



SALONE DELL'ECONOMIA, DELLA CONSERVAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DELLA
VALORIZZAZIONE DEI BENI CULTURALI E AMBIENTALI
FERRARA 23 MARZO 2017



Convegno e tavola rotonda

**La riqualificazione energetica profonda
del patrimonio edilizio pubblico:
panorama normativo, criticità e
opportunità, metodi e strumenti operativi**

23 marzo ore 15.00-18.00

Salone del Restauro 2017, via della Fiera, Ferrara
Pad. 6, Sala Diamanti

**STRUMENTI DI SUPPORTO ALLA PROGRAMMAZIONE
DELLE STRATEGIE DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
DI AMPI PATRIMONI IMMOBILIARI**

Marta Calzolari

*Arch. Phd Marta Calzolari, docente a contratto e assegnista di ricerca,
Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara*

RILEVAMENTO DELLE ESIGENZE

Motore dell'operazione
Risorse economiche
Obiettivi finali

OBBLIGHI NORMATIVI

D.LGS. 12/2014 Decreto 16.9.16

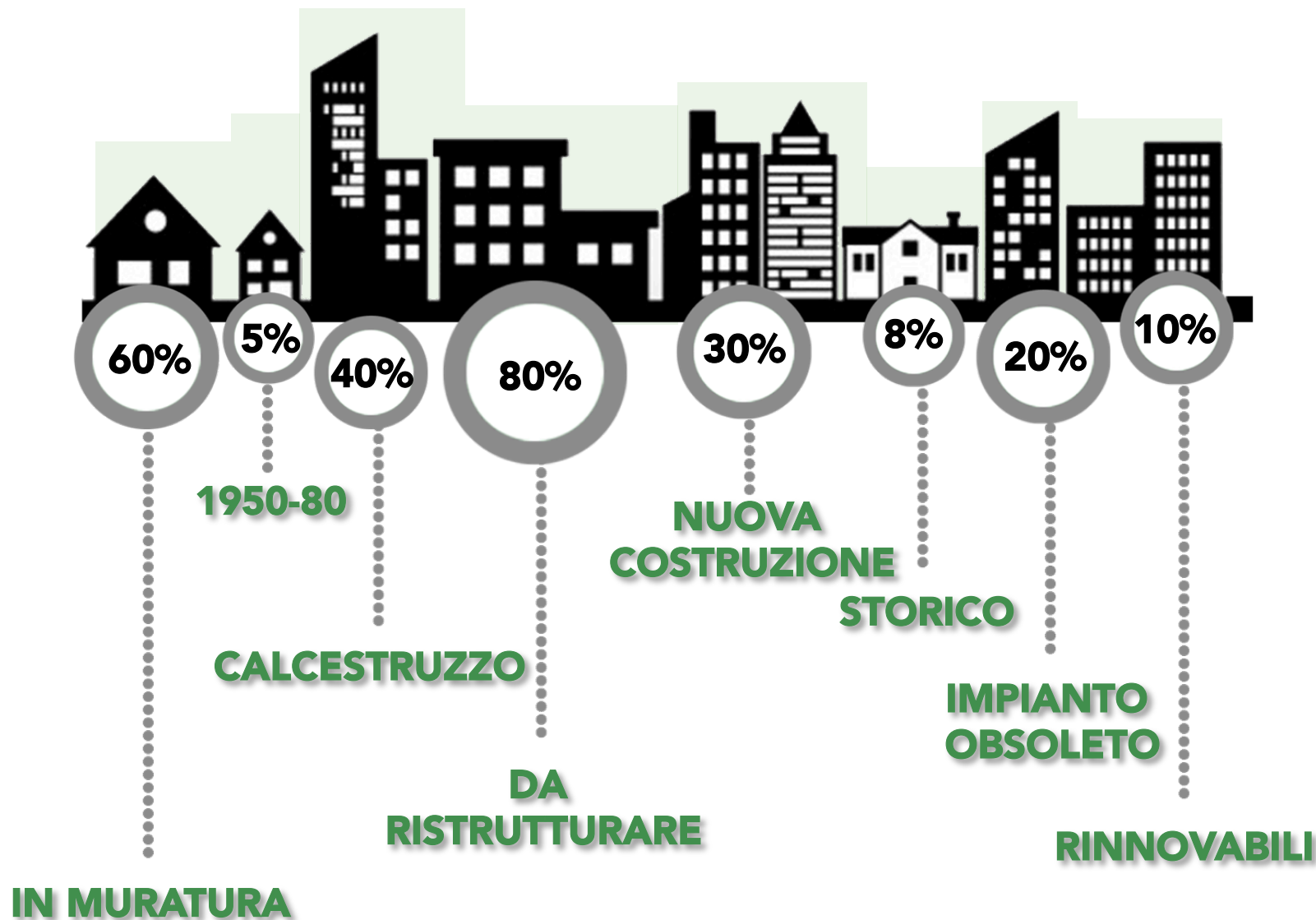
d.lgs. 152/2005
d.lgs. 311/2006
L. 90/2013
D.L. 63/2013
DM 26 Giugno 2015

DM 16
febbraio
2016

CRITICITÀ

Comprendere le
potenzialità
del patrimonio edilizio e le
priorità
di intervento

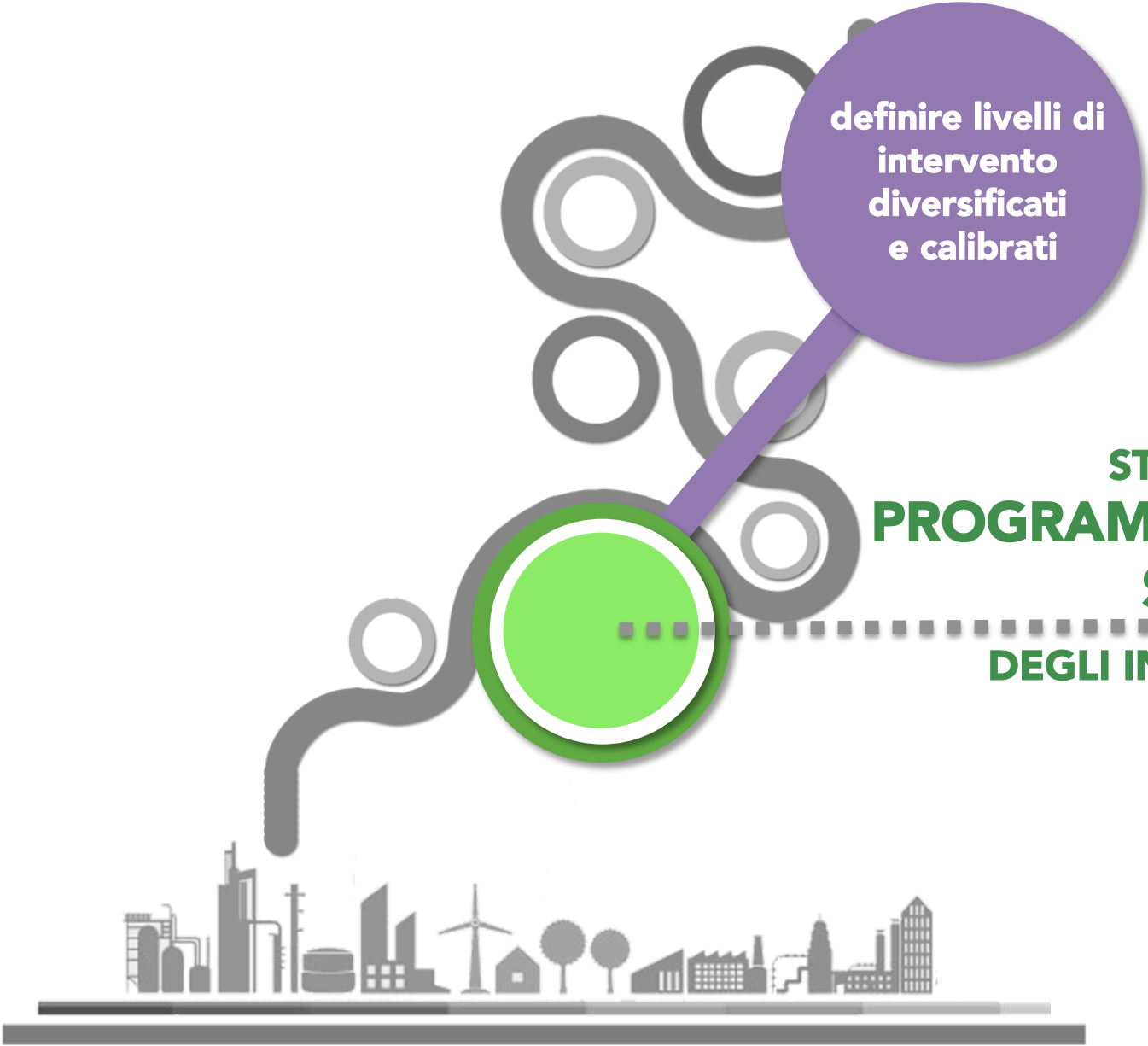






**STRUMENTO DI
PROGRAMMAZIONE
SPEDITIVA
DEGLI INTERVENTI DI
RETROFIT**





**definire livelli di
intervento
diversificati
e calibrati**

**STRUMENTO DI
PROGRAMMAZIONE
SPEDITIVA
DEGLI INTERVENTI DI
RETROFIT**

**individuare gli
edifici con
maggiori
potenzialità
di retrofit**

**definire livelli di
intervento
diversificati
e calibrati**

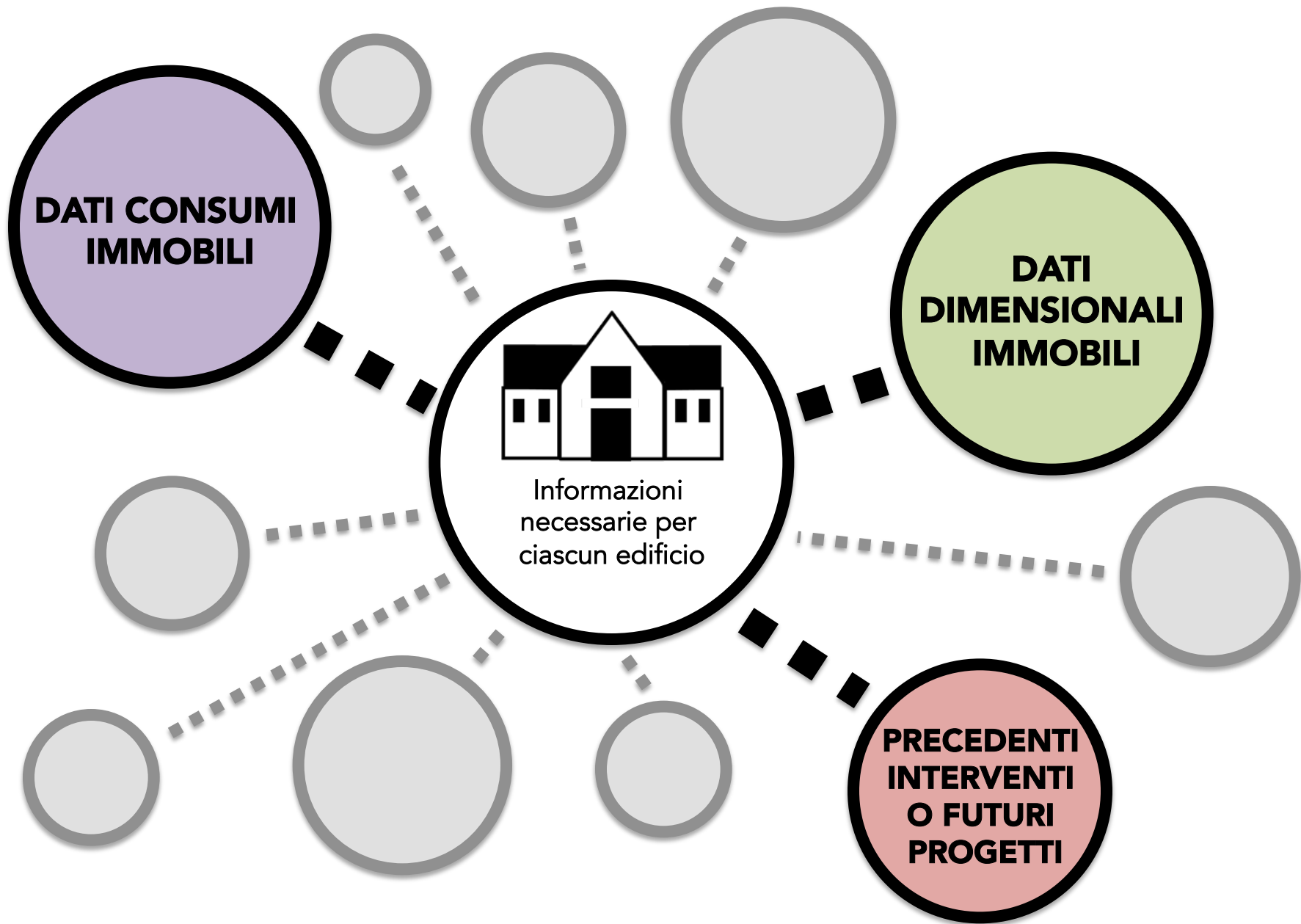
**STRUMENTO DI
PROGRAMMAZIONE
SPEDITIVA
DEGLI INTERVENTI DI
RETROFIT**

individuare gli edifici con maggiori potenzialità di retrofit

definire livelli di intervento diversificati e calibrati

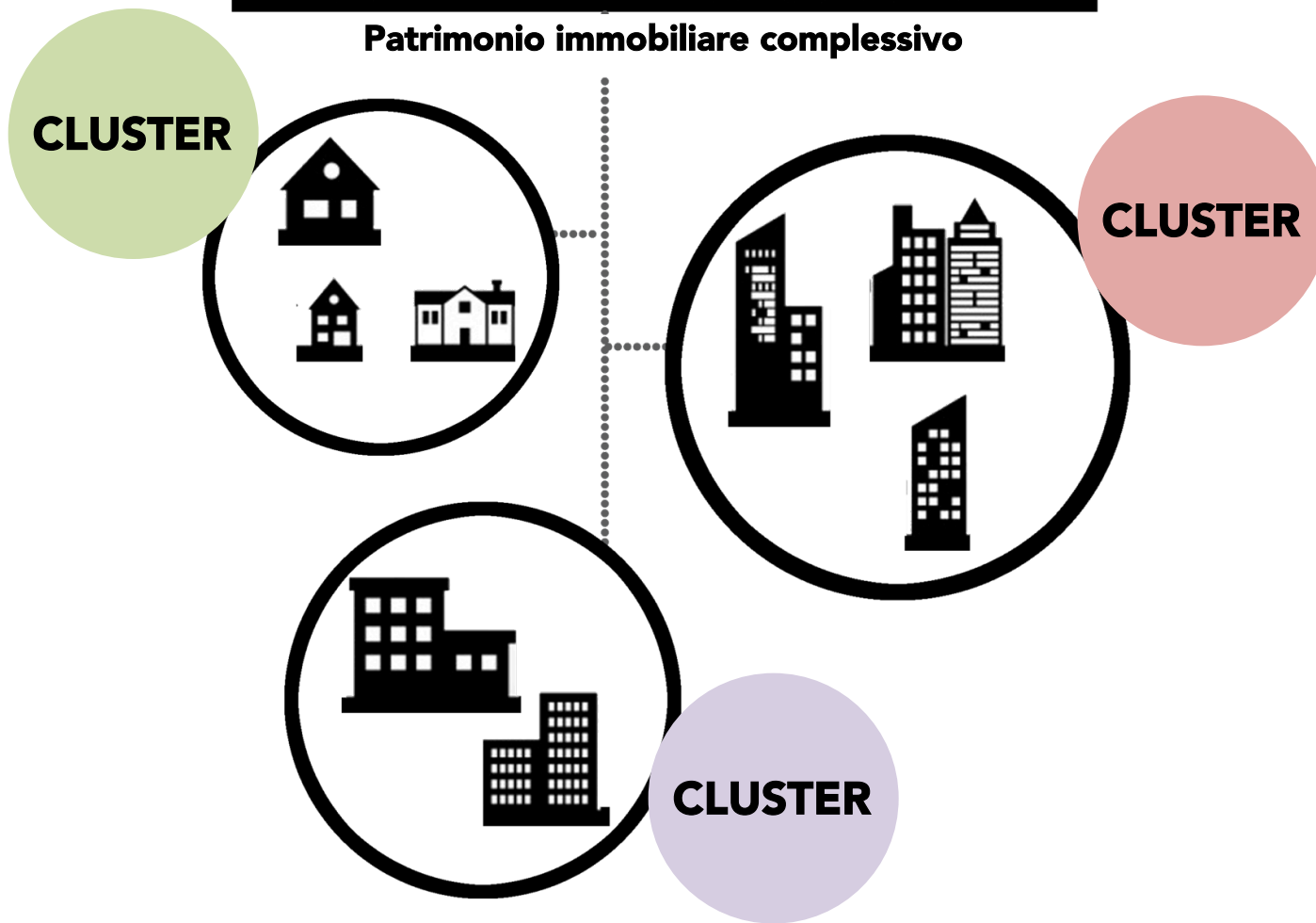
Condurre analisi economiche e stime di rientro degli investimenti

**STRUMENTO DI
PROGRAMMAZIONE
SPEDITIVA
DEGLI INTERVENTI DI
RETROFIT**





Patrimonio immobiliare complessivo



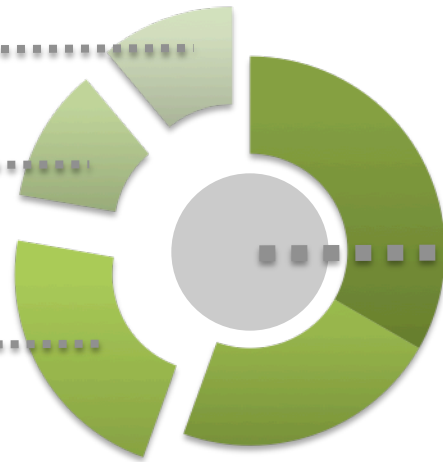


1. CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO CAMPIONE

infiltrazioni

occupazione

caratterizzazione tecnologica



SIMULAZIONE ENERGETICA



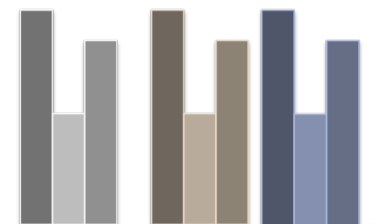
CLUSTER



1. CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA DELL'EDIFICIO CAMPIONE



2. **ESTENSIONE DEI RISULTATI AL CLUSTER**
E DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO ENERGETICO



CLUSTER



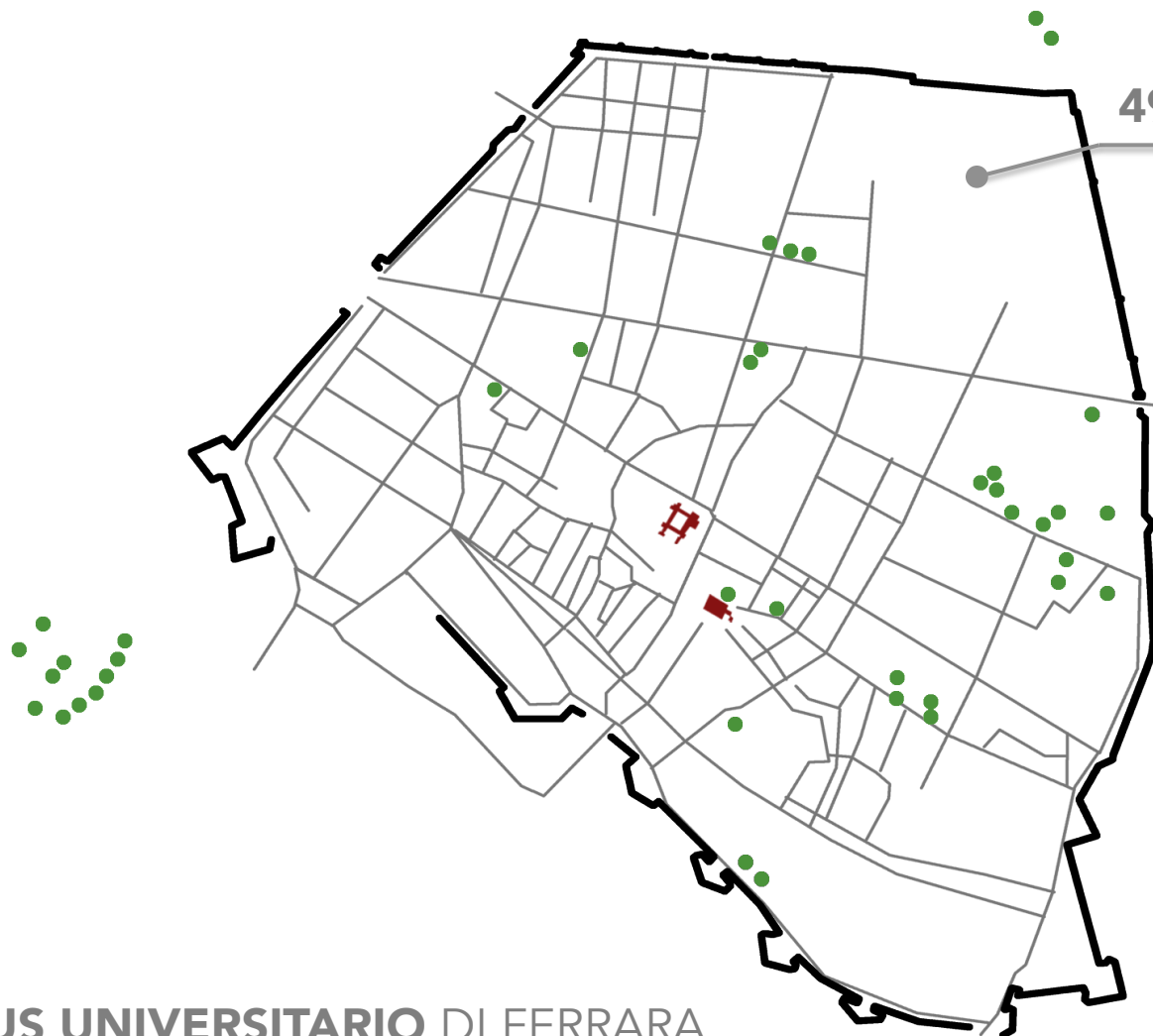
1. CARATTERIZZAZIONE ENERGETICA
DELL'EDIFICIO CAMPIONE



2. ESTENSIONE DEI RISULTATI AGLI ALTRI
EDIFICI E DEFINIZIONE DELLO STATO DI FATTO
ENERGETICO



3. **PROPOSTE DI RETROFIT E ANALISI
ECONOMICA**



49 COMPLESSI EDILIZI

154.000
mq

CAMPUS UNIVERSITARIO DI FERRARA



7 EDIFICI COSTRUITI TRA IL 1950 E IL 1980

Strumenti di supporto alla programmazione delle strategie di riqualificazione energetica di ampi patrimoni immobiliari
Marta Calzolari, Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara



2 EDIFICI EX INDUSTRIALI

Strumenti di supporto alla programmazione delle strategie di riqualificazione energetica di ampi patrimoni immobiliari
Marta Calzolari, Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara



10 EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE

Strumenti di supporto alla programmazione delle strategie di riqualificazione energetica di ampi patrimoni immobiliari
Marta Calzolari, Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara



29 EDIFICI STORICI **MONUMENTALI E MINORI**

Strumenti di supporto alla programmazione delle strategie di riqualificazione energetica di ampi patrimoni immobiliari
 Marta Calzolari, Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara



PRESTAZIONE ENERGETICA
POST INTERVENTO



STATO DI FATTO

SCENARI DI RETROFIT

- INTERVENTI MINIMI
- MIGLIORAMENTO
- "NZEB"



STRUMENTO DI PROGRAMMAZIONE SPEDITIVA DEGLI INTERVENTI DI RETROFIT



Strumenti di supporto alla programmazione delle strategie di riqualificazione energetica di ampi patrimoni immobiliari
Marta Calzolari, Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara

SCENARI DI RETROFIT

| EDIFICIO dati dim. Modellino | | CONSUMI TERMICI REALI kWh/mqa. (mq reali) | CONSUMI TERMICI STATO DI FATTO kWh/mqa. (mqa modellino) | SCENARI DI RETROFIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------|---|---|---|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------|-------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--|---|-------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------|
| VOLUME mc | SUPERFICIE mq | | | SCENARIO 1 | | | | | SCENARIO 2 | | | | | SCENARIO 3 | | | | | | | | |
| | | DESCRIZIONE | | CONSUMI TERMICI kWh/mqa. | SCARTO % rispetto sdf modellino | COSTO INTERVENTO € | COSTO INTERVENTO AL MQ | ANNI RIENTRO | DESCRIZIONE | | CONSUMI TERMICI kWh/mqa. | SCARTO % rispetto sdf modellino | COSTO INTERVENTO € | COSTO INTERVENTO AL MQ | ANNI RIENTRO | DESCRIZIONE | | CONSUMI TERMICI kWh/mqa. | SCARTO % rispetto sdf modellino | COSTO INTERVENTO € | COSTO INTERVENTO AL MQ | ANNI RIENTRO |
| PALAZZO TROTTI MOSTI | | 93,03 | 134,90 | SCENARIO 1 intervento su impianto:regolazione | 123 | -9% | 48.585,00 € | 15,00 € | 7,00 | SCENARIO 2A 1 + sostituzione infilssi + vent. Meccanica | 97,90 | -27% | 600.650,60 € | 185,41 € | 16,00 | SCENARIO 3A 1+ 2 + isolamento copertura | 64,1 | -52% | 507.835,05 € | 156,76 € | 9,00 | |
| 21429,68 | 3239,5 | | | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 2B 1 + sostituzione infilssi + NO vent. Meccanica (vent nat 0,2) | 103,50 | -18% | 386.353,80 € | 119,26 € | 13,00 | SCENARIO 3C 1 + 2 + isolamento copertura e isolamento CV dall'interno | 21,1 | -84% | 775.382,20 € | 239,35 € | 10,00 | |
| PALAZZO GIORDANI | | 142,74 | 126,70 | SCENARIO 1 intervento su impianto:regolazione | 115 | -9% | 41.055,00 € | 15,00 € | 7,00 | SCENARIO 2A 1 + sostituzione infilssi + vent. Meccanica | 95,70 | -24% | 378.739,40 € | 138,38 € | 15,00 | SCENARIO 3A 1+ 2 + isolamento copertura | 53,7 | -58% | 272.092,10 € | 99,41 € | 8,00 | |
| | | | | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 2B 1 + sostituzione infilssi + NO vent. Meccanica (vent nat 0,2) | 100,50 | -21% | 238.894,60 € | 79,98 € | 11,00 | SCENARIO 3C 1 + 2 + isolamento copertura e isolamento CV dall'interno | 11 | -91% | 641.563,20 € | 234,40 € | 9,00 | |
| 15984,48 | 2737,02 | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 3C bis 1 + 2 + isolamento copertura e isolamento CV dall'interno solo corpo più nuovo | 36,2 | -71% | 522.472,80 € | 190,89 € | 9,00 | |
| PALAZZO GULINELLI | | 110,2 | 78,65 | SCENARIO 1 intervento su impianto:regolazione | 71,5 | -9% | 28.890,00 € | 15,00 € | 9,00 | SCENARIO 2A 1 + sostituzione infilssi + vent. Meccanica | 53,19 | -32% | 192.239,20 € | 99,81 € | 15,00 | SCENARIO 3A 1+ 2 + isolamento copertura | 28,88 | -63% | 146.767,75 € | 76,20 € | 8,00 | |
| | | | | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 2B 1 + sostituzione infilssi + NO vent. Meccanica (vent nat 0,2) | 56,84 | -28% | 110.641,00 € | 57,45 € | 10,00 | SCENARIO 3B 1 + 2 + isolamento copertura e isolamento solaio a terra | 27,94 | -64% | 259.675,80 € | 134,83 € | 10,00 | |
| 8159,82 | 1926,00 | | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 3D 1 + 2 + isolamento copertura e isolamento solaio a terra+ iso cv | 25,1 | -68% | 363025,8 | 188,49 € | 12,00 | | |
| PALAZZO TURCHI DI BAGNO | | 102,00 | 102,00 | SCENARIO 1 intervento su impianti | 47,6 | -9% | 11.800,00 € | 8,00 € | 13,00 | SCENARIO 2A 1 + sostituzione infilssi + vent. Meccanica | 31,60 | -40% | 637.000,00 € | 189,00 € | 14,00 | SCENARIO 3A 1+ 2 + isolamento copertura | 11,2 | -79% | 540.000,00 € | 100,00 € | 9,00 | |
| | | | | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 2B 1 + so infilssi + vent. Meccanica (vent nat 0,2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 2C 1 + so infilssi + vent. Meccanica (vent nat 0,2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | - | - | - | - | - | - | SCENARIO 2D 1 + so infilssi + vent. Meccanica (vent nat 0,2) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

**DATI EDIFICIO
STATO DI
FATTO**

SCENARIO 1

SCENARIO 2

SCENARIO 3

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI OTTENIBILI | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------|---------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|----------|---------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|

PALAZZO
TROTTI
MOSTI

100
kWh/mqa

135
kWh/mqa

**DATI EDIFICIO
STATO DI
FATTO**

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI OTTENIBILI | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------|---------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|----------|---------------|------------------|------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|

PALAZZO
TROTTI
MOSTI

100
kWh/mqa

135
kWh/m

SCENARIO 1

Sostituzione
impianto
regolazione

SCENARIO 1

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|

PALAZZO
TROTTI
MOSTI

100
kWh/mqa

135
kWh/mqa

SCENARIO 1

Sostituzione
impianto
regolazione

123

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|

PALAZZO
TROTTI
MOSTI

100
kWh/mqa

135
kWh/mqa

SCENARIO 1

Sostituzione
impianto
regolazione

123

-9%



| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|

PALAZZO
TROTTI
MOSTI

100 kWh/mqa
135 kWh/mqa

SCENARIO 1

Sostituzione
impianto
regolazione

123

-9%

48.585

FOGLIO A PARTE CON **CALCOLI ECONOMICI**

| PALAZZO TROTTI MOSTI | | | | | | |
|--|---------|-----------|------------|--------------|------------|-----------|
| | u.m. | quantità | val.un. | costo tot. | scenario 1 | |
| Sostituzione infissi con doppio vetro | mq | 582,36 | € 580,00 | € 337.768,80 | | |
| Isolamento copertura dall'interno (actis) | mq | 1.619,75 | € 75,00 | € 121.481,25 | | |
| Isolamento copertura dall'esterno (lana di roccia) | mq | - | € 100,00 | - | | |
| Isolamento chiusura opaca dall'esterno | mq | - | € 100,00 | - | | |
| Isolamento chiusura opaca dall'interno (actis) | mq | 4.116,11 | € 65,00 | € 267.547,15 | | |
| Isolamento solaio freddo contro terra e sostituzione sottosistema di distribuzione | mq | - | € 65,00 | - | | |
| Sostituzione generatore di calore (con caldaia a condensazione) | a corpo | - | € 5.000,00 | - | | |
| Impianto di ventilazione meccanica controllata | vol | 21.429,68 | € 600,00 | € 214.296,80 | | |
| Sottosistema di regolazione: valvole termostatiche | mq | 3.239,00 | € 15,00 | € 48.585,00 | € | 48.585,00 |
| TOTALI COSTI RIQUALIFICAZIONE | | | | | € | 48.585,00 |

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
|----------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|

PALAZZO
TROTTI
MOSTI

| | |
|---------|---------|
| 100 | 135 |
| kWh/mqa | kWh/mqa |

SCENARIO 1

Sostituzione
impianto
regolazione

123

-9%

48.585

7

| Scenario 1 | | |
|---|-----------------------------------|----------------|
| Gas consumptions | | |
| 3.239,50 Surface mq | | |
| 134,90 kWh/mq per year | before | DB simulations |
| 123,00 kWh/mq per year | after | DB simulations |
| 437.006,55 kWh per year | before | |
| 398.456,50 kWh per year | after | |
| Prezzo Teleriscaldamento (Iren) | 0,95 €/mc | |
| Electricity price (Autorità energia) | 0,18 €/kWh | |
| Energy savings (thermal) | | |
| 3.655,01 mc per year | Gas savings after intervention | |
| 3.662,25 € per year | Energy Savings after intervention | |

| Renovation investment | | | | | | |
|---------------------------------------|----------|------------------|---------------|--------------|------------|------------|
| € | | | | | | |
| Total Investment | | | | | | |
| Savings (non weighed, thermal) | | | | | | |
| Savings (non weighed, electrical) | | | | | | |
| Fiscal incentive (on renovation i) | | | | | | |
| Fiscal incentive rate (10 years plan) | | | | | | |
| Energy inflation rate | | | | | | |
| Incoming | | | Outgoing | | | |
| Year | Savings | In Production P1 | Incentive 65% | Consumptions | Cashflow | Sum |
| 0 | 0,00 | | 0,00 | 0,00 | -48.585,00 | -48.585,00 |
| 1 | 3.662,25 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 6.820,28 | -41.764,72 |
| 2 | 3.735,50 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 6.893,52 | -34.871,20 |
| 3 | 3.810,21 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 6.968,23 | -27.902,96 |
| 4 | 3.886,41 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.044,44 | -20.858,52 |
| 5 | 3.964,14 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.122,17 | -13.736,35 |
| 6 | 4.043,43 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.201,45 | -6.534,90 |
| 7 | 4.124,29 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.282,32 | 747,41 |
| 8 | 4.206,76 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.364,80 | 8.112,22 |
| 9 | 4.290,92 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.448,94 | 15.561,16 |
| 10 | 4.376,73 | 0,00 | 3.158,03 | 0,00 | 7.534,76 | 23.095,92 |
| 11 | 4.464,27 | 0,00 | | 0,00 | 4.464,27 | 27.560,19 |
| 12 | 4.553,55 | 0,00 | | 0,00 | 4.553,55 | 32.113,74 |
| 13 | 4.644,62 | 0,00 | | 0,00 | 4.644,62 | 36.758,36 |
| 14 | 4.737,52 | 0,00 | | 0,00 | 4.737,52 | 41.495,88 |
| 15 | 4.832,27 | 0,00 | | 0,00 | 4.832,27 | 46.328,15 |
| 16 | 4.928,91 | 0,00 | | 0,00 | 4.928,91 | 51.257,06 |
| 17 | 5.027,49 | 0,00 | | 0,00 | 5.027,49 | 56.284,55 |
| 18 | 5.128,04 | 0,00 | | 0,00 | 5.128,04 | 61.412,59 |
| 19 | 5.230,60 | 0,00 | | 0,00 | 5.230,60 | 66.643,19 |
| 20 | 5.335,21 | 0,00 | | 0,00 | 5.335,21 | 71.978,41 |
| 21 | 5.441,92 | 0,00 | | 0,00 | 5.441,92 | 77.420,33 |
| 22 | 5.550,76 | 0,00 | | 0,00 | 5.550,76 | 82.971,08 |
| 23 | 5.661,77 | 0,00 | | 0,00 | 5.661,77 | 88.632,85 |
| 24 | 5.775,01 | 0,00 | | 0,00 | 5.775,01 | 94.407,86 |
| 25 | 5.890,51 | 0,00 | | 0,00 | 5.890,51 | 100.298,37 |
| 26 | 6.008,32 | 0,00 | | 0,00 | 6.008,32 | 106.306,68 |
| 27 | 6.128,48 | 0,00 | | 0,00 | 6.128,48 | 112.435,17 |
| 28 | 6.251,05 | 0,00 | | 0,00 | 6.251,05 | 118.686,22 |
| 29 | 6.376,07 | 0,00 | | 0,00 | 6.376,07 | 125.062,30 |
| 30 | 6.503,60 | 0,00 | | 0,00 | 6.503,60 | 131.565,89 |

FOGLIO A PARTE CON RIENTRO INVESTIMENTO

Pay-back time 27 year

Strumenti di supporto alla programmazione delle strategie di riqualificazione energetica di ampi patrimoni immobiliari
Marta Calzolari, Centro Ricerche Architettura>Energia, Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara

a>e
architettura>energia

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO € | ANNI DI RIENTRO |
|----------------------|---------------|------------------|---|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| PALAZZO TROTTI MOSTI | 100 kWh/mqa | 135 kWh/mqa | SCENARIO 1 | | | | |
| | | | Sostituzione impianto regolazione | 123 kWh/mqa | -9% | 48.585 | 7 |
| | | | SCENARIO 2 | | | | |
| | | | Sostituzione infissi e impianto vent. meccanica | 97,90 kWh/mqa | -30% | 600.650 | 16 |

SCENARIO 2

| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO€ | ANNI DI RIENTRO |
|----------------------|---------------|------------------|---|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| PALAZZO TROTTI MOSTI | 100 kWh/mqa | 135 kWh/mqa | SCENARIO 1 | | | | |
| | | | Sostituzione impianto regolazione | 123 kWh/mqa | -9% | 48.585 | 7 |
| | | | SCENARIO 2 | | | | |
| | | | Sostituzione infissi e impianto vent. meccanica | 97,90 | -30% | 600.650 | 16 |
| | | | SCENARIO 3 | | | | |
| | | | Isolamento della copertura | 65,00 | -50% | 722.120 | 11 |

SCENARIO 3



| EDIFICIO | CONSUMI REALI | CONSUMI SIMULATI | DESCRIZIONE INTERVENTO | CONSUMI kWh/mqa | MIGLIORAMENTO % | COSTO INTERVENTO€ | ANNI DI RIENTRO |
|---|---------------|------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| PALAZZO TROTTI MOSTI | 100 kWh/mqa | 135 kWh/mqa | SCENARIO 1 | | | | |
| | | | Sostituzione impianto regolazione | 123 kWh/mqa | -9% | 48.585 | 7 |
| | | | SCENARIO 2 | | | | |
| Sostituzione infissi e impianto vent. meccanica | 97,90 | -30% | 600.650 | 16 | | | |
| SCENARIO 3 | | | | | | | |
| Isolamento della copertura | 65,00 | -50% | 722.120 | 11 | | | |

SCENARIO 3



Marta Calzolari

*Centro Ricerche Architettura>Energia
Dipartimento di Architettura
Università degli studi di Ferrara*

marta.calzolari@unife.it
ae@unife.it
0532 293631

