



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

ROMA

Seminario:

Capital Budgeting di investimenti solari fotovoltaici

Panoramica sul ciclo di vita degli impianti fotovoltaici

Ing. Angelo Pignatelli

***Presidente della Commissione Fotovoltaico
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma***

Indice degli argomenti:

- Introduzione – Evoluzione del fotovoltaico in Italia
- Componenti del ciclo di vita dell'impianto FV
- Analisi di fattibilità
- Permitting – gestione processi autorizzativi
- Design – Progettazione
- Plan – Pianificazione delle attività di installazione
- Messa in opera
- Operation & Maintenance – Gestione e Manutenzione
- Dismissione

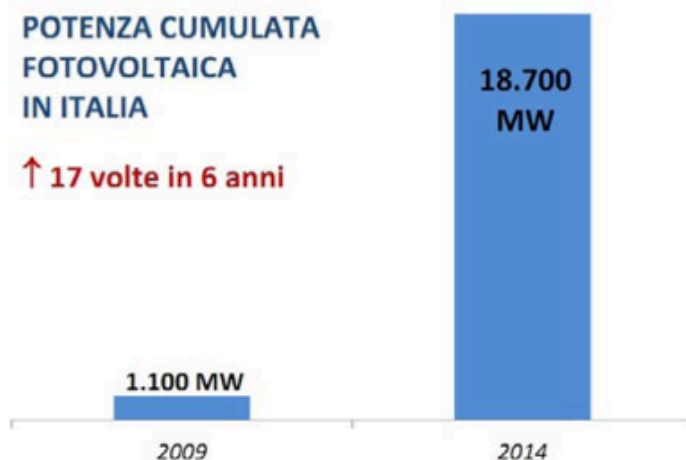


Indici di sviluppo del FV in Italia (2009 – 2014)

POTENZA CUMULATA FOTOVOLTAICA IN ITALIA

POTENZA CUMULATA
FOTOVOLTAICA
IN ITALIA

↑ 17 volte in 6 anni



CONTRIBUTO % DEL FOTOVOLTAICO

2009

produzione elettrica nazionale: **0,24%**

consumi elettrici: **0,21%**

2014 (stima)

produzione elettrica nazionale: **8,7%**

consumi elettrici: **7,6%**

↑ 36 volte in 6 anni

(Fonte: Speciale tecnico di QualEnergia di Dicembre 2014 “Investire nel parco fotovoltaico italiano esistente” – apertura del Workshop del 28 Novembre a Roma)



Il bilancio energetico in Italia (2014 vs 2013)

	1 gennaio - 31 dicembre 2014	1 gennaio - 31 dicembre 2013	Var. % 2014/2013
Produzione netta			
- Idroelettrica	58.067	54.068	+7,4
- Termoelettrica	165.684	183.404	-9,7
- Geotermoelettrica	5.541	5.319	+4,2
- Eolica	14.966	14.812	+1,0
- Fotovoltaica	23.299	21.229	+9,8
Produzione netta totale	267.557	278.832	-4,0
<i>Importazione</i>	<i>46.724</i>	<i>44.338</i>	<i>+5,4</i>
<i>Esportazione</i>	<i>3.021</i>	<i>2.200</i>	<i>+37,3</i>
Saldo estero	43.703	42.138	+3,7
Consumo pompaggi	2254	2.495	-9,7
RICHIESTA DI ENERGIA ELETTRICA	309.006	318.475	-3,0

(Fonte: Rapporto mensile sul sistema elettrico – Consuntivo Dicembre 2014 - TERNA)



Relatore: Ing. Angelo Pignatelli

Panoramica sul ciclo di vita degli impianti fotovoltaici

16 Gennaio 2015

pag. 4

Le origini della rivoluzione energetica

11 dicembre 1997 – Protocollo di Kyoto

Trattato internazionale sottoscritto in Giappone da oltre 160 paesi, ratificato in marzo 1998, per un impegno di riduzione dei gas serra, considerato prima causa del riscaldamento globale (come espresso nel primo e secondo report del 1990 e 1995 dal IPCC – costituito nel 1988).

Obiettivo: riduzione della produzione mondiale di gas a effetto serra (in particolare CO₂) del 5,2%, al 2010, rispetto ai valori del 1990 (ob. UE:8%; Italia:6,5%)

giugno 2000 – Costituzione del ECCP – European Climate Change Programme

Costituzione di un ente europeo per coadiuvare il raggiungimento degli obiettivi del protocollo di Kyoto (-8% al 2020, rispetto alle emissioni del 1990).

giugno 2001 – Primo Report sui cambiamenti climatici del ECCP

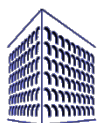
Da una accurata analisi viene riportato come primo punto di intervento, in termini di efficacia e efficienza, “Decarbonisation of energy supply”.

27 settembre 2001 – Direttiva 2001/77/CE

“Sulla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità”

29 dicembre 2003 – DECRETO LEGISLATIVO n.387

“Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”



Evoluzione del quadro incentivante FV in Italia

28 luglio 2005 – DM – MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE – 1 Conto Energia - a

Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare. (GU n. 181 del 5-8-2005)

6 febbraio 2006 – DM – MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE – 1 Conto Energia - b

Criteri per l'incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (GU n. 38 del 15-02-2005)

19 febbraio 2007 – DM – MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – 2 Conto Energia

Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387.

6 agosto 2010 – DM – MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – 3 Conto Energia

Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare (G.U. 24 agosto 2010, n. 197) .

13 agosto 2010 – LEGGE n. 129 – Salva Alcoa

Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 luglio 2010, n. 105, recante misure urgenti in materia di energia. Proroga di termine per l'esercizio di delega legislativa in materia di riordino del sistema degli incentivi.

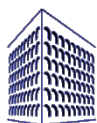
5 maggio 2011 – DM – MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – 4 Conto Energia

Incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici (GU N. 109 DEL 12-05-2011)

5 luglio 2012 – DM – MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO – 5 Conto Energia

Attuazione dell'art. 25 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, recante incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici (c.d. Quinto Conto Energia)

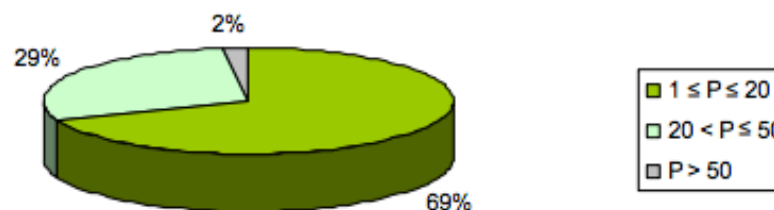
6 luglio 2013 – Fine incentivazione del FV – raggiunti i 6,7 Mld di euro cumulativi il 6 giugno 2013



Anno 2010 – Tariffe incentivanti e distribuzione impianti

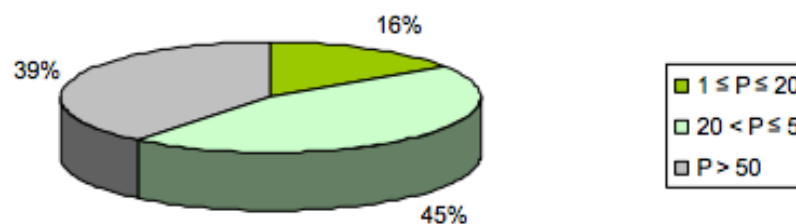
Classi di potenza (kW)	Numero
$1 \leq P \leq 20$	3.967
$20 < P \leq 50$	1.647
$P > 50$	114
TOTALE	5.728

Numero di impianti in esercizio per classe di potenza



Classi di potenza (kW)	Potenza (kW)
$1 \leq P \leq 20$	25.446
$20 < P \leq 50$	73.998
$P > 50$	63.999
TOTALE	163.443

Potenza totale in esercizio suddivisa per classe



Potenza impianto (kW)	Non integrato	Parzialmente integrato	Integrato
$1 \leq P \leq 3$	0,384	0,422	0,470
$3 < P \leq 20$	0,365	0,403	0,442
$P > 20$	0,346	0,384	0,422

(Fonte: GSE – Incentivazione degli impianti fotovoltaici – Relazione delle attività 2010)

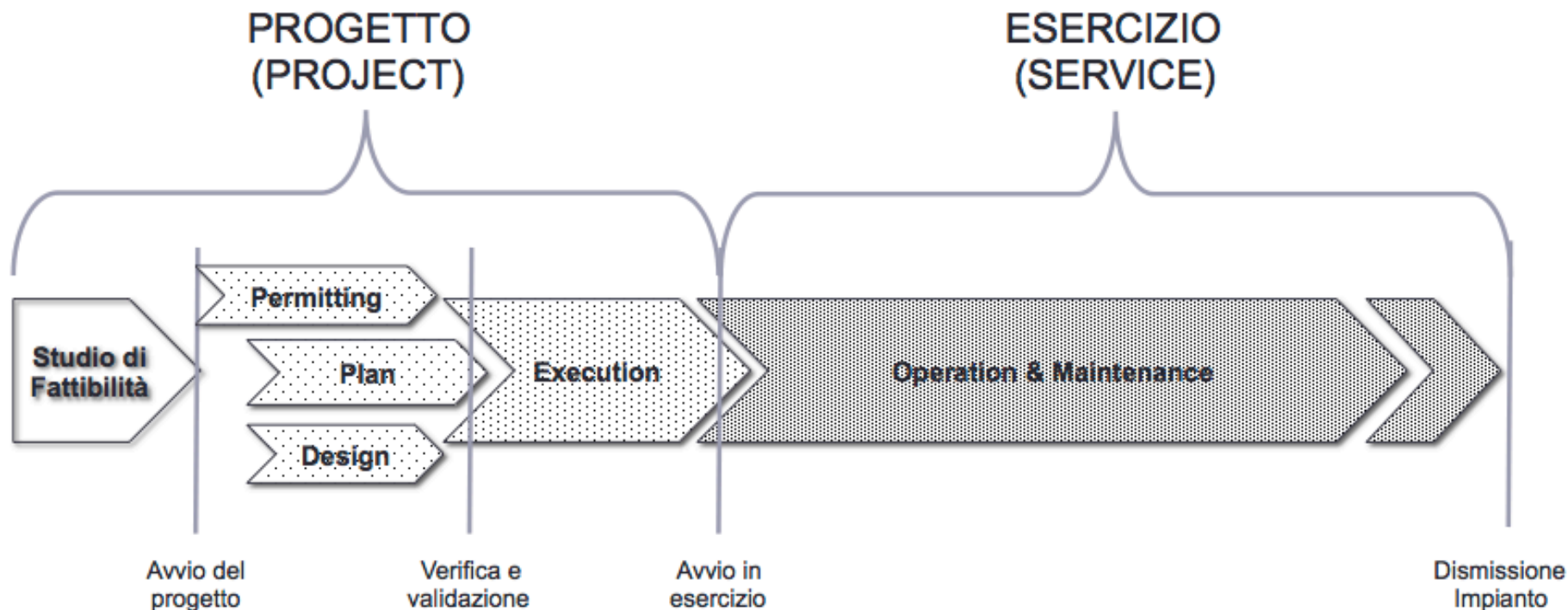


Razionalizzazione e ottimizzazione del settore

- Lo sviluppo del fotovoltaico in Italia, trainato negli anni 2007-2013 dagli incentivi, è stato caratterizzato da una crescita esponenziale e frenetica, per soddisfare l'ingente domanda e la necessità di tempi di realizzazione accelerati per l'accesso alle tariffe più vantaggiose.
- L'attuale mercato è in un momento di transizione, nel consolidamento di proposte in un mercato competitivo (riduzione dei costi e ottimizzazione dei processi per nuovi impianti e soprattutto per i servizi di O&M; ricerca di nuovi modelli di business, quali il mercato secondario, revamping, etc.), in concomitanza di una dinamica di riduzione dei costi dei materiali e l'introduzione di nuove opportunità offerte dall'evoluzione della tecnologia e novità normative (es. sistemi di accumulo, SEU).
- La natura intrinsecamente distribuita e l'iniziale sviluppo frenetico del mercato non hanno favorito una razionalizzazione metodologica del **ciclo di vita degli impianti**, oggi in corso di consolidamento.



Componenti del ciclo di vita degli impianti



Il PMI – Project Management Institute – definisce (estratto dal suo testo base PMBOK 5th edition):

- *“A project is a temporary endeavor undertaken to create a unique product, service, or result”.*
- *“Operations are ongoing endeavors that produce repetitive outputs, with resources assigned to do basically the same set of tasks according to the standards institutionalized in a product life cycle”.*



Studio di fattibilità

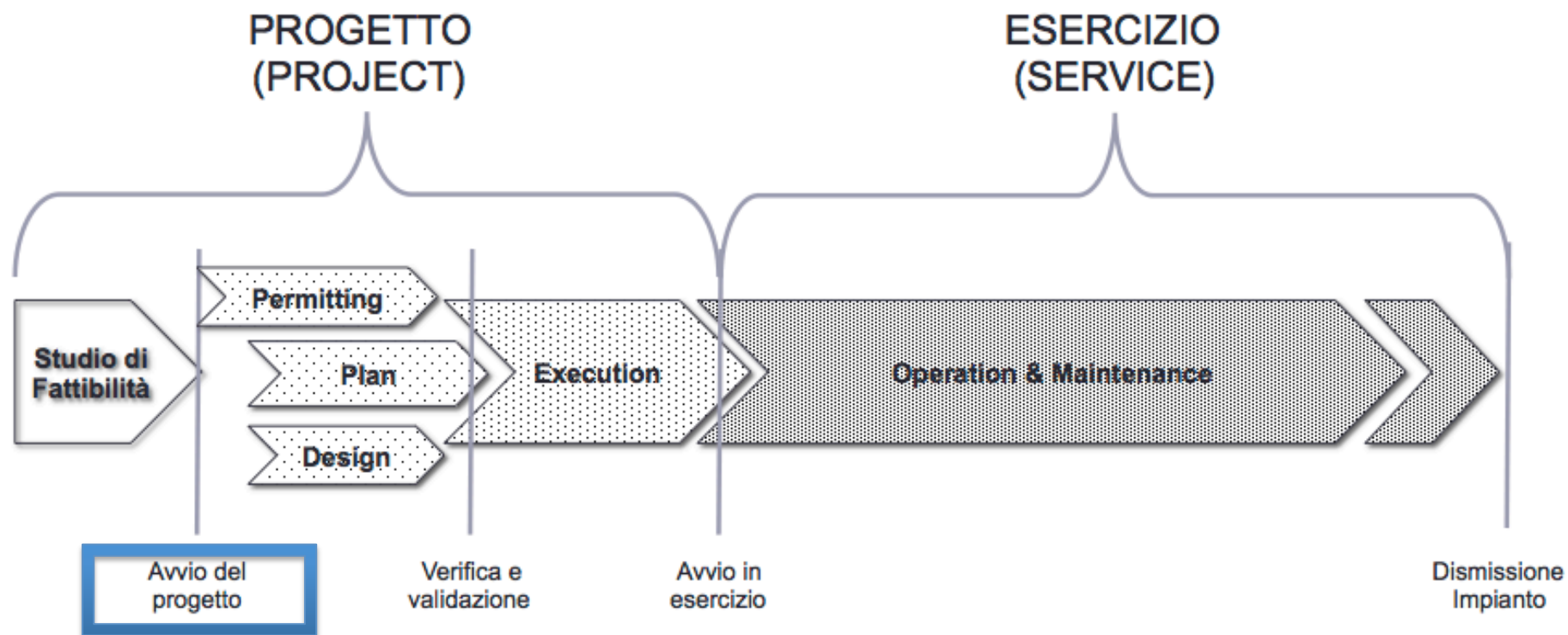
Obiettivo di questa fase è verificare la fattibilità dell'impianto, individuando una stima dei costi e del ritorno degli investimenti, al fine di valutarne la dimensione e l'opportunità di una realizzazione.

Attività:

- Analisi del sito (struttura edilizia e connessione elettrica)
- Dimensionamento Impianto FV (potenza generatore, individuazione degli inverter)
- Analisi della producibilità (stima della produzione attesa - PVGIS, anche tenendo conto delle perdite sull'impianto e degli effetti degli ombreggiamenti)
- Piano economico (stima dei costi, analisi dei flussi finanziari, piano economico).



Avvio del progetto



Sulla base dei risultati dell'analisi di fattibilità (e relativo piano economico), l'investitore decide o meno l'avvio del progetto, stanziandone il budget per i costi di progettazione (caso grandi impianti), o dell'intera realizzazione (caso piccoli impianti).



Permitting – gestione dei processi autorizzativi

Obiettivo di questa fase è la gestione delle pratiche autorizzative, con la produzione di tutta la documentazione necessaria, finalizzata:

- *all'ottenimento del titolo autorizzativo ai lavori (interlocutori: Ufficio Tecnico comunale, Provincia, Regione, enti preposti quando in presenza di vincoli).*
- *alla connessione alla rete elettrica nazionale (interlocutori: Gestore di rete).*



Quadro normativo per i titoli autorizzativi ai lavori

DPR 6 giugno 2001 n. 380 – come modificato dalla **Legge 22 maggio 2010 n.73**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
(G.U. n. 245 del 20 ottobre 2001- s.o. n. 239)

Il D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 - come modificato dalla **Legge 24 dicembre 2007 n.244**

Attuazione della direttiva europea 2001/77/CE sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.

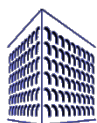
Nelle **Linee Guida** della 387, poi emanate nel settembre 2010, è stato **stabilito l'elenco degli atti che rappresentano i contenuti minimi indispensabili** per superare positivamente l'iter autorizzativo e vengono chiarite le procedure che ogni impianto, in base alla fonte e alla potenza installata, deve affrontare per ottenere l'autorizzazione.

In ogni **Regione**, occorre considerare i **decreti della giunta regionale** pertinenti, in particolare di recepimento delle Linee Guida nazionali (per il **Lazio** vale il **DGR 19 novembre 2010 n.520**).

Il **Decreto Legislativo 28/2011**, entrato in vigore a fine marzo, modifica e integra quanto già stabilito dalle Linee Guida in merito agli iter procedurali per l'installazione degli impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili. I singoli interventi, a seconda della taglia e della potenza installata, possono essere sottoposti a **Comunicazione (Edilizia Libera)**, **Procedura Abilitativa Semplificata (P.A.S.)** o **Autorizzazione Unica (A.U.)**

Il **Decreto Legge del 24 giugno 2014, n.91, nell'art. 30** (*"Semplificazione amministrativa e di regolamentazione a favore di interventi di efficienza energetica e impianti a fonti rinnovabili"*) integra l'Art.7 del DL 3 marzo 2011 n.28, **introducendo un modello unico nazionale per la Comunicazione al Comune dal 1 ottobre 2014, ed estendendo i casi di applicazione della semplice comunicazione per gli impianti fotovoltaici** ($P \leq 20\text{kW}$, moduli aderenti e non eccedenti il tetto, anche in presenza di vincolo paesaggistico, ad esclusioni degli immobili di pregio storico).

Le autorizzazioni indicate dovranno essere corredate, laddove necessario, da tutti i **provvedimenti di concessione, autorizzazione, valutazione di impatto ambientale e paesaggistico**, ecc.



Quadro normativo e procedurale per la connessione

Principali Delibere e Procedure per la connessione:

- **Testo Integrato delle Connessioni Attive – TICA**

Deliberazione ARG/elt 99/08

- **Testo Integrato delle disposizioni dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas per la regolazione dei sistemi semplici di produzione e consumo – TISSPC**

Deliberazione 12 dicembre 2013 578/2013/R/EEL

- **Guida per le connessioni alle reti elettriche di Enel Distribuzione**

Gestore di Rete ENEL

<https://produttori-eneldistribuzione.enel.it>

- **GAUDI' – Gestione Anagrafica Unica Degli Impianti**

Istruzioni Operative per il Mandatario e il Produttore

http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO/gaudi.aspx



Design – Progettazione dell'impianto

Obiettivo di questa fase è la progettazione esecutiva dell'impianto, in tutte le sue parti componenti

Attività:

- Progettazione elettrica (individuazione moduli FV e inverter, dimensionamento stringhe, quadri CC e CA, SPI, SPG, dimensionamento cavi e interruttori).
- Progettazione strutturale (verifica di carico della copertura, individuazione delle strutture di appoggio dei moduli FV, dimensionamento dei locali tecnici e cabine, dimensionamento dei sistemi di estrazione d'aria, dimensionamento dei cavidotti, allocazione delle linee vita).
- Progettazione sistemi elaborazioni dati (sistema di monitoraggio e telecontrollo, identificazione del livello di specificità degli oggetti monitorati, identificazione delle modalità di erogazione del servizio di monitoraggio).



Quadro normativo per la progettazione elettrica

Di seguito l'elenco non esaustivo delle principali norme in merito:

- ◆ **Norma CEI 0-2: 2002-09**

Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

- ◆ **Norma CEI 0-21: 2014-09 e variante V1: 2014-1**

Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica

- ◆ **Norma CEI 0-16: 2014-09 e variante V1: 2014-1**

Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica

- ◆ **Norma CEI 64-8**

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua

- ◆ **Norma CEI 11-1**

Impianti elettrici con tensione superiore ad 1 kV in corrente alternata



Plan – Pianificazione delle attività

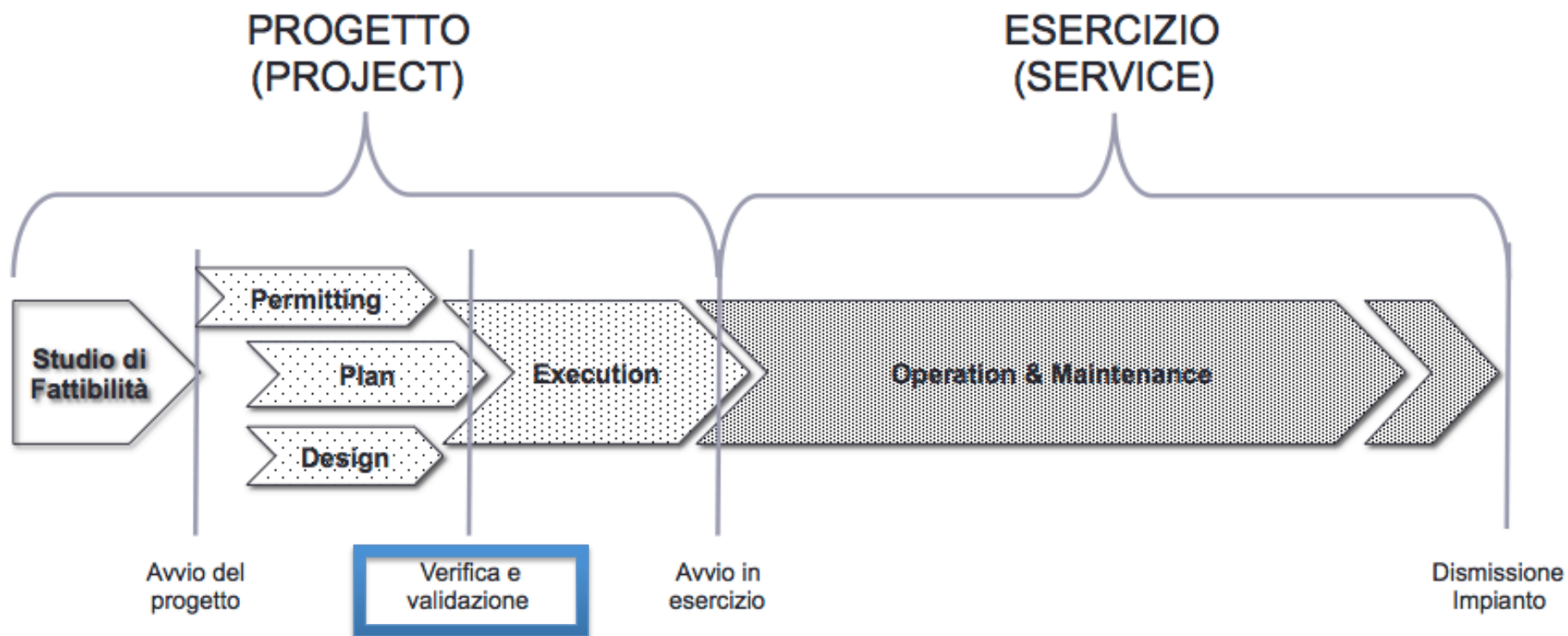
Obiettivo di questa fase è la pianificazione delle attività finalizzate alla realizzazione dell'impianto (secondo quanto descritto nella Progettazione esecutiva) e delle misure di sicurezza necessarie (previste da normativa vigente).

Attività:

- Identificazione delle attività necessarie (**WBS**), definizione di un piano delle attività nel tempo (**Gantt**), pianificare le risorse necessarie (con gli adeguati profili), redigere la lista dei materiali (**BOM** – Bill of material) e dei **fornitori** cui chiedere i preventivi, gestire i **rischi** identificati.
- Consolidamento della **stima dei costi della messa in opera**.
- Pianificare le misure di sicurezza (**POS – Piano Operativo della Sicurezza**), in ottemperanza al:
D.Lgs. N.81 del 9 aprile 2008 – Testo unico sulla sicurezza sul lavoro.
In particolare mettere in atto tutte le misure necessarie previste per prevenire le cadute dall'alto (UNI EN 795/2002, UNI 11158) e le attività presso gli impianti elettrici (CEI 64-8).



Validazione e Verifica



L'avvio dei lavori di messa in opera è a volte vincolato da un momento formale di validazione e verifica dei risultati della fase di progettazione – soprattutto nel caso di una suddivisione contrattuale delle due fasi, approccio comune nel privato per i grandi impianti, e modalità istituzionale nelle opere pubbliche per l'assegnazione delle gare di appalto.



Execution – Messa in opera

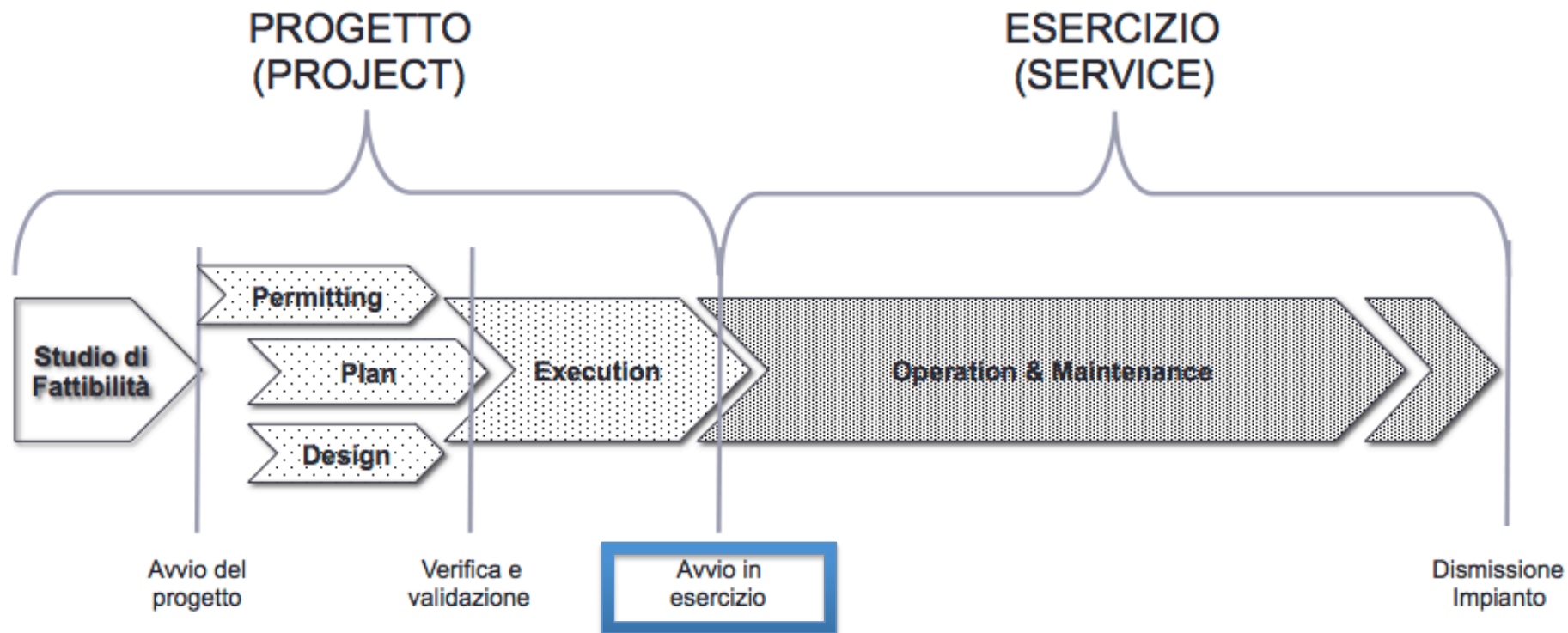
Obiettivo di questa fase è la messa in opera dell'impianto, secondo quanto autorizzato, e previsto nella progettazione esecutiva e la pianificazione.

Attività:

- Coordinamento ed Esecuzione delle attività pianificate
- Gestione delle criticità e dei rischi
- Gestione dei Change di progetto → Progettazione as-built
- Collaudo → Dichiarazione di conformità
- Connessione alla rete elettrica



Avvio in esercizio



L'impianto fotovoltaico è tecnicamente e formalmente **in esercizio** dal momento della connessione alla rete elettrica.

Il **servizio di Gestione e Manutenzione** dell'impianto è attivo dal momento della sottoscrizione di un contratto specifico.



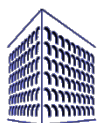
La Manutenzione

Obiettivo di questa fase è assicurare l'adeguata produzione e valorizzazione dell'energia, preservando lo stato dell'impianto, con il rispetto della normativa vigente e dei livelli di sicurezza necessari

La prima definizione generale dell'oggetto della manutenzione è stata emessa dall'OCSE (Organizzazione internazionale per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico) con delibera del 1963, in cui è espresso *"S'intende per manutenzione quella funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento"*.

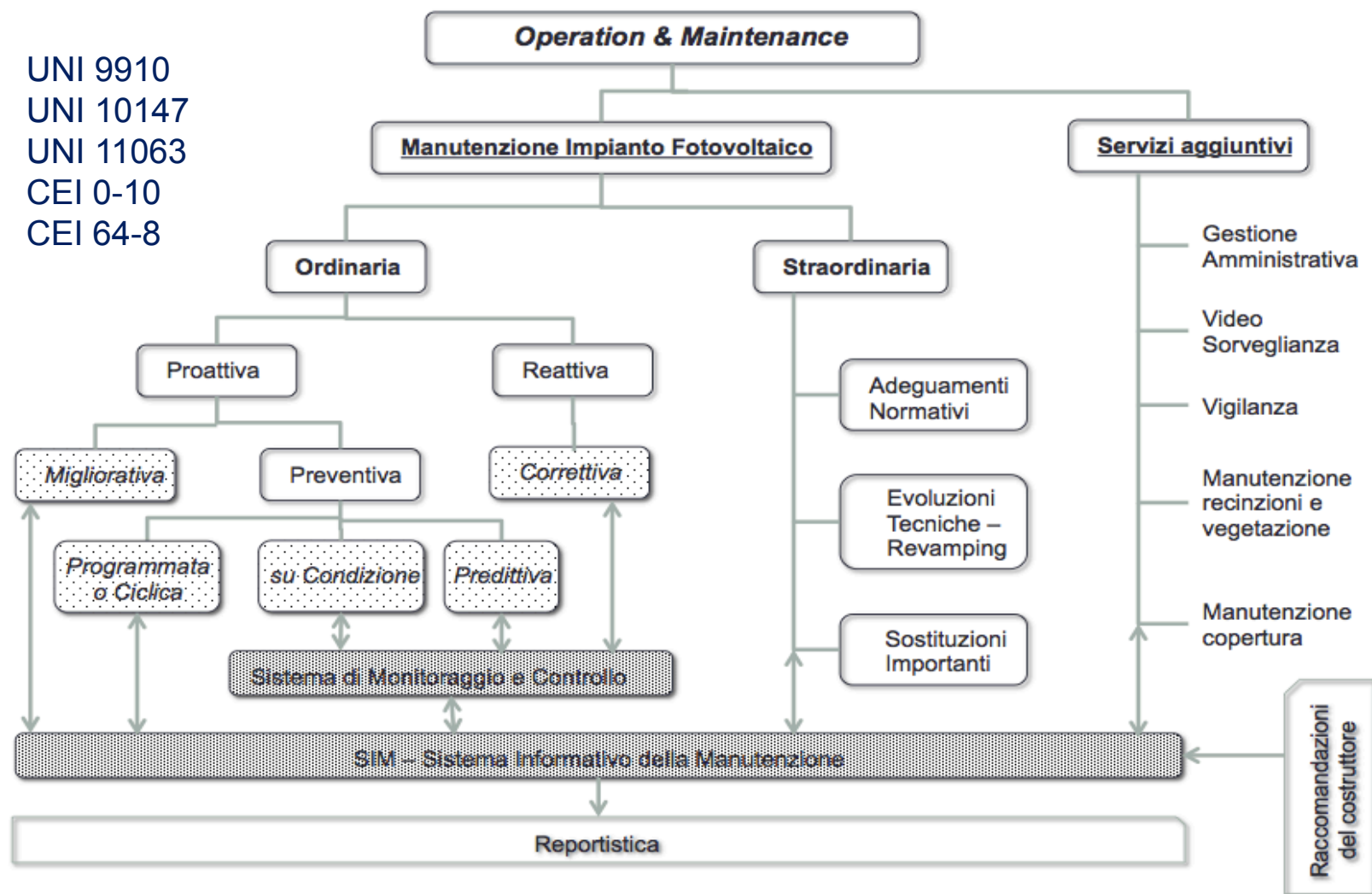
La Commissione Manutenzione dell'UNI, prima con la norma UNI 9910 dell'ottobre 1991 (*"Terminologia sulla fidatezza e sulla qualità del servizio"*), poi con le successive UNI EN 13306:2010 (*"Manutenzione – Terminologia di manutenzione"*) e UNI 10147:2013 (*"Manutenzione – Termini aggiuntivi"*) hanno definito la manutenzione come *"combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di una entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta"*. Il termine *entità* sta a indicare il bene o impianto che è oggetto dell'attività di manutenzione.

I servizi di O&M (Operation and Maintenance) *integrano ai servizi specificatamente di manutenzione le altre necessarie attività atte a garantire la produzione*, che nel caso di un impianto fotovoltaico di generazione elettrica sono limitate (ma non nulle), data la fornitura naturale e autonoma della sorgente primaria, i.e. l'irraggiamento solare. Tali attività di esercizio si possono ridurre, quando contemplate nel contratto, al servizio di vigilanza del sito, e alla gestione amministrativa (nei rapporti con il GSE, il gestore di rete, l'agenzia delle dogane, gli istituti di finanziamento, etc).



Operation & Maintenance per impianti FV

- UNI 9910
- UNI 10147
- UNI 11063
- CEI 0-10
- CEI 64-8



Relatore: Ing. Angelo Pignatelli

Panoramica sul ciclo di vita degli impianti fotovoltaici

16 Gennaio 2015

pag. 22

Classi di impianti FV



Residenziale
 $P \leq 20 \text{ kW}$
BT



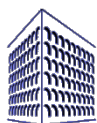
Commerciale
 $20 \text{ kW} < P \leq 200 \text{ kW}$
BT o MT



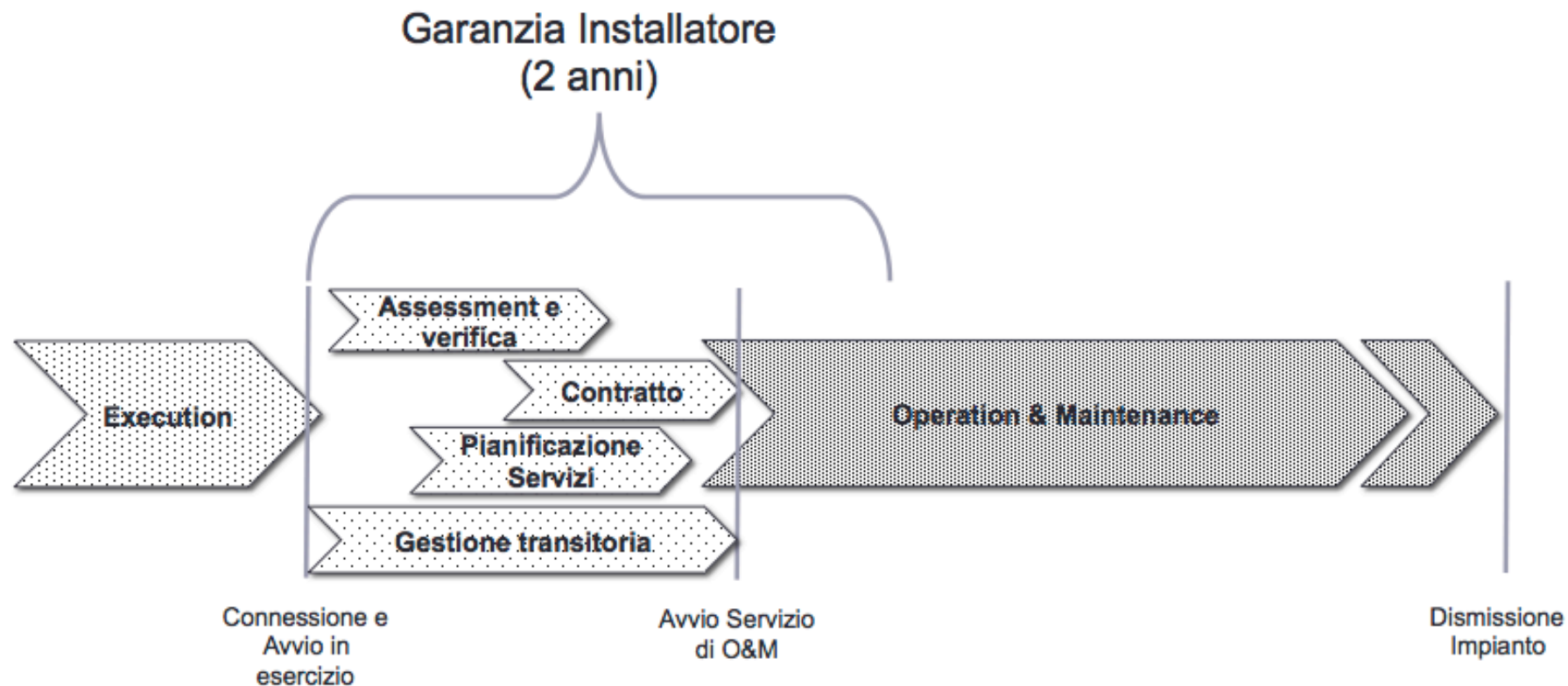
Industriale
 $200 \text{ kW} < P \leq 1 \text{ MW}$
MT



Multi - MW
 $1 \text{ MW} < P$
MT



Avvio del servizio di O&M



Quando non contrattualizzato nelle fase realizzativa (raro, e solo per grandi impianti) il servizio di O&M viene attivato dopo una fase transitoria (tra la connessione dell'impianto e l'avvio del contratto di manutenzione e gestione).

Una fase di assessment e verifica dell'impianto (raccolta e verifica rispondenza della documentazione, verifica dell'efficienza, etc.) è cruciale per la definizione di un contratto bilanciato. La definizione puntuale e dettagliata e dei servizi è in generale parte integrale del contratto.



Quadro normativo per la manutenzione degli impianti

Di seguito l'elenco non esaustivo delle principali norme in merito (che integrano le norme già elencate nell'ambito della progettazione):

◆ **D. Lgs. N. 81 del 9 aprile 2008**

TUSL – Testo unico sulla sicurezza sul lavoro

◆ **D. P. R. 6 giugno 2001 n.380/2001 - come modificato dalla Legge 22 maggio 2010 n.73**

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia

◆ **Norma CEI 0-10: 2002-02**

Guida alla manutenzione degli impianti elettrici

◆ **UNI 9910, UNI 10147 e UNI EN 13306**

Manutenzione. Terminologia di manutenzione

◆ **UNI 10148**

Manutenzione. Gestione di un contratto di manutenzione

◆ **UNI 10388**

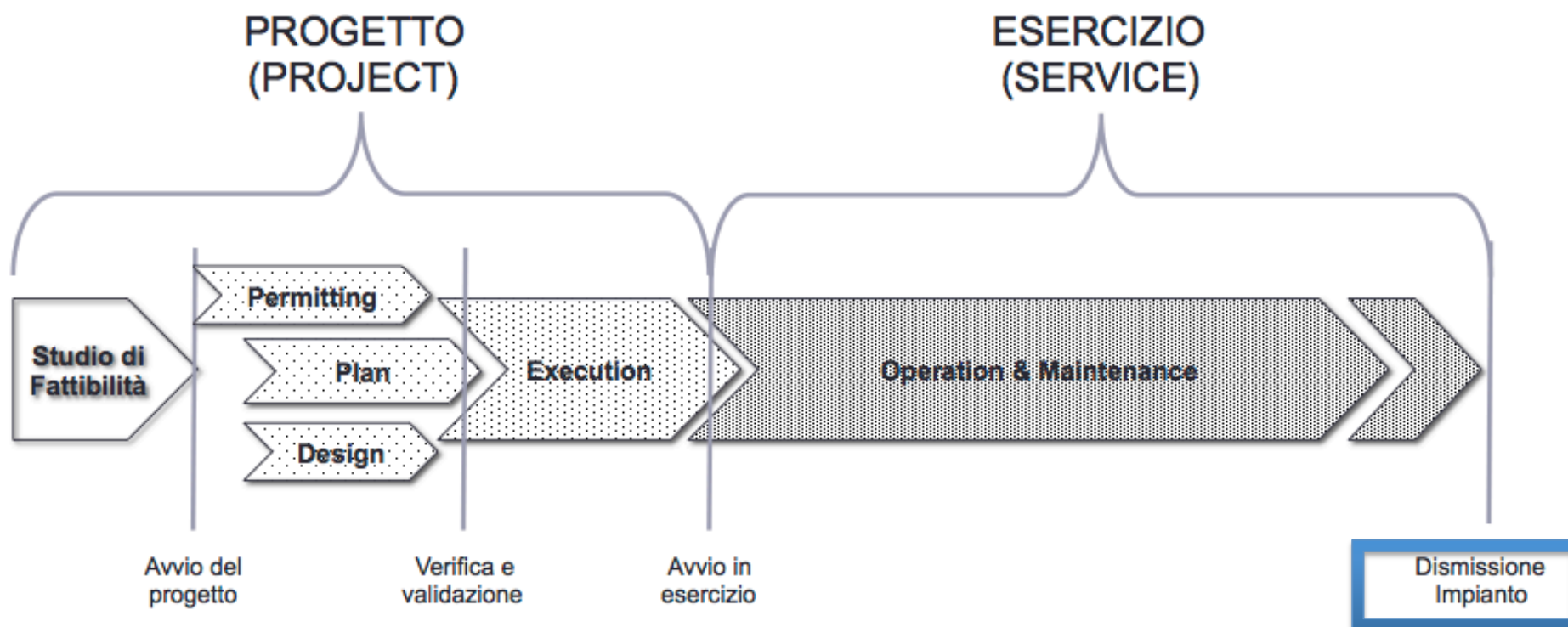
Manutenzione. Criteri per la progettazione della manutenzione

◆ **UNI 10584**

Manutenzione. Sistema Informativo di Manutenzione



Dismissione impianto



Alla fine della vita utile dell'impianto (al decadere della profittabilità per subentrata inefficienza per vetustà - che può accadere dopo diversi decenni), o allo scadere delle concessioni dell'area ove è allocato l'impianto (in genere non inferiore a vent'anni), si procede alla dismissione dell'impianto attenendosi alle direttive per lo smaltimento delle apparecchiature elettriche, secondo quanto previsto D. Lgs. 14 marzo 2014 n. 49 (che recepisce la direttiva europea 2012/19/EU), in vigore dal 12 aprile 2014.



Grazie per l'attenzione



Note sull'autore



Ing. Angelo Pignatelli

Direttore tecnico in B-ECO.

Presidente della commissione Fotovoltaico dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, docente di corsi di progettazione di impianti fotovoltaici presso l'Ordine e altri Enti, coordinatore del Lab-eco presso il D.I.A.G. dell'Università "La Sapienza" di Roma.

Ingegnere elettronico, dottore di ricerca in automatica, PMP presso il PMI – Project Management Institute.

In precedenza ha gestito progetti nell'ambito dei servizi di Information Technology (Eds/Hp), dei sistemi di controllo e dei servizi spaziali (European Space Agency).

email: ing@angelopignatelli.it
angelo.pignatelli@b-eco.it

