



Aspetti generali di Sicurezza Nucleare

Gian Paolo di Bartolomeo

Latina 02/07/2025

SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Fundamental Safety Principles

Jointly sponsored by
Euratom FAO IAEA ILO IMO OECD/NEA PAHO UNEP WHO
IAEA

Safety Fundamentals
No. SF-1

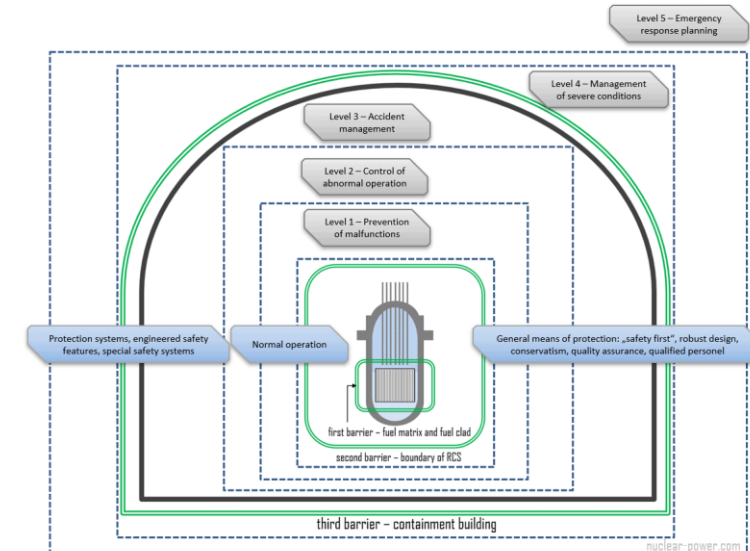


OBIETTIVO GENERALE DI SICUREZZA NUCLEARE: PROTEGGERE CONTRO IL RISCHIO RADIOLOGICO

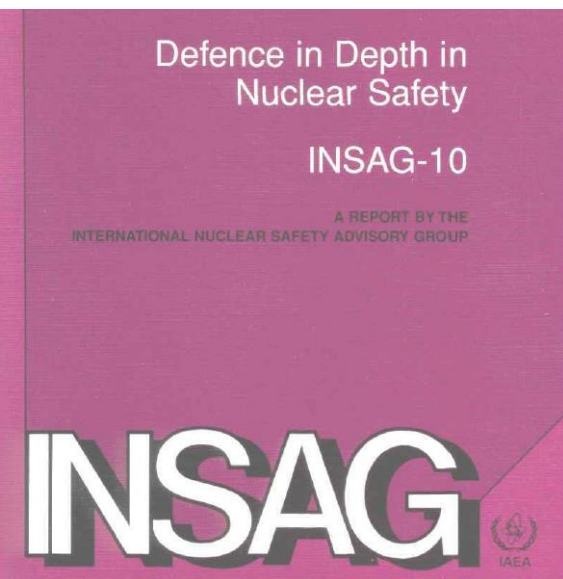
OBIETTIVO DI RADIOPROTEZIONE:
MANTENERE LE ESPOSIZIONI A RADIAZIONI
IONIZZANTI DOVUTE AD UN CENTRALE AL DI
SOTTO DEI LIMITI ED AL VALORE PIU' BASSO
RAGIONEVOLMENTE RAGGIUNGIBILE
MITIGARE GLI EFFETTI DELLE CONSEGUENZE DI
UN INCIDENTE

DIFESA IN PROFONDITA'

Nuclear Safety – Defence-in-depth Principle



SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE



LIVELLO 1: PREVENZIONE DEI Malfunzionamenti

LIVELLO 2: CONTROLLO DEI Malfunzionamenti E RILEVAZIONE DEI GUASTI (ABNORMAL OPERATION)

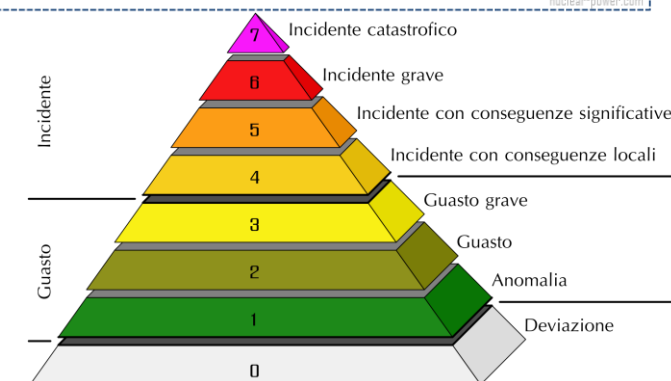
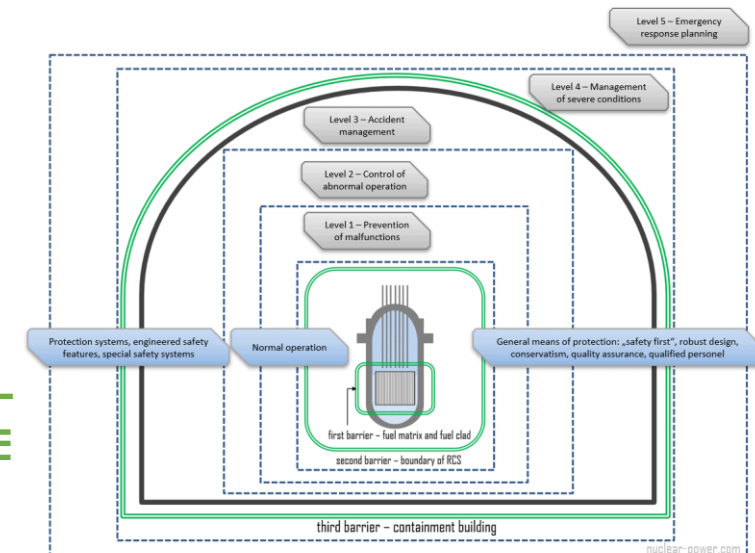
LIVELLO 3: CONTROLLO DEGLI INCIDENTI ALL'INTERNO DELLE CONDIZIONI BASE DI PROGETTO (DESIGN BASIS)

LIVELLO 4: CONTROLLO DELLE CONDIZIONI SEVERE – PROGRESSIONE DEGLI INCIDENTI E MITIGAZIONE DELLE CONSEGUENZE

LIVELLO 5: MITIGAZIONE DELLE CONSEGUENZE DI RILASCI RADIOATTIVI E GESTIONE DELLE EMERGENZE

DIFESA IN PROFONDITA'

Nuclear Safety – Defence-in-depth Principle

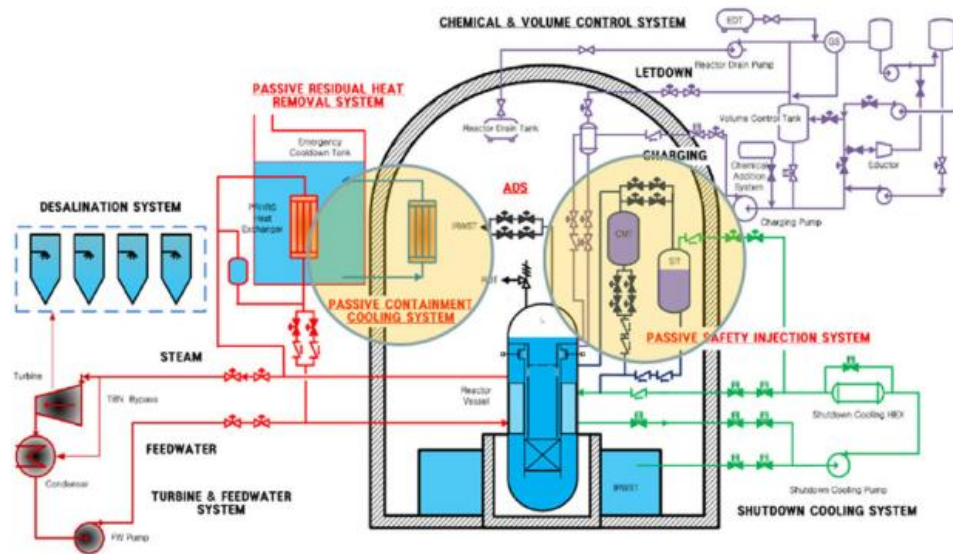


SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

SAFETY CRITERIA

PRINCIPI BASE

Figure 6.37: Engineered safety system of the SMART



MINIMIZZAZIONE DELLA RADIOATTIVITA'

APPLICAZIONE DI MARGINI CONSERVATIVI

APPLICAZIONE DI ASSICURAZIONE DI QUALITA'

BARRIERE FISICHE MULTIPLE

MULTIPLI MODI PER RAGGIUNGERE LE FUNZIONI DI SICUREZZA

PROCEDURE E CONTROLLI AMMINISTRATIVI

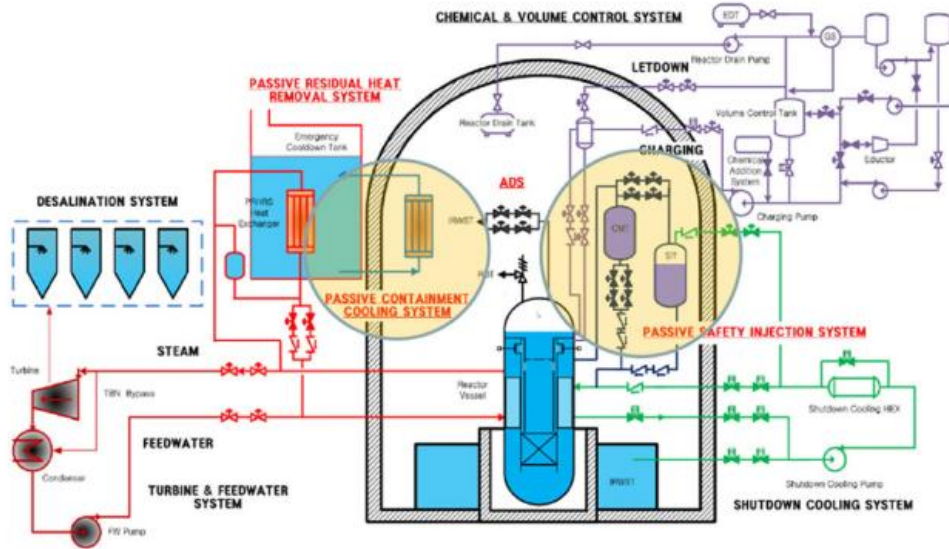
MONITORAGGIO DEI RILASCI INCIDENTALI

PIANIFICAZIONE EMERGENZA

SAFETY CRITERIA

GERARCHIA DELLA SICUREZZA

Figure 6.37: Engineered safety system of the SMART



MINIMIZZAZIONE DEL MATERIALE
PERICOLOSO

SISTEMI DI SICUREZZA PREFERIBILI A
PROCEDURE

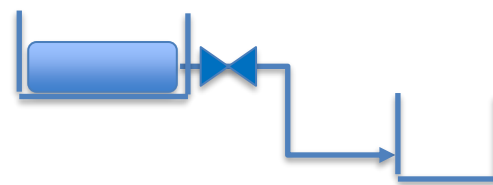
SISTEMI DI SICUREZZA PASSIVI
PREFERIBILI A SISTEMI ATTIVI

CONTROLLI PREVENTIVI PREFERIBILI A
CONTROLLI MITIGATIVI

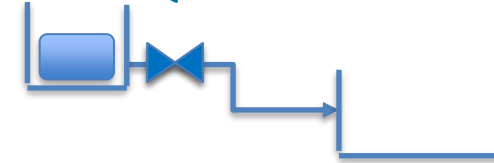
SISTEMI DI SICUREZZA DELL'IMPIANTO
PREFERIBILI A DPI

SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

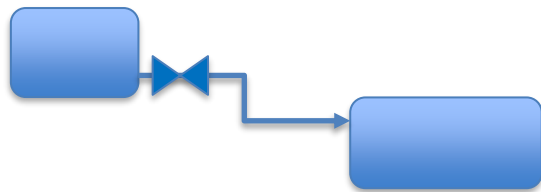
UN ESEMPIO PER CAPIRE: TRASFERIMENTO DI UN LIQUIDO RADIOATTIVO



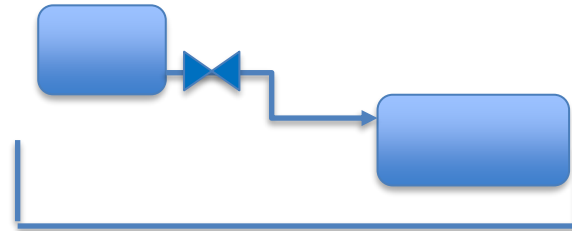
- PASSIVE



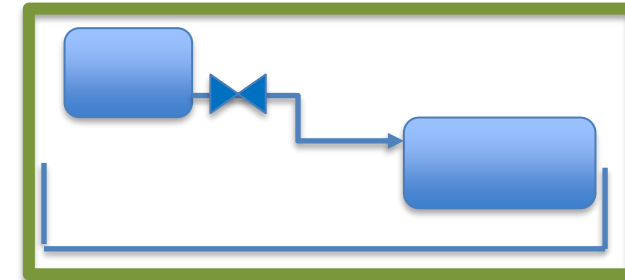
- INHERENT SAFETY



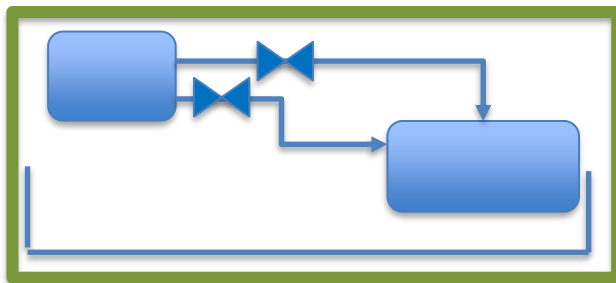
PRIMARY CONTAINMENT



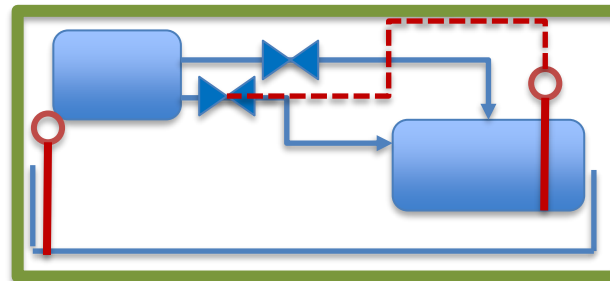
SECONDARY CONTAINMENT



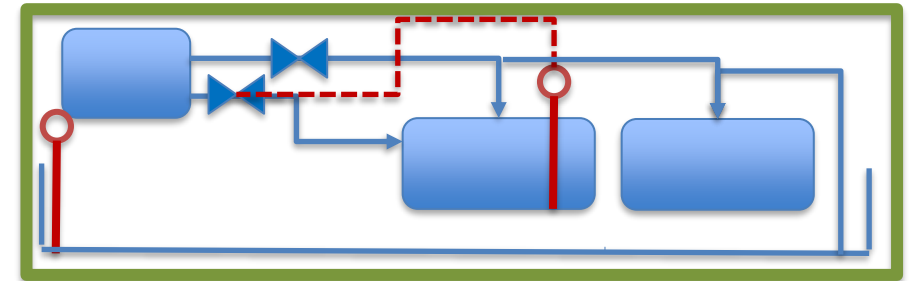
- TERZIARY CONTAINMENT



- REDUNDANCY



- MONITORING



- SINGLE FAILURE PROOF

SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

BARRIERE MULTIPLE:

COMBUSTIBILE NUCLEARE: REALIZZARE I PELLETS IN MANIERA CHE LA STRUTTURA MANTENGA AL SUO INTERNO I RADIONUCLIDI VOLATILI

GUAINES DEL COMBUSTIBILE: REALIZZARE GUAINES CHE MANTENGANO ALL'INTERNO I PRODOTTI DI FISSIONE

VESSEL E PIPING: ROBUSTE STRUTTURE METALLICHE DI CONTENIMENTO

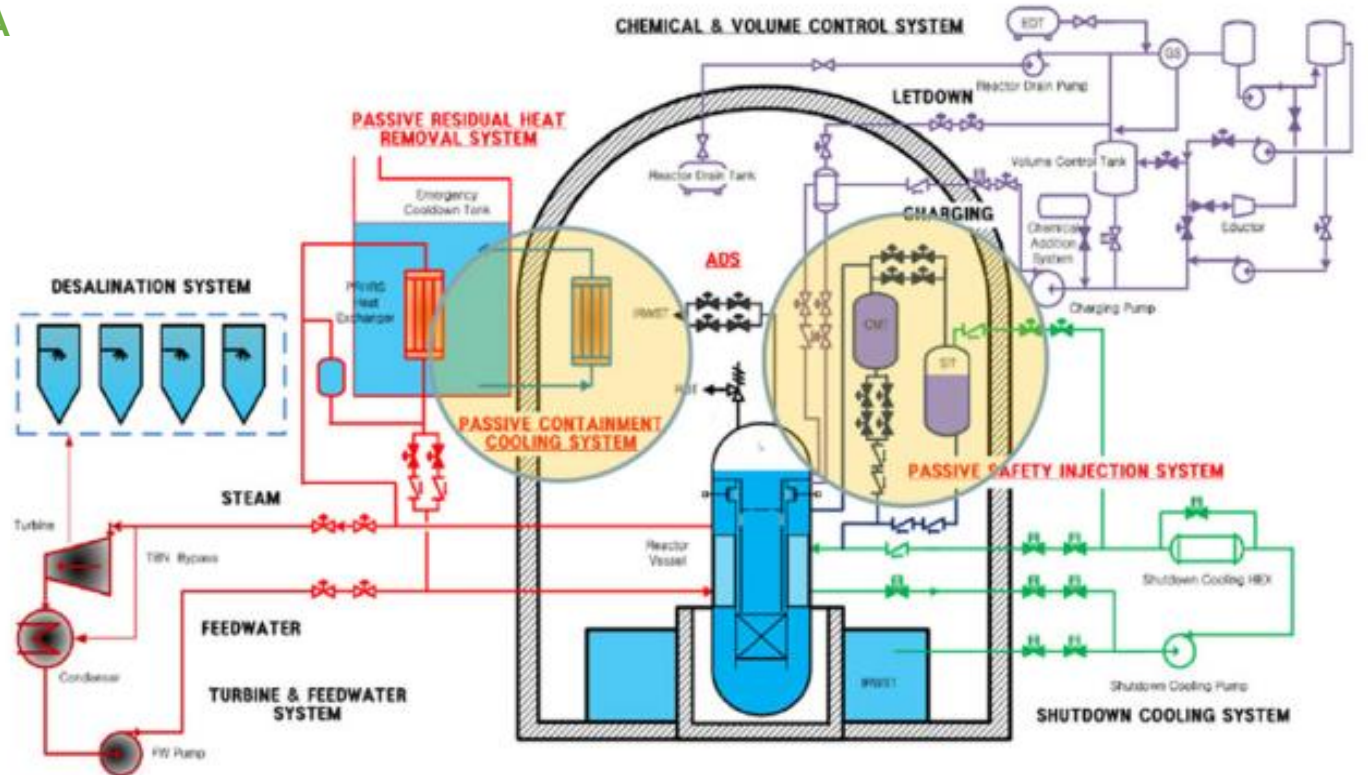
EDIFICIO DI CONTENIMENTO: ULTERIORI BARRIERE PER IL CONTENIMENTO

AREE DI ESCLUSIONE: ZONE A LIMITATA ACCESSIBILITA'

ZONE A BASSA DENSITA' E PIANI DI EMERGENZA

LONTANANZA DAI CENTRI ABITATI

Figure 6.37: Engineered safety system of the SMART



SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

PREVENZIONE INCIDENTI E MITIGAZIONE

LA PROBABILITA' DEGLI EVENTI DEVE ESSERE ESTREMAMENTE BASSA: LA VALUTA UN ANALISI DI TIPO PROBABILISTICO (PRA – PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT)

LE CONSEGUENZE DI UN INCIDENTE DEVONO ESSERE MANTENUTE BASSE : MISURE PER GLI INCIDENTI SEVERI
PIANI DI EMERGENZA

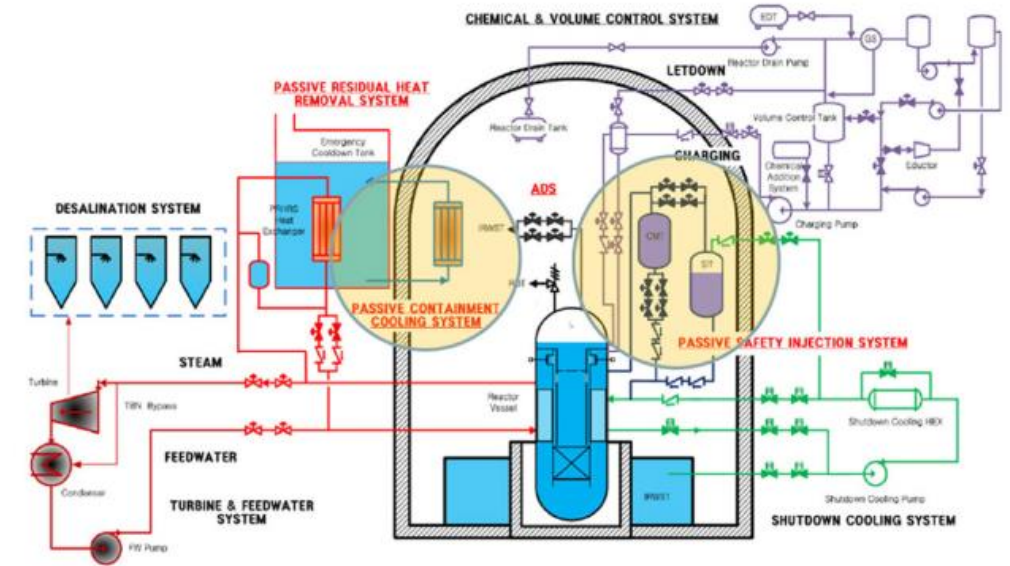
SAFETY SYSTEM

CONTROLLO DELLA REATTIVITA': SCRAM SYSTEM
RIMOZIONE DEL CALORE DEL NOCCIOLO: EMERGENCY CORE COOLING SYSTEM (ECCS)

RIMOZIONE DEL CALORE DEL RAFFREDDAMENTO: RCS (REACTOR COOLANT SYSTEM)

CONFINAMENTO DEI MATERIALI RADIOATTIVI E CONTROLLO DEI RILASCI OPERATIVI E DEGLI INCIDENTI

Figure 6.37: Engineered safety system of the SMART



SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

APPROCCIO ALLA SICUREZZA PER I SMR

Primo Livello: Sicurezza in fase di progettazione

- Eliminare gli incidenti in fase di progettazione o ridurre sostanzialmente la probabilità

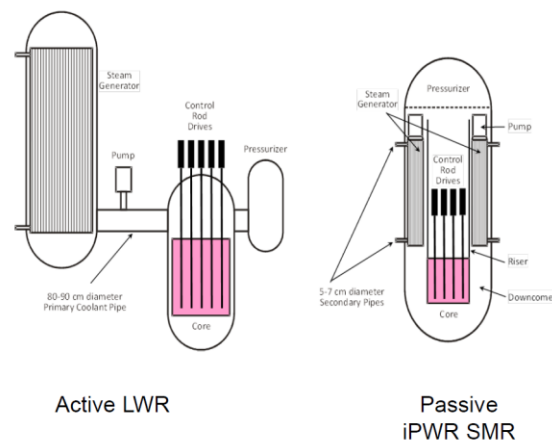
Secondo Livello: Sistemi di Sicurezza Passiva

- Sistemi che utilizzano forze naturali per proteggere/mitigare

Terzo Livello: Sistemi di Sicurezza Attiva

- Sistemi che richiedono l'intervento dell'operatore e la forza motrice

Class IV Design Basis Accidents	IPWR Safety-by-Design Result
Large Break LOCA	Eliminated
Control Rod Ejection	Eliminated
Reactor Coolant Pump Shaft Break	Eliminated
Reactor Coolant Pump Seizure	Downgraded
Steam Generator Tube Rupture	Downgraded
Steam System Piping Failure	Downgraded
Feed-water System Pipe Break	Downgraded



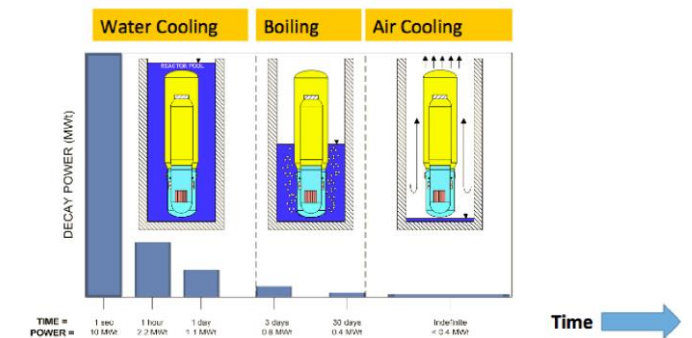
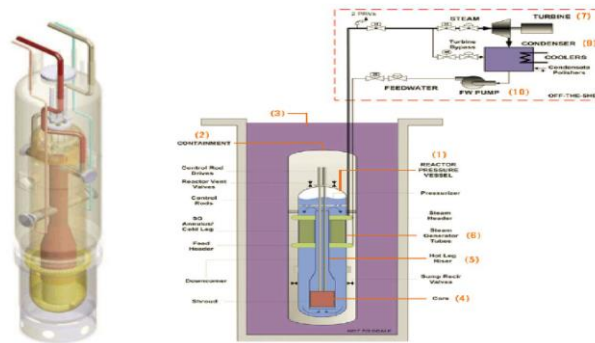
SICUREZZA ATTIVA VS PASSIVA

- I sistemi di sicurezza attiva richiedono alimentazione, forza, azione o segnale esterni
- La rimozione del calore di decadimento può richiedere:
 - Segnale di attuazione elettrica
 - Apertura di una valvola motorizzata (o manuale)
 - Azionamento di una pompa per stabilire il flusso di refrigerante
- La necessità di alimentazione esterna crea vulnerabilità agli incidenti (Fukushima), ma può essere mitigata da più fonti di alimentazione esterne ridondanti e diversificate
- I sistemi di sicurezza passivi operano in base alle leggi e alle forze della natura.
- La rimozione del calore di decadimento SMR può richiedere:
 - Convezione naturale dell'acqua di raffreddamento (l'acqua riscaldata sale, l'acqua raffreddata scende)
 - Circolazione naturale dell'acqua per convezione e gravità
 - Non sono necessarie pompe di raffreddamento
 - I sistemi passivi presentano comunque delle vulnerabilità (le forze della natura sono deboli), ma sono più affidabili e robusti.

SMR - ASPETTI DI SICUREZZA NUCLEARE

- Elimina i tubi di raffreddamento di grandi dimensioni
- Gli scambiatori di calore sopra il nocciolo facilitano la circolazione naturale
- Maggiore volume d'acqua per unità di potenza per la rimozione del calore di decadimento
- I generatori di vapore nel serbatoio primario fungono da dissipatore di calore e facilitano il raffreddamento passivo dei sistemi secondari
- I meccanismi di azionamento delle barre di controllo interne eliminano gli incidenti di espulsione delle barre e riducono le penetrazioni
- L'elevato volume d'acqua tra il nocciolo e il serbatoio primario fornisce una schermatura aggiuntiva e riduce lo shock termico da pressione

- Penetrazioni di tubature di piccole dimensioni e generalmente posizionate in alto sul RPV (maggiore quantità d'acqua nel nocciolo dopo un'ipotetica rottura di una tubazione)
- Depressurizzazione del RPV mediante sistema di sicurezza per consentire l'alimentazione sicura per gravità di acqua
- Rimozione del calore di decadimento dal nocciolo del reattore mediante sistemi di sicurezza passivi
- Raffreddamento del nocciolo a circolazione naturale o utilizzo di numerose pompe di raffreddamento del reattore a bassa portata per ridurre notevolmente o eliminare i tradizionali incidenti dovuti a perdite di flusso
- Termine sorgente radioattiva più piccolo
- Le caratteristiche dell'iPWR giustificano tecnicamente il posizionamento degli SMR in prossimità dei centri di carico elettrico, con una zona di pianificazione emergenza più piccola.
- Il sistema di sicurezza può essere alimentato esclusivamente dalla gravità e non dipende da pompe o motori.





GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Seguici su

SOGIN.IT NUCLECO.IT DEPOSITONAZIONALE.IT

