



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA



Prof. Ing. Vito Introna - Dip.to Ingegneria dell'Impresa

«Il monitoraggio nelle diagnosi energetiche: obbligo o opportunità»

Roma, 14 giugno 2019



Il monitoraggio energetico in ambito industriale e terziario: dal monitoraggio dei consumi al miglioramento delle prestazioni energetiche

Prof. Ing. Vito Introna

Docente di Gestione dei Consumi Energetici

Dip.to di Ingegneria dell'Impresa

Università degli Studi di Roma «Tor Vergata»

vito.introna@uniroma2.it



“Without data
you’re just
another person
with an opinion.”

- W. Edwards Deming,
Data Scientist

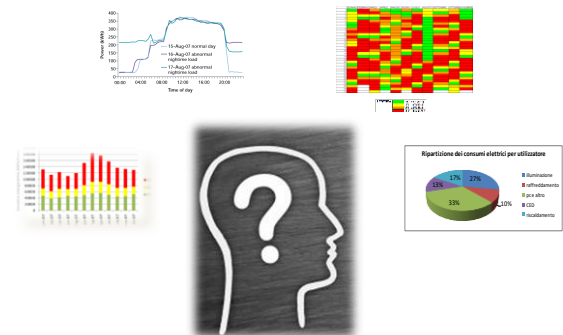
Agenda

- L'analisi dei dati di consumo
- Dall'analisi del consumo all'analisi delle prestazioni energetiche
- Il risparmio energetico «gratis» attraverso il controllo operativo

L'analisi dei dati di consumo



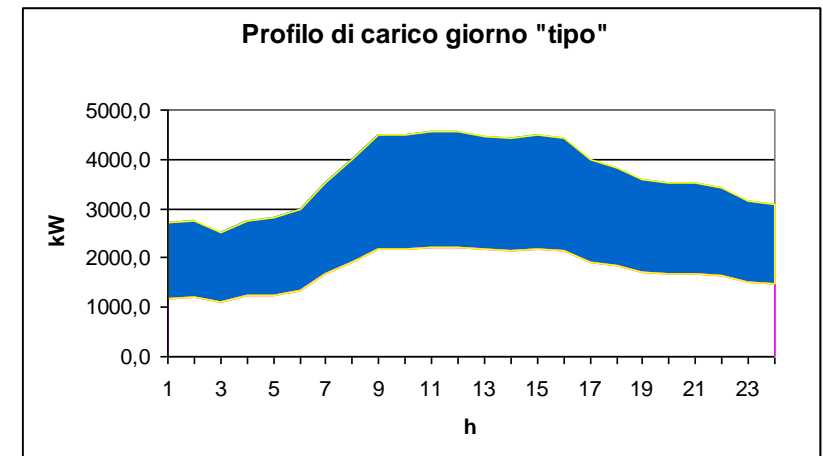
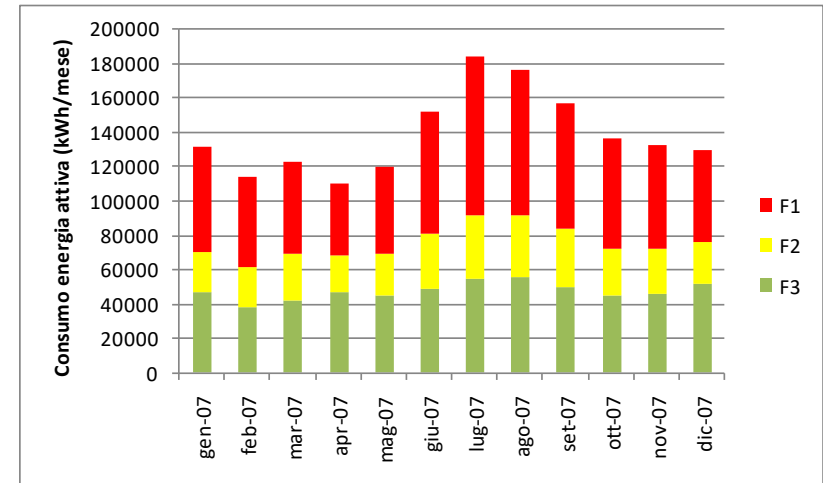
DATI
(fatti e numeri)



INFORMAZIONI
(dati processati, organizzati e presentati nel contesto)

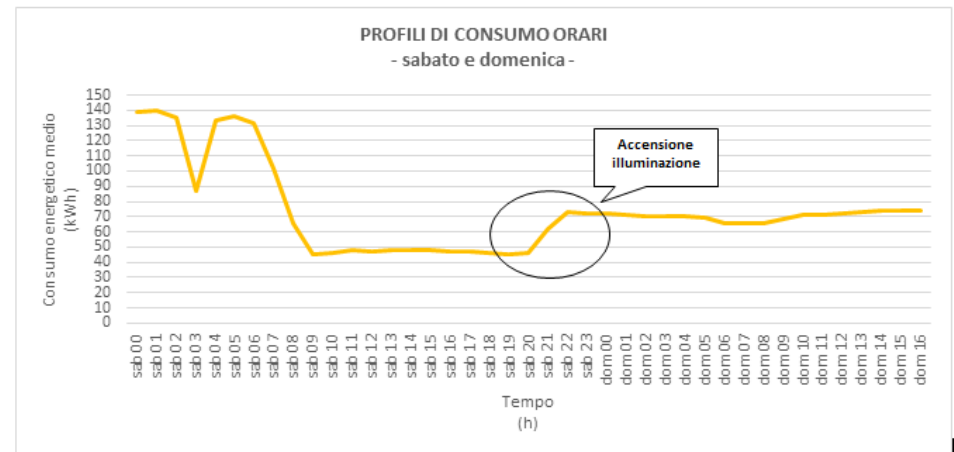
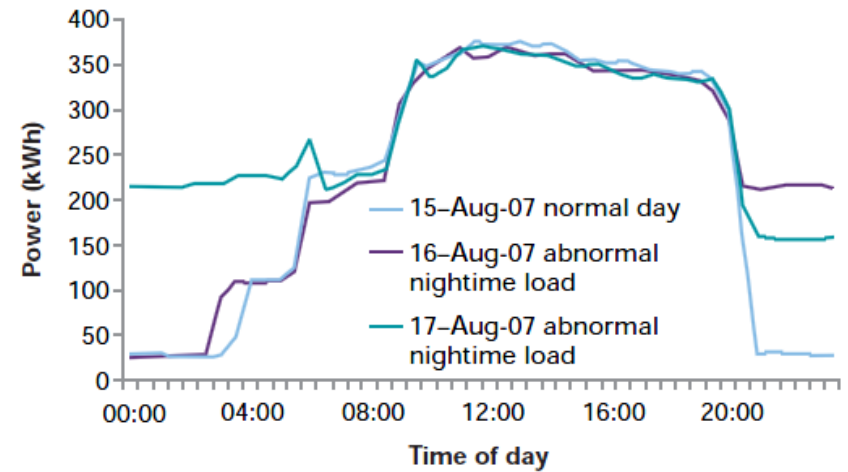
L'analisi del profilo temporale

- Strumenti semplici come l'analisi grafica del profilo temporale dei consumi consentono di comprendere i comportamenti usuali del sito:
 - Ad es. influenza stagionale, oraria, ecc.
- Possono arrivare i primi saving (ad es. ottimizzazione tariffa)



L'analisi del profilo temporale

- Gli stessi strumenti possono consentire di individuare **evidenti anomalie**
 - Rispetto al comportamento storico
 - Rispetto a quanto pianificato

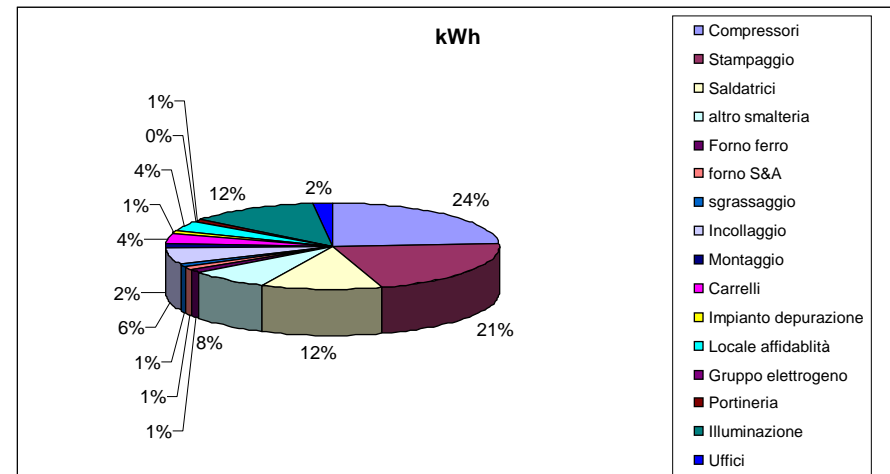
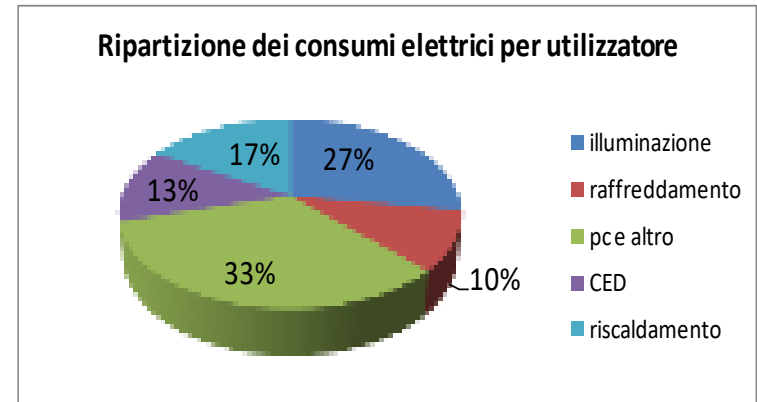


L'analisi del profilo temporale

- Fondamentale ripetere l'analisi:
 - Ai diversi livelli di dettaglio
(sito, reparto, singolo utilizzatore)
 - A diverse frequenze temporali
(mensile, settimanale, giornaliera, oraria)

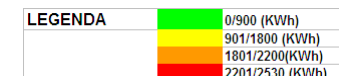
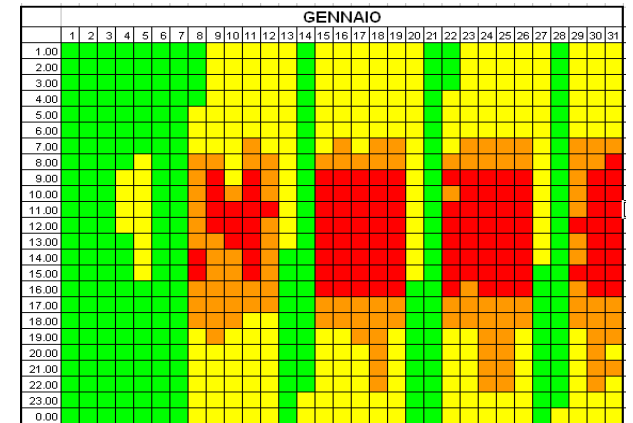
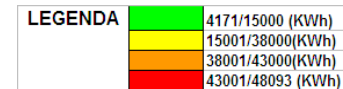
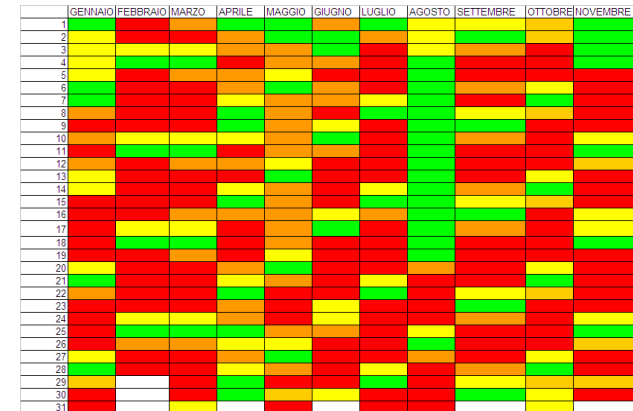
L'analisi dell'importanza relativa

- È fondamentale comprendere attraverso diagrammi a torta l'importanza relativa dei diversi usi energetici
- Concentrare l'attenzione sugli usi più significativi consente di ottenere un buon rapporto benefici/costi di analisi
- La «chiusura» del bilancio sull'albero dei contatori è fondamentale!!!



L'analisi del profilo temporale

- Per analizzare periodi temporali estesi è necessario dotarsi di strumenti più potenti per essere efficienti ed efficaci!!!
- La mappa dei consumi è uno strumento grafico facilmente implementabile (ad es. con un foglio di calcolo) che permette di evidenziare palesi scostamenti dei consumi dai valori usuali
- Possono essere tracciati con differenti livelli di dettaglio (giornaliero per tutto l'anno, orario per ogni mese, ecc.)



Analisi qualitativa vs analisi quantitativa

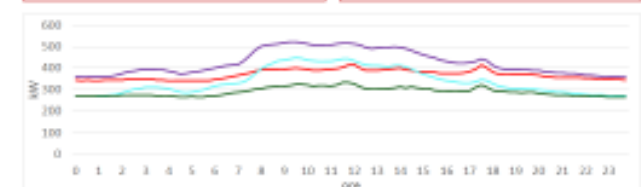
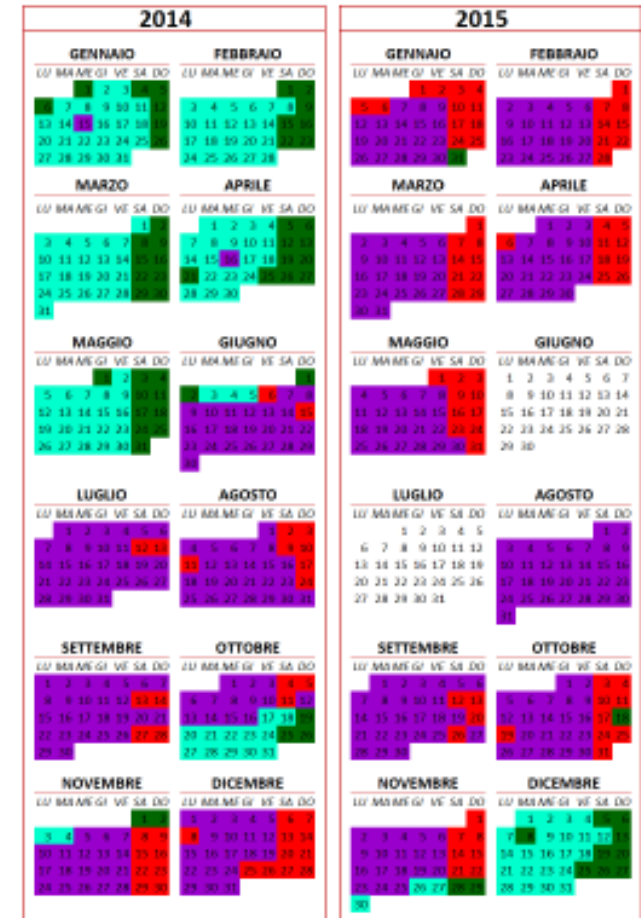
- L'analisi qualitativa è semplice ma presenta due svantaggi principali:
 - E' soggettiva e non assicura di rilevare tutte le info possibili
 - Non può essere automatizzata e quindi è «time consuming» e differita nel tempo





Analisi quantitativa dei profili di consumo

- Tecniche quantitative come gli algoritmi di clustering risolvono questi problemi
- Dopo una fase di analisi dei dati storici e setup rendono possibile un'analisi oggettiva, in tempo reale e a basso costo
- Es.: applicazione ad un edificio per classificare comportamenti giornalieri differenti ed individuare giornate anomale



Lo sviluppo di conoscenza



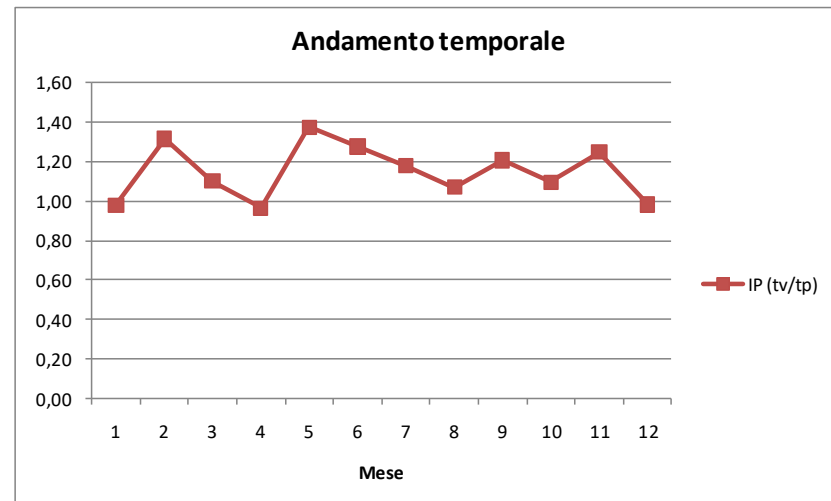
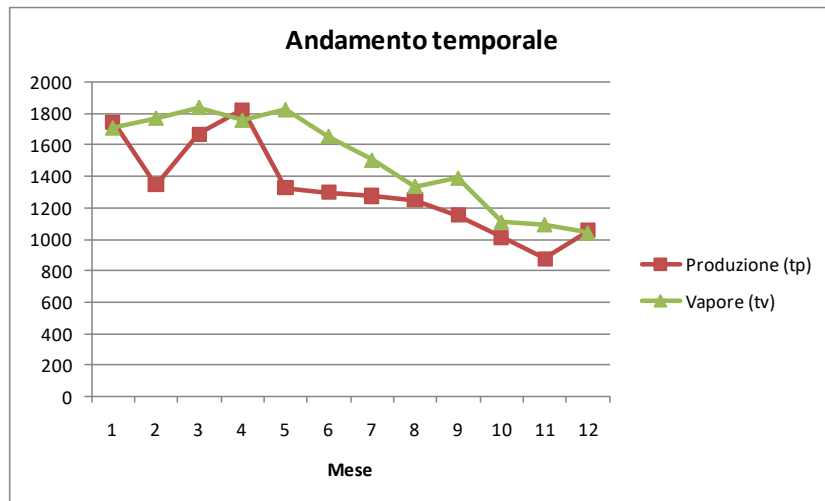
Dall'analisi dei consumi a quella delle prestazioni

- Il primo passo per sviluppare conoscenza è quello di analizzare i consumi in funzione delle variabili in grado di influenzarli (volumi di produzione, temperature, ecc.)
- Ciò consente di passare **dall'analisi dei consumi a quella delle prestazioni** ma è fondamentale una raccolta dati strutturata delle variabili rispetto alle quali valutare i consumi

L'utilizzo degli ENPI semplici

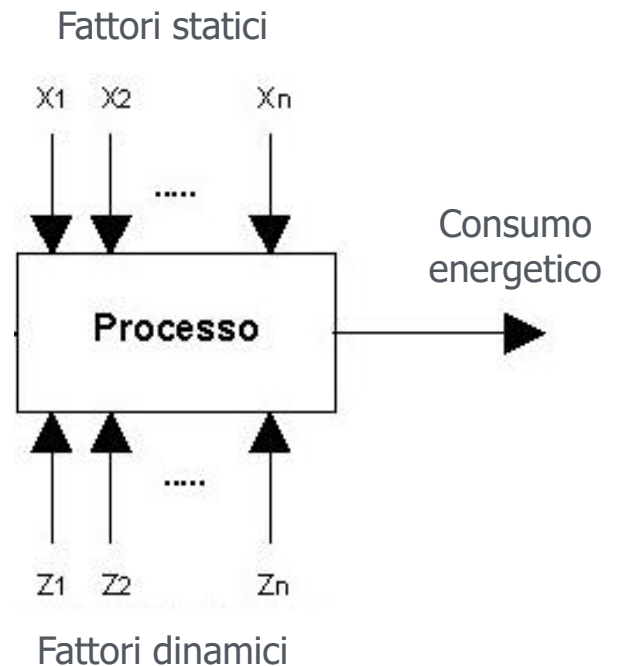
- I dati sono generalmente disponibili in forma tabulare o di serie temporale
- Generalmente si monitorano nel tempo indici di consumo specifico (ad es. IP = tonnellate di vapore per tonnellata di prodotto)

Mese	Produzione (tp)	Vapore (tv)	IP (tv/tp)
1	1745	1708	0,98
2	1347	1771	1,31
3	1670	1839	1,10
4	1825	1758	0,96
5	1328	1824	1,37
6	1297	1655	1,28
7	1275	1503	1,18
8	1249	1337	1,07
9	1152	1389	1,21
10	1012	1109	1,10
11	876	1093	1,25
12	1058	1040	0,98



Il consumo energetico come risultato di un processo

- Gli indicatori di consumo specifico costituiscono però spesso un approccio troppo semplificato...
- ...generalmente i consumi di siti/aree sono il risultato di un processo complesso che dà luogo:
 - a consumi specifici non costanti (termine noto di consumo)
 - Dipendenza dei consumi da più variabili contemporaneamente

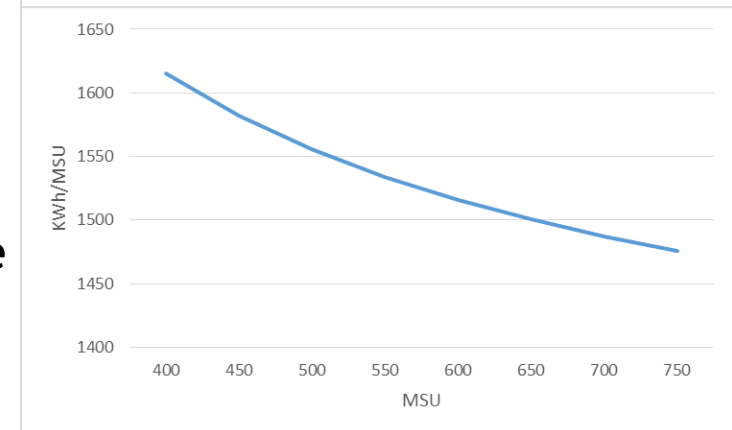
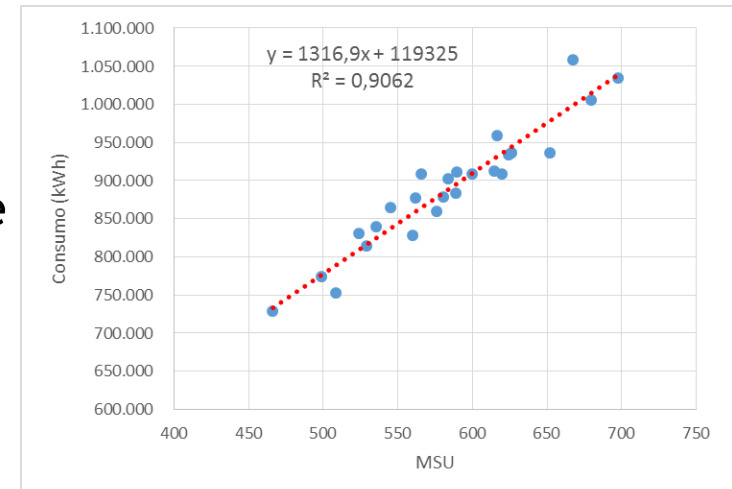


$$y = f(x_1; x_2; \dots; x_n; z_1; z_2; \dots; z_n)$$

La deduzione di modelli matematici dai dati storici

- Tecniche statistiche anche molto semplici come l'analisi di regressione consentono di dedurre semplici modelli matematici dai dati storici (**baseline dei consumi**)
- **Semplici modelli lineari** (con termine noto!) sono sufficienti nella maggior parte dei casi
- Queste analisi possono considerare più variabili allo stesso tempo (regressione multivariabile)

$$C = C_0 + c_1 \cdot V + c_2 \cdot T$$



N.B.: Il consumo specifico è dipendente dai volumi di produzione!!!

Un'altra applicazione: il benchmarking interno

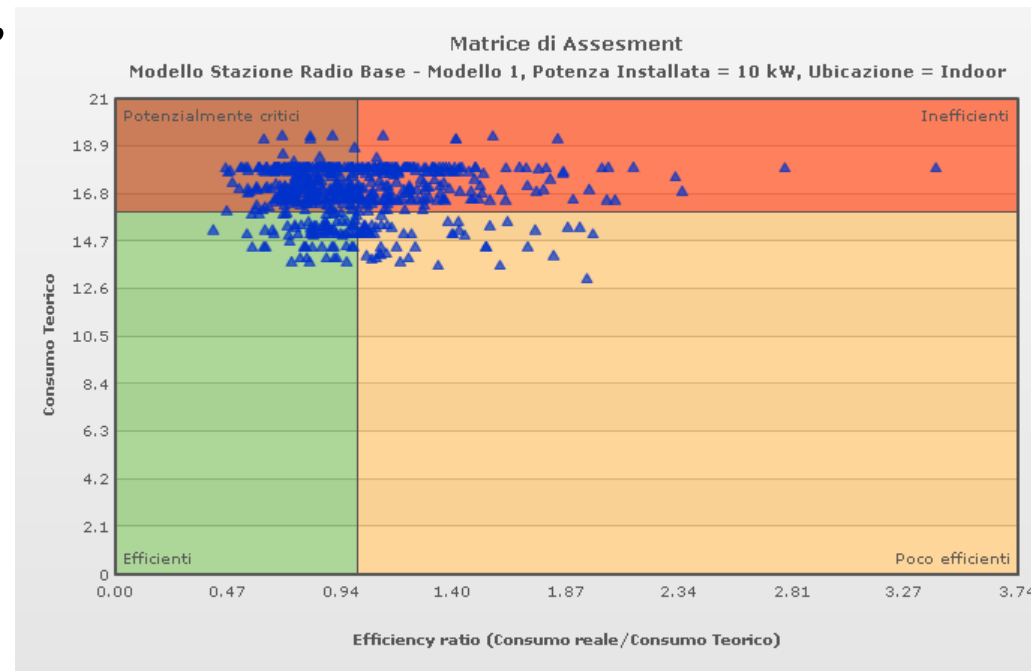
- Per aziende che hanno molti siti è possibile studiare come il consumo annuale di un sito sia legato alle sue grandezze caratteristiche (ad es. dimensioni, volumi di servizio, volumi da riscaldare, ecc.)
- In tal modo è possibile determinare un Efficiency Ratio (Consumo reale/teorico da campione EUI)
- Per ogni sito strategia e sistema di controllo nel tempo individuale!!!

Es.: STAZIONI RADIO BASE Cluster

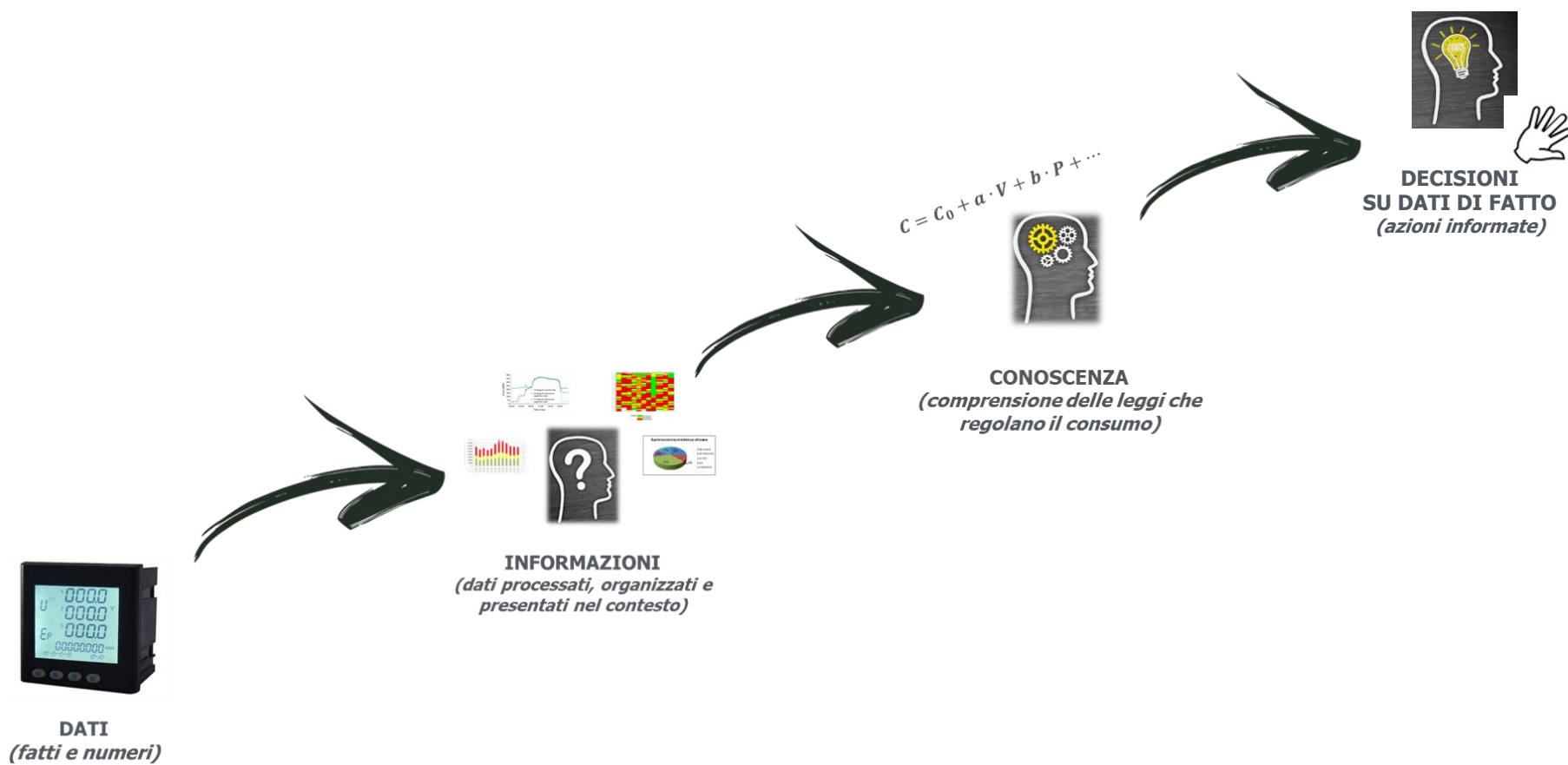
- Ubicazione (indoor/outdoor)
- Potenza installata

Variabili

- Gradi Giorno Caldo
- Settori
- Portanti
- ...



Lo sviluppo di conoscenza

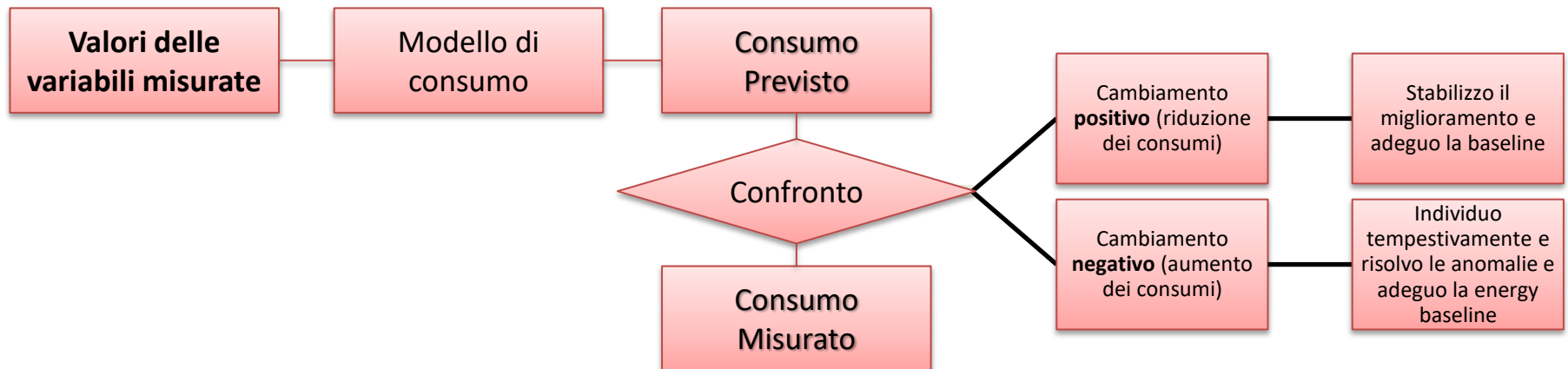


La capacità previsionale

- Una volta dedotti i modelli dal passato (baseline dei consumi) siamo in grado di prevedere:
 - scenari futuri come il **consumo energetico del prossimo** anno...
 - ...o l'effetto del **cambiamento delle condizioni operative**

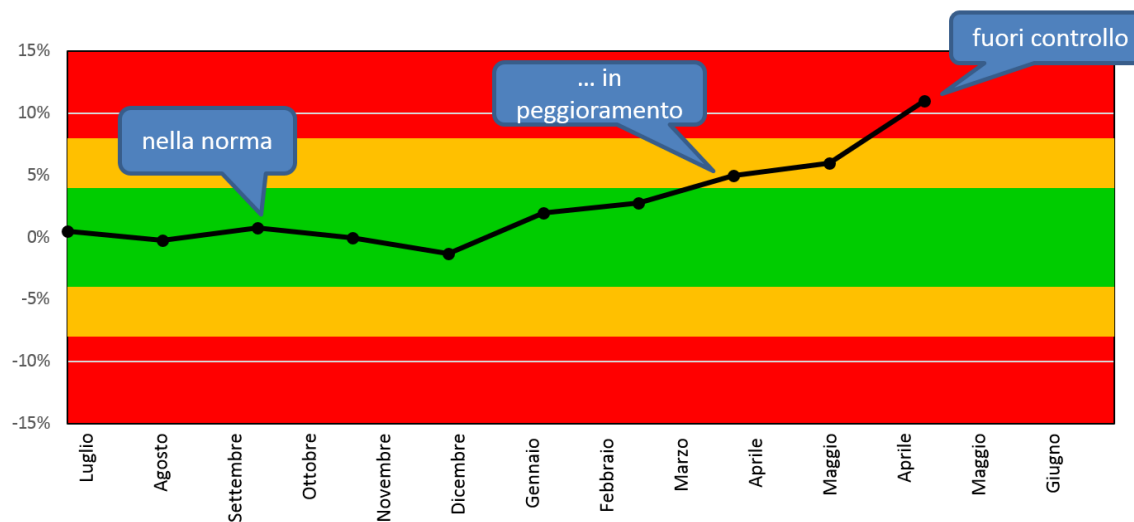
Inefficienza vs cambiamento delle condizioni operative

- Siamo ora in grado di **distinguere variazioni** di consumo dovute alle diverse condizioni di utilizzo (valutabili dal modello) da quelle dovute a prestazioni energetiche peggiori (minore efficienza)



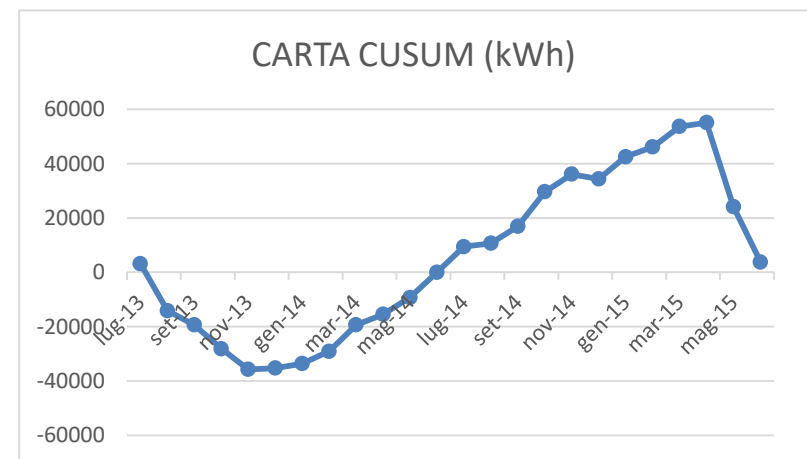
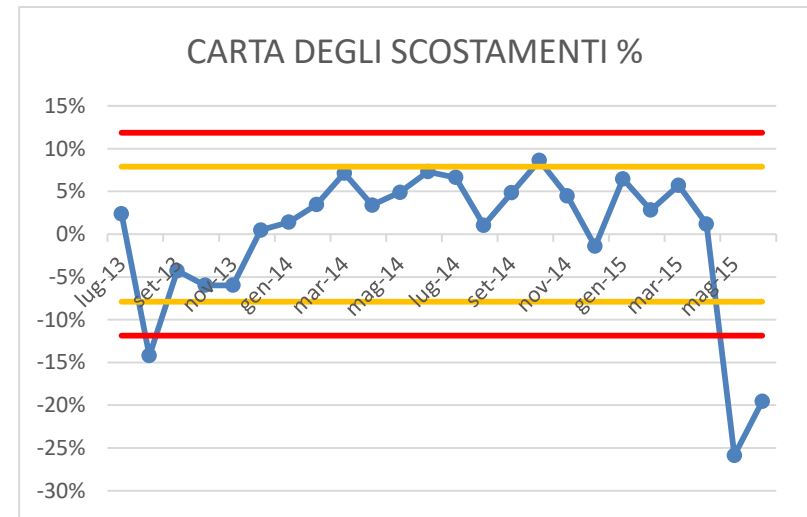
L'analisi degli scostamenti nel tempo

- Strumenti grafici come una **carta di controllo degli scostamenti** (delta tra modello e consumo) ci consentono di evidenziare in maniera semplice quando il sistema ha effettivamente avuto prestazioni peggiori (o migliori) del passato...



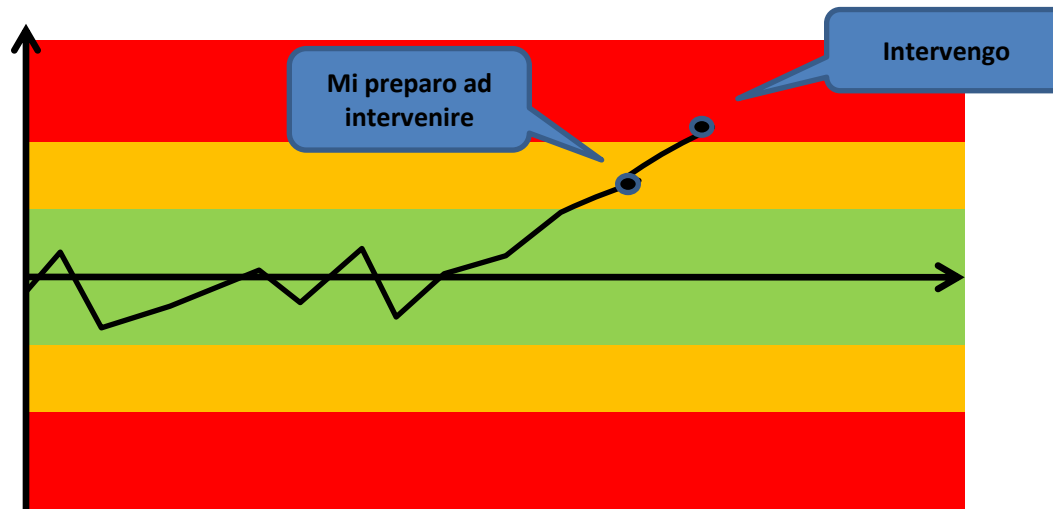
L'analisi degli scostamenti nel tempo

- ...mentre una **carta di controllo cumulata** (che somma gli scostamenti nel tempo) ci permette di misurarne immediatamente l'effettivo impatto sui consumi energetici



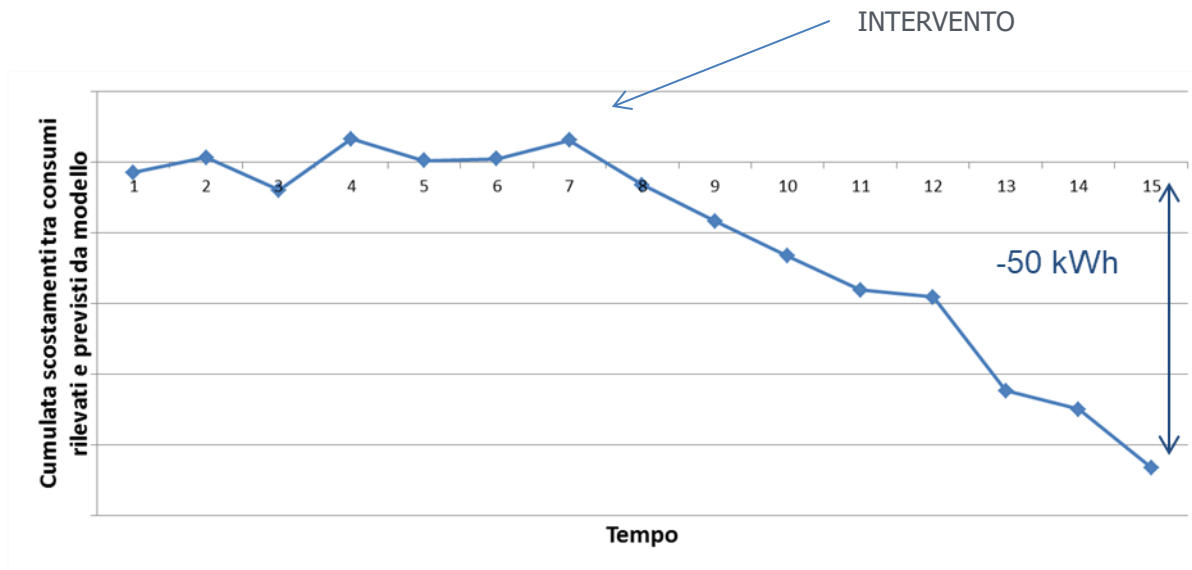
Opportunità di miglioramento delle prestazioni «gratuite»

- Possiamo individuare **interventi di riduzione dei costi energetici «gratuiti»** come:
 - Ottimizzazione e controllo nel tempo di parametri di processo
 - Ottimizzazione delle pratiche di gestione (accensioni, spegnimenti, ecc.)
 - Miglioramento interventi di manutenzione preventiva
 - ...



La verifica dei risparmi!!!

- Siamo finalmente in grado di verificare i risparmi conseguiti a fronte di interventi di risparmio energetico



Monitoraggio e maturità nella gestione dell'energia

- Lo sviluppo di un adeguato sistema di monitoraggio è il primo passo fondamentale per un processo di maturazione dell'azienda nella gestione dell'energia!!!

APPROCCIO A PROGETTI

Strumenti:

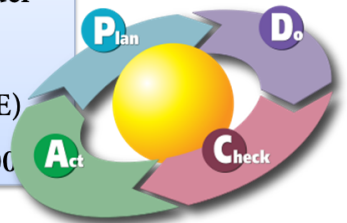
- Energy Audit (diagnosi energetica)
- Analisi multicriterio per stabilire la priorità degli investimenti
- Project Management



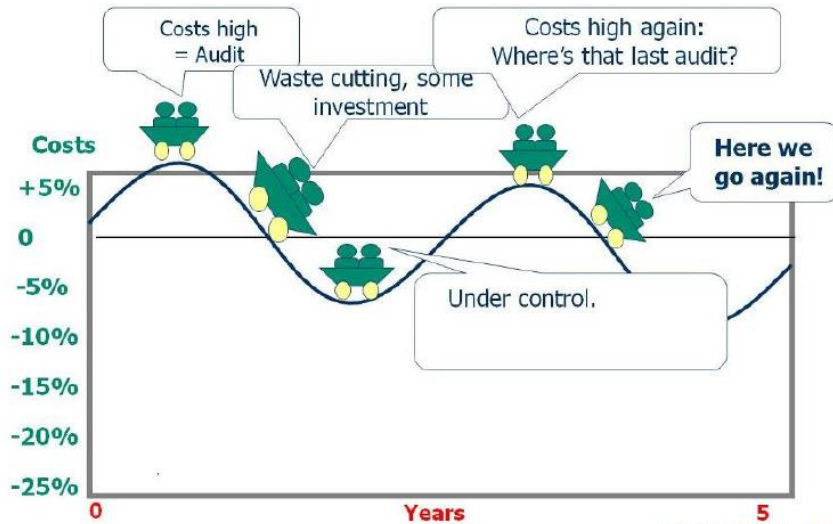
SISTEMA DI GESTIONE

Strumenti:

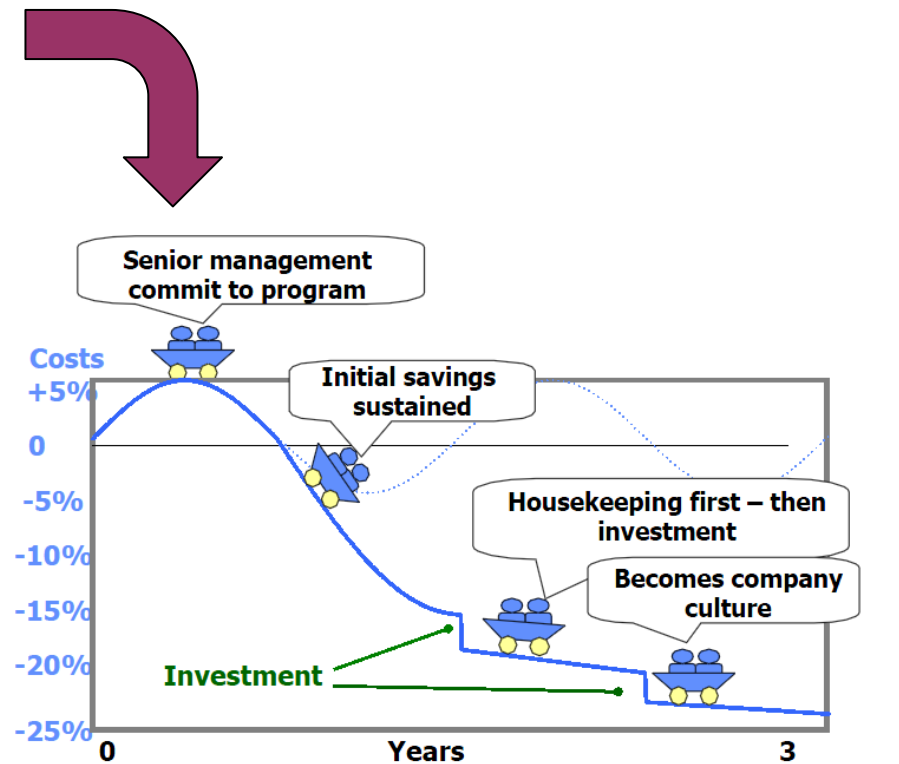
- Sistemi di monitoraggio e controllo dei consumi/costi energetici
- Sistemi di Gestione dell'Energia (SGE) con eventuale certificazione (ISO5000)



Conclusioni: Il monitoraggio... ...una grossa opportunità!!!



APPROCCIO A PROGETTI



SISTEMA DI GESTIONE



*Grazie per
l'attenzione!*

