



Considerazioni  
ai margini  
del terremoto  
in Abruzzo

PAGINA 3



Imparando  
dal terremoto  
aquilano

PAGINA 10



La ricerca su  
Homeland Security  
e la Campania:  
una scommessa  
da vincere

PAGINA 45

numero 2

marzo-aprile 2009

Notiziario dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

# Ingegneri NAPOLI



# SOMMARIO



## Ingegneri Napoli

marzo-aprile  
2009

### Sisma

#### Considerazioni ai margini del terremoto in Abruzzo

Il "sistema di isolamento alla base mediante strategia della limitazione della forza" potrebbe essere l'unico sistema di protezione sismica efficace nella totalità dei casi

**pag. 3**

#### Imparando dal terremoto aquilano

La scienza a tutt'oggi non è in grado di fornire nessun metodo affidabile per prevedere l'imminenza dell'accadimento di un evento

**pag. 10**

#### Per ricordare Ferdinando Pennarola

**pag. 14**

### Sicurezza

#### Sicurezza e qualità della vita negli edifici destinati ad uffici pubblici

"Rischi trasversali": i maggiori responsabili di una qualità della vita assai scadente nei lavori di ufficio. L'innovazione del D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008

**pag. 15**

### Energia idroelettrica

#### Il progetto idroelettrico Pirrís

Importanti finanziamenti esteri e risorse idriche pressoché illimitate colmeranno il vuoto di energia elettrica in Costa Rica

**pag. 25**

In copertina: un'immagine della catastrofe sismica che ha colpito la città di L'Aquila. L'Ordine di Napoli è stato presente sul luogo con il suo presidente e con gruppi di colleghi che, a titolo gratuito, hanno effettuato indagini sui danni. Rilevante l'azione della Facoltà di Ingegneria della Federico II, col suo preside Cosenza, col prof. Manfredi e numerosi altri docenti e ricercatori. L'Ordine di Napoli è intervenuto altresì con un consistente contributo economico per la ricostruzione.

marzo-aprile 2009

Bimestrale di informazione a cura del Consiglio dell'Ordine

**Editore**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

**Direttore editoriale:** Luigi Vinci

**Direttore responsabile:** Armando Albi-Marini

**Redattori capo:** Edoardo Benassai,  
Pietro Ernesto De Felice

Direzione, redazione e amministrazione  
80134 Napoli, Via del Chiostro, 9  
Tel. 081 5525604 – Fax 081 5522126  
www.ordineingegnerinapoli.it  
segreteria@ordineingegnerinapoli.it  
c/c postale n. 25296807

**Comitato di redazione:** Annibale de Cesbron de la Grennelais,  
Fabio de Felice, Oreste Greco, Paola Marone, Nicola Monda,  
Eduardo Pace, Mario Pasquino, Ferdinando Passerini,  
Giorgio Poulet, Vittoria Rinaldi, Norberto Salza, Marco Senese,  
Salvatore Vecchione, Ferdinando Orabona

**Coordinamento di redazione:** Claudio Croce

**Stampa:** Officine Grafiche Francesco Giannini & Figli s.p.a.  
Via Cisterna dell'Olio, 6/B – 80134 Napoli

**Pubblicità:**

Concessionaria di Pubblicità Agicom s.r.l.  
Via Flaminia, 20 – 00060 Castelnuovo di Porto (Roma)

Reg. Trib. di Napoli n. 2166 del 18/7/1970  
Spediz. in a.p. 45% – art. 2 comma 20/b – l. 662/96 Fil. di Napoli

I contenuti possono essere modificati per esigenze di spazio con il massimo rispetto del pensiero dell'autore. Le riproduzioni di articoli e immagini sono consentite citandone la fonte.

L'editore resta a disposizione di ogni eventuale avente diritto per le competenze su testi e immagini.



Associato U.S.P.I.  
Unione Stampa Periodica Italiana

**Tiratura:** 13.000 copie  
**Finito di stampare nel mese di maggio 2009**



## Idrodinamica

### Azioni idrodinamiche indotte da moti sismici su serbatoi "elastici"

Proposta una formulazione semplificata per il calcolo della distribuzione impulsiva elastica

**pag. 35**

## Ricordo di Tito Silvestri

**pag. 44**



## Tecnologia

### La ricerca su Homeland Security e la Campania: una scommessa da vincere

La Campania può rappresentare un testbed naturale per sperimentazioni di tecnologie di monitoraggio e sorveglianza in una molteplicità di ambiti applicativi

**pag. 45**

### La competitività e lo sviluppo internazionale del settore aerospaziale in Campania: il ruolo chiave dei servizi alla produzione

**pag. 47**



## Energia elettrica

### Qualità dell'energia elettrica: un approccio basato sui metodi per il controllo statistico di processo (SPC)

**pag. 51**

## Ricordo di Franco Sisto

**pag. 59**



## Territorio

### Configurazioni di equilibrio di un ripascimento

Risultati degli ultimi anni e indicazioni progettuali

**pag. 60**



# CONSIDERAZIONI AI MARGINI DEL TERREMOTO IN ABRUZZO



Il “sistema di isolamento alla base mediante strategia della limitazione della forza” potrebbe essere l’unico sistema di protezione sismica efficace nella totalità dei casi

I parametri più significativi per caratterizzare un terremoto sappiamo essere: l’ipocentro, l’epicentro, la magnitudo e l’intensità.

Pur essendo una definizione scontata, sembra utile ribadirla, perché spesso al verificarsi di un terremoto, vengono citati i primi tre parametri, trascurandone il quarto.

Sebbene ogni terremoto abbia una sua magnitudo che rappresenta l’energia sprigionata dal fenomeno sismico su base puramente strumentale, gli effetti varieranno enormemente in funzione principalmente della distanza, della tipologia di terreno, dagli standard costruttivi.

La magnitudo non ha un significato “fisico”, bensì è semplicemente un numero *adimensionale* che relaziona differenti ampiezze del segnale su una scala relativa.

L’intensità, invece, è un parametro ben diverso dalla magnitudo; infatti, se si considerasse un terremoto caratterizzato da una ben precisa magnitudo, i suoi effetti e quindi la sua intensità potrebbero variare da sito a sito.

Gli effetti di un qualsivoglia terremoto dipendono da svariati fattori, di cui alcuni intrinsecamente legati al terremoto stesso (magnitudo; profondità del ipocentro); altri sono fattori di tipo geologico (geologia del sottosuolo e quindi differenti percorsi delle onde elastiche e differenti modalità di propagazione delle onde stesse); infine vi sono fattori legati alla qualità delle costruzioni sia in termini

di concezione strutturale e quindi di progettazione sia in termini di realizzazione e quindi di rispondenza tra ciò che si è progettato con ciò che si realizza.

Spesso nel parlare dell’ultimo evento sismico, disastro che ha colpito la nostra penisola e in particolare il recente terremoto dell’Abruzzo dello scorso 6 aprile, si è citata la sua magnitudo ( $M_L=5.8$ ) e si è paragonato tale valore con quello relativo al terremoto dell’Irpinia del 23 novembre 1980 ( $M_L=6.9$ ), senza rendersi conto che gli effetti di un terremoto non dipendono esclusivamente da tale parametro. Sono stati inoltre ricorrenti i paragoni con la California, senza rendersi conto che non è possibile scindere la magnitudo del terremoto con le caratteristiche del sito in cui si sono verificati danneggiamenti al costruito.

Per esempio nel terremoto avvenuto il 17 ottobre 1989 a Loma Prieta nell’area di San Francisco in California ( $M_L=7.1$ ) gli standard costruttivi dell’area erano estremamente alti e la popolazione era preparata a fronteggiare l’emergenza terremoto. Tuttavia la zona della Baia di San Francisco essendo caratterizzata non da terreni rocciosi (*rock soil*), bensì dalla presenza di suoli soffici (*soft soil*) ed *altamente saturi in acqua*, si sono verificati storici collassi strutturali in alcune delle vie di comunicazione, seppur lontane rispetto all’area epicentrale. Si riportano in Figura 1, al-

**Dott. Ing. Donato Cancellara**

Dottorando in Ingegneria delle Costruzioni  
Dipartimento di Ingegneria Strutturale  
Facoltà di Ingegneria  
Università di Napoli Federico II

**Prof. Ing. Mario Pasquino**

Ordinario di Scienza delle Costruzioni  
Dipartimento di Ingegneria Strutturale  
Facoltà di Ingegneria  
Università di Napoli Federico II

“ Un esempio eclatante dei possibili danni disastrosi che gli “effetti di sito” possono causare è fornito dal terremoto del 6 aprile 2009 ”

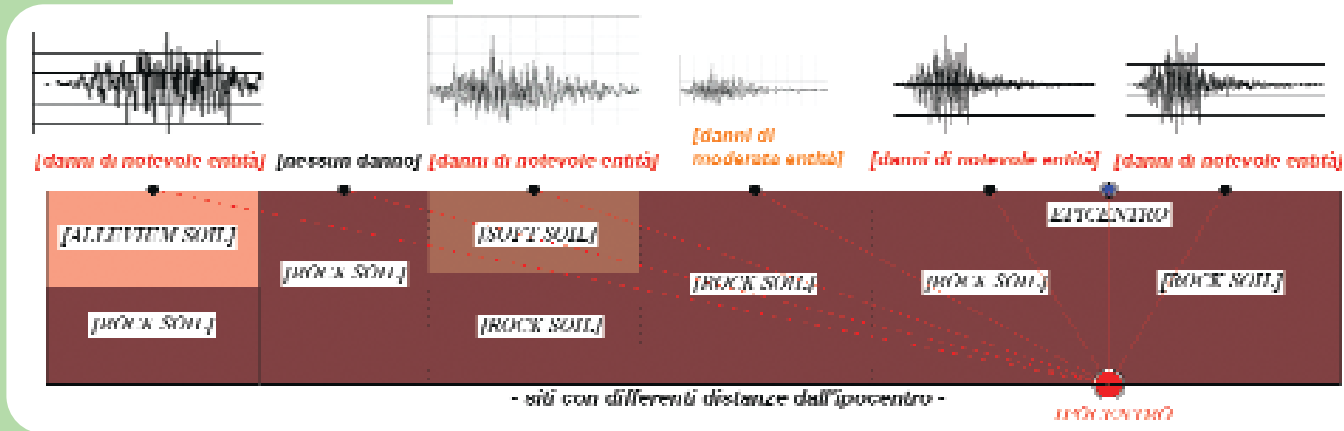


Figura 1. Condizioni locali ed effetti di sito.

cune esemplificazioni di quanto accennato in precedenza.

Gli effetti diretti di un evento sismico sono strettamente connessi alle deformazione del suolo in corrispondenza della faglia dove esso si è generato a causa di una sua frattura che sappiamo avvenire lungo un piano di dimensioni non definibili a priori (può interessare una superficie estesa anche qualche centinaio di chilometri). Tali effetti sono limitati esclusivamente all'area interessata dalla rottura.

Sono però gli effetti secondari i responsabili dei principali danni alle costruzioni. Tali effetti non sono necessariamente dovuti al movimento della faglia ma derivano dalla propagazione delle onde sismiche a partire dalla zona di rottura.

Tali effetti, derivanti dalla propagazione delle onde sismiche che si dipartono dalla zona sorgente, possono interessare aree anche molto vaste, causando un generalizzato danneggiamento alle strutture esistenti. Come già si è accennato, per un assegnato terremoto, può verificarsi che in due differenti siti estremamente vi-

cini, si verifichino sostanziali differenze di danneggiamento strutturale a causa dagli effetti secondari, e in particolare si possono registrare strumentalmente accelerazioni del moto del suolo marcatamente differenti. Tali variazioni di ampiezza nei segnali sismici sono legati a ciò che il mondo scientifico chiama *effetti di sito*.

È importante ribadire che per effetto di sito, si indica quella combinazione di caratteristiche geologiche e morfologiche che rende un luogo più o meno soggetto a danni conseguenti ad un evento sismico.

La Figura 2 riporta le registrazioni di due differenti siti, poco distanti l'uno dall'altro, e situati nella città di Kobe, durante il Terremoto del 17 gennaio 1995. A sinistra si osservano le registrazioni relative alle tre componenti del segnale sismico con un contenuto in frequenza spostato verso le alte frequenza. A destra invece, si osservano le registrazioni delle tre componenti del segnale sismico con contenuto in frequenza spostato verso le basse frequenza oltre che una maggiore durata durante dell'evento sismico. Le registrazioni riportate a destra sono relative ad un sottosuolo roccioso

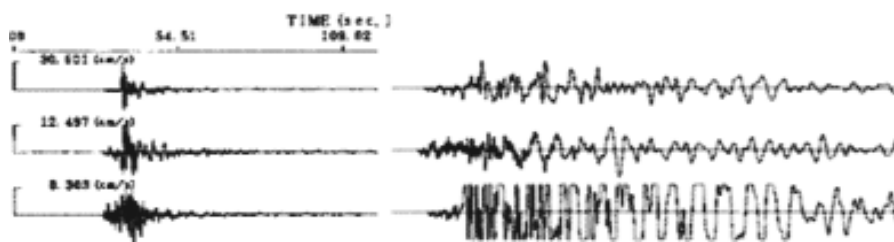


Figura 2. Effetti di sito (da Department of Architecture Tokyo Metropolitan University).

(*rock soil*), mentre le registrazioni riportate a sinistra sono relative ad un terreno soffice (*soft soil*) che può presentarsi anche saturo di acqua. È in quest'ultima circostanza che si manifesta un caso estremo di *effetto di sito*, in quanto sappiamo che in tale situazione si verifica un incremento della stato tensionale neutro con conseguente decremento dello stato tensionale efficace, con la drastica riduzione della capacità portante del terreno (fenomeno della liquefazione). Gli *effetti di sito* sono particolarmente insidiosi in quanto comportano notevoli danni alle strutture, differenzialmente da ciò che si avrebbe in un sito senza alcun effetto secondario a parità di magnitudo, tipologia di costruzione etc.

Quanto pocanzi detto è legato alla cosiddetta "risposta sismica locale" ossia all'amplificazione del sisma in funzione del sito, del suo sottosuolo e anche della topografia.

In definitiva, possiamo affermare che in occasione di un terremoto, gli effetti che si osservano in superficie variano da luogo a luogo anche nell'ambito di un raggio d'azione molto ridotto. Ciò non è giustificabile con la lontananza dalla sorgente dell'evento sismico e/o con le modalità di propagazione delle onde sismiche, in quanto gli effetti provocati da un'onda sismica sulle costruzioni sono influenzati, oltre che dalla qualità delle costruzioni, anche

dalle caratteristiche geologiche e morfologiche locali, come lo spessore dei terreni superficiali, la presenza di aree dissestate, la stratigrafia dei terreni, etc. L'insieme di tali caratteristiche costituisce il quadro delle "condizioni locali al sito", determinanti per il tipo e l'entità degli effetti provocati da un terremoto e quindi per la "risposta sismica locale" della costruzione stessa.

**Un esempio eclatante dei possibili danni disastrosi che gli effetti di sito possono causare, è fornito dal terremoto dell'Abruzzo del 6 aprile 2009.**

Se si osserva lo scenario di alcuni siti della città dell'Aquila, si riscontra che vi sono edifici collassati e spesso ubicati accanto ad edifici con lievi danni strutturali.

Un esempio è rappresentato dalla "casa dello studente" costituita da più corpi di fabbrica in c.a. Trattasi di edifici contigui, con la medesima tipologia strutturale e della medesima età di costruzione, ma solo uno di essi ha subito un collasso strutturale.

Il crollo di un edificio è spesso dovuto a cause strutturali e quindi legate alla non corretta concezione strutturale e alla sua inadeguatezza a resistere all'azione sismica prevista. Gli edifici della casa dello studente pur avendo una identica struttura in c.a., hanno avuto risposte sismiche differenti, al punto che il collasso si è verificato per uno solo di essi. Tale collasso strutturale non può non essere



Figura 3. Effetto di sito (liquefazione): terremoto di Taichung (Taiwan) del 21 settembre 1999.



Figura 4. Effetto di sito (liquefazione): terremoto di Izmit (Turchia) del 17 agosto 1999.

Figura 5. Crollo strutturale di un edificio della "casa dello studente".



attribuibile ad una amplificazione locale legata ad effetti di sito.

Le caratteristiche geologiche del terreno su cui si estende la città dell'Aquila è spesso caratterizzata da disomogeneità, con la presenza di brecce carbonatiche consistenti che si alternano a zone di argille e limi lacustri.

Uno o più pilastri dell'edificio crollato poteva trovarsi in corrispondenza di una di queste disomogeneità caratterizzate da una ridotta capacità portante del terreno che sarebbe potuta essere ulteriormente influenzata da perdite di acqua, molto probabili, che rendendo il terreno saturo ne hanno inevitabilmente compromesso la sua resistenza ai carichi verticali.

Sicuramente i crolli sono da attribuirsi a diversi fattori: errori progettuali, errori realizzativi, ma anche fenomeni di risposta sismica locale.

In definitiva è opportuno ribadire che una corretta progettazione antisismica delle strutture non può prescindere da una altrettanto corretta caratterizzazione sismica del sito che non può essere caratterizzato genericamente da cartografia esistente o da esperienze legate ai siti nelle immediate vicinanze. Tutte le informazioni che caratterizzano sismicamente il sito dovranno costituire parte integrante per la progettazione antisismica delle strutture.

**L'evento sismico verificatosi il 6 aprile 2009 è stato caratterizzato da una magnitudo  $M_L=5.8$ , non particolarmente significativa se si pensa al terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 la cui magnitudo  $M_L=6.9$  fu maggiore di oltre un'unità e quindi con un rilascio di energia di circa 45 volte maggiore. Ciò che tale evento lo ha reso particolarmente distruttivo, sono stati i picchi di accelerazione al suolo registrati "peak ground acceleration - PGA".**

La Rete Accelerometrica Nazionale (RAN) ha fornito le PGA strumentali per il sisma principale (*mainshock*) del 6 aprile 2009. Si evidenzia che le stazioni relative alla città dell'Aquila

**hanno riportato PGA che variano da 0.374g a 0,675g.**

Sembra interessante osservare ciò che si è verificato nella città dell'Aquila, in via XX settembre, davanti alla casa dello studente, al numero civico 79. L'edificio in questione ha subito un completo crollo strutturale ed è stato questo edificio privato il primo a crollare ed anche il primo su cui la Procura dell'Aquila ha aperto un'inchiesta.

Il primo aspetto su cui è opportuno soffermarsi riguarda il livello di pericolosità sismica del sito, secondo quanto previsto dalla normativa nazionale, essendo l'aspetto più delicato oltre che inevitabile e fondamentale per la definizione delle azioni orizzontali di progetto sulla struttura.

Il territorio della città dell'Aquila è sempre stato considerato sismico dal 1915 ad oggi e in particolare, con l'introduzione delle zone simiche nel lontano 1927, l'intero territorio dell'Aquila venne classificato in *zona 2*. In seguito al terremoto dell'Irpinia del 1980 vi fu una prima riclassificazione sismica così come susseguì una seconda riclassificazione in seguito al terremoto di San Giuliano di Puglia del 2002. In entrambe le riclassificazioni, per la città dell'Aquila venne confermata la *zona 2*.

Si riporta in Figura 6 la Mappa pericolosità sismica del territorio nazionale a cura dell'INGV (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) relativa alle zone sismiche del territorio italiano secondo l'Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Secondo la zonizzazione del 2003, e quindi prima della mappa di pericolosità sismica delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (NTC 2008), il territorio della città L'Aquila, rientra nella *zona 2*, caratterizzata da un  $a_g=0.25g$  per suolo roccioso (categoria A). Per valutare il valore dell'accelerazione massima del terreno che caratterizza il sito ( $a_g \cdot S$ ) occorre considerare un fattore moltiplicativo ( $S$ ) che sappiamo tener conto del profilo stratigrafico del suolo di



fondazione. Considerando per il fattore  $S$  il massimo valore previsto pari a 1.35, si ottiene un valore di massima accelerazione attesa al suolo pari a:  $PGA=0.337g$ . Tale valore, fornito dalle norme antecedenti alle NTC 2008, è di gran lunga inferiore al valore registrato dalla Rete Accelerometrica Nazionale.

Si riporta anche la Mappa pericolosità sismica del territorio nazionale a cura di INGV secondo le recentissime NTC 2008. In particolare si fa riferimento ad un terremoto con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno  $T_R=475$

anni), riferita in condizioni di campo libero per suoli rigidi di categoria A ( $V_{s,30} > 800m/s$ ) con superficie topografica orizzontale.

Si osserva che la pericolosità sismica per l'intera città dell'Aquila ricade in una fascia che fornisce un range di accelerazioni al suolo pari a  $0.250g \div 0.275g$ .

Secondo le recenti NTC 2008, è possibile risalire alla pericolosità sismica del sito, in modo estremamente accurato tramite la latitudine e longitudine del sito in cui è localizzata la costruzione.

Nel caso in esame abbiamo:

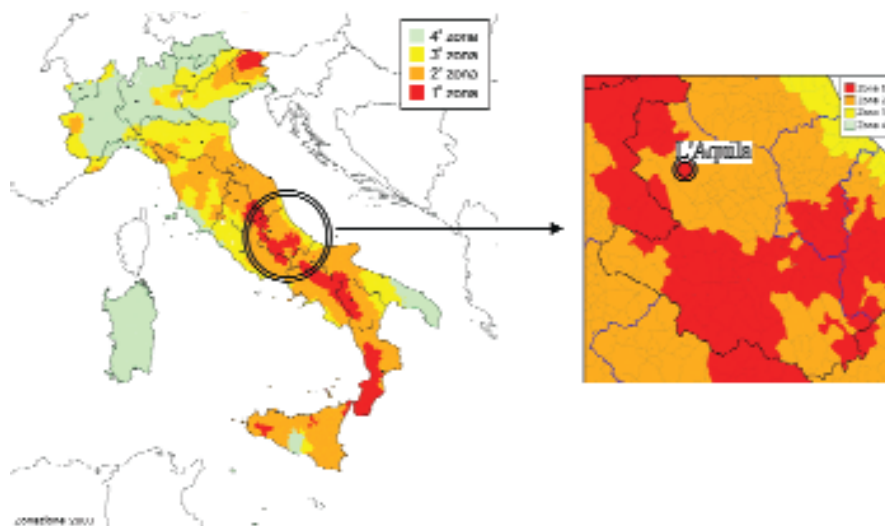


Figura 6. Zonizzazione secondo l'Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003 (da INGV).

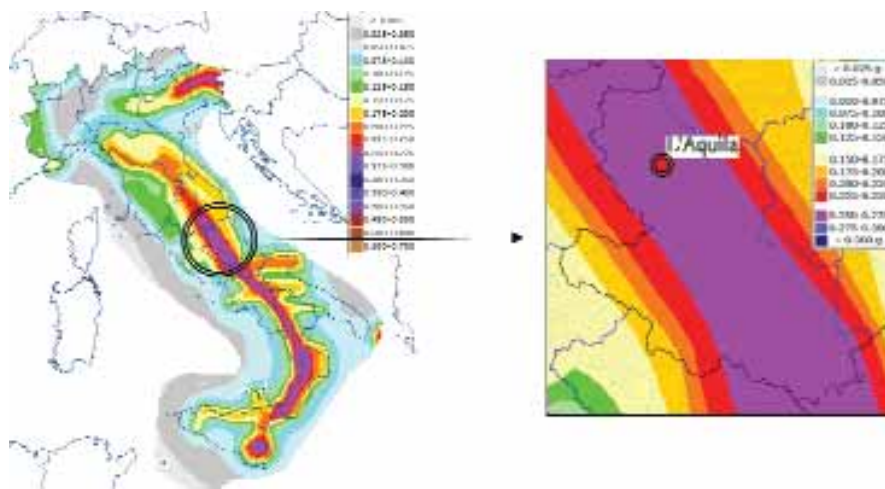


Figura 7. Mappa di pericolosità sismica secondo le NTC 2008 (da INGV).



**Indirizzo:** Via 20 Settembre,  
79, 67100 L'Aquila, Italia  
**Latitudine:** 42.347873  
(42° 20' 52.34" N)  
**Longitudine:** 13.392742  
(13° 23' 33.87" O)

Per assicurare il livello prestazionale di *Stato Limite di salvaguardia della Vita umana (SLV)*, il che equivale a considerare un terremoto con un periodo di ritorno particolarmente alto ( $T_R=475$  anni), si ottiene un valore di  $a_g=0.261g$  nel caso ci si trova in condizioni di campo libero con suolo rigido di categoria A ( $V_{s,30} > 800m/s$ ) con superficie topografica orizzontale.

Per il calcolo della PGA e quindi del valore di accelerazione massima del terreno che caratterizza il sito, occorre tener conto dei fenomeni di amplificazione legati alla stratigrafia del sottosuolo nonché alla topografia del sito.

Per considerare tali fenomeni di amplificazione, le NTC 2008 permettono di utilizzare opportuni fattori moltiplicativi: il fattore relativo all'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e il fattore relativo all'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

Ponendo  $S_S=1.8$  (massimo valore di amplificazione stratigrafica previsto) e  $S_T=1$  (o  $S_T=1.2$  massimo valore per categoria topografica  $T_2$  e  $T_3$ ) avremo:

SLV  $\rightarrow a_g=0.261g \rightarrow PGA=0.470g$   
con  $S_T=1$

SLV  $\rightarrow a_g=0.261g \rightarrow PGA=0.564g$   
con  $S_T=1.2$

**Si deduce che, anche per le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, si ottengono valori di accelerazione massima del terreno che caratterizza il sito, inferiori ai valori massimi registrati, dalla Rete Accelerometrica Nazionale, lo scorso 6 aprile nella città dell'Aquila, durante la scossa principale (PGA=0.675g).**

**Il maggiore valore di PGA registrato in corrispondenza della *mainshock* è da attribuire a fenomeni di amplificazione locali, non facilmente prevedi-**

**bili in assenza di accurati studi geologici e geotecnici del sottosuolo. Tali studi dovrebbero essere inscindibili da una corretta progettazione antisismica, tanto da considerare inevitabile una corretta ed approfondita caratterizzazione geologica e geotecnica del sottosuolo, prima di avviare una qualunque progettazione strutturale antisismica.**

Le stesse NTC2008, mostrano particolare attenzione agli aspetti geotecnici del sottosuolo e in particolare ai fenomeni di amplificazione locale, infatti al paragrafo 7.11.3.2 relativo all'amplificazione stratigrafica si legge: "... Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione **possono** essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza geotecnica dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico determinate mediante specifiche indagini e prove. ..."

Ovviamente usando il termine "possono" piuttosto che "devono", la norma rende quanto precisato non cogente, ma lascia a discrezione del progettista applicare o meno quanto giustamente precisato. In tal caso il progettista potrebbe anche non considerare tale esatta osservazione, senza per questo progettare in modo non conforme alle norme.

Le stesse NTC 2008, ai fini della caratterizzazione del sottosuolo e quindi assegnazione delle categoria, parlano di effettuare la misura diretta delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio  $V_{s,30}$ , strumento estremamente importante per l'individuazione certa dei siti affetti da fenomeni di amplificazione locale. Tale misurazione dovrebbe essere ritenuta obbligatoria ai fini dell'esclusione di fenomeni di amplificazione locale così catastrofici e non

semplicemente una misura *“fortemente raccomandata”* come testualmente riportato al paragrafo 3.2.2. Si auspica che le Norme Tecniche per le Costruzioni, possano rendere cogente quanto già precisato circa la valutazione di eventuali fenomeni di amplificazione locale, con accurate e standardizzate analisi geologiche-geotecniche del sottosuolo.

## Conclusioni

Spesso i notevoli danni causati da un terremoto sono da attribuirsi, non solo alla eccezionalità dell'evento, ma anche e soprattutto ad una serie di omissioni dell'uomo rispetto all'ambiente costruito. Se ciò è vero nella quasi totalità dei casi, è possibile però parlare di non trascurabili attenuanti, per usare un termine così ricorrente tra i giuristi, qualora l'evento sismico verificatosi sia particolarmente anomalo per intensità e/o per contenuto in frequenza. Quando si parla di evento anomalo, ci si riferisce ad un evento che le stesse normative antisismiche non hanno previsto per quel determinato sito. Ci riferiamo a quegli eventi sismici che fanno registrare un picco di accelerazione al suolo *“peak ground acceleration – PGA”* per quel determinato sito, maggiore di quella dettata dalle stesse normative antisismiche. In tal caso, in base all'intensità del sisma anomalo, avremo considerevoli danni e in alcuni casi si potrebbero verificare dei crolli anche per quelle strutture correttamente progettate secondo i dettami della normativa vigente. Se una costruzione in c.a. e in particolare un edificio residenziale in c.a. venisse correttamente progettato secondo i livelli prestazionali dettati dalle norme, tale struttura si troverà nella condizione di *Stato Limite Ultimo - SLU (o Stato Limite di salvaguardia della Vita umana – SLV)* ad essere progettato al limite del collasso. Ciò vorrebbe dire che se si verificasse un evento sismico con la PGA massima prevista dalla norma e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo

di ritorno  $T_R=475$  anni), avrei nella fase post-sisma una struttura danneggiata, non crollata, ma da demolire per l'eccessivo danneggiamento agli elementi strutturali. Qualora si verificasse un terremoto con una PGA maggiore di quella attesa, avrei inevitabilmente il crollo della struttura. Tale crollo non è da imputare alla non corretta progettazione perché avvenuta secondo norma, ma è da imputare al terremoto stesso che, nella sua imprevedibilità, si è manifestato in modo del tutto anomalo e quindi con una non agevole valutazione delle PGA attese per i vari siti.

Tale imprevedibilità rende il terremoto particolarmente insidioso anche per quelle strutture progettate con i più moderni sistemi innovativi di protezione sismica, come *l'isolamento alla base mediante strategia dell'elongazione del periodo*. Nel momento in cui si fissa il *periodo target* della struttura isolata alla base ( $T_{is}$ ), si individua il contenuto in frequenza di un segnale sismico che rende il terremoto potenzialmente distruttivo per la struttura in esame. Anche se uno studio probabilistico, basato su eventi sismici passati, escluderebbe un terremoto con tali caratteristiche, il verificarsi di tale evento non è da escludersi perché contraddirebbe la definizione stessa di terremoto: *uno tra i più imprevedibili eventi naturali*.

**L'unico sistema di protezione sismica efficace nella totalità dei casi, sarebbe un sistema innovativo (come il sistema di isolamento alla base mediante strategia della limitazione della forza) in grado di proteggere simultaneamente la struttura in modo del tutto indipendente dal tipo di evento sismico, svincolandosi sia della sua intensità sia dal suo contenuto in frequenza nonché dagli effetti di risonanza tra terreno e struttura (argomento attualmente in fase di studio e approfondimento al fine di prevenire disastrosi crolli strutturali cui sarebbero affetti strutture a base fissa in presenza di tale fenomeno).**



## IMPARANDO DAL TERREMOTO AQUILANO

La scienza a tutt'oggi non è in grado di fornire nessun metodo affidabile per prevedere l'imminenza dell'accadimento di un evento

**Bruno Palazzo**

Ordinario di Tecnica delle Costruzioni  
Università di Salerno

“ Sui danni e sui lutti del terremoto pesa la localizzazione dell'epicentro ma anche la debolezza e l'inadeguatezza delle amministrazioni locali, la povertà della qualità dei progetti e dell'esecuzione, l'errore umano, l'assenza di manutenzione ”

Di ritorno dalle zone colpite, con ancora negli occhi e nel cuore le immagini della tragedia, il tuono delle scosse di replica, il ritrovato senso di solidarietà nazionale di fronte al dolore della popolazione abruzzese, la straordinaria organizzazione degli aiuti delle forze dell'ordine e della Protezione Civile, mi sembra utile scrivere "a caldo" e da "tecnico" alcune considerazioni per trarre qualche insegnamento da quanto accaduto.

Il terremoto aquilano ha confermato la serietà del rischio sismico nel nostro Paese. Questi i numeri: 30.000 terremoti nell'ultimo millennio, 222 assolutamente distruttivi; 122.000 morti negli ultimi 100 anni; 150.000 miliardi di lire per gli interventi di ricostruzione negli ultimi 30 anni.

L'elevato rischio dipende sì dalla frequenza ed intensità dei fenomeni ma fondamentalmente dall'elevata vulnerabilità del nostro patrimonio edilizio: in Paesi in cui i livelli di energia dei terremoti sono molto più elevati, fenomeni della stessa intensità hanno conseguenze più limitate.

La scienza a tutt'oggi non è in grado di fornire nessun metodo affidabile per prevedere l'imminenza dell'accadimento di un evento. Il terremoto è praticamente l'unico fenomeno naturale che ha questa incapacità di previsione temporale. L'unico caso al mondo di evacuazione di una città immediatamente prima di un terremoto distruttivo è avvenuto ad Heicheng in Cina nel 1975 avendo os-

servato importanti segni premonitori quali deformazioni al suolo, variazioni del livello di acqua nei pozzi, attività sismica precedente.

Ciò significa che l'unico modo per difendersi dai terremoti è vivere e lavorare in edifici che offrono una sufficiente resistenza sismica o che per lo meno non crollino sotto il terremoto.

Per comprendere la situazione attuale di rischio bisogna ricordare che il nostro paese è partito con ritardo nella classificazione sismica del territorio: la prima dopo il terremoto di Messina - Reggio Calabria nel 1908; si è poi andati avanti con decreti del Ministero dei Lavori Pubblici, mediante i quali si giudicava sismico ex post ogni parte del territorio che veniva via via colpita da eventi distruttivi: situazione oggettivamente illogica. Si pensi a tutte quelle zone italiane colpite, distrutte, rase al suolo da terremoti prima del 1900, e quindi notoriamente sismiche, ma che non risultavano ancora classificate tali sulla mappa del 1980. Esempio lampante è la città di Catania, che, nonostante il terremoto del 1693 avesse provocato 15.000 morti su 25.000 abitanti, nel 1980 non era ancora classificata come sismica. Solo dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980 con la nomina dell'On. Zamberletti come Ministro del 1° governo Spadolini del 1981 si avviò un diverso e corretto criterio di classificazione sismica e venne coinvolta la Comunità Scientifica con la costitu-

Ingegneri  
Napoli

zione della 1° Commissione Scientifica che diventerà poi la Commissione Grandi Rischi.

Pertanto, solo in anni recenti sono state messe a punto mappe adeguate della pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanze PCM 3274/03 e 3519/06) e norme tecniche allineate con i livelli di conoscenza della comunità scientifica internazionale (Norme Tecniche per le Costruzioni – D. M. 14 gennaio 2008).

Le conseguenze di tutto ciò sono gravissime: nella maggior parte delle zone sismiche di Italia si è cominciato a progettare e costruire con criteri antisismici dopo gli anni '80. Oggi solo il 16-18% degli edifici rispetta presumibilmente la normativa antisismica. Se proiettiamo, estrapolando al futuro, il numero di edifici che verranno costruiti nei prossimi 30 anni in Italia, questa percentuale cresce solo del 5-8%. Quindi tra 30 anni, se non facciamo nulla, continuiamo ad avere, nelle zone sismiche in Italia, il 75% degli edifici progettati e costruiti prima della classificazione sismica.

Occorre ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici esistenti. C'è naturalmente il problema delle risorse. Quindi è fondamentale scegliere le priorità, perché il livello di rischio è altissimo e le risorse disponibili sono scarse. I criteri di priorità devono essere obiettivi e trasparenti.

Dopo il sisma del Molise ed il crollo della scuola di S. Giuliano di Puglia con l'Ordinanza 3274/2003 era stato decretato l'obbligo di procedere alla verifica degli edifici pubblici e delle infrastrutture strategiche o rilevanti nelle zone 1 e 2 a maggiore pericolosità entro 5 anni.

Oggi a distanza di oltre 5 anni possiamo dire che le verifiche non sono state attuate se non in minima parte. Ancora bisogna ricordare che dal 1996 al 2001 il Dipartimento della Protezione Civile ha promosso e realizzato, attraverso il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), alcune estese campagne di

rilevazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio dell'Italia meridionale (Abruzzo, Basilicata, Calabria, Campania, Molise, provincia di Foggia in Puglia e Sicilia). Il censimento ha riguardato l'edilizia pubblica, privata, monumentale e, in alcuni casi, le reti infrastrutturali.

È rilevante osservare che tutti gli edifici crollati all'Aquila, il Conservatorio, la Prefettura, le due sedi universitarie, la Biblioteca provinciale, l'ex Accademia e altri ancora, erano stati tutti giudicati «ad alta vulnerabilità». Quindi il Censimento della Vulnerabilità sarebbe servito a mitigare gli effetti del sisma se si fosse agito secondo le priorità indicate.

Nella Regione Campania sono stati censiti 13400 edifici pubblici di cui 5000 scuole (1500 nel territorio provinciale di Napoli). Sulla base dei dati disponibili della vulnerabilità e della pericolosità sismica delle singole sedi è possibile stimare che, in tutto il territorio regionale, circa 1500 edifici pubblici, di cui 875 scuole, sono da considerare in prima approssimazione ad elevato rischio sismico.

Le verifiche strutturali vanno eseguite anche su ponti e viadotti delle reti stradali provinciali e di quelle ex Anas che a seguito della dismissione sono passate per l'85% agli enti locali che non riescono ad assicurare la manutenzione ordinaria né le necessarie ispezioni. Il 30 aprile u.s. è crollato un ponte sul Po sulla SS9 Piacenza – Lodi che per pura fortuna non ha provocato vittime.

Va infine considerato che molti edifici pubblici e scolastici in c.a. sono stati realizzati negli anni '50-'60 quando si doveva costruire molto ed in poco tempo. Spesso non hanno qualità architettonica, gli impianti sono carenti. Considerando per le costruzioni in c.a. una vita utile intorno ai 50 anni senza interventi di straordinaria manutenzione, molti di questi edifici sono nella fase terminale della vita utile. Se poi non sono strutturalmente idonei e sismoresistenti va considerata seriamente la possibilità di

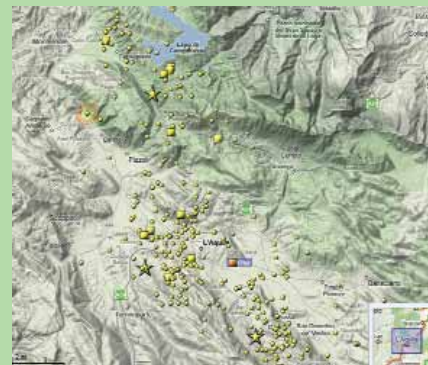


Figura 1. Principali eventi registrati nell'Aquilano con magnitudo maggiore di 5 (stelle), compresa tra 4 e 5 (quadrati), minore di 4 (cerchi) (fonte: INGV <http://openmap.rm.ingv.it/gmaps/rec-big/Index.htm>).



Figura 2. Comparazione tra la risposta spettrale valutata nella Valle dell'Aterno (stazione AQV) (Sax ed Say) e la domanda sismica prevista per lo stesso sito dalle NTC2008 per gli stati limite di immediata operatività (SLO), controllo del danno (SLD), salvaguarda della vita (SLV) e prevenzione del collasso (SLC) nel caso di edifici strategici (fonte: L. Petti, I. Marino "Preliminary comparison between response spectra evaluated at close source for l'Aquila earthquake and elastic demand spectra according to the new seismic Italian Code" - <http://www.reluis.it/index.html>).

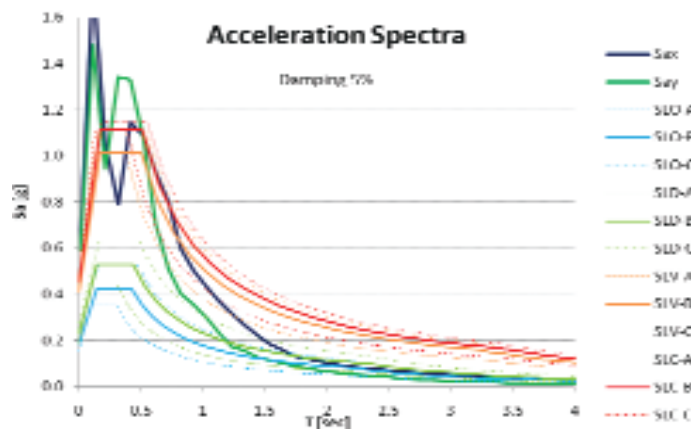


Figura 3. Ospedale San Salvatore (AQ).

rottamazione e sostituzione con edilizia di qualità.

L'evento del 6 aprile occorso nell'Aquilano è stato il culmine di uno sciame sismico ancora in corso. Durante l'evento principale sono state registrate accelerazioni al suolo particolarmente severe nell'area epicentrale con accelerazioni spettrali che, in qualche caso, hanno sensibilmente superato anche i livelli previsti dalle Nuove Norme Tecniche NTC 14 gennaio 2008. Il livello di danneggiamento verificatosi all'Aquila trova spiegazione sul fatto che l'epicentro si è verificato sotto i piedi della città. Mano a mano che la rete accelerometrica internazionale si è andata infittendo ha potuto registrare fenomeni via via più vicini alle aree epicentrali (near-fault areas). Orbene si è osservato che nelle zone prossime al processo di rottura sismogenetico si verificano molti effetti speciali tra i quali picchi elevati di accelerazione e velocità caratterizzati da marcata direzionalità. Appare quindi importante che le nuove norme tengano conto anche degli effetti near-fault

nella previsione della pericolosità sismica almeno per gli insediamenti notoriamente situati a cavallo di notissime faglie sismogenetiche attive. Il danneggiamento grave dell'Ospedale dell'Aquila di recente ultimazione ha sconcertato l'opinione pubblica. Gli edifici ospedalieri non solo devono rispettare le norme sismiche ma devono poter assicurare prestazioni sismiche superiori e più articolate in termini di immediata operatività post evento. Questo, senza ombra di dubbio, il recente terremoto lo ha drammaticamente sottolineato. L'assoluta assenza di danno, anche in considerazione di quanto verificatosi, è oggi raggiungibile ricorrendo, ad esempio, a tecnologie innovative come l'Isolamento Sismico già applicato per l'Ospedale del Mare in costruzione a Ponticelli - Napoli con incrementi di costo molto contenuti. Gli spettri di risposta delle accelerazioni registrate dalle stazioni prossime all'epicentro nel sisma del 6 aprile hanno evidenziato che l'isolamento sismico spostando il periodo naturale di vibrazione nel campo 2-2,5 sec avrebbe ridotto di molto l'accele-

Figura 4. UCLA University Hospital: registrazioni accelerometriche sull'edificio. Terremoto di Northridge, 1994.



razione spettrale e consentito di superare senza danno il terremoto. Nella Figura 4 è rappresentata la risposta accelerometrica registrata sull'Ospedale dell'Università della California UCLA University Hospital, isolato alla base, sotto il sisma di Northridge, 1994.

Nelle fasi di emergenza post-sismica abbiamo effettuato numerose verifiche di agibilità di edifici strategici nell'ambito di ReLUIIS (Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica).

La verifica di agibilità è un'operazione molto delicata che rappresenta una valutazione temporanea e speditiva – vale a dire formulata sulla base di un giudizio esperto e condotta in tempi limitati in base alla semplice analisi visiva ed alla raccolta di informazioni facilmente accessibili – volta a stabilire se, in presenza di una crisi sismica in atto, gli edifici colpiti dal terremoto possano essere utilizzati restando ragionevolmente protetta la vita umana. Il presupposto delle verifiche di agibilità post sisma è l'evidente collaudo subito dalle costruzioni presenti nell'area interessata dal sisma. È opportuno segnalare che la stessa procedura non è applicabile lì dove le costruzioni non sono state oggetto di risentimento sismico. In alcuni casi sono stati messi in sicurezza, con semplici sistemi, edifici storici monumentali nei confronti delle scosse di replica cercando alcune delle parti maggiormente vulnerabili con fasce tessili.

Abbiamo visitato molti edifici scolastici le cui strutture hanno tenuto ma si è verificato in molti casi il crollo di controsoffitti pesanti. Quante sarebbero state le giovani vittime se l'evento si fosse verificato durante l'orario scolastico? Occorre ripensare profondamente alla sicurezza degli edifici scolastici su cui poco si è fatto una volta dimenticata la tragedia di S. Giuliano di Puglia, varando un Piano Straordinario per l'Edilizia Scolastica.

È quindi urgente, poco costoso e di semplice realizzazione rimuovere le controsoffittature pesanti da tutti gli edifici scolastici che a volte sono sospesi a tiranti di acciaio ossidato nascosti nell'interno della soffittatura.

L'esperienza a caldo delle verifiche degli edifici mi spinge ad un'ulteriore riflessione: quanto sarebbe più accurata la verifica di staticità se fosse condotta con l'ausilio dei disegni originali di progetto? L'istituzione di un archivio digitale per la conservazione degli as-built da parte del costruttore semplificherebbe queste ispezioni e l'esecuzione degli interventi di manutenzione.

In conclusione, sui danni e sui lutti del terremoto pesa la localizzazione dell'epicentro ma anche la debolezza e l'inadeguatezza delle amministrazioni locali, la povertà della qualità dei progetti e dell'esecuzione, l'errore umano, l'assenza di manutenzione. Incidono le carenze dell'intervento ordinario di controllo del processo costruttivo dell'edilizia pubblica e privata, l'inadeguatezza di alcuni uffici tecnici che complicano il semplice attraverso l'inutile, i criteri spesso clientelari per gli affidamenti degli incarichi professionali basati sulla quantità e non sulla qualità delle esperienze precedenti, l'accorciamento dei tempi di progettazione e l'abolizione dei minimi tariffari che spesso fa sì che il confronto abbia ad oggetto il costo e non la qualità della prestazione.

Occorre modificare qualche cosa nel profondo dei comportamenti amministrativi progettuali costruttivi e manutentivi delle costruzioni pubbliche e private; ciò non si ottiene solo a colpi di ordinanze o mediante il varo di complesse normative tecniche ma riavviando l'impegno civile e rinforzando la cultura complessiva del paese nei confronti dei Rischi naturali a partire dalla scuola e dalle Università.



Figura 5. Esempio di collasso di una chiesa a Coppito in seguito alle scosse di replica.



Figura 6. Esempio di provvedimenti di pronto intervento di rapida realizzazione, cerchiaggio di un campanile con fasce in tessuto, area di Sulmona (AQ).



Figura 7. Scuola elementare Circolo Galilei (AQ), crollo di controsoffitti pesanti.



## PER RICORDARE FERDINANDO PENNAROLA

Tutti gli ingegneri napoletani hanno avuto modo di conoscere le doti e l'umanità di Nando Pennarola. Ecco perché il Consiglio dell'Ordine come espressione degli iscritti è stato profondamente colpito quando ha appreso la feroce notizia della Sua scomparsa.

Era una persona che ha dimostrato grande disponibilità e cortesia sia nella vita professionale che nell'ambito dell'attività svolta all'Ordine.

Egli ha prestato la sua attività di ingegnere presso l'Amministrazione Provinciale di Napoli. Nella veste di progettista e direttore dei lavori ha svolto importanti incarichi tra cui la concezione e la realizzazione di una rete stradale efficiente in tutta la provincia nonché di numerosi edifici a servizio degli Istituti Tecnici.

Nel 1978 lasciò l'Amministrazione Provinciale con la qualifica di Ingegnere Capo andando a riposo per limiti di età.

Dopo qualche anno intraprese l'attività di libero professionista come collaudatore in corso d'opera, ed Ingegnere Capo per i lavori di ristrutturazione della sede dell'Istituto Suor Orsola Benincasa, di Presidente della Commissione di Alta Vigilanza dei lavori di costruzione della nuova sede dell'Università degli Studi del Molise, nonché come Consulente di parte in numerosi arbitrati.

Nel biennio 1993-1995 è stato anche componente della Commissione Edilizia del Comune di Napoli che ha presieduto nel periodo da maggio a ottobre del 1995.

Egli è stato componente del Consiglio dell'Ordine nel periodo dal 1967 al 1988. Inoltre dal 1980 al 1986 è stato Segretario del Consiglio. In tale incarico ha affiancato il Presidente Scotti nel difficile periodo del post terremoto gestendo con grande efficacia, i complessi rapporti con il Commissariato Straordinario di Governo presieduto dall'On.le Zamberletti.

Fino agli ultimi mesi di vita è stato componente della Commissione "Saggi" per l'istruttoria dei provvedimenti disciplinari. La Commissione si è avvalsa della sua preziosa preparazione professionale e deontologica grazie alla quale ha fornito molti preziosi consigli e giudizi sulle questioni che gli venivano sottoposte.

Egli è stato insignito nel 2001 del titolo di "Senatore dell'Ordine" e nel 2006 di quello di "Senatore Emerito". Inoltre il Consiglio dell'Ordine per testimoniare la stima verso Ferdinando Pennarola gli ha attribuito anche il prestigioso riconoscimento della "Targa d'onore al merito professionale".

Pennarola è stato altresì componente e Segretario generale del Consiglio dell'ANIAI.

A nome di tutti gli iscritti desideriamo testimoniare il nostro profondo cordoglio e la nostra partecipazione al dolore della famiglia.

Ciao Nando ci guarderai dall'alto dei cieli.

*La Commissione "Saggi"*

# SICUREZZA E QUALITÀ DELLA VITA NEGLI EDIFICI DESTINATI AD UFFICI PUBBLICI

“Rischi trasversali”: i maggiori responsabili di una qualità della vita assai scadente nei lavori di ufficio  
L’innovazione del D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008



## 1. Premesse

Prima dell’avvento del D.Lgs. 626, il 19 settembre 1994, era opinione comune che la sicurezza fosse un problema proprio del mondo della produzione industriale, ed in particolare dell’industria pesante e dell’edilizia. Per gli altri ambienti vissuti sembrava sufficiente il senso comune, o – al più – una limitata attenzione agli impianti elettrici, stante le sanzioni previste dalla legge 46 del 1990, e alla prevenzione incendi, anche qui per l’incidenza delle penalizzazioni previste dalla normativa vigente.

A queste conclusioni il cittadino comune era indotto dal fatto che la cultura delle prevenzioni, per quanto antica in Italia, si era sempre limitata a riferirsi agli ambienti di lavoro manuale, e peraltro con risultati che, se vogliamo dar retta alle statistiche, andavano considerati tutt’altro che confortanti.

Negli altri ambienti di lavoro, e in particolare negli uffici pubblici, l’attenzione alla sicurezza era sempre stata (ed ancor oggi spesso è) molto prossima allo zero.

Vero è che in tali ambienti gli infortuni gravi, quelli di natura traumatica, in termini statistici sono ben meno che quelli registrati nell’industria manifatturiera, ma non poche sono le malattie professionali, che si registrano a lunga distanza dal manifestarsi dell’evento scatenante. Peraltro in passato non era nemmeno ben defi-

nita, negli enti pubblici, la figura fisica del datore di lavoro, e comunque per il funzionario più alto in grado l’attenzione al settore era frenata sia da una non ben normata definizione delle responsabilità, sia un diffuso convincimento che le malattie professionali fossero talvolta un pretesto attivato da persone litigiose per raggiungere una pensione anzitempo o qualche altra forma di risarcimento. Tali affermazioni potrebbero far pensare a un pessimismo caratteriale da parte dell’autore, ma non è difficile constatare quanto esse siano vicine alla verità.

Il D.Lgs. 626, configurando come datori di lavoro anche i dirigenti responsabili degli uffici pubblici, pareva aver messo fine ad un malcostume. Ma, a parte ritardi ed inadempienze, non di rado dirigenti in veste di datore di lavoro hanno pensato che rispettare tale norma potesse ridursi a coprire le proprie responsabilità attraverso l’affidamento a persone più o meno competenti l’analisi formale dei rischi e la redazione del documento della sicurezza, molto spesso incongruente con le situazioni di fatto. A completare il danno ci hanno pensato i software informatici, che a decine hanno invaso il mercato offrendo la possibilità di pervenire a un corposo documento di sicurezza semplicemente raccogliendo pochi dati formali. Questi ultimi, dati in pasto a un “programma”, si traducono in un elaborato dal bel “look”, ma in genere poco leggibile ed assai spesso

Pietro Ernesto De Felice

Ingegnere  
Vicepresidente Vicario C. N. I.

“Qualità della vita in ambiente di lavoro significa operare al riparo di ogni possibile rischio ed in condizione di comfort fisico e spirituale”





disaffetto alle reali condizioni (peraltro non sempre facilmente individuabili) di rischio all'interno dei lavori d'ufficio.

## 2. L'innovazione del D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008

Già il D.Lgs. 626 aveva inteso stravolgere il tradizionale comportamento di tutte le persone coinvolte rispetto al problema della sicurezza. Con il DPR 547 del 1955 la sicurezza era predeterminata da accorte definizioni di tipologie ricorrenti di rischio, con la individuazione di corrispondenti corretti comportamenti dei lavoratori. Per il datore di lavoro era sufficiente assicurare il rispetto della norma (attraverso configurazioni del posto di lavoro, opportuni impianti, mezzi di protezione individuali prescritti ecc.) per mettersi al coperto rispetto a responsabilità penali e civili. Con il 626 ciò non era più sufficiente. Ma soprattutto è il D.Lgs. 81/2008 che, accertato che gli effetti delle norme previdenti comunque non avevano dato risultati del tutto soddisfacenti, ha inteso puntualizzare responsabilità e comportamenti.

Al datore di lavoro, al di là della norma, compete effettuare una accurata analisi dei rischi, siano essi normati che comunque individuabili e presenti. Individuati i rischi, il datore di lavoro definirà i più opportuni accorgimenti per eliminarli o comunque ridurli al minimo. È l'obbligo del datore di lavoro per attività d'ufficio non si differenzia dal datore di lavoro di attività produttive industriali. Anzi, li arricchisce di considerazioni che riguardano la monotonia del lavoro, attività stressanti, mobbing e così via, come meglio vedremo in seguito.

Lo stesso lavoratore viene chiamato in causa come responsabile in quanto obbligato a preoccuparsi della propria sicurezza e quella di chi a qualunque titolo è con lui collegato. Comunque, l'analisi dei rischi non si limita al problema della sicurezza, ma si estende alla salute (rischi igienico-ambientali) ed in genere a tutte

quelle condizioni ambientali e di lavoro che incidono sulla persona.

Val la pena, a questo punto, segnalare quali sono le "misure generali di tutela" come indicate all'art. 15 del D.Lgs. 81, leggendoli con specifica attenzione ai lavori propri negli uffici in generale, e negli uffici pubblici in particolare.

L'art. 15 citato recita:

*"Le misure generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro sono:*

- a) la valutazione di tutti i rischi per la salute e la sicurezza;*
- b) la programmazione della prevenzione, mirata a un complesso che integri in modo coerente nella prevenzione le condizioni tecniche produttive dell'azienda nonché l'influenza dei fattori dell'ambiente e dell'organizzazione del lavoro. (n.d.c. è evidente che per produttività si intende sia la produzione di bene che, come negli uffici pubblici, di servizi).*
- c) L'eliminazione dei rischi e, ove ciò non sia possibile, la loro riduzione al minimo, in relazione alle conoscenze acquisite in base al progresso tecnico*
- d) Il rispetto dei principi ergonomici dell'organizzazione del lavoro, nella concezione dei posti di lavoro, nella scelta delle attrezzature e nella definizione dei metodi di lavoro e produzione, in particolare al fine di ridurre gli effetti sulla salute del lavoro monotono e di quello ripetitivo (n.d.c. Vedremo che questo è uno dei fattori di rischi particolarmente presente, anche se spesso in modo occulto, nel lavoro d'ufficio)*
- e) La riduzione dei rischi alla fonte*
- f) La sostituzione di ciò che è pericoloso con ciò che non lo è, o è meno pericoloso*
- g) La limitazione al minimo del numero dei lavoratori che sono, o che possono essere, esposti al rischio*
- h) L'utilizzo limitato degli agenti chimici, fisici e biologici sui luoghi di lavoro*
- i) La priorità delle misure di protezione collettiva rispetto alle misure di protezione individuale*
- l) Il controllo sanitario dei lavoratori*

m) *L'allontanamento del lavoratore dall'esposizione al rischio per motivi sanitari inerenti la sua persona e l'adibizione, ove possibile, ad altra mansione*

n) *L'informazione e formazione adeguate per i lavoratori*

o) *L'informazione e formazione adeguate per dirigenti e preposti*

p) *L'informazione e formazione adeguate ai rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza*

q) *L'istruzione adeguata ai lavoratori*

r) *La partecipazione e consultazione dei lavoratori*

s) *La partecipazione e consultazione dei rappresentanti dei lavoratori per la sicurezza*

t) *La programmazione delle misure ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza, anche attraverso l'adozione di codici di condotta e di buone prassi*

u) *Le misure di emergenza da attuare in caso di primo soccorso, di lotta antincendio, di evacuazione dei lavoratori e di pericolo grave ed immediato*

v) *L'uso di segnali di avvertimento e sicurezza*

w) *La regolare manutenzione di ambienti, attrezzature, impianti, con particolare riguardo ai dispositivi di sicurezza, in conformità alla indicazione dei fabbricanti".*

Ho voluto riportare nel dettaglio le misure generali, così come indicate all'art. 51, nel convincimento che esse sono generalmente note ai lavoratori impegnati nelle grandi aziende di produzione di beni, ma assolutamente sottostimate dai lavoratori (e non solo!) impegnati negli uffici pubblici. Peraltro il fatto che esse siano generalmente definite in dettaglio nei documenti della sicurezza e nelle analisi dei rischi, poco incide sulla coscienza dei lavoratori in uffici, che in genere non hanno conoscenza dei "piani di sicurezza"; nei corsi di formazione, che in genere i datori di lavoro organizzano, i lavoratori sono poco attenti, se non addirittura assenti.

Nello specifico delle attività da ufficio assumono rilevanza i cosiddetti "rischi trasversali", come descritti al capoverso d) dell'art. 15.

Essi, tra l'altro, riguardano: l'organizzazione del lavoro; fattori psicologici; fattori ergonomici; condizioni "difficili".

Dato per scontato che i fondamentali rischi per la sicurezza (in particolare elettrici e d'incendio) e quelli per la salute sono in genere ben individuabili, pur se spesso poco significativi, nelle attività di ufficio (anche sulla scorta della consistente letteratura in materia e dei software informativi in commercio), riteniamo che siano proprio i "rischi trasversali" i maggiori responsabili di una qualità della vita spesso assai scadente nei lavori di ufficio.

Essi spesso si traducono in uno stato di malessere non meglio qualificabile o individuabile, stress e disagio, peraltro non quantificabili in chi ne subisce le conseguenze eppur condizionanti sul livello di soddisfazione per il proprio lavoro, con conseguenze talvolta persistenti anche al di fuori del lavoro.

### 3. I rischi trasversali

Negli uffici, in senso lato, non si vive bene! I responsabili dei servizi di prevenzione e protezione ed i medici competenti se ne rendono ben conto durante le visite periodiche ed i corsi di formazione, quando debbono raccogliere le più disparate doglianze relative a disagio ed a non meglio definiti "malesseri" dei lavoratori d'ufficio, assai spesso non accompagnate da motivazioni sostanziose.

Un primo fattore che condiziona la qualità della vita nel lavoro d'ufficio riguarda l'organizzazione del lavoro. Troppo spesso si tratta di lavoro usurante, sia pure in assenza di impegno fisico significativo. Si pensi al lavoro in continuo contatto con il pubblico, attività in ambiente chiuso, anche se con aria condizionata, sistemi di turni non graditi o comunque non coerenti con le esigenze del lavora-





tore, per non dire di orari impropri determinati da esigenze del capufficio o dei beneficiari del servizio d'ufficio.

Nell'organizzazione del lavoro un'attenzione particolare, negli uffici, va attribuito alle postazioni con video-terminali, ormai sempre più diffuse. Campagne improprie di stampa, e comunque correnti di opinione pubblica hanno determinato confusione e preoccupazioni esagerati rispetto a tale posto di lavoro. Tale confusione si misura nella ricorrente lamentela degli operatori in merito a mal di testa ed altri disagi minori che, a dire dei più, sarebbero causate da emissioni dannose dallo schermo, campi elettromagnetici ed altre diavolerie che si attribuiscono ai terminali video dei computer. A nessuno viene in mente che tali condizioni di disagio fisico potrebbero avere origine da fatti più banali, ricadenti spesso nella responsabilità personale dell'operatore.

In un ufficio pubblico con oltre 500 dipendenti, il responsabile dei servizi di prevenzione e protezione, accompagnato dal medico competente, ha dovuto constatare che in oltre l'80% dei casi, pur essendo la postazione iniziale formalmente corretta, era l'utente che non si posizionava correttamente sulla regolamentare poltrona a cinque razze, sedendo in malo modo con la schiena non appoggiata allo schienale, con i piedi penzoloni, con una livellazione dell'altezza rispetto al piano di lavoro non giusto, con lo schermo orientato in modo da produrre riflessi della illuminazione naturale o artificiale in loco. In molti casi i tavoli di lavoro erano stati spostati dalla corretta posizione definita dal progettista del layout al solo fine di avere un diverso rapporto con la vista esterna dalle finestre o magari vicinanza con un compagno di stanza. In qualche caso ciò aveva determinato la fuoriuscita delle torrette a pavimento portaprese, mettendole fuori dall'area di proiezione dei tavoli e conseguentemente lungo percorsi pedonali, con la de-

terminazione di gravi situazioni di rischi d'infortuni.

Situazioni evidenti, in genere segnalate dal RSPP e dal Medico Competente, ma senza eccessiva pressione, ma quasi sempre disattese dai singoli datori di lavoro, a differenza, ad esempio, del lavoratore nel settore della produzione industriale che sempre rigorosamente rispetta la postura di lavoro che gli viene affidata, se non altro perché in questo caso (ad esempio, nell'impiego di un tornio o una pressa taglialamiera) sono più consistenti e meglio individuabili.

Ancora più pesanti, a nostro avviso, sono i "fattori psicologici", che incidono sulla qualità della vita nei luoghi di lavoro d'ufficio.

Spesso non v'è omogeneità nei ritmi, con addensamento di impegno e responsabilità connessa in certi particolari momenti (il capufficio che sollecita una pratica, il completamento della posta in partenza, la chiusura pratiche a fine giornata, i momenti specifici di attività allo sportello ecc.), ovvero il tipo di lavoro si caratterizza per ripetitività ossessionante, monotonia.

Talvolta è la solitudine, l'operare in un ambiente in assenza costante di altri operatori, a produrre disagio e stress, ovvero, al contrario, è la presenza in ambienti più o meno affollati, con rapporti conflittuali con altri operatori presenti nello stesso luogo che può essere fonte di disagi, e comunque bassa qualità di vita.

Negli uffici pubblici si è spesso chiamati a processi decisionali sulle situazioni più disparate, ed in genere piace al lavoratore poter essere arbitro, o comunque partecipare al processo decisionale su cui sta operando. Ma spesso ciò non avviene, o addirittura non è consentito, e certamente l'operatore interessato non può sentirsi abilitato e soddisfatto di sé e del proprio lavoro.

Anche a questo proposito la situazione opposta può produrre disagio: nel caso di mansioni complesse di

elevata responsabilità, in assenza di contributi di altri e comunque di controllo opportuno.

C'è poi un fatto comportamentale, di chi per sua natura è portato a reazioni anomale in casi di emergenze, con riflessi negativi sul proprio sistema nervoso.

Rimanendo sempre nei "rischi trasversali", va sottolineato che spesso negli uffici pubblici, specie se ubicati in edifici storici o comunque vetusti, si è chiamati ad operare in assenza di impianto di condizionamento, con temperature estive esasperate, umidità incontrollate e conseguente esigenza di operare con infissi aperti, soggetti a corrente d'aria che al momento possono dare refrigerio, ma lasciano col tempo profonde tracce sulla salute.

Non facciamo conto delle condizioni di lavoro difficili, che rappresentano eccezioni che, come tali, in genere sono di volta in volta valutate e possono determinare specifiche misure protettive.

#### 4. Altri rischi igienico-ambientali negli uffici pubblici

La letteratura prevalente riserva documentata attenzione ai rischi per la salute di tipo igienico e ambientali, beninteso con riferimento alle condizioni più generali, rispetto alle quali il lavoro d'ufficio rappresenta un'aliquota spesso poco significativa.

Tra essi si sottolineano gli effetti degli agenti chimici, tossici o nocivi, invero raramente rilevabili negli uffici (ma la presenza di polveri inquinanti spesso è tutt'altro che trascurabile), e così pure agenti biologici, mentre ben più consistenti sono gli effetti degli agenti fisici, che potremo così sintetizzare:

- rumore;
- vibrazioni;
- radiazioni non ionizzanti;
- microclima;
- illuminazione.

Il rumore è, in ordine di tempo, l'ultimo arrivato nel novero dei fenomeni

fisici significativi sul luogo di lavoro, segnatamente a partire dalla legge 277/91, ma esso si accompagna con gride allarmanti che vengono d'oltreoceano in merito a danni alla salute che il rumore può comportare. Un tempo si riteneva che i rumori, e con essi le vibrazioni, influissero fondamentalmente sullo stato degli organi dell'udito, ma studi più recenti confermano che il loro effetto è ben più devastante sul sistema neuro-vegetativo, tanto da essere additato come una delle maggiori cause delle malattie professionali più ricorrenti.

Negli uffici, assai spesso i rumori non sono estranei alle normali condizioni ambientali.

Si parte dai rumori provenienti dall'esterno, quando l'edificio è prospiciente a strade di grande traffico se non addirittura a porti o aeroporti, per arrivare ai rumori meno devastanti, ma proprio per questo più infidi, che vengono dalle macchine d'ufficio, specie se concentrate in gran numero in spazi ristretti e in assenza di convenienti strutture fonoisolanti o fonoassorbenti.

Lo sviluppo dissennato degli impianti di condizionamento ambientale, affidati spesso a tecnici di poca competenza e scarso scrupolo, ha appesantito non poco il problema dei rumori in prossimità delle macchine di condizionamento, ma spesso anche per la sola presenza di canalizzazioni non coibentate acusticamente e percorse da aria ad elevata velocità. Ci sono da tenere in conto, poi, i rumori da affollamenti agli sportelli, che si accompagnano agli stessi propri della litigiosità degli avventori agli sportelli pubblici desiderosi sempre di maggiore efficienza e tempestività, desideri che si traducono in "assalti verbali" agli incolpevoli impiegati.

Comunque, l'esposizione ai rumori è fondamentalmente condizionata dai tempi, stante la capacità dell'organismo di recuperare gli effetti in seguito a rumori o vibrazioni subiti per un periodo continuo relativamente breve, per cui limitando i tempi di espo-





sizione o ricorrendo a protezioni personali è possibile evitare o comunque limitare il danno.

La presenza di sorgenti di radiofrequenze, microonde, radiazioni infrarosse e ultraviolette, luce laser, ecc., è tutt'altro che rara, e merita di essere tenuta sotto controllo, anche se per il momento il loro effetto sull'organismo non è del tutto ben definito, ma v'è certezza che tali effetti difficilmente si potranno avvertire nell'immediato, mentre è assai probabile che si manifesteranno in forma traumatica nel lungo tempo. È comunque opportuno un eccesso di zelo nel difendersi da loro.

Sul microclima, forse, le idee sono meglio definite, se non altro per l'immediato senso di disagio, se non di malessere, che la persona umana avverte in un ambiente in cui temperatura, umidità, polveri non siano contenute entro un campo ben definito, se anche la sensazione di malessere è variante da individuo a individuo. L'esperienza del tecnico di settore porta a considerare che troppo spesso il microclima, affidato ad impianti di climatizzazione, comporta, insieme ad un apparente senso di piacevole "freddo" estivo e "caldo" invernale, effetti secondari tutt'altro che soddisfacenti.

Impianti di cosiddetto "condizionamento" mediante impiego di split, ancorquando detti "silenziosi" (ma solo all'interno degli ambienti, lasciando apprezzabile rumorosità all'unità esterna) producono un abbassamento dell'umidità ambiente incontrollato, arrivando di frequente a valori troppo bassi che lasciano le mucose, in ambiente secco, facile preda di microrganismi mal trattenuti da filtri raramente ripuliti secondo la buona regola dell'arte.

È di questi giorni l'attenzione dei mass media a questo fenomeno che si va sviluppando rapidamente, determinando in particolare sviluppo smodato di raffreddori ed altri disturbi delle vie respiratorie.

Anche l'impianto che più frequentemente viene realizzato negli uffici, sia pubblici che privati, vale a dire l'uso di ventilconvettori più aria primaria, non può soddisfare le esigenze di tutti, particolarmente per i valori di temperatura ed umidità dell'aria primaria immessa, specie se essa investe direttamente le persone fisiche. Con riferimento al citato edificio uffici con 500 operatori, assai spesso le bocchette di immissione d'aria trattata in ambiente erano state occluse, e le finestre aperte. Per molti l'effetto psicologico connesse al fatto che le finestre in ambiente condizionato risultino chiuse è preminente rispetto alle effettive condizioni microclimatiche interne.

Per quanto riguarda l'illuminazione, la situazione nei casi pratici è in genere insoddisfacente, e non di rado per l'uso improprio che gli utenti stessi fanno delle fonti di luce, sia naturale che artificiale, talvolta per eccesso, altre per difetto. È questo un argomento che meriterebbe un capitolo specifico, ed una consapevolezza ben maggiore da parte di tutti sulla preziosità della vista umana e della sua fragilità che raramente si manifesta subito (sotto forma di mal di testa come preallarme di fatti più gravi), più frequentemente si avverte col passare degli anni quando i danni sono irreversibili.

Volendo fare un esempio specifico, gli uffici all'interno del Nuovo Palazzo di giustizia fanno registrare irrazionalità nelle reali condizioni illuminotecniche ambientali, e non solo per la presenza di punti poco illuminati, generale disattenzione per la luminosità sui piani di lavoro, ma soprattutto per grande disuniformità nell'illuminazione ambiente, quasi sempre prevalentemente o esclusivamente artificiale.

## 5. I rischi incendio

Un concetto che risulta di difficile acquisizione da parte dei dipendenti pubblici è il rischio d'incendio che

consegue alla diffusa presenza di materiali cartacei in grandi quantità, ma anche per la concentrazione di carta in spazi limitati. La imposizione da parte dei comandi provinciali dei vigili del fuoco in merito ai carichi d'incendio, che non debbono superare predeterminati valori di kg di legno equivalenti, è una misura preventiva minima, in quanto non può ipotizzare situazioni particolari, quali, ad esempio, i cestini di getto carta, forse il punto critico più diffuso negli uffici pubblici.

Gli inneschi di un incendio in una massa di carta sono molteplici ed imprevedibili. Forse oggi, il divieto di fumare negli uffici pubblici ha limitato uno delle principali fonti di rischio, ma il cattivo funzionamento di un collegamento elettrico, il contatto di un foglio di carta con una lampada da tavola ad incandescenza, il surriscaldamento di una fotocopiatrice od altra apparecchiatura ad alimentazione elettrica (specie se corpi estranei occludono le feritoie di ventilazione e raffreddamento) e perfino l'occasionale formarsi di una "lente" che concentri su carta un fascio di raggi solari vanno sempre tenuti in conto. Un pericolo sempre presente, infido perché imprevedibile, rispetto al quale bisogna sempre stare in guardia.

## 6. I rischi occulti

Fin qui abbiamo brevemente sottolineato le situazioni più o meno individuabili in diversi strumenti giuridici e letteratura tecnica su cause che determinano una bassa qualità di vita e presenza di rischi negli ambienti di lavoro d'ufficio pubblico.

Ma l'esperienza personale ci induce a sottolineare altre condizioni non riproducibile in una normale "analisi dei rischi", eppur fortemente presenti nella stragrande maggioranza degli uffici pubblici.

Partiamo dalle condizioni dei servizi igienici!

Per carità di patria trascuriamo i casi in cui le condizioni igieniche per vetustà, cattivo uso, mancanza di ri-

spetto per il luogo, rendono infrequentabili certi cosiddetti servizi igienici. Fortunatamente tali situazione vanno scomparendo.

Ma non si può non sottolineare come molte volte gli stessi dipendenti fanno dei servizi igienici un uso in buona parte improprio, in special modo quando mancano o sono insufficienti gli spazi per lo stoccaggio di materiali diversi, in particolare cartacei e mancano ambienti riservati a particolari esigenze dei lavoratori.

Abbiamo visto all'interno dei servizi igienici situazioni impensabili, eppure accettate senza riserve dal personale, addirittura difendendole rispetto alle segnalazioni del responsabile del servizio di prevenzione e protezione, ovvero del medico competente, come se si volesse mortificare una libertà di scelta dei lavoratori nella loro struttura.

I frigoriferi per uso personale, con qualche bibita, ma talvolta destinati a conservare la "spesa" mattutina del dipendente, da portare a casa, sono frequentemente sistemati nei servizi igienici, o a limite nell'antibagno, nella più completa ignoranza del fatto che proprio quello è l'ambiente dove più albergano e si moltiplicano agenti patogeni della più diversa natura. Spesso negli stessi ambienti vengono accatastati pacchi di carta da fotocopiatrice, faldoni di atti temporaneamente in ufficio ed altri oggetti, a partire direttamente dal pavimento, senza preoccuparsi che l'impossibilità di accedere per le pulizie al di sotto del materiale accumulato e la natura igroscopica dello stesso determinano un fiorire di flora batterica incompatibile col servizio igienico in sé, e addirittura delittuoso se nello stesso ambiente trovano posto (anche se in frigorifero) bevande e sostanze alimentari.

Talvolta è capitato di ritrovare nello stesso ambiente, magari malamente posizionato su una pila di carta da fotocopiatrice, un fornellino elettrico e tutto l'occorrente per poter preparare la napoletana "tazzulella 'e caffè", con quanto rispetto delle buone





norme dell'igiene lasciamo immaginarlo.

Eppure nessuno ha avuto a lamentarsi di tale fatto, frutto di pessima abitudine, difeso come una roccaforte della privacy e del far da sé, e troppo spesso non segnalato nemmeno nei cosiddetti "piani di sicurezza", per quanto – come evidenziato – i contenuti dei piani di sicurezza comunque sono poco noti ai lavoratori. Tra le situazioni fonte di rischio per la salute, ma gradite dal lavoratore, vanno sottolineati i già segnalati interventi del tutto inopportuni di alcuni dipendenti che, fruendo di un impianto di condizionamento con ventilconvettori più aria primaria, hanno voluto risolvere da soli il problema dell'aria fredda non gradita proveniente dalle bocchette, otturando le stesse e rinunciando a quel minimo di ricambio d'aria che in un ambiente condizionato con infissi chiusi può venire solo dall'impianto di aria primaria.

In caso di disagio, per effetto "freddo" dell'aria di rinnovo, la scelta è di rivolgersi al manutentore che sa come indirizzare il getto d'aria in entrata perché non investa in malo modo il lavoratore.

Tra i rischi occulti va segnalata la presenza di borsette pacchi ed altro nei percorsi pedonali e di fuga, l'abbandono di carrelli metallici per trasporto documenti voluminosi (qualche volta con tratti rotti di lamiera metallica tagliente) nei posti meno prevedibili e d'intralcio, vasi da fiori in camera, oggetti personali ornamentali pensili.

## 7. Il fumo

Trattando di ambienti di lavoro, era inevitabile che a un certo punto avremmo dovuto parlare del fumo di sigarette e sigari.

Il prof. Veronese, al tempo in cui fu Ministro della Sanità e successivamente a titolo personale, ne ha fatto una battaglia personale, sulla quale qualcuno ha ritenuto di poter ironizzare. Strumenti giuridici successivi hanno definito il divieto di fumare ne-

gli uffici pubblici, ipotizzando la definizione di spazi destinati ai fumatori che quasi mai sono disponibili. Ma il problema esiste, specie quando nello stesso ambiente operano più dipendenti fumatori, è ben visibile, coinvolge in modo grave i fumatori condannati ad assai probabili danni alla salute, ma coinvolge anche i non fumatori, in un primo momento sotto forma di disagio, ma nel lungo tempo condannandoli a conseguenze non molto dissimili da quelle che subisce lo stesso fumatore.

Siamo coscienti che il problema è all'attenzione di tutti, e le condanne a risarcimenti danni alle società produttrici di sigarette hanno certamente giovato.

Negli uffici pubblici, malgrado divieti e cartelli sistemati un po' dovunque, si fuma, e spesso si fuma molto anche per combattere alcuni dei disagi conseguenti ai succitati rischi trasversali (lavori usuranti, monotonia, stress ecc.). Il problema è serio, ma merita di essere affrontato con fermezza, pur se nel rispetto di chi non rinuncia alla sigaretta, purché costretto in uno specifico spazio.

## 8. Come superare la situazione attuale

Fino a questo punto, in rapida carrellata, abbiamo segnalato quanti e quali sono i fattori che inducono a ritenere assai scadente, nel caso generale, la qualità della vita negli ambienti di lavoro di uffici in generale, ed uffici pubblici in particolare.

L'emanazione del D.Lgs. 626/94 e successivamente del D.Lgs. 81/2008, hanno messo a fuoco il problema, ma non hanno inciso in maniera significativa per un suo superamento, o almeno miglioramento. D'altra parte, drammaticamente negli ultimi anni le statistiche sugli infortuni nei luoghi di lavoro propongono diagrammi ascendenti.

A poco è valso anche l'ottimo lavoro dell'ISPESL che ha redatto Linee guida per la valutazione del rischio negli uffici amministrativi della Pubblica

Amministrazione, che in poche decine di pagine offre a tutti la possibilità di avere idee chiare sulle condizioni dell'ambiente in cui opera e i criteri per migliorarle.

In pratica, le condizioni di lavoro negli uffici pubblici manifestano una serie di difficoltà, tutte fondamentalmente di limitato spessore che si traducono, nel caso generale, in uno stato di disagio non meglio definito, e con conseguenze più gravi che si manifestano solo a distanza di anni. Per esempio, i danni da rumori sono poco avvertiti, ma le cause di lavoro per ipoacusia superano il 50% nella statistica generale.

Non v'è dubbio che occorre intervenire a partire da subito, ma è opinione consolidata che gli strumenti legislativi, anche se coercitivi, da soli possono ben poco. Forse nemmeno l'impegno e la volontà del datore di lavoro, e dei suoi più stretti collaboratori (quali il responsabile dei servizi di prevenzione e protezione ed il medico competente) possono molto, in situazioni di lavoro in cui il "rischio" è occulto, in genere poco devastante, con effetti assai lontani dalla situazione attuale.

Occorre percorrere una strada diversa, quella strada che già il D.Lgs. 626/94 nella sua formulazione base indicava: operare sulle coscienze delle genti, produrre cultura diffusa sugli effetti futuri più che sulle situazioni attuali, far comprendere ai lavoratori che proteggere sé stessi è un obbligo, più che giuridico, morale, al quale non ci si può sottrarre.

## 9. Un nuovo "senso comune"

In definitiva, va sviluppato un nuovo "senso comune" nell'essere lavoratori in ufficio, attivare meccanismi intellettuali che portino a considerare il luogo di lavoro un ambiente di qualità, ove tutto è previsto ed organizzato al fine di star bene nell'immediato con attenzione al futuro.

Ritornando con la mente all'interno di un moderno edificio destinato ad ufficio pubblico, immaginiamo in ter-

mini di sicurezza e salvaguardia della salute anzitutto poter vedere i servizi igienici, oltre che perfettamente puliti ed in ordine, assolutamente liberi da ingombri impropri di qualunque natura, siano essi materiali cartacei in stoccaggio che frigoriferi, fornelletti ecc.

Vorremmo vedere l'interno di tutti gli ambienti di lavoro senza oggetti vari depositati momentaneamente a terra, lungo i probabili percorsi di fuga in caso di sinistro, con le scrivanie relativamente sgombrare e, comunque, ordinate. Gli armadi non dovrebbero essere caricati al di sopra del piano superiore.

Le postazioni di lavoro ai terminali dovrebbero rispondere alle indicazioni riportate in ogni manuale di sicurezza, e magari uno schema illustrativo della posizione corretta dell'operatore rispetto allo schermo e dello schermo rispetto alle fonti di illuminazione potrebbe essere attaccato a ciascun videoterminale.

Comunque, in nessun caso l'operatore ai videotermini dovrà rimanere al suo posto di lavoro vicino al video per oltre due ore consecutive. Se il lavoro in corso richiede tempi maggiori, l'operatore dopo due ore interromperà la sua attività - magari impegnandosi in lavoro diverso - per almeno un quarto d'ora, concedendo al suo organismo il tempo di ripristinare ogni deformazione prodotta temporaneamente dalla persistenza di impegno al videoterminale.

Assenza di fumo di sigarette, anche se nell'ambiente lavorano solo fumatori!

I ritmi di lavoro dovrebbero essere organizzati in modo da non determinare noia da ripetitività, né tensione per scadenze, anche temporanee, molto pressanti.

L'impianto di condizionamento dovrebbe essere registrato accuratamente, con aria primaria immessa in ambiente a bassa velocità, temperature non lontane da quelle dell'ambiente stesso, e le bocchette ben regolate. I filtri di condizionatori centrali o ventilconvettori locali ripuliti con una fre-





quenza di almeno una volta al mese, specie se in ambiente si determina produzione di polveri per qualunque ragione.

I rumori saranno lontani dal luogo di lavoro, che non ne risulterà influenzato. Ove ciò non fosse possibile, il diffuso impiego sulle pareti di materiali fonoassorbenti e l'impiego di antivibranti alle macchine che generano i rumori potranno riportare la rumorosità ambientale a condizioni accettabili. Solo in casi estremi (si pensi a certi CED rumorosi) si farà ricorso alle protezioni personali.

I rapporti tra colleghi saranno volutamente cordiali, con attenzione ad evitare al massimo situazioni di contrasto. Ciascun lavoratore sarà reso in toto o in parte consapevole del proprio impegno e opportunamente coinvolto in momenti decisionali, in modo da avvertire la determinatezza del proprio operare all'interno dei processi.

#### 10. La formazione dei lavoratori

Perché questa situazione, peraltro non particolarmente complessa, possa determinarsi, ed il nuovo "senso

comune" prender corpo, fondamentale appare una costante azione, voluta ed organizzata dal datore di lavoro, per la formazione dei lavoratori sulle situazioni di rischio entro l'ambiente che li coinvolge, verso il convincimento che qualità della vita in ambiente di lavoro significa operare al riparo di ogni possibile rischio ed in condizione di comfort fisico e spirituale.

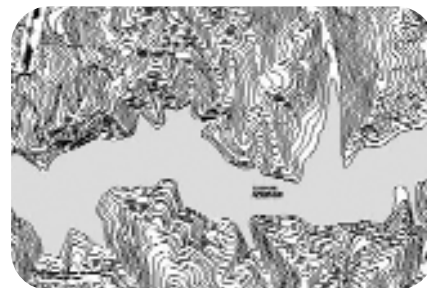
La società contemporanea punta sulla formazione come la carta vincente verso una maggiore qualità della vita in ogni settore, e certamente il settore lavorativo non può sfuggire a questa nuova regola generale.

L'azione di formazione va, altresì, accompagnata da azioni promozionali e pubblicitarie. L'esigenza di un ambiente di lavoro sicuro e di qualità deve diventare un concetto martellante, una comunicazione costante, un life motif che investe l'opinione pubblica finché non diventi concetto acquisito, una consapevolezza scontata.

Vivere bene ed in sicurezza è possibile, migliora la qualità della vita e non costa un grande impegno. È problema di educazione!

# IL PROGETTO IDROELETTRICO PIRRÍS

Importanti finanziamenti esteri e risorse idriche pressoché illimitate colmeranno il vuoto di energia elettrica in Costa Rica



## Introduzione

La Costa Rica, come tutti i paesi centroamericani, possiede scarsa energia elettrica. Ancora oggi non sono rari razionamenti di elettricità in varie zone del paese. Importanti finanziamenti esteri e risorse idriche pressoché illimitate (la Costa Rica è anche detto il polmone del Centroamerica) spingono la soluzione di questo problema verso l'energia idroelettrica. Il Progetto Idroelettrico Pirris (P. H. Pirris) insieme ad altri 5 progetti idroelettrici da realizzare nei prossimi 10 anni dovrebbe fornire sufficiente energia al paese (anzi si dovrebbe finanche poterne venderne al vicino paese del Nicaragua) da non essere più sottoposto a tali razionamenti.

## Descrizione del progetto idroelettrico Pirris

Il Progetto Idroelettrico Pirris si trova sul versante del Pacifico Centrale della Costa Rica, approssimativamente 30 km in linea d'aria al sud della capitale San José. Il progetto userà le acque del fiume Pirris quando questo scorre a un'elevazione di 1100 mslm, in questo punto l'area della conca è di 250 km<sup>2</sup> e il fiume scarica una portata di 9.84 m<sup>3</sup>/s.

Per controllare il flusso del fiume si costruirà una diga in RCC (Roller Compacted Concrete) alta 113 mt, lunga 266 mt in cresta e un volume di RCC di 750000 m<sup>3</sup>. La diga genererà un

invaso di 36.4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. L'invaso avrà un livello massimo di operazione di 1205 mslm e un'oscillazione di anche 45 mt con un livello operativo minimo quindi di 1160 mslm.

Le opere di sfogo della diga consistiranno in uno sfioratore collocato direttamente sulla diga, con un profilo tipo Creager con un'elevazione in cresta di 1195 mslm. Tale sfioratore sarà regolato con paratoie radiali che permetteranno raggiungere il livello massimo di operazione precedentemente menzionato. La sua capacità sarà di 2350 m<sup>3</sup>/s corrispondente a una crescita di 5000 anni di periodo di ritorno.

La derivazione dell'acqua si farà mediante una torre inclinata addossata al paramento di monte della diga sul suo fianco sinistro. La presa d'acqua è progettata per derivare una portata di 18 m<sup>3</sup>/s.

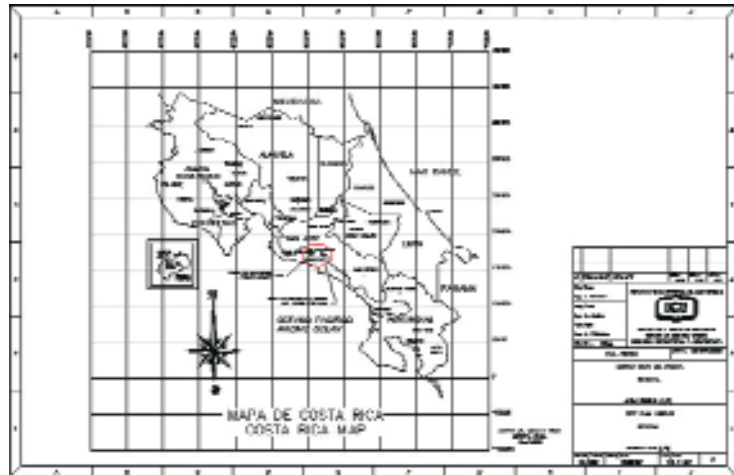
Le opere di conduzione si compongono di un tunnel di 10.5 km di lunghezza per un diametro variabile tra i 3.2 mt e i 2.3 mt e di una condotta forzata di 830 mt di lunghezza per un diametro variabile tra i 2.2 mt e i 2.0 mt. Alla fine di tale condotta si trova un deviatore con 2 tratti di 1.4 mt di diametro interno che porteranno l'acqua ad ambedue le turbine.

La casa macchina si localizzerà sul margine sinistro del fiume Pirris alla quota di 325 mslm. Avrà 2 turbine Pelton ad asse verticale e sei getti, e il corrispondente generatore sincronizzato trifasico di corrente alternata per una capacità totale di 128 MW.

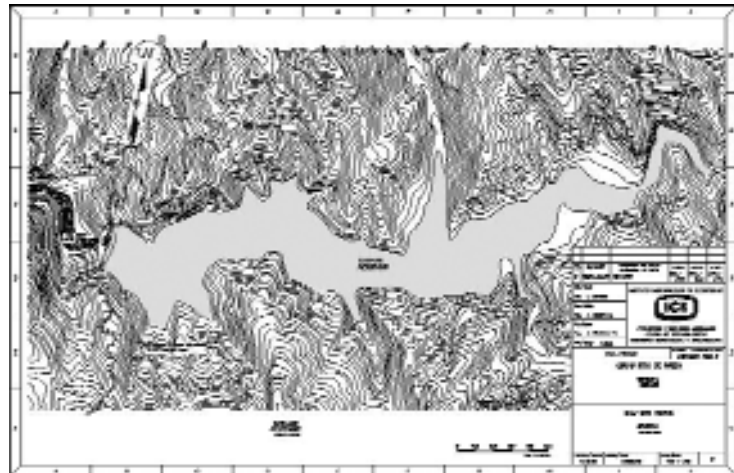
Ing. Diego d'Oriano

“ Per controllare il flusso del fiume si costruirà una diga in RCC alta 113 metri, lunga 266 metri in cresta e un volume di RCC di 750.000 m<sup>3</sup> ”

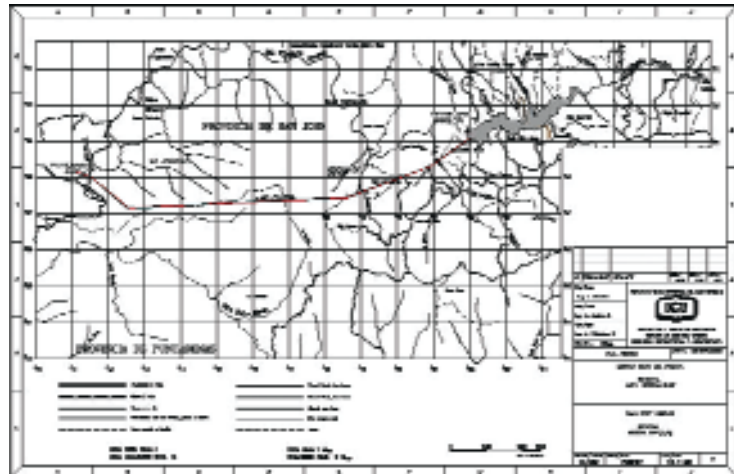
Mappa della Costa Rica con ubicazione dell'area di progetto.



Invaso.



Tracciato linea di conduzione.



Le turbine saranno collocate alla quota 304.5 mslm per ottenere una carica bruta media di 874 mt. L'energia media annuale da produrre è stimata sui 561 GW/h. Per restituire l'acqua al fiume Pirris si userà un canale di calcestruzzo di

247 mt di lunghezza per una sezione di 3.3 mt x 3.3 mt. Per trasportare l'energia prodotta si costruirà una stazione elettrica con un'area di ettaro e una linea di trasmissione di 230 kV di voltaggio per una lunghezza di 44 km.

## Il contratto

Il 25-10-2005 Astaldi S.p.A., Andrade Gutierrez S.A., il consorzio O.H.L. S.A. – Construcora MECO S.A. – Andrade Galvão Engenharia Ltda e il consorzio Taisei Corporation – Bilfinger Berger S.G. presentarono le offerte per il contratto "Construcción de Obras de Presa – Proyecto Hidroelectrico Pirris". In data 24-08-2006 Astaldi S.p.A. firma con l'ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) il contratto su citato per un totale di 112 milioni di dollari finanziati dal Japan Bank for International Cooperation. L'ICE, che in una formula piuttosto inusuale soprattutto in Centro America è il Cliente, il Progettista e anche la Direzione Lavori, dà l'ordine di inizio il 04-12-2006. La fine delle opere è prevista per il 29-11-2009 per un totale di 1092 giorni.

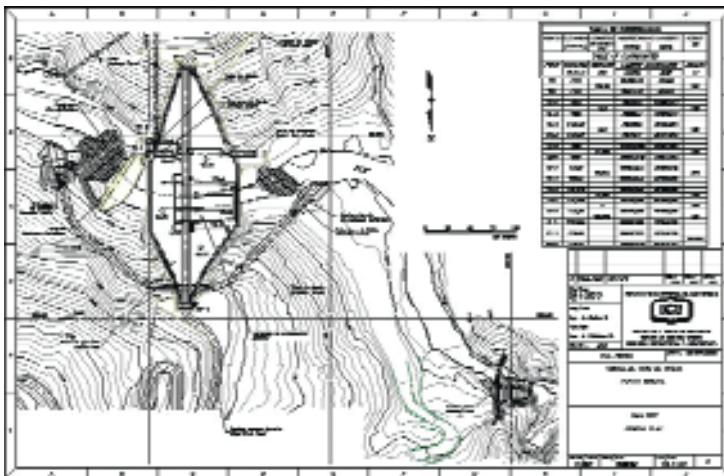
Il contratto prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- diga;
- opere di eccedenza;
- controdiga;
- opere di presa;
- scarico di fondo;
- opere di deviazione.

Lo scavo del tunnel in sé corrisponderà all'ICE mentre ad Astaldi toccherà la somministrazione del calcestruzzo per il suo rivestimento e la realizzazione delle strutture di ingresso e d'uscita del tunnel stesso. Lo stesso ordine prevede la costruzione di 18.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo sotto il condotto dello scarico di fondo e di altri 5.000 m<sup>3</sup> sotto il canale d'uscita dello stesso entrambi per sostituire la pessima roccia di fondazione. Tale Ordine ha provocato un allungamento del tempo contrattuale a 1270 giorni.

## Diga

La diga in RCC ha una lunghezza in cresta di 266 mt e un'altezza massima di 113 mt. L'asse della diga è retto e ha una sezione a forma essenzialmente triangolare. Il lato di monte presenta inizialmente una faccia verticale dalla cresta fino all'elevazione 1199.9 mslm a partire dalla quale continua con un'inclinazione di 1H:3V. La faccia di valle presenta anch'essa un primo tratto verticale ma



Opere contrattuali.

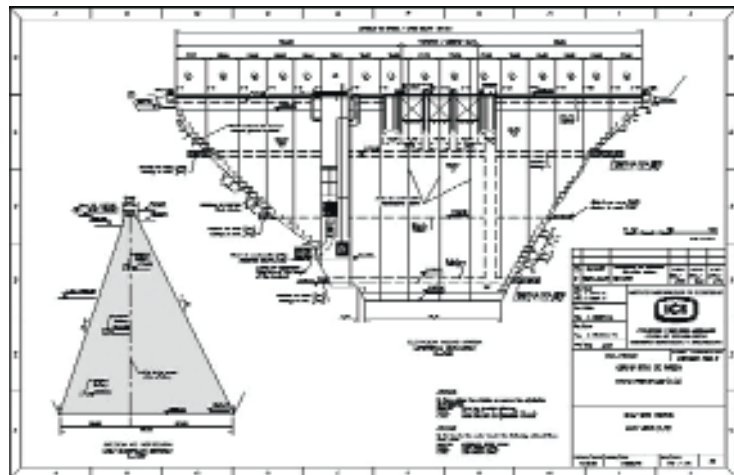
Al momento è già stata approvata un Ordine di Cambio:

- la sostituzione della canalizzazione del fiume in un tunnel all'interno del corpo della diga con un tunnel che corre nella spalla de-

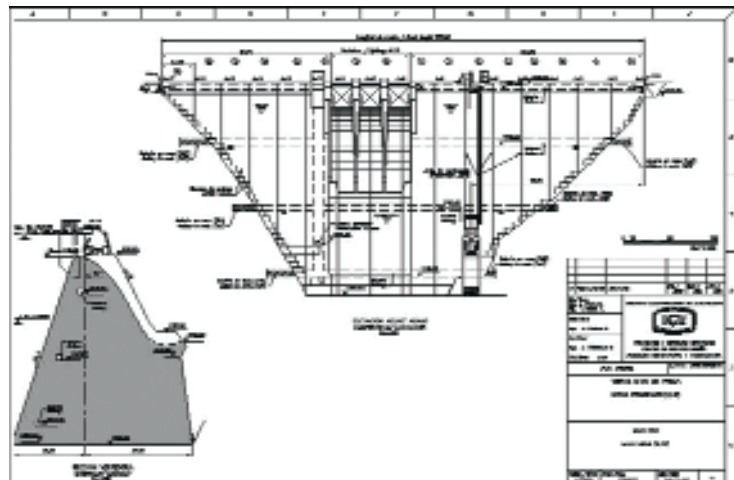
questa volta fino alla quota 1202.6 mslm per continuare poi con una pendenza di 1H:2V. Su tutta la lunghezza della cresta correrà una strada pubblica con una larghezza di 7 mt. Questo cammino consentirà oltre a



Prospetto monte e sezione trasversale generale della diga.



Prospetto valle e sezione trasversale zona sfioratore della diga.



mettere in comunicazione i differenti elementi della diga come la presa dell'acqua e le gallerie delle due spalle, anche a dare accesso a diversi meccanismi come quello delle paratoie e del sistema di pulizia. Lo sfioratore sarà localizzato approssimativamente al centro della diga.

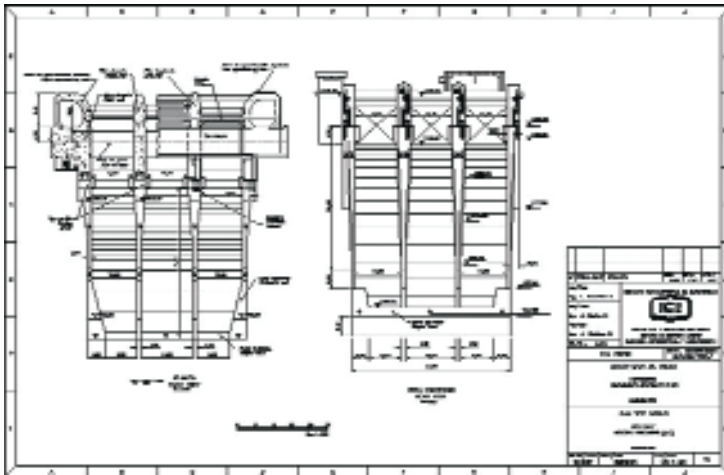
### Opere di sfogo

Lo sfioratore sarà controllato da 3 paratoie radiali collocate in 3 vuoti di 11.7 mt di larghezza. Ogni paratoia avrà un'altezza di 10.5 mt. La cresta dello sfioratore si trova alla quota 1195 mslm e l'invaso ha un livello massimo di operazione alla quota 1205 mslm. Ogni paratoia include una paratoia a monte per permettere la manutenzione della prima opera da una gru con capacità di issag-

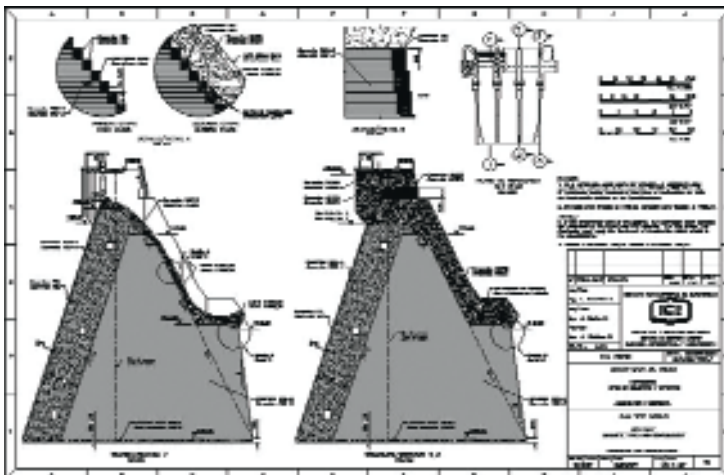
gio di 30 ton. Le 3 sezioni dello sfioratore sommano una larghezza totale di 42.10 mt. Ci sono due pilastri centrali di 3.5 mt di larghezza (che servono d'appoggio al ponte della strada che corre sulla cresta della diga). Lo sfioratore tipo Creager prevede uno scivolo con raggio di 15 mt e angolo d'uscita di 35°. Secondo la portata di progetto, il getto d'acqua si proietta all'elevazione di 1150 mslm verso una pozza ammortizzante artificiale nel letto del fiume a una distanza di circa 100 mt dal piede della diga dove sarà dissipata l'energia del getto stesso.

### Controdiga

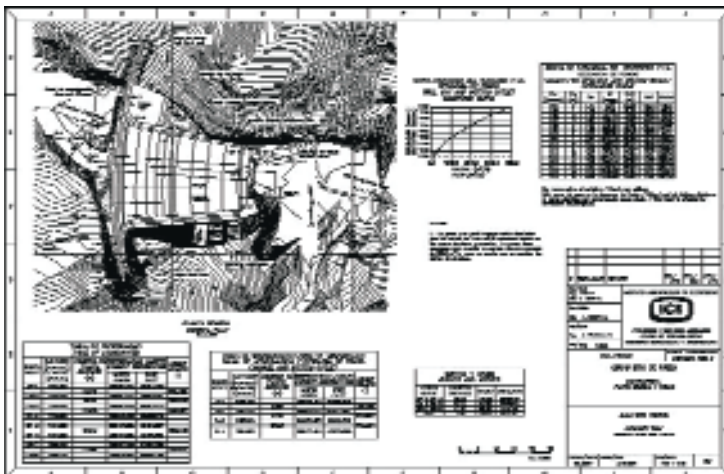
Con lo scopo di controllare l'erosione, il livello dell'acqua a valle della diga sarà controllato da una diga au-



Profili sfioratore.



Sezioni sfioratore.



Pianta contro diga.

siliare (o contro diga) alta 27 mt (dalla fondazione alla cresta) e che creerà un invaso di 13 mt di profondità (contando sempre con un periodo di ritorno di 5000 anni per la piena del fiume).

La lunghezza in cresta della contro diga sarà di 51.29 mt. Al piede avrà uno scivolo per il controllo dell'erosione. La contro diga avrà uno scarico di fondo permanente senza controlli per permettere il deflusso di sedimenti

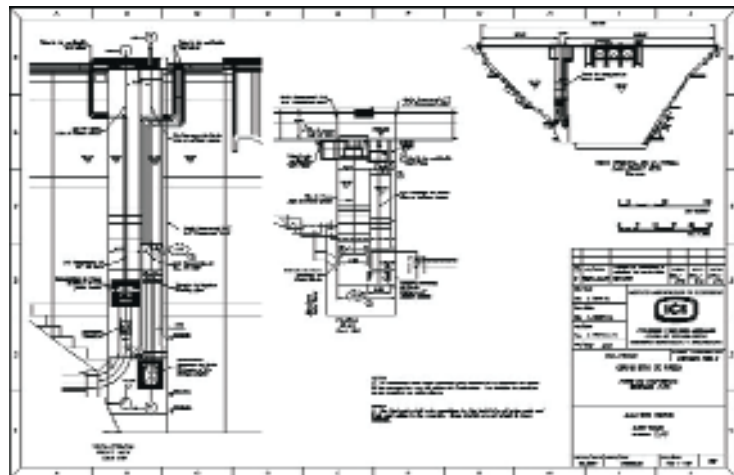
e l'ispezione del letto del fiume quando questo non sia inondato. In caso di un'importante scarico d'acqua infatti lo scarico di fondo della controdiga non sarà sufficiente e inizierà il processo di riempimento dell'invaso che forma la controdiga. Lo specchio d'acqua si estenderà fino alla zona di impatto formando un cuscinio d'acqua che ridurrà l'erosione.

### Opere di captazione

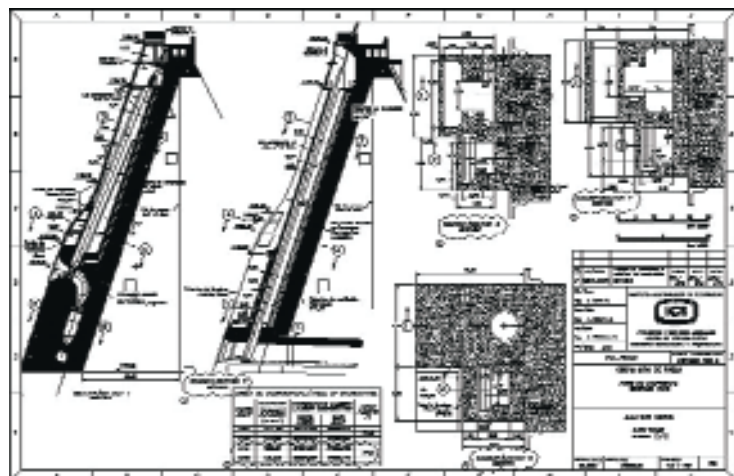
La presa delle acque del P. H. Pirris consiste in una struttura addossata al paramento di monte della diga, ma completamente estranea al corpo della stessa.

La portata di progetto è di 18 m<sup>3</sup>/s. La quota della parte superiore dell'entrata della presa è definita alla 1150.31 mslm.

L'ingresso della presa ha una sezione quadrata di 7.5 mt di lato con asse perpendicolare al piano della faccia della diga. La velocità dell'acqua all'ingresso è stata stimata di 0.65 m/s. Subito dopo l'ingresso la sezione va restringendosi gradualmente verso i 3.25 mt per lato della sezione della paratoia per permettere un aumento della velocità dell'acqua che in quella zona arriverà a 1.7 m/s. Questa paratoia scivolante si utilizzerà per operazione di manutenzione o d'emergenza che richiedano lo svuotamento del tunnel di conduzione. La paratoia scivolerà su guide dislocate su tutta l'altezza della torre di captazione che s'innalza fin sulla cresta della diga dove si opererà il sistema di issaggio. A valle della paratoia si installerà un tubo di ventilazione di 80 cm di diametro.



Sezione longitudinale torre di captazione.



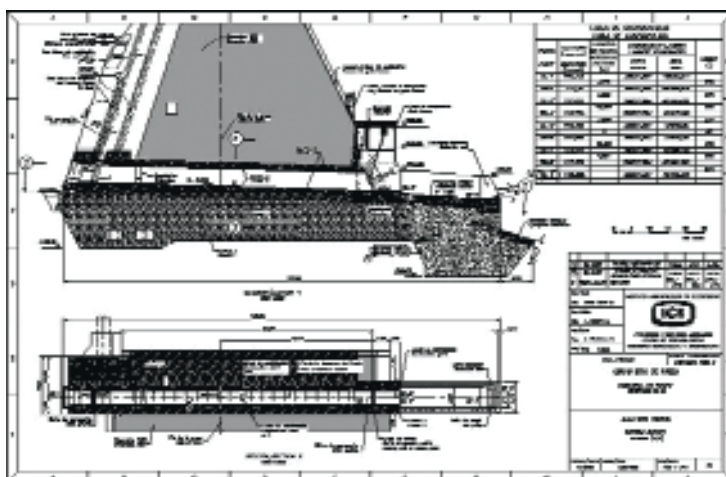
Sezione trasversale torre di captazione.

Dopo la paratoia il condotto della presa gira di 90° ponendo il suo asse ora parallelo alla diga e passa da sezione quadrata a circolare con diametro di 3.25 mt. Questo condotto al raggiungere la quota 1121.82 mslm presenta un'altra curva di 90° riorientandosi perpendicolarmente alla proiezione dell'asse della diga dove troverà il portale del tunnel di conduzione.

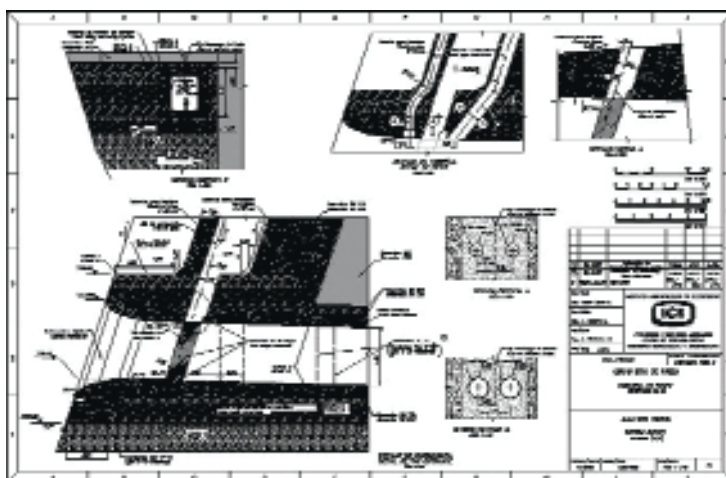
### Scarico di fondo

Lo scarico di fondo si trova nel corpo della diga in prossimità della spalla sinistra. Questa struttura è divisa in tre tratti: un ingresso con una paratoia di emergenza e un meccanismo di pulizia; un condotto a pressione; un'uscita equipaggiata con una paratoia radiale, una caduta e uno scivolo.

L'entrata dello scarico di fondo si trova alla quota 1121.15 mslm e ha una sezione rettangolare che si restringe sui 4 lati verso l'interno. Una paratoia scivolante d'emergenza si collocherà immediatamente a valle della struttura d'entrata e sarà operata da un meccansimo di fissaggio dalla cresta della diga. Per far questo si realizzerà una torre addossata alla diga e adiacente alla torre di presa dell'acqua, lungo la quale si muoverà la paratoia. 2 tubi di aereazione di 1.20 mt di diametro si collecheranno immediatamente a valle della paratoia. All'ingresso dello scarico di fondo si utilizzerà un dispositivo di pulizia di sedimenti con le seguenti caratteristiche: 2 sifoni con tuberia da 80 cm di diametro in contatto con l'invaso a una quota maggiore della presa dell'acqua



Sezione longitudinale e pianta scarico di fondo.



Dettaglio entrata scarico di fondo.



(1150.5 mslm) che scaricano nel condotto in un punto a valle dell'entrata. L'obiettivo di questo dispositivo è che quando l'invaso si svuoti per mezzo dello scarico di fondo in caso di un'ostruzione al flusso per presenza di sedimenti i sifoni creino una corrente di acqua pulita che permetta il trascinarsi dei sedimenti pulendo così il condotto.

Il condotto dello scarico di fondo sarà blindato su tutta la sua lunghezza di 133.19 mt. Ha una sezione rettangolare di 3.7 mt di larghezza x 4.8 mt di altezza e una pendenza costante del 3%.

Alla fine del condotto si trova una paratoia radiale e immediatamente dopo di essa la sezione dello scarico si allarga a 5.7 mt di larghezza e il fondo scende con un gradino di 50 cm. Da lì inizia un canale di 10.95% di

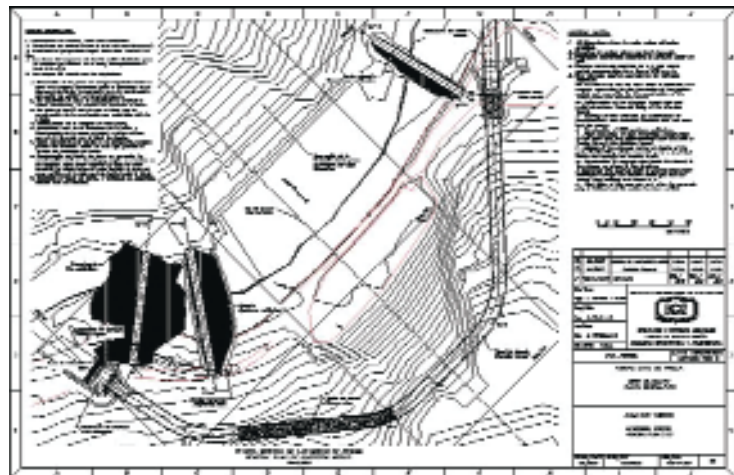
pendenza e 33.13 mt di lunghezza che finisce con uno scivolo di 15 mt di raggio.

### Opere di deviazione

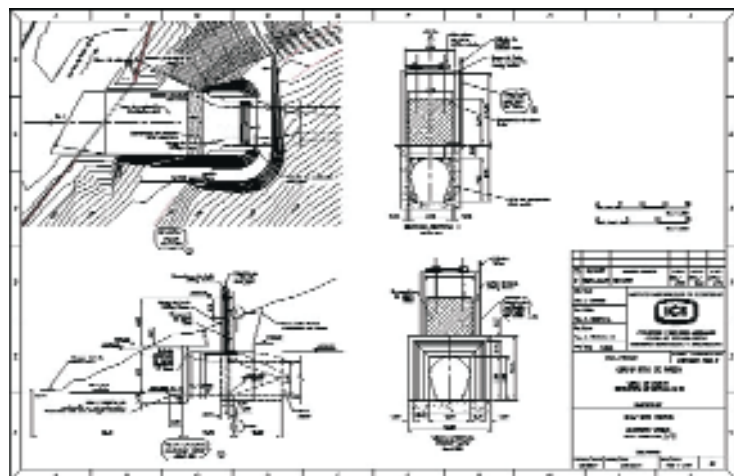
Durante la fase di costruzione della diga il fiume Pirris dovrà essere deviato per poter contare su una superficie secca adeguata ai lavori. Le opere di deviazione sono progettate su una portata di 525 m<sup>3</sup>/s, corrispondenti a un periodo di ritorno di 5 anni.

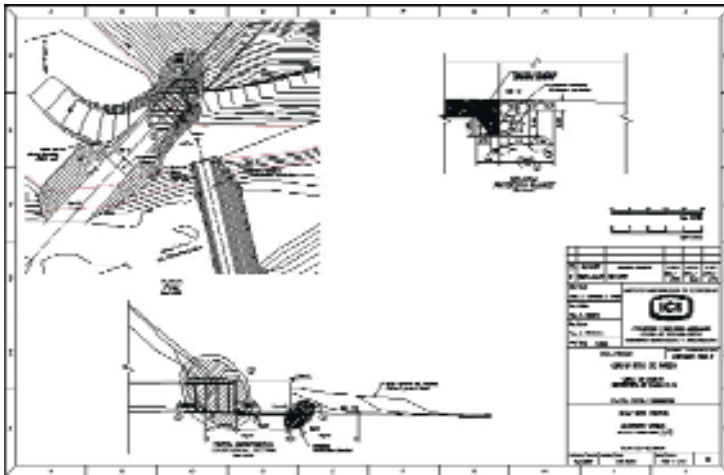
Il sistema di deviazione prevede una diga di deviazione in RCC di 16.50 mt di altezza con un'elevazione di cresta di 1118.6 mslm. Questa diga ha una scarpata di monte di 1V:0.1H e una di valle di 1V:0.8H. La lunghezza in cresta è di circa 67.48 mt. Per realizzare tale diga se ne co-

Opere di deviazione.



Entrata tunnel di deviazione.





struirà una temporanea in terra a monte che devierà anche il fiume nel tunnel di deviazione.

A valle della diga si realizzerà una diga di protezione (diversa dalla contro-diga) in terra di 7 mt di altezza con scarpate simili alla diga di monte ma con quello più pendente questa volta verso la diga, con lunghezza in cresta di 39.63 mt. La funzione di questa diga è mantenere la superficie della fondazione della diga principale secca.

Il canale (secondo l'ordine di cambio) prevede una struttura d'ingresso che inizialmente di forma rettangolare (13.80 mt di larghezza per 10.62 mt di altezza) andrà assumendo forma circolare con diametro di 7.00 mt.

Il tunnel sboccherà di nuovo nel letto originario del fiume alla quota di 1099.59 mslm attraverso una struttura d'uscita a cielo aperto di 9.00 mt di larghezza.

#### Lo stato d'avanzamento al 27-05-08

Astaldi S.p.A. è radicata in Centro America ormai da 30 anni durante i quali ha potuto stabilirsi come impresa leader nel settore delle costruzioni. Durante questo periodo sono stati realizzati strade, ponti, ospedali, aeroporti e dighe in Honduras, El Salvador, Nicaragua e ora appunto in Costa Rica. Il P.H. Pirris rappresenta al momento il progetto più prestigio-

so in Centro America e per questo che si sono raccolte qui le migliori forze produttive di tutta la zona americana e altre sono state specificamente richieste dalle varie succursali europee. Sono presenti rappresentanti di 13 paesi (Italia, Turchia, Romania, Cuba, Colombia, Ecuador, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panama, Argentina, Chile) distribuiti tra quadri dirigenziali, capi settore e anche mano d'opera qualificata. Si è raggiunto un picco di 500 impiegati distribuiti su due turni (diurno e notturno) da 12 ore lavorando per 12.5 giorni su 14 e si raggiungeranno i 600 dipendenti distribuiti su 3 turni per garantire una produzione continua durante i 10 mesi necessari per la realizzazione della sola diga.

Per realizzare le esposte opere contrattuali sono state necessarie una serie di "opere provvisorie" che descriviamo in seguito.

Il campo dipendenti diviso in 2 settori quello riservato a dirigenti e capi settore e quello riservato alla mano d'opera. Il primo si compone di 20 camper e 16 casette cui si aggiungono una mensa, un'area di ricreazione e una piccola palestra. Il secondo conta con 7 teloni adibiti a dormitori di cui 6 con 16 stanze per 4 persone (totale di 64 operai per telone) e 1 da 8 stanze per 2 persone riservato ai caposquadra, un altro telone fa da mensa operai, e un ultimo

Uscita tunnel di deviazione.



Campo dirigenti: casette.



Campo dirigenti: camper.



Campo operai.





Magazzino e patio.



Magazzino e officina elettrica.



Officina meccanica.



Parco macchine.



Stazione di rifornimento.



Falegnameria.



Piegatura barre.



Lavorazione ferro.



Uffici tecnici e amministrativi e ambulatorio.



Ambulatorio.



Laboratorio.



Patio esplosivi.

come area ricreativa. Nella zona si trova anche una lavanderia e un piccolo supermercato. In totale i due campi possono accogliere circa 450 persone. I teloni, tensostrutture simili a quelle usate nei campi militari, sono totalmente riciclabili e permettono facili divisioni interne.

A valle si trova l'area del magazzino: due capannoni chiusi rispettivamente di 300 m<sup>2</sup> e 400 m<sup>2</sup> separati da un patio aperto di 120 m<sup>2</sup>. Adiacente al magazzino si trova l'officina elettrica e quella meccanica con un'area totale di 2130 m<sup>2</sup> e di fronte a esso la stazione del carburante con capacità di 90.000 lt. Procedendo ancora nel senso del fiume ritroviamo uno spazio che accoglie falegnameria (580 m<sup>2</sup>), officina idraulica (100 m<sup>2</sup>), piegatura e stock barre di ferro (130 m<sup>2</sup>), capannone per la lavorazione del ferro (tubi e laminati). Chiude lo spazio dei servizi di supporto il telone degli uffici tecnici e amministrativi con l'adiacente ambulatorio, il laboratorio nei pressi dell'impianto di produzione di RCC, e l'isolato patio di immagazzinamento degli esplosivi.

# AZIONI IDRODINAMICHE INDOTTE DA MOTI SISMICI SU SERBATOI "ELASTICI"

Proposta una formulazione semplificata  
per il calcolo della distribuzione impulsiva elastica



## Sommario

La nota tratta delle azioni idrodinamiche agenti sulle pareti e sul fondo di un contenitore idraulico durante un sisma. Dopo una sintetica esposizione del quadro normativo e dei principali studi presenti in letteratura, viene presentata un'analisi di sensitività sviluppata utilizzando lo spettro di risposta della normativa sismica nazionale con riferimento a serbatoi "elastici", evidenziando come la componente idrodinamica "elastica" risulti in genere di gran lunga più elevata delle componenti impulsiva "rigida" e convettiva. Viene, altresì, proposta una formulazione semplificata per il calcolo della distribuzione impulsiva elastica, che conduce a scostamenti massimi dell'ordine del 10% rispetto ai risultati desunti dal modello completo proposto dall'Eurocodice 8. Viene, infine, proposto un esempio applicativo al fine di fornire un ordine di grandezza delle diverse componenti idrodinamiche della spinta complessiva.

## Premesse

Il danneggiamento di infrastrutture idrauliche (dighe, serbatoi, vasche, reti idriche, reti di drenaggio urbano, ecc.) a seguito di un evento tellurico, oltre a produrre pericoli diretti per la collettività, può dar luogo ad effetti indiretti di notevole gravità quali, ad esempio, l'impossibilità di spegnere incendi provocati dal sisma.

Pertanto risulta fondamentale una corretta progettazione sismica delle suddette infrastrutture e, più in generale, delle "lifelines" per garantire la ripresa delle aree colpite ed una rapida riorganizzazione delle attività di servizio civile e di produzione industriale.

Quindi diviene necessaria un'accurata analisi dell'*affidabilità sismica* (Giugni et al, 1995) delle opere idrauliche, con particolare riferimento ai seguenti aspetti:

- la determinazione delle sollecitazioni sismiche di progetto e della spinta idrodinamica (da aggiungere alla spinta idrostatica ed alle azioni inerziali connesse alle masse strutturali);
- l'interazione fluido-struttura;
- l'esame di eventuali dispositivi di protezione (smorzatori).

A tale proposito va ricordata la recente evoluzione del quadro normativo italiano, con riferimento all'emanazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" emanate col D.M. 14 gennaio 2008.

Per quanto concerne le infrastrutture idrauliche, però, con l'eccezione delle norme relative alle dighe (D.M. 24/03/1982) ed alle tubazioni (D.M. 12/12/1985), non esistono in Italia specifiche prescrizioni normative di riferimento.

La norma europea sperimentale *ENV 1998-4* (1998) per la valutazione delle azioni idrodinamiche indotte da un sisma su strutture idrauliche (sili,

F. De Paola<sup>1</sup>  
M. Giugni<sup>1</sup>  
M. Pasquino<sup>1</sup>  
F. Fabbrocino<sup>2</sup>  
C. Capilongo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Napoli Federico II

<sup>2</sup> Libero professionista

“ L'elasticità della struttura influisce in misura rilevante sull'entità delle azioni idrodinamiche, dando luogo a valori sensibilmente maggiori di quelli calcolati per lo schema "rigido" ”



serbatoi, condotte) fornisce, invece, alcuni spunti di grande interesse.

Il presente lavoro si inquadra in un'ampia ricerca sulla risposta dinamica delle infrastrutture idrauliche da tempo in atto presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale.

In questo lavoro, in particolare, viene affrontato il problema della valutazione delle azioni idrodinamiche indotte da un sisma sulle pareti di serbatoi deformabili. Con riferimento a tali strutture (ad esempio contenitori in cemento armato o in acciaio poggiati al suolo), oltre all'analisi ed al confronto di alcuni modelli teorici con quello proposto dalla prenorma europea ENV 1998-4, è stata effettuata un'analisi di sensitività per la sola componente elastica impulsiva, mirata a valutarne l'entità ed a definire una formulazione semplice per calcoli speditivi ma attendibili ai fini pratici, poiché i modelli teorici presi in esame non sono di agevole ed immediata applicazione.

#### Azioni idrodinamiche sui contenitori idraulici

Le azioni idrodinamiche indotte da un sisma su un contenitore idraulico possono essere distinte, in linea generale, in tre componenti:

- *Azioni impulsive*, dovute all'inerzia di un'aliquota della massa liquida contenuta nel serbatoio, agenti in sincronia con l'accelerazione del suolo,  $A_g$ . In altre parole per un serbatoio soggetto ad una sollecitazione orizzontale da sisma, il liquido nella parte inferiore del contenitore tende a spostarsi all'unisono con esso ed è, quindi, soggetto alla stessa accelerazione del suolo.
- *Azioni convettive* (dette "*di lungo periodo*" o *di sloshing*), provocate dall'oscillazione della massa liquida nel contenitore, da valutarsi, quindi, con riferimento alla pseudo-accelerazione,  $A_n$  indotta dal sisma su un oscillatore ad un gra-

do di libertà caratterizzato dai medesimi valori della frequenza e del coefficiente di smorzamento del sistema strutturale.

La frazione del liquido che non si muove rigidamente con il serbatoio è soggetta, quindi, ad un moto oscillatorio d'insieme, caratterizzato dalla combinazione lineare dei modi di vibrazione naturali del liquido.

Il valore di  $A_n$  deve essere desunto, pertanto, dallo spettro di risposta di progetto in corrispondenza del valore del periodo di oscillazione del liquido all'interno del contenitore e per un idoneo valore del coefficiente di smorzamento (in genere assunto pari a 0.5%).

In generale si ritiene che le azioni convettive siano trascurabili rispetto a quelle impulsive.

- *Azioni impulsive "di breve periodo"*, ingenerate dalla mutua interazione parete-fluido, legata all'accelerazione relativa del guscio rispetto al suolo, in sincronia con le vibrazioni delle pareti del serbatoio.

Ai fini della valutazione dell'entità di tali componenti risulta, pertanto, fondamentale la distinzione, normalmente operata nella pratica tecnica, tra *serbatoi rigidi (interrati o seminterrati)* e *flessibili*: nel caso dei primi, infatti, è possibile trascurare il contributo derivante dalla deformabilità del contenitore, per cui la sollecitazione sismica agente sulla struttura può calcolarsi semplicemente mediante la sovrapposizione delle componenti impulsiva e convettiva. Quest'ultima, in particolare, essendo caratterizzata da un periodo di oscillazione di notevole entità (in genere di alcuni secondi), è in pratica indipendente dalla deformabilità del contenitore.

Qualora il serbatoio debba essere considerato flessibile, invece, il moto di vibrazione del contenitore è conseguenza, oltre che della risposta dinamica della struttura, anche dell'interazione liquido-guscio. Quindi, per

i contenitori deformabili, la pressione "di breve periodo" può costituire una componente di notevole rilievo della pressione complessivamente agente. Infatti, mentre il contributo "rigido" varia con l'accelerazione del suolo  $A_g(t)$ , la componente "flessibile" varia con l'accelerazione di risposta del sistema la quale, dati i ridotti periodi di vibrazione del sistema serbatoio-fluido, è considerevolmente amplificata rispetto ad  $A_g(t)$ .

### I modelli rigidi

Un'ampia analisi di sensitività è stata condotta per la determinazione delle azioni idrodinamiche impulsive e convettive ingenerate da un evento sismico sulle pareti e sul fondo di un serbatoio "rigido", come viene in genere considerato un contenitore interrato o seminterrato che si muove solidalmente al terreno (Jacobsen, 1949; Graham e Rodriguez, 1952; Housner 1957 e 1963; Bratu, 1965; Vetsos, 1973 e 1984; Haroun 1981 e 1986; De Martino et al, 1989, 1997, 2003 e 2005).

Dall'analisi svolta e dalle indagini sperimentali (Jacobsen e Ayre, 1951; Cenedese et al, 1980) è emerso che:

- i parametri maggiormente significativi per la valutazione delle azioni idrodinamiche sono l'accelerazione sismica, il tirante idrico e le dimensioni geometriche del contenitore;
- l'andamento della distribuzione delle pressioni impulsive sulla parete (Figure 9 e 10) e sul fondo del contenitore è di tipo parabolico;
- l'andamento della distribuzione delle pressioni convettive sulla parete è anch'esso di tipo parabolico, con il valore massimo in corrispondenza della superficie libera e valori che vanno via via riducendosi verso il fondo del contenitore, in maniera tanto più marcata quanto più il contenitore è "snello" (Figure 9 e 10);
- il rapporto tra il valore della spinta idrodinamica impulsiva alla parete,  $Sw$ , e della corrispondente

spinta idrostatica,  $Sidr$ , diviso per il coefficiente sismico  $a$  (rapporto tra l'accelerazione sismica e quella di gravità) assume per contenitori circolari "tozzi" - caratterizzati da  $\gamma = H/R \leq 1$ , indicando con  $H$  ed  $R$  rispettivamente il tirante idrico ed il raggio del contenitore - un valore praticamente costante, pari a circa  $1.1 \div 1.2$ . La spinta idrodinamica risulta, quindi, in questo campo, essenzialmente, funzione del solo tirante idrico ed assume valori che, per contenitori in zona sismica di I categoria ( $\alpha=0.35$ ), risultano dell'ordine del 40% della spinta idrostatica. Al crescere di  $\gamma$  (ossia per serbatoi più "snelli"), la spinta idrodinamica alla parete tende a ridursi, come, d'altronde, anche i valori delle pressioni sul fondo;

- la spinta convettiva, pur risultando in genere notevolmente minore della spinta impulsiva, può assumere comunque valori anche dell'ordine del 20% della spinta idrostatica, tutt'altro che trascurabili (De Martino et al, 2005).

Gli studi effettuati hanno, altresì, consentito di desumere delle formulazioni semplificate rispetto a quelle proposte dalla prenorma Europea ENV 1998-4 (1998) per la valutazione delle distribuzioni delle componenti impulsiva rigida e convettiva (De Martino et al, 2005).

### I modelli elastici

Con riferimento ad un serbatoio a sezione circolare si assume un sistema di coordinate cilindriche (Figura 1):  $r, z, \theta$  con origine al centro del fondo del serbatoio ed asse  $z$  verticale. Indicheremo con:

- $H$  = tirante idrico del serbatoio;
- $R$  = raggio del serbatoio;
- $\rho$  = densità di massa del fluido.

Le coordinate cilindriche diventano coordinate adimensionali:

$$\xi = \frac{r}{R} \quad \text{e} \quad \zeta = \frac{z}{H} \quad ,$$

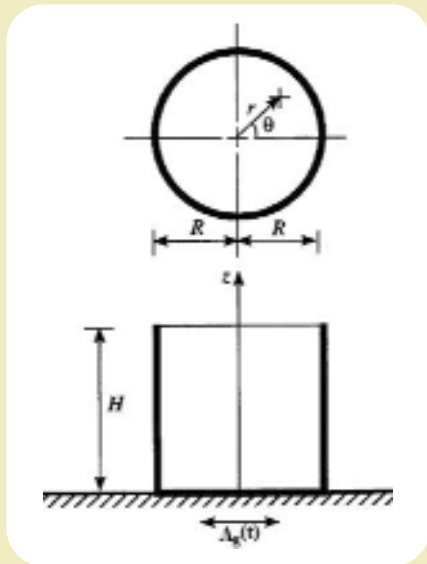


Figura 1. Schema di riferimento per serbatoio circolare.

con la profondità  $z$  misurata a partire dal fondo del contenitore.

Un modello "elastico", rimuovendo l'ipotesi di rigidità delle pareti del contenitore e considerando, quindi, che il guscio possa deformarsi e vibrare, deve portare in conto l'interazione dinamica guscio-liquido e la conseguente pressione impulsiva "di breve periodo", caratterizzata cioè da periodi di vibrazione che ricadono nella zona delle alte frequenze.

Numerose sono le espressioni proposte in letteratura per la determinazione della componente impulsiva di breve periodo (Veletsos 1973; Haroun & Housner 1981; Fischer et al. 1991), alcune delle quali riportate in codici normativi (Eurocodice 8 1998; ASCE 1984).

Secondo la ENV 1998-4, in particolare, la soluzione completa per i contenitori deformabili va determinata, in accordo con l'impostazione teorica richiamata in precedenza, mediante la somma di tre contributi, indicati come:

- rigido impulsivo;
- di sbattimento (convettivo);
- di deformazione.

Poiché la deformazione del guscio è funzione anche delle azioni convettive, le componenti di sbattimento e di deformazione sono teoricamente accoppiate: l'accoppiamento dinamico, però, è poco significativo, a causa della notevole differenza tra le frequenze dei due moti, e ciò permette di determinare la componente di breve periodo indipendentemente dalle altre con notevole attendibilità.

La distribuzione della componente impulsiva elastica ovviamente dipende dai modi di vibrare del sistema serbatoio-fluido, e, quindi, dalle proprietà geometriche e di rigidità del serbatoio. Noti i modi di vibrare propri del serbatoio, di norma è sufficiente solo quello fondamentale per il calcolo della distribuzione della pressione di deformazione  $p_f$ , di cui, attesa la complessità, si rimanda alla pre-norma europea per la formulazione analitica.

Nella maggior parte dei casi, la pressione  $p_f$  costituisce il contributo dominante della pressione totale, perché, mentre la componente rigida impulsiva varia con l'accelerazione del terreno  $A_g(t)$ , quella elastica è funzione dell'accelerazione di risposta che, dato il campo usuale dei periodi dei sistemi serbatoio-fluido, è considerevolmente amplificata rispetto a  $A_g(t)$ .

### Modelli elastici: analisi di sensitività

Dal modello proposto dalla pre-norma europea sperimentale ENV 1998-4 risulta che l'entità della componente impulsiva elastica dipende:

1. dalle caratteristiche geometriche e di rigidità del contenitore: raggio  $R$ , tirante idrico  $H$ , spessore  $s$ ;
2. dalla funzione adimensionale  $f(\zeta)$  che definisce la deformata della parete, che può essere ricavata per via iterativa, come suggerisce la ENV 1998-4, o scelta, ad esempio, tra quelle proposte dal Veletsos (Figura 2);
3. dalle caratteristiche strutturali: densità del materiale da costruzione  $\rho_s$ ;
4. dall'accelerazione spettrale  $A_f(T, \xi)$ , deducibile dallo spettro di progetto adottato in funzione del periodo di vibrazione  $T$  del sistema liquido-guscio e del coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ .

Al fine di fornire un ordine di grandezza dell'entità delle sollecitazioni idrodinamiche impulsive e di valutare nel contempo l'attendibilità di una formula semplificata, è stata sviluppata un'accurata analisi numerica facendo variare le caratteristiche geometriche e di rigidità del contenitore ed assumendo – sulla scorta di calcolazioni effettuate con un software agli Elementi Finiti (SAP) – la funzione adimensionale  $f(\zeta) = \text{sen}(0.5\pi\zeta)$  per caratterizzare la deformabilità della parete.

In particolare, si è fatto riferimento a contenitori circolari in acciaio caratterizzati da:

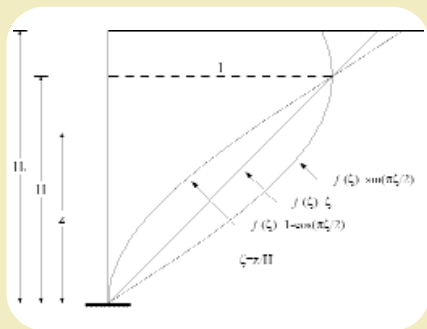


Figura 2. Modi di deformazione  $f(\zeta)$  secondo Veletsos (1973).

- un rapporto di forma  $\gamma = H/R = 0,4 \div 2$  e  $R=2 \div 15$  m;
  - uno spessore  $s$  del guscio variabile nel campo  $1 \div 4$  cm;
  - un'altezza  $H$  del serbatoio variabile nel campo  $4 \div 6$  metri;
- caratteristiche da considerarsi senz'altro attendibili ai fini delle pratiche applicazioni.

I calcoli sono stati effettuati con riferimento alla norma europea sperimentale ENV 1998-4 per il calcolo della frequenza di oscillazione del sistema contenitore-liquido e della pressione impulsiva di breve periodo, e all'OPCM 3274 (e successive modifiche ed integrazioni) per l'adozione dello spettro di risposta.

Dall'analisi di sensitività è stato possibile rilevare quanto segue:

- l'entità del periodo di vibrazione del sistema liquido-guscio  $T$ , calcolato con riferimento alle indicazioni contenute nella prenorma, risulta sempre molto modesta, non superiore a valori dell'ordine del decimo di secondo. Inoltre si è verificato che, superato un certo valore del rapporto forma ( $\gamma > 1,3$ ), la variazione del periodo è talmente esigua da poterlo considerare in pratica costante;
- le pressioni impulsive, a parità dello spessore, tendono ad incrementarsi al ridursi di  $\gamma$ , ossia quando il serbatoio è "tozzo" (Figura 3);
- le pressioni impulsive tendono ad incrementarsi, a parità del rapporto di forma  $\gamma$  e dello spessore

s, all'aumentare del tirante  $H$  (Figura 4);

- le pressioni impulsive tendono ad incrementarsi al ridursi dello spessore  $s$  del contenitore, ossia all'aumentare delle deformabilità del guscio. L'influenza dello spessore  $s$  sembra, però, poco significativa per valori elevati del rapporto forma ( $\gamma > 1$ ), come messo in evidenza dai diagrammi di Figura 5 e Figura 6.

### Formula semplificata per il calcolo della pressione impulsiva di breve periodo

Allo scopo di fornire ai tecnici uno strumento di agevole applicazione per calcoli speditivi, poiché le relazioni proposte nella ENV 1998-4 risultano alquanto complesse, è stata proposta una formula semplificata per il calcolo della distribuzione delle pressioni impulsive di breve periodo.

La formula suddetta è stata ottenuta con riferimento al modello elastico della prenorma europea ENV 1998-4, assumendo ancora quale funzione adimensionale della deformata della

parete  $f(\zeta) = \sin(\zeta\pi / 2)$ .

La formula suddetta:  $p_f(\zeta, t) = \rho \cdot A_c(t) \cdot R^{-1}$

$$= \frac{\gamma^{2/3}}{2,4} \cdot (1 + \zeta) \cdot [1 - (1,45 + 0,2 \cdot \gamma) \cdot \zeta + (0,60 + 0,2 \cdot \gamma) \cdot \zeta^2]$$

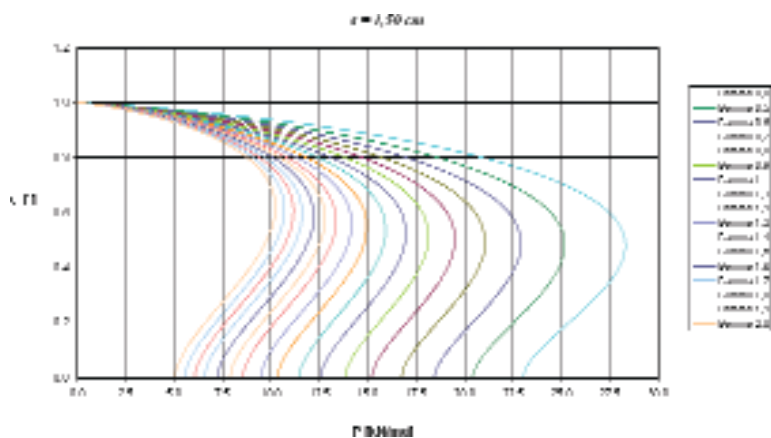


Figura 3. Andamento della pressione di breve periodo al variare di  $\gamma$ .



da considerarsi attendibile per valori del tirante  $H$  compresi tra 4 e 6 m, del rapporto di forma  $\gamma$  tra 0.5 e 1.3 e dello spessore tra 1 e 4 cm.

In quest'ambito, la relazione semplificata proposta dà luogo ad uno scarto percentuale massimo del 9% e medio dell'ordine del 4% rispetto alla

formulazione della preforma europea ENV 1998-4.

A titolo d'esempio, nelle Figure 7 e 8 è stato riportato l'andamento delle pressioni impulsive di breve periodo desunte dalla preforma europea e dalla formula semplificata per  $H=4$  m,  $s=1$  cm e  $\gamma=0.5, 1.2$  e per  $H=6$  m,  $s=4$  cm e  $\gamma=0.5, 1.2$  rispettivamente.

Figura 4. Andamento della pressione di breve periodo al variare di  $H$ .

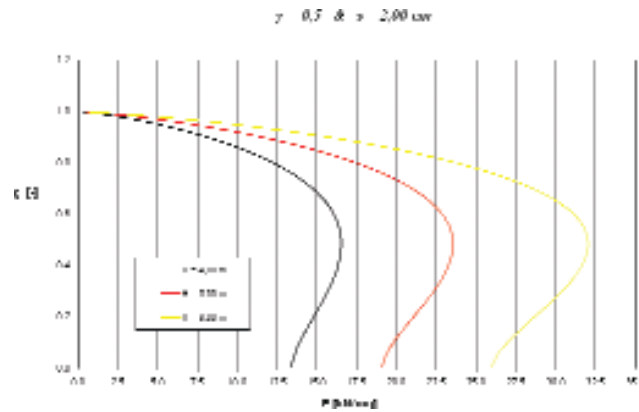


Figura 5. Andamento della pressione di breve periodo al variare di  $s$  ( $\gamma=0.5$ ;  $H=5$ m).

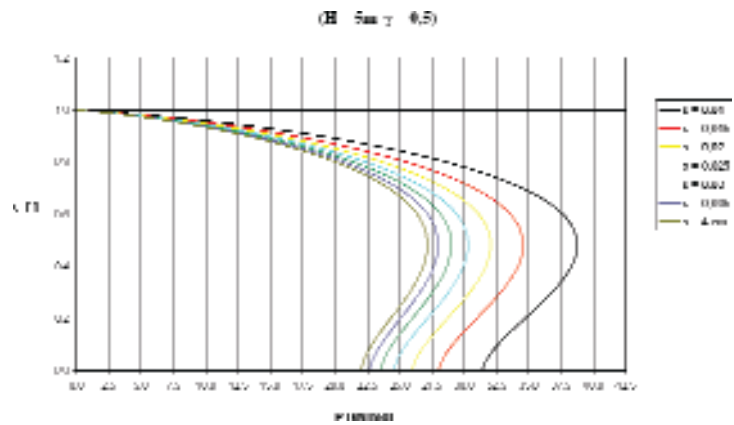
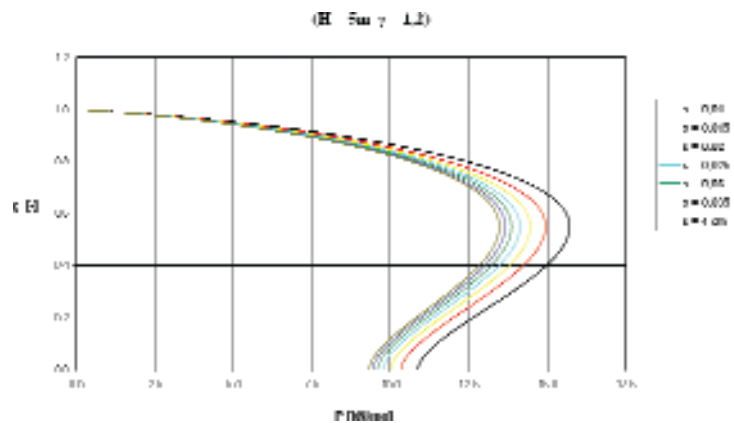


Figura 6. Andamento della pressione di breve periodo al variare di  $s$  ( $\gamma = 1.2$ ;  $H = 5$  m).



## Esempio numerico

Al fine di fornire ai tecnici un ordine di grandezza delle azioni idrodinamiche (impulsive e convettive) indotte dal sisma, è stato sviluppato, infine, un esempio numerico considerando le caratteristiche geometriche:  $H=5\text{m}$ ,  $R=4.15\text{m}$ ,  $s=2\text{cm}$ ,  $\gamma=1.2$ ,  $W\cong 270\text{ m}^3$ , (serbatoio A); e  $H=5\text{m}$ ,  $R=10\text{m}$ ,  $s=2\text{cm}$ ,  $\gamma=0.5$ ,  $W\cong 1570\text{ m}^3$ , (serbatoio B).

Le calcolazioni sono state effettuate con riferimento alla prenorma europea sperimentale ENV 1998-4 per la valutazione dei periodi e delle pressioni, utilizzando lo spettro di risposta dell'OPCM 3274.

I risultati ottenuti sono stati riportati nei diagrammi di Figura 9 (serbatoio A) e Figura 10 (serbatoio B), nei quali è stato rappresentato l'andamento delle componenti della pressione idrodinamica (impulsiva rigida, convettiva, impulsiva di breve periodo). Nelle figure è stato, altresì, riportato l'andamento della pressione idrodi-

namica totale – nell'ipotesi di sommare in valore assoluto le tre componenti dinamiche  $p$  e quello della distribuzione idrostatica.

Dai diagrammi proposti risulta anzitutto evidente l'influenza del fattore di forma  $\gamma$  sulla deformabilità del contenitore e, quindi, sull'entità delle azioni idrodinamiche:

- per i serbatoi "tozzi", ossia caratterizzati da un rapporto di forma  $\gamma < 1$ , la pressione impulsiva di deformazione è sempre maggiore della componente impulsiva rigida, a causa dell'elasticità delle pareti del serbatoio;
- per i serbatoi "snelli", caratterizzati da  $\gamma \geq 1$ , la pressione impulsiva di breve periodo generalmente si mantiene inferiore rispetto a quella rigida, tanto più quanto maggiore è  $\gamma$ .

Appare, altresì, evidente la notevole entità delle azioni idrodinamiche, dalle quali non si può assolutamente prescindere in fase di progetto di un

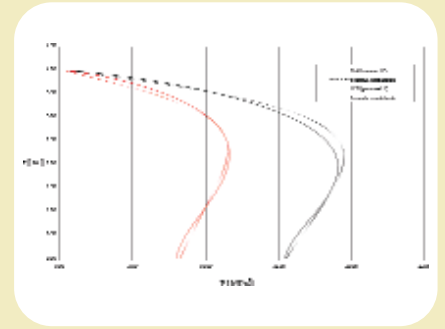


Figura 7. Andamento delle pressioni impulsive di breve periodo desunte dal modello dell'EC8 e dalla formula semplificata proposta ( $H = 4\text{ m}$ ;  $s = 1\text{ cm}$ ;  $\gamma = 0.5$  e  $1.2$ ).

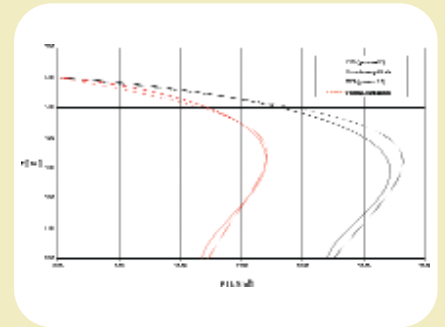


Figura 8. Andamento delle pressioni impulsive di breve periodo desunte dal modello dell'EC8 e dalla formula semplificata proposta ( $H = 6\text{ m}$ ;  $s = 4\text{ cm}$ ;  $\gamma = 0.5$  e  $1.2$ ).

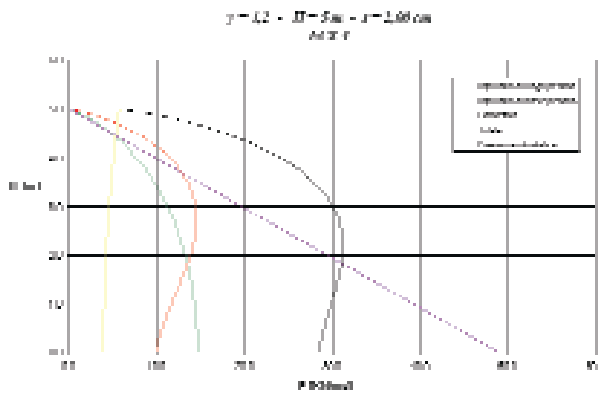


Figura 9. Serbatoio A: andamento delle pressioni.

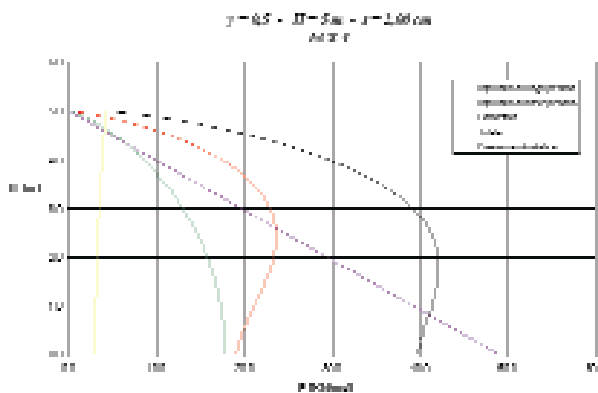


Figura 10. Serbatoio B: andamento delle pressioni.

contenitore idraulico: nei casi proposti, ad esempio, la spinta idrodinamica totale, nell'ipotesi conservativa assunta, risulta all'incirca uguale alla spinta idrostatica per il serbatoio A e circa 1.5 volte maggiore per il serbatoio B. La risultante risulta, inoltre, applicata a circa  $H/2$  in ambedue i casi, con un braccio maggiore della spinta idrostatica.

Andrebbe, però, verificata l'ipotesi conservativa citata: all'uopo, in collaborazione col Dipartimento di Ingegneria Strutturale della Facoltà di Ingegneria di Napoli, è in fase di avvio una campagna sperimentale su tavola vibrante per la valutazione delle azioni idrodinamiche complessive agenti su contenitori sia "rigidi" che "elastici", al fine di indagare sulla effettiva sovrapposizione degli effetti idrodinamici sia impulsivi che convettivi su di un serbatoio.

Dall'analisi di sensitività svolta si è potuto, quindi, osservare che *l'elasticità della struttura influisce in misura rilevante sull'entità delle azioni idrodinamiche*, dando luogo a valori sensibilmente maggiori di quelli calcolati per lo schema "rigido".

È emerso, altresì, che il fattore di forma  $\gamma$  influenza notevolmente la deformabilità del serbatoio: infatti, nel caso in cui  $\gamma$  sia compreso tra 0.4 e 1.0 (serbatoi tozzi), si è constatato che i valori della pressione impulsiva di breve periodo sono sempre maggiori della componente impulsiva rigida. Viceversa, per valori più elevati di  $\gamma$ , la pressione impulsiva di deformazione non è sempre maggiore di quella rigida e l'accelerazione del sistema liquido-guscio tende a diventare prossima a quella del suolo. Ciò dimostra che, per rapporti di forma elevati ( $\gamma > 1,3$ ) e per spessori non troppo piccoli ( $s \geq 2$  cm), il serbatoio presenta un comportamento sismico simile a quello "rigido".

Nel lavoro, infine, è stata proposta una formula semplificata di agevole applicazione, che conduce a valori della pressione di breve periodo con scostamenti massimi rispetto alla for-

mulazione proposta dalla prenorma dell'Eurocodice 8 dell'ordine del 10%.

## Bibliografia

- American Society of Civil Engineers (ASCE): Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems, 1984.
- Bratu C., Sul comportamento in regime sismico dei liquidi contenuti in serbatoi rettangolari, *IX Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Trieste, 1965.
- Cenedese A., Marchetti M., Siclari G., Analisi sperimentale del moto di un liquido in un serbatoio parallelepipedo oscillante, *XVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche*, Palermo, 1980.
- De Martino F., De Paola F., Giugni M., Sulla valutazione delle azioni idrodinamiche sui serbatoi idraulici "rigidi", *L'Acqua*, 2005
- De Martino G., Fontana N., Giugni M., Alcune considerazioni sulla valutazione delle azioni idrodinamiche sui contenitori idraulici "rigidi", *Il Convegno Nazionale Crolli e Affidabilità delle Strutture*, Napoli, 15-16 maggio 2003.
- De Martino G., Giugni M., Azioni delle onde sismiche sui contenitori idraulici interrati, *Giornale del Genio Civile*, Fascicolo 10°-11°-12°, Ottobre-Novembre-Dicembre, 1989.
- De Martino G., Giugni M., Seismic effects on waterworks, EXCERPTA, volume 11, 1997.
- De Martino G., Giugni M., Perillo G., Serbatoi circolari in zona sismica. Valutazione delle azioni idrodinamiche, *Giornate di Studio in onore del prof. Edoardo Orabona nel centenario della nascita*, Bari, 1997.
- D.M. 24.03.1982, Norme tecniche per la progettazione e costruzione delle dighe di sbarramento. Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 212 del 4 agosto 1982.
- D.M. 12/12/1985, Norme tecniche relative alle tubazioni, Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 61 del 14 marzo 1986.
- D.M. 14.01.2008, Approvazione delle nuove norme tecniche, Supplemento Ordinario della Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008.

- Eurocode 8: Design Provisions for Earthquake resistance of Structures, CEN, 1994.
- European Prestandard ENV 1998-4: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance – Part 4: Silos, tanks and pipelines, CEN, 1998.
- Fischer F.D., Rammerstorfer F.G., Scharft K, Earthquake Resistant Design of Anchored and Unanchored Liquid Storage Tanks under 3D Earthquake Excitation, *Structural Dynamics Recent Advances*, Schneller G.L. (Ed.), Springer Verlag, 1991.
- Graham E.W., Rodriguez A. M., The characteristics of fuel motion which affect airplane dynamics, *Journal of Applied Mechanics*, 1952.
- Giugni, M., de Marinis, G., Perillo, G., Sovrapressioni idrodinamiche su contenitori deformabili in zona sismica, Atti 7° Convegno nazionale ANIDIS "L'ingegneria sismica in Italia", Siena, Vol. II, 1995.
- Giugni M., de Marinis G., Perillo G., L'affidabilità delle strutture idrauliche in zona sismica, *Seminario sulla Affidabilità dei sistemi di adduzione e di distribuzione idrica (nella progettazione, nell'esecuzione e nella gestione)*, Università degli Studi di Salerno, 1995.
- Haroun M.A., Housner G.W., Seismic Design of Liquid Storage Tanks, *Journal of the Technical Councils of ASCE*, Proceedings ASCE, Vol. 107, No. TC1, April, 1981.
- Haroun M.A., Design of large storage tanks in seismic areas, Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering, Lisbon, 1986.
- Housner G.W., Dynamic pressures on accelerated fluid containers, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1957.
- Housner G.W., The dynamic behaviour of water tanks, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1963.
- Jacobsen L.S., Impulsive hydrodynamics of fluid inside a cylindrical tank and of fluid surrounding a cylindrical pier, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1949.
- Jacobsen L.S., Ayre R.S., Hydrodynamic experiments with rigid cylindrical tanks subjected to transient motions, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 1951.
- OPCM 20.03.2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica, *G.U. n. 105 del 08.05.2003*, 2003.
- Regione Campania: Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania, Delibera n. 5447 del 07.11.2002, *BURC n. 56 del 18.11.2002*, 2002.
- Veletsos A.S., Seismic effects in flexible liquid storage tanks, Fifth World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy, 1973.
- Veletsos A.S., Seismic response and design of liquid storage tanks, Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems, Committee on Gas and Liquid Fuel Lifelines, ASCE, New York, N.Y., 1984.



# RICORDO DI TITO SILVESTRI

Di recente ci ha lasciato un caro e valente collega, l'ing. Tito Silvestri, che ha svolto parte prevalente della sua attività nel Centro Costruzioni Idrauliche, Elettriche e Civili dell'ENEL di Napoli di cui gli scriventi facevano anch'essi parte.

Nato a Napoli il 1° marzo 1929, laureato in ingegneria civile seguì il 1° corso di specializzazione in ingegneria geotecnica tenuto dal prof. Arrigo Croce.

Assunto dalla Società Meridionale di Elettricità nel maggio 1956 collaborò alla progettazione e costruzione di impianti idroelettrici. Passato successivamente nel 1963 all'ENEL e responsabile, nel corso degli anni, del settore di progettazione di impianti idroelettrici, si interessò della rilevante ricostruzione degli impianti della Sila piccola in Calabria nonché della ricostruzione e completamento di importanti schemi di impianti esistenti ubicati nei territori del Centro e del Sud d'Italia.

In Campania è stato progettista dell'impianto di produzione e pompaggio di Presenzano, di potenza efficiente 1000 MW, impianto previsto ad integrazione del programma, all'epoca in attuazione, di produzione di energia da fonte nucleare.

Per la realizzazione di tale impianto fu conferito nel 1988 al Centro Costruzioni ENEL di Napoli il prestigioso premio Ingersoll Rand Italia.

Dal 1991 al 1994 Tito Silvestri fu Direttore del Centro suddetto.

Esperto in geotecnica, eseguì e pubblicò numerosi studi in questo campo tra i quali ricordiamo l'esposizione del calcolo mediante elaboratore elettronico delle dighe in terra zonate secondo il metodo di Fellenius.

Egli fu membro, in rappresentanza dell'azienda, di numerose istituzioni tecnico-scientifiche tra le quali ricordiamo il Comitato Italiano Grandi Dighe e l'Associazione Geotecnica Italiana, nonché in sede internazionale partecipò con contributi originali a varie conferenze riguardanti la geotecnica e l'idraulica.

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli sin dal 1955, fu proclamato Senatore Emerito dell'Ordine nel 2004.

Noi Dirigenti e collaboratori del Centro Costruzioni ENEL di Napoli, oggi purtroppo disciolto e che tanta parte ha avuto nella realizzazione di importanti opere nel centro-sud, conserviamo dell'ing. Silvestri un ricordo affettuoso nonché di grande stima per le sue qualità di tecnico e di uomo.

Il percorso professionale di Tito Silvestri è la dimostrazione di come si possa svolgere attività di ingegneria di livello pur appartenendo ad una azienda pubblica, quale l'ENEL, e pur dovendo conciliare la figura elitaria del progettista con quella del dirigente di azienda con tutti i vincoli gestionali connessi con il ruolo.

*Ing. Giovanni Celentani*

*Ing. Annibale de la Grennelais*



# LA RICERCA SU HOMELAND SECURITY E LA CAMPANIA: UNA SCOMMESSA DA VINCERE

La Campania può rappresentare un testbed naturale per sperimentazioni di tecnologie di monitoraggio e sorveglianza in una molteplicità di ambiti applicativi



La Regione Campania presenta un vero e proprio ecosistema tecnologico completo nel settore dell'Homeland Security. La presenza di Università e Centri di Ricerca da tempo attivi in questo settore si coniuga da un lato con la presenza di un ricco e variegato panorama di industrie protagoniste a livello sia internazionale che nazionale, e dall'altro con la preesistenza di una cultura della Sicurezza e del Controllo dell'Ambiente dovuta alle specifiche caratteristiche del territorio campano. In questo senso una possibile candidatura della nostra Regione ad ospitare iniziative di ricerca e sviluppo in tali ambiti risulta non solo pienamente giustificata ma addirittura fortemente qualificata rispetto a possibili iniziative simili in altre aree del nostro Paese.

Tuttavia, è importante sottolineare che l'attivazione di una politica di Ricerca e Sviluppo campana sulle molteplici tematiche tecnologiche legate al tema della Sicurezza del Territorio se da un lato presenta delle indubbe opportunità, dall'altro è caratterizzata da possibili rischi circa le ricadute effettive sul territorio in termini di crescita sia del tessuto produttivo locale, sia del sistema della Ricerca.

In primo luogo, a fronte di una ormai ineluttabile globalizzazione del sistema economico, tali iniziative dovrebbero evitare una eccessiva concentrazione su temi applicativi di prevalente interesse regionale, quali ad esempio le tematiche legate al monitoraggio del rischio sismico o di quel-

lo vulcanico. La Campania è in realtà un territorio estremamente ricco in termini di infrastrutture (di trasporto, così come di comunicazione e di produzione) nonché caratterizzato da aree ad alta urbanizzazione, ed in questo senso può rappresentare un testbed naturale per sperimentazioni di tecnologie di monitoraggio e sorveglianza in una molteplicità di ambiti applicativi: sorveglianza marittima e portuale, controllo del traffico aereo, controllo delle infrastrutture critiche, protezione delle infrastrutture ferroviarie, sicurezza dei sistemi ICT. D'altra parte, le stesse aziende che operano in questo settore e che sono presenti sul nostro territorio sono attori di successo in un mercato mondiale e per questo richiedono supporto a 360° nelle loro politiche di crescita tecnologica e di mercato.

In secondo luogo, risulta evidente che il pieno successo di una iniziativa di forte respiro nel settore dell'Homeland Security può essere garantito solo se si sfrutteranno e coltiveranno le specificità del sistema produttivo italiano e di quello campano in particolare, caratterizzato da una forte presenza di piccole e media aziende associate in un processo quasi simbiotico alle grandi aziende nazionali ed internazionali qui localizzate. Occorre quindi che qualsiasi incentivazione alla ricerca e sviluppo verso la grande impresa veda fortemente coinvolte anche le piccole e media imprese, favorendone l'aggregazione in soggetti consortili per l'innova-

Giorgio Ventre

Facoltà di Ingegneria  
Università degli Studi di Napoli Federico II

“ Le numerose attività di ricerca in essere negli atenei e nei centri di ricerca pubblici e privati campani sono garanzia della disponibilità di competenze tecnico-scientifiche di elevatissimo livello ”

zione al fine di consentire il raggiungimento di dimensioni compatibili con iniziative di sviluppo tecnologico di ambito europeo se non globale. Tale coinvolgimento dovrà necessariamente prevedere innanzitutto azioni specifiche per le PMI, al fine di coltivare lo sviluppo di iniziative di R&D in ambiti di loro precipuo interesse. È innegabile infatti che se è vero che moltissime piccole imprese hanno come loro specifico mercato una o comunque poche grandi imprese in una relazione di dipendenza quasi esclusiva di sub-fornitura, è anche vero che la PMI con le sue ridotte dimensioni e maggiore flessibilità di ricambio produttivo può e deve fungere da stimolo per l'adozione di nuove tecnologie o l'aggressione di nuovi mercati con nuove tipologie di prodotti. In questo senso, fa scuola lo scenario americano, dove la piccola impresa a forte connotazione di innovazione quale ad esempio lo spin-off universitario, dopo avere proposto una innovazione/prodotto viene dapprima scelta dalla grande azienda come fornitore esclusivo di tale tecnologia e poi, in molti casi, viene da essa acquisita.

Essendo però tale scenario, ossia quello della PMI a fortissima connotazione tecnologica, percentualmente meno rilevante rispetto a quello più classico di subfornitore di componenti o processi, dovranno comunque essere esplicitamente previste azioni di cooperazione più tradizionali tra la grande e la piccola impresa attraverso premialità che favoriscano il coinvolgimento della seconda nelle iniziative dedicate alla prima, in modo da favorire il rafforzamento di questo rapporto simbiotico sul territorio.

Un ultimo, ma non per questo meno importante aspetto di criticità è lega-

to all'esigenza di consentire la disponibilità delle necessarie professionalità tecnico-scientifiche alle aziende, piccole e grandi che siano, coinvolte. In parole semplici, occorre fare in modo che il sistema della formazione campano sia messo in grado di preparare adeguatamente i tecnologi richiesti per lo sviluppo di una tale iniziativa. È quindi fondamentale che in primo luogo l'Università sia dotata delle risorse necessarie per lo sviluppo di azioni di formazione specialistica ed avanzata nei settori tecnologici coinvolti: ICT, meccanica, infrastrutture. Qualsiasi iniziativa deve quindi esplicitamente prevedere delle complementari iniziative di formazione specialistica che abbiano come destinatari sia neo-laureati (per favorirne l'ingresso nel mondo del lavoro) sia il personale tecnico già operativo nelle aziende coinvolte (per rafforzarne e svilupparne le competenze specifiche).

Per tutte le iniziative di supporto alla ricerca e sviluppo industriale nel settore dell'Homeland Security cui si è accennato è fondamentale prevedere una forte interazione con il mondo della ricerca, attraverso l'incentivazione del coinvolgimento dei Dipartimenti universitari e dei centri di ricerca presenti sul territorio. In questo, le numerose attività di ricerca in essere negli atenei e nei centri di ricerca pubblici e privati campani sono garanzia della disponibilità di competenze tecnico-scientifiche di elevatissimo livello. Solo attraverso la creazione ed il sostegno di canali di comunicazione e collaborazione diretti tra Industria e mondo della ricerca potrà quindi essere vinta la scommessa di creare un distretto industriale di livello qualitativo davvero internazionale.

# LA COMPETITIVITÀ E LO SVILUPPO INTERNAZIONALE DEL SETTORE AEROSPAZIALE IN CAMPANIA: IL RUOLO CHIAVE DEI SERVIZI ALLA PRODUZIONE



Uno studio di SRM – Studi e Ricerche per il Mezzogiorno, ha analizzato i temi della competitività e dello sviluppo internazionale del sistema economico meridionale, con riferimento al ruolo chiave dei servizi alla produzione.

La Commissione Aerospazio dell'Ordine degli Ingegneri di Napoli ha collaborato alla redazione della sezione relativa al settore aerospaziale in Campania, che può essere considerato tra i settori più dinamici e globali dell'industria campana.

Lo studio, oltre ad avvalersi delle principali fonti nazionali ed internazionali (ASD, ISTAT, AIDA BVDEP, Campania aerospace) per l'analisi dei dati e la descrizione del settore, si è avvalso di un'analisi sul campo ricorrendo sia all'utilizzo di un questionario che ad interviste mirate ad operatori privilegiati. In particolare per quanto concerne la mappatura dei servizi sono stati somministrati appositi questionari ad un panel di 129 imprese campane (comprensivo di quasi la totalità delle imprese aerospaziali presenti in Campania). Oltre il 70% hanno dato risposta al questionario, contribuendo così a fornire una mappatura abbastanza rappresentativa sui servizi nel comparto aerospaziale.

La ricerca evidenzia le caratteristiche attuali e le potenzialità future della domanda e dell'offerta dei servizi che ruotano attorno al settore, esaminandone la componente locale, nazionale ed internazionale.

Il tessuto industriale campano nel comparto aerospazio è caratterizzato soprattutto dalla presenza di PMI tradizionalmente subfornitori delle aziende Finmeccanica. La ricerca ha confermato che in caso di flessione di mercato i fornitori sono i primi a subirne le conseguenze.

Per affrontare i periodi di crisi le imprese seguono diverse strategie:

- 1) diversificazione in altri settori, così da ridurre il rischio;
- 2) accordi tra imprese, per ridurre la concorrenza;
- 3) evoluzione del rapporto impresa-fornitore verso una partnership tecnico commerciale.

Ciò richiede capacità di progettazione di parti e processo, di attrezzature e sottosistemi, ma anche capacità commerciali, gestionali e di marketing. Chi possiede queste caratteristiche instaura di solito relazioni di lungo periodo con il cliente, che ormai tende ad avere un unico fornitore per ogni sottosistema. I rimanenti o escono dal mercato o diventano subfornitori (fonte: La subfornitura nel settore aeronautico - Bianca Massimiliano - Esposito Emilio - Editore: McGraw-Hill Companies).

Il settore aerospaziale in Campania è composto sia da aziende che operano principalmente nel Manifatturiero (prevalentemente produzione di parti di velivoli e satelliti) che, in misura minore, da imprese che operano nel campo dei servizi. La ricerca

Renato Aurigemma  
Dario Ruggiero

“ L'offerta di servizi in Campania è qualitativamente competitiva in quasi tutti i campi ma, se si eccettuano alcune eccellenze, poche aziende possono soddisfare una domanda internazionale ”





Figura 1. Classificazione dei principali servizi nel settore Aerospaziale.

ha evidenziato quali sono i principali servizi richiesti ed offerti in ambito regionale.

Le aziende di servizi del settore aerospaziale hanno buone potenzialità di internazionalizzazione. Tuttavia l'ostacolo principale è rappresentato dalla *piccola dimensione* che non offre sicuramente la base economica necessaria per affrontare le spese che il processo di internazionalizzazione comporta. A questo si aggiunge un supporto pubblico che non è in

grado ancora di incentivare in maniera decisa e concreta tali processi. Qualcosa in più si potrebbe fare soprattutto in termini finanziari in modo particolare per la partecipazione ai bandi emessi dalle grandi aziende estere e, per il comparto spazio, dalle Agenzie Spaziali. La partecipazione a questi bandi comporta dei costi elevati per la piccola impresa. In tal senso il finanziamento delle aziende più meritevoli sarebbe un utile supporto per una partecipazione maggiore a queste gare internazio-

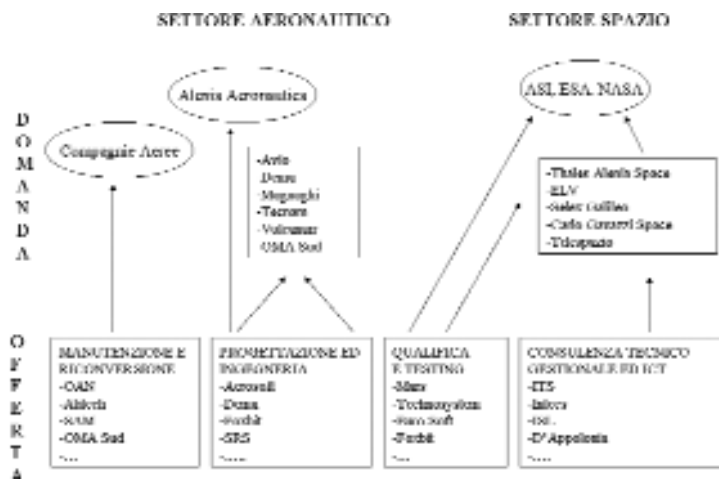


Figura 2. Domanda ed offerta di servizi nel settore Aerospaziale.

nali. In questo contesto le PMI aerospaziali sono costrette ad appoggiarsi alle poche aziende di media dimensione in un'ottica di fornitura o subfornitura. Un ruolo significativo in tal senso lo potrebbe svolgere il CIRA, che da qualche tempo sta moltiplicando gli sforzi per diventare il principale catalizzatore delle proposte innovative nel settore.

Altra tendenza in atto è quella dell'aggregazione: sono oltre dieci i consorzi formati in ambito aerospaziale negli ultimi anni (vedi Figura 3), ma ancora non si riscontrano, nella maggior parte dei casi, delle effettive ricadute sul successo delle singole aziende.

Un altro limite notevole delle piccole aziende campane è rappresentato da un capitale umano non adeguatamente qualificato per affrontare le sfide globali. Pertanto, soprattutto la *qualificazione del personale* necessita probabilmente di una proiezione internazionale finalizzata ad accrescere la professionalità e la competenza del personale.

In questi ultimi anni sul territorio sono state avviate diverse iniziative rivolte alla *qualificazione delle PMI* del settore aerospaziale attraverso programmi specifici di ricerca e sperimentazione, progettazione, manutenzione ed offerta di servizi. Con

una componente industriale fortemente supportata da quella universitaria e, quindi, dal mondo della ricerca qualificata e della formazione specializzata.

Realtà come gli osservatori di settore ODISSEO-OSA (*Osservatorio Settore Aerospaziale*), la Commissione Aerospaziale dell'Unione Industriali di Napoli e quella dell'Ordine degli Ingegneri, il Consorzio Technapoli, il CESVITEC e l'AIAD, monitorano costantemente l'andamento di settore e promuovono iniziative atte al suo sviluppo.

La Regione Campania spende in ricerca circa il 2,5% del proprio PIL di cui un quinto di queste risorse è investito in ricerche in ambito aerospaziale e, a dimostrazione dell'importanza del comparto, ha favorito la nascita del CARN (*Campania Aerospace Research Network*) al quale partecipa con CIRA, Alenia, Avio, CNR e le due Università di Napoli. L'iniziativa del CARN nasce da un accordo tra l'Assessorato all'Agricoltura e alle Attività Produttive, l'Assessorato Università e Ricerca Scientifica ed il CIRA (*Centro Italiano Ricerche Aerospaziali*) quale partner specialistico. Il suo scopo è quello di incrementare le potenzialità dell'industria aerospaziale campana promuovendo le grandi capacità del sistema ricerca e del sistema produttivo presenti in questo settore.

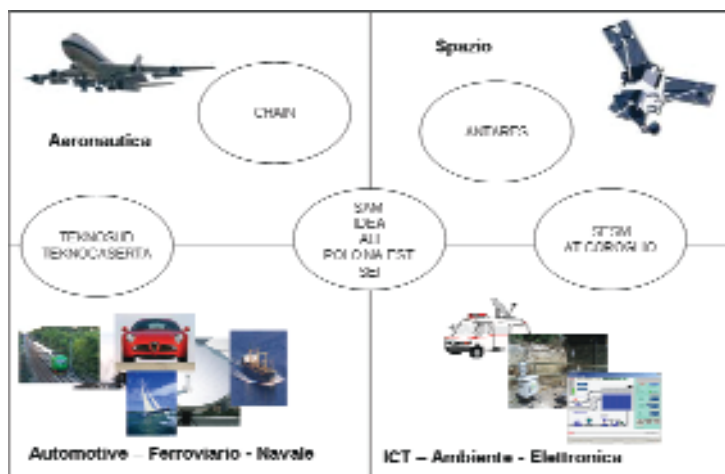


Figura 3. I mercati di sbocco delle principali aggregazioni campane.

A questo *network* si aggiunge anche l'IMAST, distretto di ricerca specializzato sui nuovi materiali, il centro dedicato ai materiali innovativi della Piaggio AVIO a Pozzuoli e i laboratori unici al mondo presenti al CIRA.

La Regione Campania per il 2008/2013 avrà a disposizione 15 miliardi di euro: i fondi per la competitività del sistema produttivo regionale ammontano a 2,2 miliardi, a cui vanno aggiunti fondi su ricerca e innovazione, internazionalizzazione, logistica industriale e formazione. Sull'asse competitività è convogliata una cifra pari al 40% delle risorse. La politica industriale regionale dei prossimi anni, quindi, potrebbe puntare fortemente sulle eccellenze che il settore aerospaziale esprime.

In un'ottica generale, l'indagine condotta da SRM ha confermato che l'offerta di servizi in Campania è qualitativamente competitiva in quasi tutti i campi, ma, se si eccettuano alcune eccellenze, poche aziende possono soddisfare una domanda internazionale, soprattutto a causa delle piccole dimensioni.

I vincoli allo sviluppo locale ed internazionale vanno ricercati soprattutto nella scarsa propensione commerciale delle PMI storicamente legate alla grande impresa nazionale, mentre per quanto concerne i new players e le aggregazioni di imprese, si evidenzia spesso il basso livello di investimenti in marketing ed attività commerciale per l'internazionalizzazio-

ne, che si limita praticamente alla partecipazione a fiere e ad incontri occasionali con aziende estere.

Questa appare pertanto l'area in cui dovrebbero orientarsi alcune delle policy istituzionali in un'ottica di sviluppo del comparto e di creazione ad un vero e proprio *polo aerospaziale* campano.

Importante inoltre è quanto è emerso dal lato della domanda di servizi sia da parte delle imprese appartenenti al settore aeronautico che da parte di quelle appartenenti allo spaziale. Infatti appare evidente come nel caso in cui un'impresa abbia una propria nicchia di mercato e svolga essa stessa un ruolo di system integrator (anche se piccolo), sia in grado di attivare un indotto di servizi superiore in quanto maggiore è la necessità di esternalizzare alcune attività che non possono essere gestite completamente all'interno. In particolare per quanto riguarda le imprese operanti in campo spaziale, trattando prodotti "semiartigianali", necessitano spesso del ricorso a fornitori fortemente qualificati, instaurando rapporti di collaborazione di lungo periodo, per cui lo sviluppo del settore spaziale si potrebbe sicuramente tradurre in uno sviluppo di un indotto qualificato di servizi. Minore, invece, è la quantità di servizi (specie per quanto concerne quelli di tipo ingegneristico) che viene attivata da un'azienda che opera come fornitore all'interno della supply chain internazionale in quanto, per motivi strategici, grossa parte dei servizi *core* è gestita internamente.

# QUALITÀ DELL'ENERGIA ELETTRICA: UN APPROCCIO BASATO SUI METODI PER IL CONTROLLO STATISTICO DI PROCESSO (SPC)



## Premessa

Nella presente memoria si riportano gli elementi metodologici, relativi al tema di ricerca della qualità dell'energia elettrica, con l'obiettivo di trattare, in modo innovativo e complementare, i problemi di settore, attraverso l'analisi degli effetti valutati su base statistica.

Le tematiche accennate sono state oggetto il 23-25 giugno 2008 della Special Session "SPC (Statistical Process Control) in Power and Energy Systems Applications" promossa ed organizzata dall'autore, con la collaborazione della Prof.ssa Jin Zhong del Dipartimento di Ingegneria Elettrica dell'Università di Hong Kong, nell'ambito della Conferenza internazionale "The Eighth IASTED International Conference on Power and Energy Systems ~EuroPES 2008~ June 23 - 25, 2008 Corfu, Greece".

## Introduzione sulla qualità di prodotto

Al termine "qualità" possono essere attribuiti significati diversi. Uno dei più comuni consiste nella verifica che il "prodotto" mantenga le sue caratteristiche dichiarate in tutte le condizioni operative previste, per tutta la durata della vita presunta, senza alcun effetto dannoso collaterale. Quando le prestazioni di un prodotto non soddisfano tali attese, per effetto di non conformità che possono verificarsi tra le diverse unità prodotte oppure per il variare delle condizioni

ambientali o di carico o per eccesso di una usura precoce, si determina un danno economico dovuto alla "non qualità". Tale danno è subito dall'utilizzatore, dal produttore e dall'intera società. Naturalmente anche il normale funzionamento di un prodotto (così come l'esercizio di un sistema, nel caso più complesso) ha un costo, il TCO (Total Cost of Ownership) che è la somma di quello sostenuto per ricerca e sviluppo, di quello sostenuto per la realizzazione ed infine dai costi collegati al suo utilizzo (consumo di energia, necessità di limitare l'inquinamento ambientale, ricambi, ecc.).

I costi di funzionamento si influenzano reciprocamente in quanto la ricerca e lo sviluppo sono funzionali alla riduzione dei costi di produzione e di quelli operativi.

In un sistema di libero mercato e di competizione globale l'obiettivo da perseguire non è solo quello di tenere al più basso valore possibile il costo di funzionamento ma anche di ridurre i costi associati alla "non qualità". Infatti se ci si limitasse a considerare solo la prima categoria di costi, associata al normale funzionamento, non si porterebbero in conto in maniera adeguata le attese dei consumatori e si verrebbe quindi alla lunga penalizzati dal mercato.

In sostanza quindi, in regime di "total quality management", un indicatore di qualità particolarmente significativo e concretamente misurabile può essere costituito dalla somma dei co-

Stefano De Falco

Dipartimento di Ingegneria Elettrica  
Università degli Studi di Napoli Federico II

“ Un indicatore di qualità particolarmente significativo e concretamente misurabile può essere costituito dalla somma dei costi di normale funzionamento e di non qualità: quanto più tale somma è bassa, tanto più elevata è la qualità del prodotto ”



sti di normale funzionamento e di non qualità: quanto più tale somma è bassa, tanto più elevata è la qualità del prodotto.

### 1. Il caso dei sistemi elettrici

La qualificazione del prodotto "energia elettrica", risulta una operazione complessa e difficilmente formalizzabile secondo modelli analitici che possano descriverne le sue caratteristiche al momento della sua fruizione.

Una strada percorribile per la verifica della "bontà" di un prodotto così peculiare, può essere quella di effettuarla in termini di "processo", in ragione della logica che l'output di un processo sotto controllo, sia un prodotto conforme a date specifiche.

In tale contesto la qualificazione dell'intero servizio di erogazione del prodotto "energia elettrica" prevede la definizione di opportuni livelli di qualità scaturenti da una contrattazione cliente/fornitore che dia luogo ai cosiddetti SLA (Service Level Agreement), formalizzati in termini rigorosi nella Carta del Servizio Elettrico.

La strutturazione secondo tale architettura piramidale del servizio elettrico enfatizza l'opportunità di ricorrere a metodologie per il controllo di processo, alla stregua dell'approccio seguito per qualsiasi altro processo di natura industriale.

L'implementazione di strumenti per il controllo statistico di processo, nel caso del particolare processo di erogazione dell'energia elettrica, consente di prescindere dalla contingenza di fattori legati alla specifica modalità di erogazione e di fruizione del servizio che ne determina la migliore o peggiore qualità.

La metodologia prevede una fase di progettazione del piano operativo di prova ed una fase sperimentale, nella quale, durante l'esercizio del sistema elettrico, sono raccolti tutti i dati relativi agli indicatori utilizzati, e gli storici dei valori assunti sono trattati statisticamente al fine di evidenziar-

ne una correlazione a parametri definiti nella prima fase.

Il risultato della implementazione della metodologia consente di ottenere utili informazioni circa le configurazioni "ottime" che devono essere selezionate per la gestione del sistema elettrico in esercizio, tali da garantire l'indipendenza da parametri di influenza, i cui effetti non sono analiticamente modellabili.

A titolo di esempio, nel caso dei sistemi elettrici navali, si possono ottenere delle griglie di associazione carichi elettrici-regimi di navigazione, come guide per le condizioni operative di esercizio del sistema elettrico di bordo. In tal modo, i carichi elettrici azionati secondo opportune sequenze o, se non necessari, esclusi durante certe fasi, possono aumentare notevolmente i vantaggi relativi sia all'allungamento medio della vita dei componenti elettrici del sistema, sia relativi alla prevenzione di malfunzionamenti improvvisi.

In ambito elettrico, si sta assistendo ad un processo nuovo in cui va rinforzandosi notevolmente la posizione del beneficiario della prestazione, che da utente sta divenendo cliente. Infatti finora l'utente del servizio elettrico era costretto, anche perché in regime di monopolio, a subire le condizioni imposte dal fornitore. La qualità della distribuzione elettrica era legata, senza particolari sanzioni o rivisitazioni contrattuali, a parametri menzionati al più nella Carta del Servizio. Allo stato attuale, invece, la possibilità di disporre di strumenti e metodi di misura in grado di associare a parametri della fornitura reale, opportuni indicatori di costo, sta consentendo di verificare effetti benefici sia per la clientela diffusa che per quella industriale, riscontrabili in bolletta. L'energia elettrica, per sua natura, risulta essere una risorsa difficilmente misurabile rispetto ai suoi parametri qualitativi, è richiesta e fornita con continuità, non è immagazzinabile in quantità considerevoli e non può essere sottoposta a controlli (a basso costo su scala industriale)

che ne assicurino la qualità prima dell'uso.

Pertanto, a seguito delle considerazioni esposte, è ragionevole pensare di operare dal punto di vista metrologico, sugli effetti, oltre che sulle cause, cercando di ridurre queste ultime non in modo assoluto, con l'inevitabile allocazione di grosse voci di budget, ma secondo delle priorità dettate dall'entità degli effetti che esse producono. In altri termini, un *modus operandi*, può essere quello di definire delle specifiche di riferimento, formalizzate in requisiti quantitativi multivariati (nel caso più generale), riferiti ai principali indicatori elettrici, quale ad esempio, il fattore di distorsione armonica e valutare gli effetti economici degli scostamenti dai valori, assunti come target, degli indici menzionati.

In particolare occorre portare in conto gli effetti che tali scostamenti producono, sia sugli impianti di distribuzione che sulle utenze da essi alimentate, in termini di riduzione delle curve di vita, malfunzionamenti, guasti, e di riflesso sulle (come le definisce la Norma UNI EN ISO 9001:2000) Azioni correttive (AC) per il ripristino dello stato nominale dell'intero sistema, distribuzione più utenze.

A tal fine, il perseguimento dell'approccio descritto può essere effettuato mediante uno strumento noto in Letteratura in ambito della metrologia per la qualità, come Funzione Perdita di Qualità.

## 2. Funzione Perdita di Qualità

Si è definita la "non qualità" di un prodotto come valore delle perdite totali provocate alla società per effetto di difettosità di funzionamento, effetti nocivi collaterali, consumi energetici. Queste perdite vanno considerate in rapporto alla durata di vita prevista; infatti una volta immesso nell'uso ogni prodotto mantiene le sue caratteristiche per un certo periodo fin quando, per effetto delle sollecitazioni associate all'uso e di quelle am-

bientali, esse deviano in maniera significativa dai valori nominali fino a risultare fuori dai limiti di specifica. Ci si riferisce a sollecitazioni normali (DBE design base events) e non, ovviamente, a situazioni straordinarie, che possono essere provocate da errore umano o da eventi esterni, rispetto alle quali la modellazione proposta perde di efficacia e validità.

Ragionando in prima approssimazione, pertanto, si potrebbe comparare la qualità di un prodotto rispetto ad un altro, determinando la frazione di "non conformi" dell'uno e dell'altro dopo un certo periodo di funzionamento. In realtà questa modalità di misura non fornisce risultati completamente indicativi in quanto implica che i prodotti siano considerati tutti egualmente buoni fin quando rientrano nei limiti di specifica e tutti ugualmente difettosi quando risultano fuori di tali limiti. Nella realtà le cose non stanno mai in questo modo in quanto il prodotto il cui indice di qualità è di valore esattamente pari a quello teorico è certamente migliore di un prodotto il quale, pur registrando un indice di qualità compreso nel "range" ammissibile, registra un maggiore scostamento rispetto al "target". Peraltro, nella percezione degli utilizzatori, anche i prodotti che rientrano nelle tolleranze fissate possono registrare una carenza di qualità che può influenzare le vendite ed il buon nome del fornitore.

Ne segue che non è consigliabile individuare la funzione  $L(y)$  (Quality Loss) che esprime la perdita di qualità in rapporto alla consueta definizione ingegneristica secondo la quale il prodotto è idoneo fin quando il suo indice di qualità, definito, nel caso più banale monovariato, da un indice  $y$ , vale  $m \pm \Delta_0$  (con  $\Delta_0$  limite bilaterale di tolleranza) e determina un costo di non qualità  $A$  per valori di  $y$  esterni a tale intervallo.

$$L(y) = \begin{cases} 0 & \text{se } |y-m| \leq \Delta_0 \\ A_0 & \text{altrove} \end{cases} \quad (1)$$

La dipendenza della Perdita dallo scostamento è quindi resa possibile

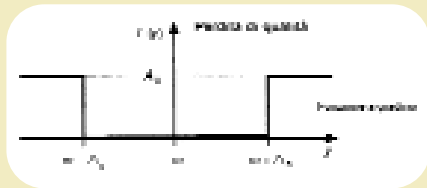


Figura 1. Funzione Perdita Qualità a gradino.

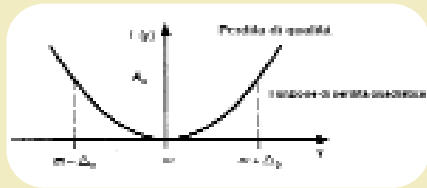


Figura 2. Funzione Perdita Qualità parabolica.

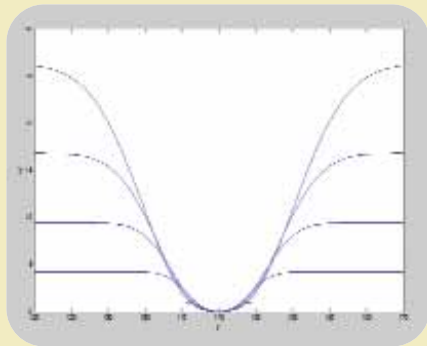


Figura 3. Integrale di convoluzione Perdita Qualità nel caso di valore medio  $\mu$  coincidente con il target di specifica  $\mu_0$ .

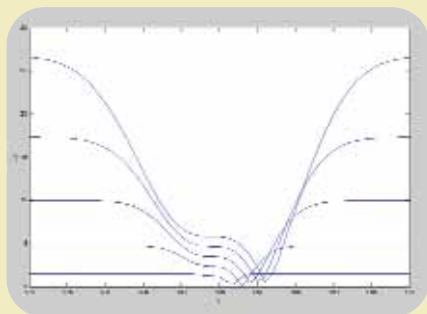


Figura 4. Integrale di convoluzione Perdita Qualità nel caso di valore medio  $\mu$  non coincidente con il target di specifica  $\mu_0$ .

dall'espressione (che da studi di settore risulta avere carattere parabolico):

$$L(y) = k(y - m)^2 \quad (2)$$

in cui k è una costante denominata coefficiente di "costo della qualità". La (2) rappresenta molto meglio il carattere continuo e quadratico della funzione (Figura 2) evidenziandone la "sensibilità" allo scostamento.

La determinazione di k può avvenire fissando il limite di tolleranza  $\Delta_0$  oltre il quale il prodotto va riparato o sostituito e calcolando il costo  $A_0$  associato a tale evento. Tale costo non è solo quello della riparazione/sostituzione ma anche quello dei trasporti e del danno dovuto al non funzionamento, ossia rappresenta la "condizione al contorno"

in grado di quantificare in modo globale il valore economico associato alla perdita economica generale a cui va soggetto sia il fornitore che l'utente, fino ad arrivare all'intera società (in valore medio e normalizzato).

Ponendo quindi  $L(y)=A_0$  e  $m=\mu_0$  (valore target di specifica) in corrispondenza di  $y = \mu_0 \pm \Delta_0$ , si ottiene l'espressione:

$$L(y) = \frac{A_0}{\Delta_0^2} (y - \mu_0)^2 \quad (3)$$

La (3) è valida nell'ipotesi che l'indice di qualità y, espresso in termini di valor medio di una distribuzione di valori misurati

$y_i$ , abbia un valore obiettivo  $\mu_0$  diverso da zero e che l'incremento di perdita (costo di non qualità) sia simmetrico ai due lati del target di specifica. Essa è pertanto rappresentativa di una situazione in cui il valore di y preferibile è quello nominale  $\mu_0$  ("nominal the best").

### 3. Qualche esempio di applicazione

Il ragionamento finora sviluppato ha sotteso un'ipotesi fondamentale che ha reso possibile lo sviluppo in "so-

vrapposizione degli effetti" dei contributi relativi ai singoli scostamenti dal valore target relativi a punti di misura equiprobabili. In sostanza si è considerata una distribuzione uniforme dei punti di misura  $y_i$ .

Risulta interessante valutare il caso fin qui trattato, nell'ipotesi in cui i punti di misura siano invece caratterizzati da una differente distribuzione di probabilità. Ad esempio, nel caso in cui gli  $y_i$  seguano una distribuzione normale caratterizzata dai parametri statistici  $\mu$  e  $\sigma$ .

Dunque l'espressione della Funzione Perdita si modifica attraverso il seguente integrale:

Operando in questo modo si ottiene uno strumento operativo in grado di fornire delle curve parametriche in che per un dato valore di y restitui-

$$L(y) = \int P dL(y) * (y - \mu)^2 dy = \int \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} * (y - \mu)^2 dy \quad (4)$$

scano il valore complessivo della perdita di qualità, correlando così la forma della distribuzione dei dati di misura allo scostamento rilevato.

Di seguito si riporta (Figura 3) un grafico relativo al fascio di curve parametriche in  $\sigma$  per un dato valore medio  $\mu$  considerato coincidente con il target di specifica  $\mu_0$ .

Nel caso in cui il valore medio  $\mu$  dei dati di misura  $y_i$ , sia differente dal valore target di specifica  $\mu_0$ , allora l'espressione della Funzione Perdita diviene la seguente:

$$L(y) = \int P dL(y) * (y - \mu_0)^2 dy = \int \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}} * (y - \mu_0)^2 dy \quad (5)$$

Nella Figura 4 è riportato il grafico relativo, in cui si evidenziano, a parità di valori assunti dall'indice y, valori di Perdita mediamente superiori a quelli riscontrabili nel caso precedente.

Gli abachi ottenuti, nelle ipotesi considerate, sono stati utilizzati per l'analisi degli effetti sui componenti passivi, provocati da variazioni del fattore di distorsione armonica, THD, per un sistema elettrico di parametri noti. Si è impostata una simulazione in cui i valori di THD sono stati strutturati in sottogruppi di dati, che in fase di spe-

rimentazione saranno misurati in condizioni note e ripetibili, caratterizzati, ciascuno (i-mo sottogruppo) dai parametri statistici  $\mu$  e  $\sigma$ . Pertanto, si è portato in conto nel calcolo del valore di perdita, sia lo scostamento del THD dal valore assunto come target (in funzione delle Norme di settore), sia la variabilità dello scarto. L'algoritmo è stato impostato in fase "analisi", ma a partire dai dati trovati, è possibile e conveniente poterlo utilizzare in fase di "sintesi", impostando un valore stabilito di perdita dal quale trae origine la definizione delle specifiche di esercizio del sistema che devono essere garantite in termini di valore medio e scarto tipo dell'indice monitorato. Tale soddisfacimento può essere ottenuto, trattando il processo elettrico al pari di qualsiasi altro processo industriale, caratterizzato da parametri di controllo e parametri di rumore, ed applicando gli strumenti più idonei del SPC (Statistical Control Process).

Un altro esempio di applicazione degli strumenti di SPC al controllo del processo elettrico è relativo al monitoraggio del fattore di distorsione armonica in funzione di diversi parametri nell'ambito dei sistemi elettrici navali. Una applicazione è stata realizzata non su dati simulati come nel caso precedente, ma su dati acquisiti "real time" durante le diverse fasi di navigazione di un traghetto passeggeri.

Come periodo di monitoraggio si è scelta una traversata completa del natante in modo da valutare un ciclo di lavoro completo dell'impianto elettrico di bordo. Un giorno di lavoro individua le seguenti fasi:

- 8 fasi di navigazione;
- 8 fasi di manovra in entrata in porto;
- 8 fasi di manovra in uscita dal porto;
- 4 soste in porto prolungate.

La misura del livello di inquinamento armonico è stata compiuta impiegando un analizzatore di qualità della rete FLUKE 434 Power Quality Analyzer (norma di riferimento EN 50160).

Allo scopo di acquisire tutti i dati necessari al conseguimento di un buon risultato, lo strumento è stato collegato

mediante l'utilizzo di pinze amperometriche e voltmetriche sulle sbarre principali a valle dei tre generatori ed è stato programmato per effettuare un esame completo dell'impianto (Figura 5).

In questo modo si è:

- ricavato il valore del THD% di tensione;
- acquisita la forma d'onda di tensione e corrente;
- acquisito l'andamento delle correnti e della potenza nelle condizioni di maggiore criticità per l'impianto.

Per applicare gli strumenti SPC è stato necessario esplorare, durante le diverse fasi di navigazione, tutte le condizioni operative attraverso la selezione di tutte le combinazioni dei valori di velocità e carichi elettrici.

In Tabella 1 ad esempio, è riportata una delle scelte usate nell'analisi per il controllo del parametro carico elettrico. Nelle Tabelle 2 e 3 sono riportati i risultati statistici basati sui due casi analizzati di nave avente generazione elettrica agli assi e nave senza generazione elettrica agli assi. Nelle tabelle sono riportate già le medie dei valori acquisiti durante tutte le condizioni operative.

Dalla Tabella 2 si evince che il THD% è molto sensibile alla variazione di velocità e quasi indipendente dalla variazione di carichi elettrici.

Dalla Tabella 3 l'F-test mostra che il THD% è meno sensibile alla velocità ed è influenzato dalle variazioni del carico elettrico.

A partire dai risultati dell'ANOVA è possibile trovare la configurazione migliore dei parametri di controllo interessati dalla gestione del sistema elettrico per rendere molti componenti meno sensibili alla tensione armonica e/o alla distorsione della corrente.

Infatti, attraverso i dati relativi al piano di manutenzione, è possibile associare le fasi di lavoro di certi componenti e dispositivi alle cattive condizioni di fornitura di energia, evitando in tal modo la rottura o la riduzione della vita di alcuni componenti riportandoli alla fase di non funzionamento quando si è in presenza di distorsioni ar-



Figura 5. Inserimento dello strumento sull'impianto.



Tabella 1. Scelta del livello per il controllo del parametro carico elettrico.

Carichi elettrici					
Livello	Fase	Componente	P [kW]	Q [kVA]	I [A]
Liv. I	Navigazione	Pompe oleodinamiche	17	20	30
		Pompe calde	33	43	65
		Pompe fredde	45	53	80
Liv. II	Manovra	Screw di manovra	238	264	400
		Pompe oleodinamiche	17	20	30
		Pompe calde	33	43	65
Liv. III	Sosta in porto	Pompa ancora	50	62	90
		Pompa portellone garage	34	40	65
		Pompe oleodinamiche	17	20	30
		Pompe calde	33	43	65
		Pompe fredde	45	53	80

Tabella 2. Generazione Assi. ANOVA a due vie.

Carico elettrico	Velocità				F
	Liv. I	Liv. II	Liv. III	Liv. IV	
Liv. I	1,804	2,253	2,345	2,431	
Liv. II	1,905	2,235	2,346	2,233	
Liv. III	1,937	2,262	2,713	2,568	
	<b>Dev.</b>	<b>Dof</b>	<b>Varianza</b>	<b>F</b>	
	Vr=	0,084227167	2	0,042	3,4
	Vc=	0,6262	3	0,208	17,2
	Ve=	0,0725595	6	0,012	
	V=	0,782986667	11		
		F(2 6) 0,95=	5,14		

Tabella 3. Generazione indipendente. ANOVA due vie.

Carico elettrico	Velocità				F
	Liv. I	Liv. II	Liv. III	Liv. IV	
Liv. I	1,901	1,965	2,345	2,431	
Liv. II	2,321	2,235	2,346	2,233	
Liv. III	2,567	2,662	2,713	2,868	
	<b>Dev.</b>	<b>Dof</b>	<b>Varianza</b>	<b>F</b>	
	Vr=	0,690329	2	0,345	12,8
	Vc=	0,166708	3	0,055	2,06
	Ve=	0,161179	6	0,026	
	V=	1,018216	11		
		F(2 6) 0,95=	5,14		

moniche elevate. Inoltre è possibile usare la (3) per ciascun componente e dispositivo e determinare, per ciascuna sua fase di lavoro, gli effetti economici della distorsione armonica considerando la soglia oltre cui il componente si guasta (le tipologie di apparati di bordo tipicamente da monitorare sono i condensatori, le apparecchiature elettroniche e le lampade). Dall'analisi dei dati, in sintesi, su questa categoria di natante, non c'è alcun bisogno di disalimentare determinati

carichi in fase di manovra in quanto il contenuto armonico dell'intera rete non è tale da inficiare il corretto funzionamento dei carichi ne tanto meno incide in modo preponderante sulla durata di vita delle utenze. Resta il contributo metodologico grazie al quale è possibile avallare tale affermazione sulla base di dati rilevati con "confidenza statistica nota". Le prove hanno inoltre rilevato degli altri inconvenienti non eccessivamente debilitanti:

- un basso fattore di potenza;
- correnti squilibrate;
- distorsione della frequenza.

La navigazione è caratterizzata da una buona stabilità elettrica visto che le utenze per la manovra vengono disinserte, ma è affetta da un leggero squilibrio delle correnti di fase dovuto alla non perfetta ripartizione delle utenze. In questo caso è consigliabile una manovra di riequilibrio dei carichi in modo da rendere uniforme il naturale invecchiamento dei cavi e quindi effettuare una manutenzione di sostituzione globale.

In fase di manovra la frequenza della rete è molto sensibile alla variazione dei carichi connessi, in quanto si è in presenza di un sistema non a potenza prevalente; tuttavia tali oscillazioni generate dal pendolamento dei generatori sincroni non destano eccessive preoccupazioni sia perché il range di variazione è molto ristretto, sia per la presenza di una forma d'onda di tensione e corrente che in fase di manovra è molto stabile e non testimonia grosse anomalie.

#### 4. Conclusioni

In ambito industriale l'implementazione di metodologie di misura per il controllo della qualità di processo si è rivelata negli ultimi anni un'attività irrinunciabile per i vantaggi che essa comporta con una valenza almeno doppia. In primo luogo si ha la possibilità di produrre un manufatto, o più in generale erogare un servizio, sempre più conforme a specifiche assegnate, mediante una ottimizzazione delle risorse in campo ed a completamento di tale risultato, si riesce a realizzare tale conformità anche a parità di costo o, in alcuni casi, addirittura attraverso un loro abbattimento.

Nella presente memoria si è analizzato uno dei campi di applicazione industriale di tali metodiche, quello elettrico, caratterizzato da un "prodotto", l'energia elettrica, dalle caratteristiche peculiari, sia in termini di definizione delle specifiche che di misu-

rabilità dei suoi parametri qualitativi. Si è descritto uno degli strumenti per il controllo qualità, la Funzione Perdita, il cui utilizzo in ambito elettrico, risulta sicuramente innovativo ed inoltre lo si è caratterizzato, mediante simulazioni, anche ad un caso più generale, sicuramente tipico del settore analizzato, in cui alcune ipotesi di formulazione riportate in Letteratura sono state rimosse.

#### Bibliografia

1. S. De Falco, Control Process Measurements For Power Quality : An Innovative Application on Naval Electrical Systems, EE.RR Electrical Engineering Research Report, June 2006.
2. S. De Falco, Control Process Measurements for Power Quality in Presence of Periodic Behaviour: an application on naval electrical systems, EE.RR Electrical Engineering Research Report, December 2007.
3. IEEE Std 519-1992, 'IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonics Control in Electrical Power Systems', IEEE, New York, 12 April 1993.
4. STANAG 1008 : 'Characteristics of Shipboard Electrical Power Systems in Warships of the North Atlantic Treaty Navies', NATO, Edition 8, 21 Febr. 1994./ Edition 9 under ratification.
5. Germanischer Lloyds (GL), 'General Requirements and Instructions', I-Part 1, Chapter 3, Section 1, 2002.
6. Lloyds Register of Shipping (LRS), 'Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships - Electrical Engineering' Vol. 2, Part 10, Chapter 1, January 2001.
7. I K Hatzilau, A Magoulas, S Perros, D Kavoulakos, E Sakiotis, E Christofis, F Martinos, J Prousalidis, 'Harmonic Power Quality On Naval Ships Electric Systems (Standards Overview - Field Measurements)', Proceedings of 3rd Mediterranean Conference and Exhibition on Power Generation Transmission Distribution and Energy Conversion (MEDPOWER 2002), 4-6 November 2002, Athens (Greece).
8. 'MEKO 200 General Purpose Frigate (HN) 'HYDRA' Class' - 'System Manual, Electrical System and Automation', Doc. No. 0720-13-00 File 01
9. I K Hatzilau, S Perros, G Karamolegos, K Galanis, A Dalakos, K Anastasopoulos, A Kavousanos, X Enotiadis, ' Load Estimation of "MEKO" Class Frigates - Field Measurements, Results', Proceedings of the International Conference on The Naval Technology for the 21st Century, Pireaus(Greece), 29-30 June 1998, pp. 225-232.
10. R Dugan, M McGranaghan H W Beaty, 'Electrical Power Systems Quality', Mc-Graw Hill, New York, 1996.
11. G Vokas, D Gazithellis, C Katsikaris, G Peponis, 'Electric Power Quality ', Technical

- Chamber of Greece, Athens, May 1993 (In Greek).
12. M McGranahan, 'Overview of the Guide for Applying Harmonic Limits on Power Systems-IEEE 519A', Proceedings of 8th International Conference of Harmonics and Quality Power, Athens (Greece), 16-18 October 1998, pp. 462-469.
  13. NATO AC/141(SG/6)SG/4 FRANCE paper 93/08 (44)-8 Sept. 93, : 'Harmonic pollution on Ship electric side circuit - Limitation of harmonic currents injected into side circuit', DGA Note technique No 353/93 SY/SEP, Paris 8 Sept. 1993.
  14. NATO AC/141(SG/6)SG/4 GERMANY paper (02)96/10-03.04.96: 'STANAG 1008, Harmonic Distortion, Compilation of Replies to Questionnaire'
  15. C. De Capua, S. De Falco, R. Morello, N. Polese, "A measurement technique to improve quality characteristics in industrial processes" 10th IMEKO TC7 Symposium, June 30-July 2, 2004, Hotel "Saint-Petersburg", St.-Petersburg, Russia.
  16. Anderson, T. W. (1971). *The Statistical Analysis of Time Series*. New York: John Wiley and Sons, Inc. Beneke, M., Leemis, L. M., Schlegel, R. E., & Foote, B. L. (1988). Spectral analysis in quality control: A control chart based on the periodogram. *Technometrics*, 30(1): 63-70.
  17. Bølviken, E. (1983a). New tests of significance in periodogram analysis. *Scandinavian Journal of Statistics*, 10(1): 1-9. Control charts 459
  18. Bølviken, E. (1983b). The distribution of certain rational functions of order statistics from exponential distributions. *Scandinavian Journal of Statistics*, 10(2):117-123.
  19. Chiu, S.-T. (1989). Detecting periodic components in a white Gaussian time series. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B (Methodological)*, 51(2):249-259.
  20. Dutilleul, P. (2001). Multi-frequential periodogram analysis and the detection of periodic components in time series. *Communications in Statistics: Theory and Methods*, 30(6):1063-1098. Fisher, R. A. (1929). Tests of significance in harmonic analysis. *Proceedings of the Royal Society of London: Series A*, 125:54-59.
  21. Fuller, W. A. (1976). *Introduction to Statistical Time Series*. New York: John Wiley & Sons. McSweeney, L. A. (2006). Comparison of periodogram tests. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 74(4): 357-359.
  22. Shewhart, W. A. (1931). *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. New York: Van Nostrand.
  23. Siegel, A. F. (1980). Testing for periodicity in a time series. *Journal of the American Statistical Association*, 75(370): 345-348.
  24. Spurrier, J. D. & Thombs, L. A. (1990). Control charts for detecting cyclical behavior. *Technometrics*, 32(2):163-171.
  25. Tatum, L. G. (1996). Control charts for the detection of a periodic component. *Technometrics*, 38(2):152-160.
  26. Walden, A. T. (1992). Asymptotic percentage points for siegel's test statistic for compound periodicities. *Biometrika*, 79(2):438-440. 460
  27. Faletti N., Chizzolini P.: "Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica", Edizioni Patron (1985)
  28. Medved V., Schinco R.: "Le correnti di corto circuito negli impianti elettrici", Edizioni Delfino Milano (1993).
  29. K. Pahlavan, P. Krishnamurthy: "Principles of wireless networks: a unified approach", Prentice-Hall, 2002.
  30. T. Rappaport: "Wireless Communications: Principles and Practice", 2nd Edition, Prentice Hall PTR.
  31. L. Hanzo, C. H. Wong, M. S. Yee: "Adaptive wireless transceiver: turbo-coded, turbo-equalized and space-time coded TDMA, CDMA and OFDM systems", John Wiley, 2002.
  32. W. Stallings: "Comunicazioni e reti wireless", McGraw-Hill, 2003.
  33. Burr: "Modulation and coding: for wireless communications", Prentice Hall, 2001.
  34. R. Prasad: "Universal wireless personal communications", Artech House, 1998.
  35. Zanolla G.: "Produzione e distribuzione dell'energia elettrica a bordo di navi. Esami dei sistemi oggi impiegati Atti della giornata di studio: Propulsione e sistemi elettrici in ambito navale "(Genova 16 Giugno 1994).
  36. Vucetic B., Yuan J.: "Space-time coding", John Wiley & Sons, 2003.
  37. RINA (Registro Italiano Navale): "Regolamentazione per la costruzione e la classificazione delle navi". Sezione D: Regolamento degli impianti elettrici (1997).
  38. Cogliolo A., Rebaudengo G.: "La regolamentazione del RINA relativa agli impianti elettrici in alta tensione ed agli impianti di propulsione elettrica a bordo di navi, Atti della giornata di studio: Propulsione e sistemi elettrici in ambito navale", (Genova 16 Giugno 1994).
  39. International standard IEC 60092-352: "Electrical installation in ships - Choice and installation of cables for low voltage power system" (1997).
  40. Silvestri A.: "Il calcolo delle correnti di corto circuito secondo recenti documenti IEC.". *L'elettrotecnica*, Aprile 1991.
  41. Fabrizi D.: "Contributo dei motori al corto circuito. Risultato delle prove eseguite in laboratorio ed a bordo di una nave militare". *L'elettrotecnica*, Maggio 1963.
  42. Tosato F., Zucchi G.: "Contributo dei motori asincroni alle correnti di corto circuito.". *L'energia elettrica*, n° 4 1987.
  43. Acquasaliente g., Berto r., Bordignon e.: "L'interruzione di correnti di corto circuito con elevata componente asimmetrica. Problematiche e possibili soluzioni per un interruttore di macchina in media tensione". Riunione annuale AEI, Genova, Settembre 1991.
  44. Cornago F., Pagaccini A., Rebaudengo G.: "Sistemi di distribuzione a 660 V a bordo delle navi". Riunione annuale AEI, Genova 22-25 Settembre 1991.

# RICORDO DI FRANCO SISTO



Il 16 dicembre u.s. a seguito di un incidente assurdo, tragico e banale, improvvisamente cessava di vivere l'ing. Franco Sisto.

Era nato a Napoli il 2 gennaio 1953 e si era laureato presso l'Università degli Studi di Napoli il 29 giugno 1978 in Ingegneria chimica.

Da quella data, e fino ai giorni nostri, ha svolto ininterrottamente la sua attività lavorativa presso il Comune di Napoli, di cui era attualmente Dirigente, essendogli stati affidati diversi compiti, tutti assolti con il massimo impegno corredato da principi di onestà ed umiltà che Lo contraddistinguevano, tra cui quello particolarmente delicato di Responsabile dell'Ufficio di Sicurezza. Durante lo svolgimento di questo incarico era riuscito a mettere in salvo gli abitanti di una palazzina nei pressi dell'Arenella resa pericolosa a causa di una fuga di gas, senza assumersene alcun merito.

Aveva ricoperto con passione ed orgoglio il ruolo di Consigliere dell'Ordine degli Ingegneri dal 1991 al 2002 assumendo la carica di Segretario dal 1993 al 1997 svolta con eguale entusiasmo e dedizione.

Sempre in seno al Consiglio dell'Ordine gli fu affidato l'incarico

di Responsabile della Commissione Parcelle. Ciò gli sottraeva ampi spazi di tempo che dedicava ai Colleghi Ingegneri, anche oltre i normali orari di lavoro, senza mai mettere in evidenza i Suoi sacrifici ma conservando sempre il Suo abituale sorriso, in ogni circostanza.

Tra i vari lavori da Lui progettati o diretti vanno ricordati quelli per i quali andava maggiormente fiero e cioè la ristrutturazione del Convento delle Suore Bige Elisabettine ed il canile di Miano, nonché la Direzione dei Lavori del Lotto 17 di Monteruscello.

Noi Lo ricordiamo, oltre che per la Sua rettitudine e l'impegno che profondeva nello svolgimento del Suo lavoro, per la Sua simpatia e modestia, e per lo spiccato senso del dovere, qualità che andava fiero nel ricordare agli amici, di aver trasmesso ai Suoi figli.

In questo triste momento ai familiari tutti va il più sentito cordoglio e la solidarietà non solo del Consiglio dell'Ordine ma anche di tutti i Colleghi che ebbero la fortuna di conoscerLo e di apprezzarLo.

*Armando Albi-Marini*





# CONFIGURAZIONI DI EQUILIBRIO DI UN RIPASCIMENTO

Risultati degli ultimi anni e indicazioni progettuali

Edoardo Benassai  
Pasquale Di Pace

“ Con l'uso dell'abaco possono essere affrontati sia il problema di progetto che il problema di verifica di un sistema di protezione con scogliere emergenti e distaccate di una spiaggia ”

## Sommario

L'obiettivo di questa nota è quello di divulgare alcuni risultati conseguiti negli ultimi anni sulle configurazioni planimetriche assunte da una spiaggia in presenza di opere di difesa longitudinali disposte parallelamente alla costa e distaccate da essa. Da tali risultati è possibile trarre indicazioni progettuali di notevole interesse per valutare le condizioni di equilibrio di una spiaggia soggetta a modellamento planimetrico disposta a tergo di una scogliera più o meno emergente.

Ne risulta anche la possibilità di fornire indicazioni utili per valutare la distanza dalla costa e la lunghezza di difese parallele idonee a configurare il litorale in modo da ottimizzare gli effetti del fenomeno di interazione tra moto ondoso, spiaggia e struttura.

## Considerazioni introduttive

Per introdurre l'argomento giova definire tre tipi di configurazioni (Figura 1, Figura 2, Figura 3) che possono essere assunti da una spiaggia posta a tergo di una difesa longitudinale disposta a protezione della stessa.

Si tratta delle configurazioni (*Shoreline Response*) a tombolo, a cuspidi e a lievi ondulazioni, per le quali le deformazioni indotte dalla presenza della struttura sono rispettivamente tanto forti da raggiungere il retro dell'opera (a tombolo), sono di intensità

tale da indurre la formazione di una cuspidi in corrispondenza dell'ombra geometrica dell'ostacolo (a cuspidi), ovvero sono di entità così lieve che si limitano a creare soltanto delle ondulazioni longitudinali con i colmi in corrispondenza delle zone protette ed i cavi lì dove il mare non trova ostacolo alla sua espansione.

Nella pratica progettuale si tende a distanziare le opere di difesa dalla costa con lo scopo di contenere l'accumulo di sedimenti nello specchio acqueo protetto, consentendo il ricambio idrico con l'esterno.

Nella Figura 4 viene schematizzato il modello di circolazione costiera indotto dalla presenza di una scogliera emergente. È evidente che lo sviluppo delle diverse geometrie nella zona d'ombra dell'opera è il risultato della presenza concomitante di due azioni. La prima è quella che insorge per effetto del processo di run-up - run-down dell'onda diffratta. L'onda, una volta deviata dalla propria direzione di incidenza di largo (qui riportata come ortogonale alla scogliera) per effetto del fenomeno di diffrazione intorno alle due testate, incide obliquamente sulla spiaggia originaria trascinando sedimenti dalla periferia al centro della zona d'ombra.

Alla circolazione dei sedimenti indotta dalla diffrazione (in senso orario da un lato ed in senso antiorario dall'altro) si oppone l'azione (massima lungo l'asse del sistema) della risultante delle onde diffratte dalle due te-

state diretta dal centro verso la periferia della zona d'ombra<sup>1</sup>.

L'andamento planimetrico di equilibrio per una spiaggia protetta da un'opera di difesa distaccata dalla riva ed emergente è stato oggetto dell'analisi di diversi Autori.

Silvester (1976) propose una geometria della spiaggia modellata a forma di spirale logaritmica. Detta figura geometrica si mostra adeguata a rappresentare solo la parte di spiaggia immediatamente a tergo dell'ostacolo ed il centro della spirale non coincide con la testata dell'opera.

La forma planimetrica assunta dalle spiagge protette è stata studiata successivamente da Hsu, Silvester e Xia (1987), Hsu ed Evans (1989), da Hsu, Uda e Silvester (1993) e recentemente da Moreno e Kraus (1999). Dal lavoro di Hsu, Uda e Silvester (1993) si evince che il moto ondoso incidente viene considerato come un insieme di onde lunghe (storm) e di onde di mare vivo (swell) alternativamente susseguenti, tutte provenienti dalla medesima direzione.

Secondo gli Autori, che riprendono il metodo spiegato nel precedente lavoro di Hsu ed Evans (1989), la for-

ma geometrica adottata per descrivere l'andamento planimetrico di una spiaggia protetta da un'opera di difesa distaccata ed emergente, caratterizzata da un asintoto orizzontale (spiaggia pienamente sviluppata), è rappresentabile in coordinate polari in forma parabolica:

$$\frac{R}{R_0} = C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta}\right) + C_2 \left(\frac{\beta}{\theta}\right)^2 \quad (1)$$

ove R è la distanza variabile della spiaggia dalla testata (punto P) e  $R_0 = PQ$  e con  $\theta$  che definisce l'angolo variabile rispetto ai fronti d'onda indisturbati (Figura 5).

Nella (1) per la definizione del profilo parabolico di equilibrio della spiaggia è necessario conoscere i tre coefficienti  $C_0$ ,  $C_1$  e  $C_2$ , funzione dell'angolo  $\beta$  indicato nella Figura 5. A tal fine Hsu ed Evans hanno predisposto il diagramma di Figura 6.

Dal punto di vista applicativo, una volta assegnata la direzione del fronte d'onda incidente, si individuano sul profilo originario della spiaggia il punto Q a partire dal quale la costa diviene parallela al fronte d'onda incidente e la linea di controllo  $R_0$  inclinata di  $\beta$  rispetto al fronte.

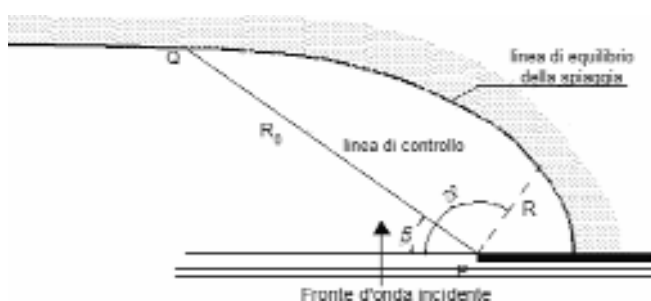


Figura 5. Schema di spiaggia in equilibrio.

<sup>1</sup> Il sistema di circolazione va integrato sommando alla risultante delle onde diffratte dalle due testate l'eventuale azione che nasce per effetto della trasmissione energetica al di sopra della struttura. Inoltre, in presenza di varchi, si creano delle correnti *longshore* per effetto del maggiore *set-up* nella zona non protetta rispetto alla zona d'ombra. Questa corrente crea delle complesse configurazioni quando interagisce col sistema di circolazione principale.

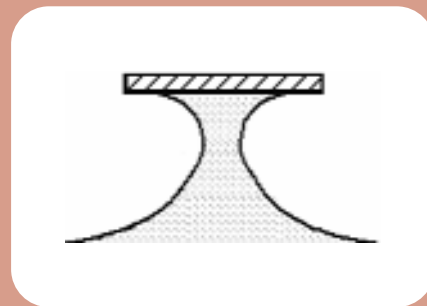


Figura 1. Tombolo.

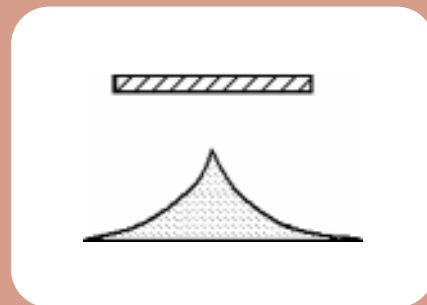


Figura 2. Cuspidata.

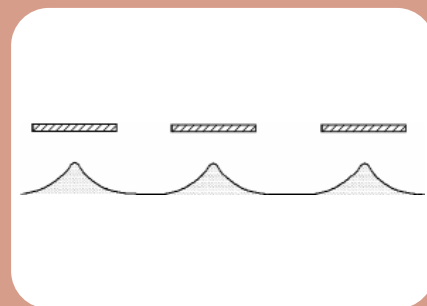


Figura 3. Ondulazioni.

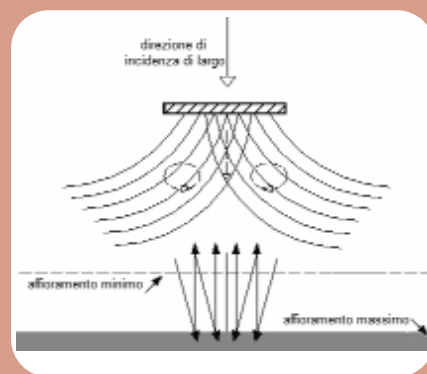
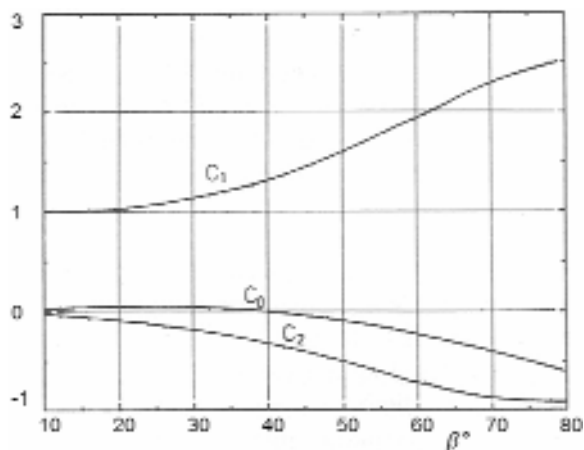


Figura 4. Modello di circolazione costiera indotta da una scogliera e movimento dei sedimenti.

Figura 6. Andamento dei coefficienti in funzione di  $\beta$  (grad)<sup>2</sup>.



A questo punto, noto  $\beta$ , si calcolano i valori dei coefficienti e quindi si ricostruisce l'andamento della  $R(\theta)$ . In particolare, l'angolo  $\beta$  definisce la forma del profilo di equilibrio, mentre  $R_0$  influenza la dimensione della parabola.

Qualora l'ipotesi dell'esistenza dell'asintoto dovesse venire a cadere il metodo anzi descritto (Hsu ed Evans) potrebbe presentare difficoltà. Ad evitare ciò Gonzalez e Medina hanno introdotto un metodo che consenta la costruzione dell'asintoto che in questa sede per brevità non viene descritto.

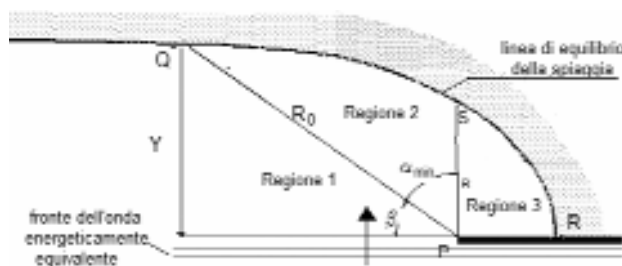
Per tener conto inoltre della variabilità della direzione dell'onda incidente, Gonzalez e Medina (2001) hanno proposto di considerare un'onda energeticamente equivalente con di-

rezione pari a quella del flusso energetico medio.

L'area antistante la spiaggia è stata suddivisa in tre regioni. Si distingue una prima zona in cui non si risente della presenza dell'opera (Regione 1) e che parte dal punto Q e si estende verso sinistra in Figura 5; una seconda zona (Regione 2) in cui si risente principalmente dei fenomeni di rifrazione indotti dall'opera che comprende il triangolo mistilineo PQS; una terza zona (Regione 3) in cui si risente sia della rifrazione che dei fenomeni di diffrazione che comprende il triangolo mistilineo PRS. Nella medesima figura vengono definiti  $\alpha_{\min}=90^\circ$  ed Y.

Gli Autori hanno interpolato i dati sperimentali ottenuti attraverso lo studio delle geometrie di equilibrio di

Figura 7. Schema che mostra le relazioni fra le variabili  $\beta$  ed  $R_0$  di Hsued Evans e le variabili  $\alpha_{\min}$  e Y usate da Gonzalez e Medina.



<sup>2</sup> Si osserva che gli stessi variano fra 2.5 e -1 per gli usuali valori di  $\beta(10^\circ - 80^\circ)$ .

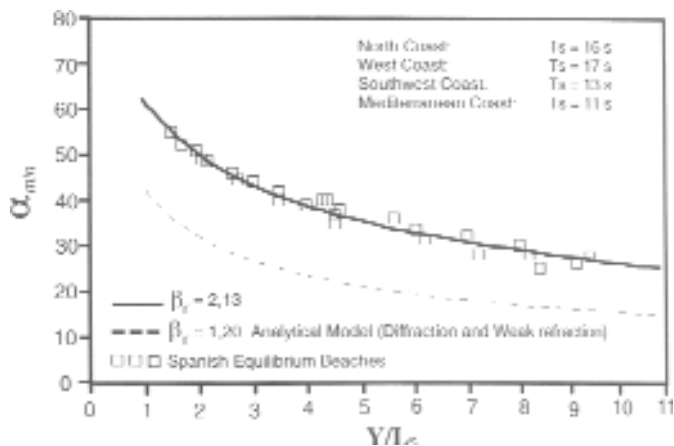


Figura 8. Diagramma per la determinazione di  $\alpha_{\min}$ .

26 spiagge (Figura 8) lungo le coste atlantiche e mediterranee della Spagna fornendo la seguente relazione:

$$\alpha_{\min} = \arctan \left[ \frac{\left( \frac{\beta_r^4 + \beta_r^2 Y}{16 L_s} \right)^{1/2}}{\frac{Y}{L_s}} \right] \quad (2)$$

Se nella (2) si inseriscono i valori della costante  $\beta_r = 2.13$  e  $1.20$  si ottengono, rispettivamente, la (2'), introdotta da Gonzalez e Medina interpolando i dati sperimentali, e la (2''), valida nell'ipotesi di bassa rifrazione:

$$\alpha_{\min} = \arctan \left[ \frac{\left( \frac{1.286 + 2.268 Y}{L_s} \right)^{1/2}}{\frac{Y}{L_s}} \right] \quad (2')$$

$$\alpha_{\min} = \arctan \left[ \frac{\left( \frac{0.1296 + 0.72 Y}{L_s} \right)^{1/2}}{\frac{Y}{L_s}} \right] \quad (2'')$$

Mentre l'angolo  $\alpha_{\min}$  consente di individuare il punto in cui si ripristina l'asintoto orizzontale nella spiaggia,  $Y$  rappresenta la distanza del punto  $P$  dalla costa indisturbata ed  $L_s$  la lunghezza d'onda. Tale lunghezza d'onda s'introduce sia per tenere conto del fatto che il regime ondoso si presenta sotto forma di sequenze di onde con periodi diversi fra loro, sia per tenere conto del fatto che la lunghezza d'onda del fronte in corrispondenza dell'ostacolo presenta valori differenti nei diversi punti del fronte a causa del fatto che la profondità varia lungo il fronte stesso<sup>3</sup>.

Per determinare lo stato di equilibrio di una spiaggia protetta col metodo di Gonzalez e Medina si calcola la distanza  $Y$  e quindi, noto  $L_s$ , dall'equazione (2') si ricava prima  $\alpha_{\min}$  e poi  $\beta$  ed  $R_0$ .

Una volta noti  $R_0$  e  $\beta$  la procedura è quella proposta da Hsu ed Evans già descritta.

Nel diagramma in Figura 8 si notano due curve: la prima, tratteggiata e disposta in basso, rappresenta i valori ottenuti facendo riferimento al

<sup>3</sup> Nel calcolo della lunghezza d'onda ci si riferisce ad un unico periodo ondoso  $T_{Hs12}$  associato all'altezza d'onda significativa ecceduta per 12 ore per anno ( $H_{s12}$ ), e, fissato detto periodo, si calcola  $L_s$  dalla formula di Airy considerando un valore della profondità ( $h_p$ ) in corrispondenza dell'ostacolo pari alla media dei valori delle profondità lungo il fronte in corrispondenza dell'ostacolo stesso. Dal calcolo di  $L_s$  si evince come nel metodo si sia tenuto conto anche della variabilità dei periodi associati agli stati di mare.



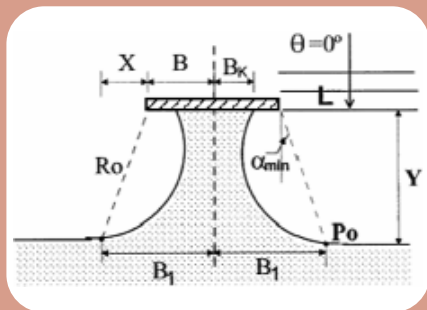


Figura 9. Schema di tombolo.  
Le variabili incognite sono  $B_1$  e  $B_k$ .

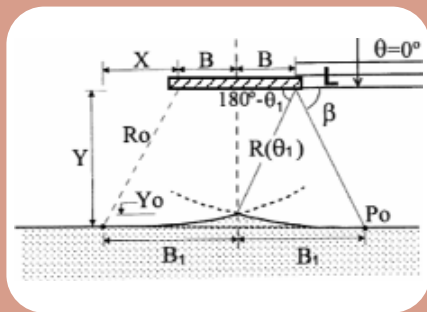


Figura 10. Schema di cuspidi.  
Le incognite sono  $B_1$  e  $Y_0$ .

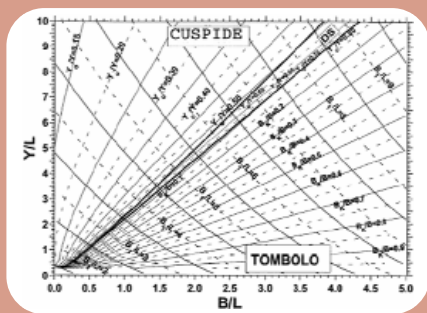


Figura 11. Variazione della forma di equilibrio per differenti valori della lunghezza della scogliera  $2B$ , della distanza dalla costa  $Y$  e della lunghezza d'onda  $L^4$ .

modello di diffrazione di Penney e Price (1944) la seconda, rappresentata a linea continua, passa per una serie di punti sperimentali ottenuti osservando le geometrie di equilibrio di 26 coste spagnole e rappresenta graficamente l'equazione (2').

Delineato brevemente il metodo di Gonzalez e Medina per la determinazione del profilo di equilibrio di una spiaggia protetta, di seguito viene illustrata una applicazione dello stesso al caso di scogliere distaccate con la formazione di tomboli o cuspidi allo scopo di determinare le forme di equilibrio che si formano nella cosiddetta zona d'ombra di un'opera di difesa distaccata e parallela alla costa.

Nelle Figure 9 e 10 vengono illustrati gli schemi di tombolo e cuspidi con l'indicazione delle incognite da determinare per definirne la forma planimetrica.

Nella Figura 11 viene riportato un abaco, scelto fra i numerosi presenti in letteratura, il cui utilizzo consente di stabilire se occorreranno condizioni di formazione di tombolo o di cuspidi nonché le dimensioni geometriche delle configurazioni di spiaggia che si determinano dietro l'ostacolo.

Nell'abaco sono indicati, in ordinata i rapporti fra distanza fra punto di controllo e linea di costa ( $Y$ ) e lunghezza d'onda ( $L$ ), ed in ascissa i valori della

semilunghezza  $B$  della scogliera adimensionalizzata rispetto ad  $L$ .

Con l'uso dell'abaco possono essere affrontati sia il problema di progetto che il problema di verifica di un sistema di protezione con scogliere emergenti e distaccate di una spiaggia.

### Bibliografia sintetica

- Gonzalez, M., Medina, R., 2001. On the application of static bay formulations to natural and man-made beaches. *Coastal Eng.* 43, 209-225.
- Hsu, J. R. C., Evans, C., 1989. Parabolic bay shapes and application. *Inst. Civ. Eng., Proc.*, Londra, 556-570 (part 2).
- Hsu, J. R. C., Silvester, R., Xia, Y. M., 1987. New characteristics of equilibrium shaped bays, *Proc. 25th Coastal Eng. Conference, ASCE*, 3986-3999.
- Hsu, J. R. C., Uda, T., Silvester, R., 1993. Beaches downcoast of harbours in bays, *Coastal Eng., ASCE*, Vol. 19, 1993.
- Moreno, L.J. and N.C. Kraus. 1999. Equilibrium Shape of Headland-Bay Beaches for Engineering Design, *Proceedings of Coastal Sediments'99, ASCE*, 1, 860-875.
- Ming, D., Chiew, Y.M., 2000. Shoreline changes behind detached breakwater. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 126, vol. 2, 63-70.

<sup>4</sup> Nell'abaco si nota anche una zona indicata con DS [doppio salient (cuspidi)]. Questa zona dell'abaco indica la formazione di una doppia cuspidi. Una cuspidi si forma a ridosso della scogliera e l'altra, disposta specularmente, si forma sul litorale.

