - per il rimanente 20% - all'acquisto di beni, strumentazioni e al finanziamento di *attività formative* (corsi professionali, tirocini formativi, dottorati di ricerca). Ne consegue, quindi, che tale istituto diviene anche una leva per raggiungere nuovi obiettivi e più alti livelli di performance delle stazioni appaltanti.

Tra le figure aventi diritto a percepire il premio incentivante di che trattasi rientrano a pieno titolo sia il Responsabile Unico del Procedimento e i suoi collaboratori, compresa pertanto la struttura di supporto se composta da dipendenti della stazione appaltante .

9. Conclusioni

La figura del RUP di una stazione appaltante, per numero e complessità delle incombenze a questi assegnate, è strategica per l'efficacia dell'azione amministrativa e tecnica delle procedure di affidamento e gestione di un appalto pubblico.

In effetti viene spesso definito il *Project Manager di un'opera pubblica* e proprio per questo motivo è l'unico attore *presente in tutte le fasi* che caratterizzano gli affidamenti di lavori, servizi e forniture, dalla fase della programmazione a quelle della progettazione, affidamento, esecuzione, manutenzione, gestione, finanche a quella del contenzioso.

È ben comprensibile, pertanto, che al RUP ven-

ga richiesta una *adeguata competenza* e un *aggiornamento professionale continuo*.

Il RUP deve farsi carico del coordinamento dei progettisti e degli Uffici di Direzione dei Lavori, nonché in via esclusiva della validazione degli elaborati progettuali. Ad esso compete il controllo della pianificazione della spesa, di concerto con il vertice dirigenziale e il referente della programmazione triennale , il controllo della disponibilità della copertura finanziaria, del rispetto delle tempistiche preventivate e della contabilità, nonché la garanzia circa la tempestività dei pagamenti secondo le scadenze fissate dalle norme e dai contratti. Entro l'anno 2025 dovrà inoltre gestire contratti pubblici di qualsiasi importo , secondo la metodologia del BIM, che necessita di nuove competenze altamente specialistiche.

Si ritiene pertanto che, anche se non esplicitamente previsto dal Codice e dalle Linee Guida ANAC (non vincolanti), chi deve gestire le succitate complessità debba garantire una prestazione professionale all'altezza se non superiore a quella delle altre figure tecniche coinvolte nelle procedure d'appalto, anche praticando costantemente l'aggiornamento professionale mediante la formazione continua.

Diversamente, la sottovalutazione di questi aspetti potrebbe configurare, da parte delle Amministrazioni che operano in qualità di stazioni Appaltanti, una colpa in eligendo, con possibili gravi conseguenze - anche erariali - in caso di danni che dovessero derivare dall'inadeguatezza delle scelte operate da un RUP con scarsa competenza in relazione all'appalto da eseguire.

Dall'altro lato lo stesso RUP, per deontologia professionale, dovrebbe opporsi al conferimento dell'incarico ove non ritenga di poter garantire un livello adeguato della prestazione professionale, ovvero chiedere di essere sollevato vista l'obbligatorietà di tale ufficio .

Per un ingegnere iscritto all'Ordine Professionale il mantenimento di una adeguata competenza viene garantito attraverso l'aggiornamento professionale continuo e il relativo mantenimento dei CFP, preferibilmente attraverso formazione specifica nel proprio campo operativo che, nel caso del RUP, è quello della gestione degli appalti Pubblici.

In alternativa, il RUP dovrà necessariamente dotarsi di una adeguata struttura di supporto, la cui disponibilità la stazione appaltante dovrà garantire ai sensi del Codice dei Contratti, ma anche e soprattutto per un'azione efficace rispetto agli obiettivi programmati e alla qualità del servizio da erogare.

¹ D.P.R. 137/2012 n. 137, art. 7 - Formazione continua: "1. Al fine di garantire la qualità ed efficienza della prestazione professionale, nel migliore interesse dell'utente e della collettività, e per conseguire l'obiettivo dello sviluppo professionale, ogni professionista ha l'obbligo di curare il continuo e costante aggiornamento della propria competenza professionale secondo quanto previsto dal presente articolo. La violazione dell'obbligo di cui al periodo precedente costituisce illecito disciplinare. 2. I corsi di formazione possono essere organizzati, ai fini del comma 1, oltre che da ordini e collegi, anche da associazioni di iscritti agli albi e da altri soggetti, autorizzati dai consigli nazionali degli ordini o collegi. Quando deliberano sulla domanda di autorizzazione di cui al periodo precedente, i consigli nazionali trasmettono motivata proposta di delibera al ministro vigilante al fine di acquisire il parere vincolante dello stesso. 3. Il consiglio nazionale dell'ordine o collegio disciplina con regolamento, da emanarsi, previo parere favorevole del ministro vigilante, entro un anno dall'entrata in vigore del presente decreto: a) le modalità e le condizioni per l'assolvimento dell'obbligo di aggiornamento da parte degli iscritti e per la gestione e l'organizzazione dell'attività di aggiornamento a cura degli ordini o collegi territoriali, delle associazioni professionali e dei soggetti autorizzati; b) i requisiti minimi, uniformi su tutto il territorio nazionale, dei corsi di aggiornamento; c) il valore del credito formativo professionale quale unità di misura della formazione continua. 4. Con apposite convenzioni stipulate tra i consigli nazionali e le università possono essere stabilite regole comuni di riconoscimento reciproco dei crediti formativi professionali e universitari. Con appositi regolamenti comuni, da approvarsi previo parere favorevole dei ministri vigilanti, i consigli nazionali possono individuare crediti formativi professionali interdisciplinari e stabilire il loro valore. 5. L'attività di formazione, quando è svolta dagli ordini e collegi, può realizzarsi anche in cooperazione o convenzione con altri soggetti. 6. (...omissis...). 7. (...omissis...)"

² D.P.R. 137/2012 n. 137, art. 24, commi da 3 e 5: "3. I progetti redatti dai soggetti di cui al comma 1, lettere a), b) e c), sono firmati da dipendenti delle amministrazioni abilitati all'esercizio della professione. I pubblici dipendenti che abbiano un rapporto di lavoro a tempo parziale non possono espletare, nell'ambito territoriale dell'ufficio di appartenenza, incarichi professionali per conto di pubbliche amministrazioni di cui all'articolo 1, comma 2, del decreto legislativo 30 marzo 2001, n. 165, e successive modificazioni, se non conseguenti ai rapporti d'impiego.

4. (...omissis...)

5. Indipendentemente dalla natura giuridica del soggetto affidatario l'incarico è espletato da professionisti iscritti negli appositi albi previsti dai vigenti ordinamenti professionali, personalmente responsabili e nominativamente indicati già in sede di presentazione dell'offerta, con la specificazione delle rispettive qualificazioni professionali. E', inoltre, indicata, sempre nell'offerta, la persona fisica incaricata dell'integrazione tra le varie prestazioni specialistiche. Il Regolamento di cui al comma 2 individua anche i criteri per garantire la presenza di giovani professionisti, in forma singola o associata, nei gruppi concorrenti ai bandi relativi a incarichi di progettazione, concorsi di progettazione e di idee, di cui le stazioni appaltanti tengono conto ai fini dell'aggiudicazione. All'atto dell'affidamento dell'incarico, i soggetti incaricati devono dimostrare di non trovarsi nelle condizioni di cui all'articolo 80 nonché il possesso dei requisiti e delle capacità di cui all'articolo 83, comma 1.

³ ma non l'iscrizione all'Albo

⁴ Ai sensi dell'art. 31, comma 7 del D.Lgs. 50/2016

⁵ Ai sensi dell'art. 31, comma 9 del D.Lgs. 50/2016

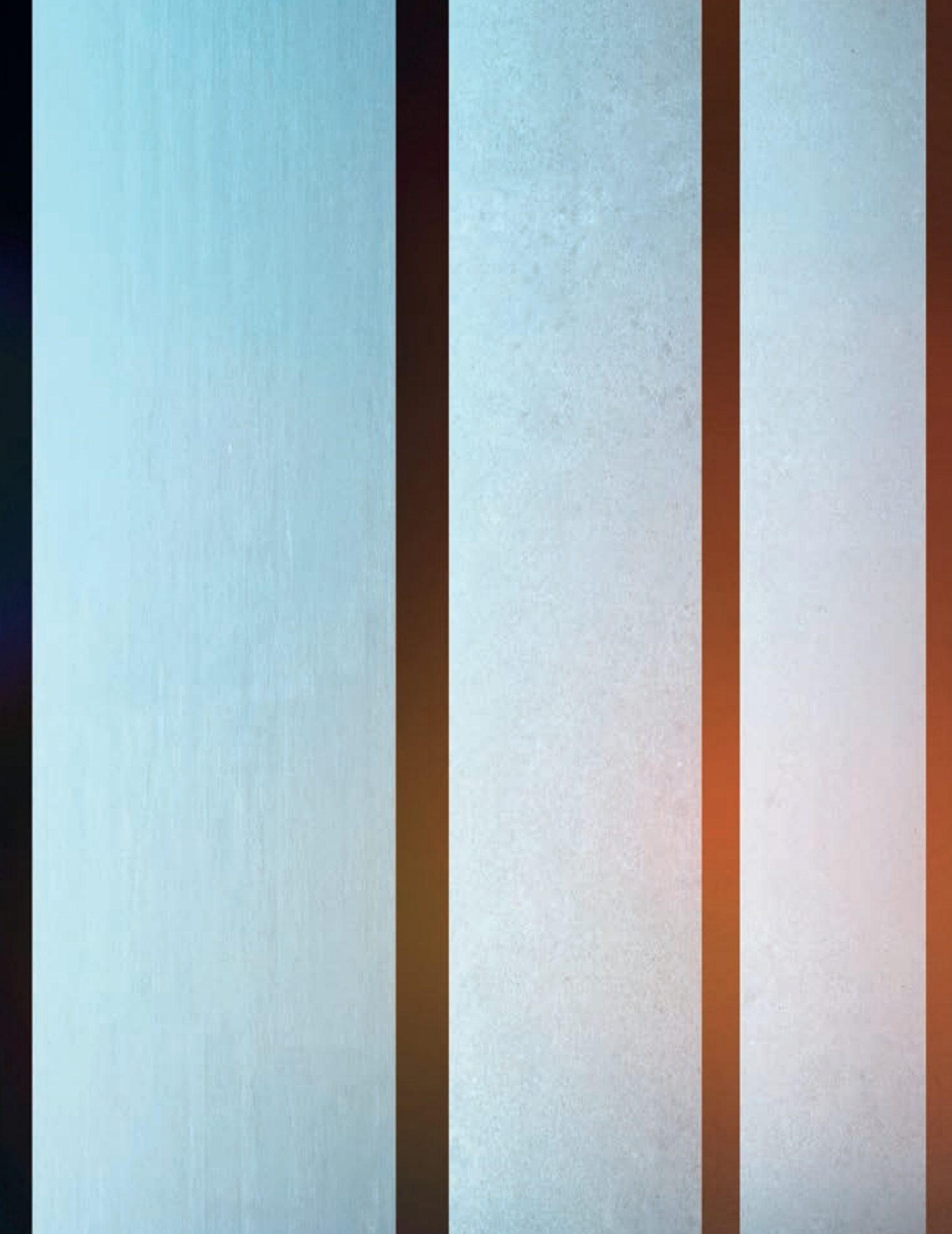
⁶ Ai sensi dell'art. 31, comma 11 del D.Lgs. 50/2016

⁷ Art. 113, comma 3, primo periodo, D.Lgs. 50/2016: "L'ottanta per cento delle risorse finanziarie del fondo costituito ai sensi del comma 2 è ripartito, per ciascuna opera o lavoro, servizio, fornitura con le modalità e i criteri previsti in sede di contrattazione decentrata integrativa del personale, sulla base di apposito regolamento adottato dalle amministrazioni secondo i rispettivi ordinamenti, tra il responsabile unico del procedimento e i soggetti che svolgono le funzioni tecniche indicate al comma 2 nonché tra i loro collaboratori".

⁸ Ai sensi dell'art. 3, comma 14, DM 14/18, le amministrazioni individuano, nell'ambito della propria organizzazione, la struttura e il soggetto referente per la redazione del programma triennale dei lavori pubblici. Al fine di ridurre gli oneri amministrativi, tale referente è, di norma, individuato nel referente unico dell'amministrazione, salvo diversa scelta dell'amministrazione. ***Tale figura spesso coincide con quella del RUP, soprattutto nelle Amministrazioni di media/piccola dimensione.***

⁹ Dal 2021 la metodologia BIM sarà obbligatoria per tutti i contratti pubblici di importo pari o superiore a 15 Milioni di euro.

¹⁰ Art. 31, comma 1, ultimo periodo, D.Lgs. 50/2016: "L'ufficio di responsabile unico del procedimento è obbligatorio e non può essere rifiutato."







ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 - Roma

Tel. 06.487.93.11 - Fax: 06.487.931.223

Cod.Fisc. 80201950583

Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lunedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Martedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Mercoledì 09:30-12:30 14:30-17:30

Giovedì 09:30-12:30 14:30-17:30

Venerdì 09:30-12:30 chiuso

Sabato chiuso

La Segreteria dell'Ordine chiude alle 16.00

AREE DEL SITO WEB DEL QUADERNO



AREA CIVILE AMBIENTALE

<https://rivista.ording.roma.it/civile/>



AREA INDUSTRIALE

<https://rivista.ording.roma.it/industriale/>



AREA DELL'INFORMAZIONE

<https://rivista.ording.roma.it/informazione/>



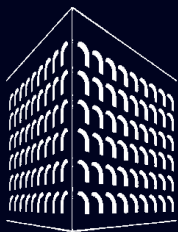
AREA INTERSETTORIALE

<https://rivista.ording.roma.it/intersectoriale/>



È possibile consultare tutti i numeri
all'indirizzo Internet
ioroma.info





Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma
www.ording.roma.it