

## Linee di Piano

### Metodologia di analisi

Il Piano Energetico Comunale Solare (PECS) viene elaborato attraverso l'analisi di diversi fattori territoriali, urbanistici, energetici.

La caratterizzazione territoriale ha permesso di individuare il sistema degli edifici con le loro caratteristiche areali, le coperture degli edifici e gli elementi strutturali rispetto al territorio non urbanizzato.

L'analisi urbanistica ha diversificato gli edifici presenti nell'area urbana in base alle loro attuali destinazioni d'uso.

Queste analisi hanno permesso di valutare le potenzialità di produzione elettrica e termica per mezzo della conversione di energia solare.

Un ulteriore sviluppo sarà rappresentato dalla valutazione delle parti di territorio non edificato ed in particolare delle aree dismesse e delle fasce di rispetto stradali e fluviali.

Le elaborazioni che vengono di seguito presentate partono dai dati presenti sul rilievo aerofotogrammetrico (anno 2005) e sull'ortofoto comunale (volo RATI 2004).

Tali dati vengono ulteriormente elaborati tramite un software GIS (Sistema Informativo Geografico) e per mezzo di un programma dedicato realizzato in collaborazione con il Politecnico di Milano.

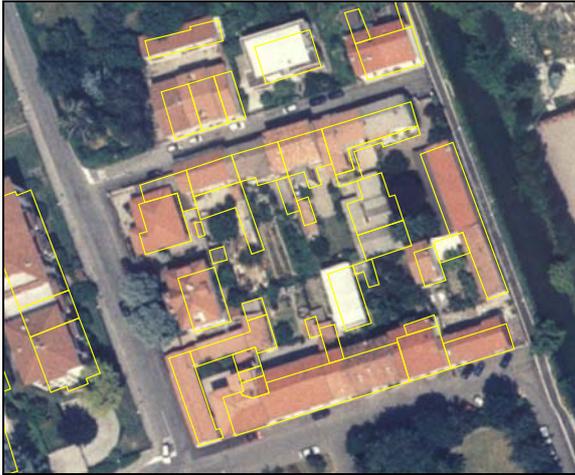
Di seguito vengono presentate le variabili considerate per raggiungere gli obiettivi descritti.

### **Tipologie costruttive dei tetti**

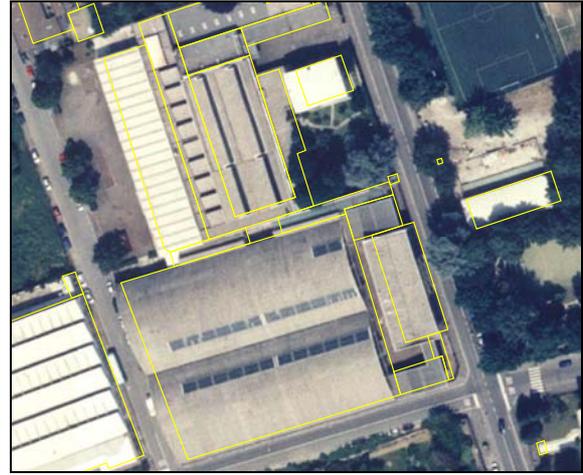
La tipologia costruttiva è una variabile che classifica le coperture degli edifici in base alla morfologia ed al materiale con cui sono costruite.

Questo studio considera come tipologie prevalenti i tetti tegolati (tegole chiare e tegole scure) ed i tetti non tegolati.

L'algoritmo di classificazione distingue le tipologie di coperture in maniera automatica a partire dal colore (valore medio dei pixel) dei tetti, incrociando i dati del rilievo aerofotogrammetrico con l'ortofoto comunale.



a)

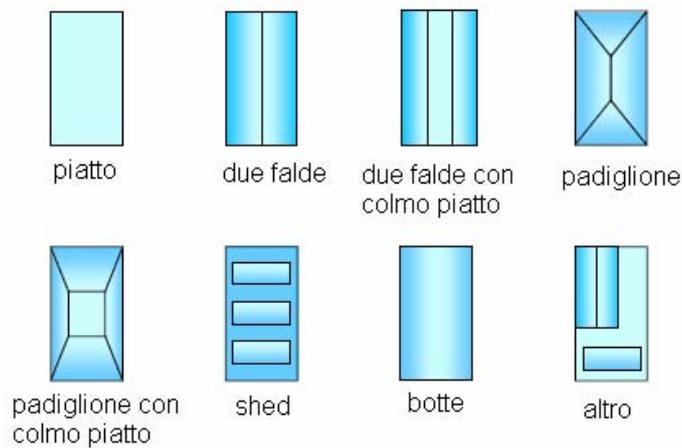


b)

*Esempi di classificazione delle coperture: a) tetti tegolati b) tetti non tegolati*

Questa classificazione permette di dedurre l'inclinazione approssimata del tetto, assumendo che le coperture in tegole sono normalmente inclinate (da 30° a 35°), mentre quelle non tegolate sono tipicamente piatte o leggermente inclinate per garantire il deflusso delle acque meteoriche.

Un successivo affinamento della tipologia costruttiva permette di definire la geometria delle diverse coperture, illustrate in Figura.



### *Tipologie di coperture*

Il riconoscimento della geometria della copertura viene effettuato tramite un'analisi visiva dell'ortofoto.

## **Inclinazione**

L'inclinazione delle coperture è definita come la pendenza della superficie della stessa rispetto all'orizzontale. Tale dato non è quantificabile direttamente dal rilievo aerofotogrammetrico in quanto in tale supporto non sono presenti le quote dei tetti al colmo e alla gronda.

Per ovviare a questa mancanza si è ricorso a dati teorici che si basano sulle pendenze medie consigliabili in rapporto alle precipitazioni (dipendenti dalla regione geografica) e sulle pendenze consentite dai materiali impiegati nella copertura.

In tal modo è possibile associare il dato inclinazione alla tipologia costruttiva, ricavato con il metodo sopra descritto.

Per la Pianura Padana è consigliata una pendenza media di 35°. Nel caso di copertura a tegole piane solitamente è consentita una pendenza di 30°; per tegole alla romana di 35°; per fibrocemento e lamiera ondulata di 25°.

Una superficie rivolta verso sud con valori di inclinazione compresi tra i 10° e i 50° ha dei valori di radiazione incidente che si scostano appena del 5% rispetto al valore massimo. Aumentando l'inclinazione invece si arriva a perdere fino al 35% della radiazione massima nel caso di applicazione su facciata verticale.



*Inclinazione delle coperture degli edifici*

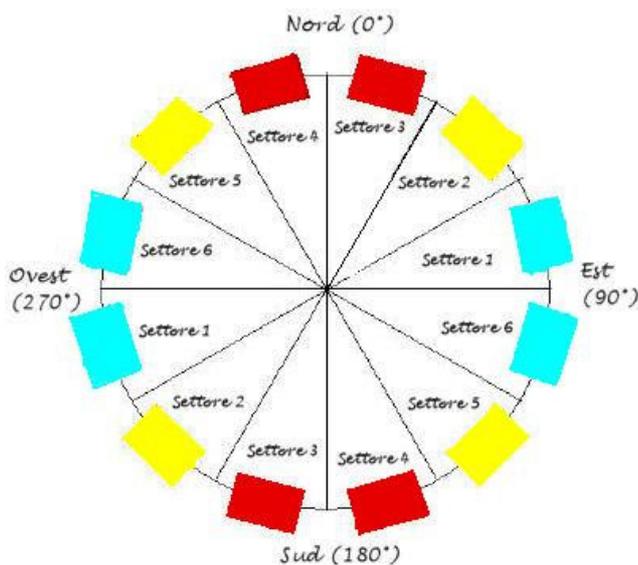
## **Orientamento**

La variabile orientamento è definita come l'orientamento del lato maggiore dell'edificio rispetto al nord. Tale variabile è stata quantificata attraverso un'analisi automatica basata

su una valutazione delle caratteristiche geometriche degli edifici riportati nel rilievo aerofotogrammetrico.

Il metodo di calcolo ricorsivo sfrutta le coordinate dei vertici dell'edificio per ricavarne l'inclinazione del lato maggiore e quindi l'orientamento rispetto al nord.

Ad ogni edificio viene quindi associato il relativo valore di orientamento, definito a partire dai settori illustrati in Figura.



*Settori di orientamento*

Lo spettro di orientamento è utile per identificare gli edifici rivolti verso sud, ovvero quelli con orientamento ottimale (settori 3 e 4) in cui sarà più conveniente valutare l'ipotesi di installazione di impianti solari.

Gli edifici che ricadono nei settori 1 e 6 sono invece quelli meno idonei alla produzione fotovoltaica.

*Settori di orientamento e relativi gradi*

|                               | Numero settore | Gradi risp. Nord |
|-------------------------------|----------------|------------------|
| Est-NordEst // Ovest-SudOvest | 1              | 150-180          |
| Nord-Est // Sud-Ovest         | 2              | 120-150          |
| Sud-SudOvest // Nord-NordEst  | 3              | 90-120           |
| Sud-SudEst // Nord-NordOvest  | 4              | 60-90            |
| Sud-Est // Nord-Ovest         | 5              | 30-60            |
| Est-SudEst // Ovest-NordOvest | 6              | 0-30             |

## **Ingombri**

Gli ingombri presenti sulle coperture, come abbaini, canne fumarie e finestratezze rappresentano una possibile limitazione dello spazio sfruttabile per l'installazione di impianti solari. Non è possibile rilevare automaticamente la presenza di tali elementi, dato che l'analisi dei tetti viene compiuta a scala comunale.

La stima di massima che è stata effettuata considera un ingombro del 20% per le superfici piane e del 25% per quelle tegolate.

Questi valori devono essere analizzati attraverso un rilievo di dettaglio in fase di studio di fattibilità.



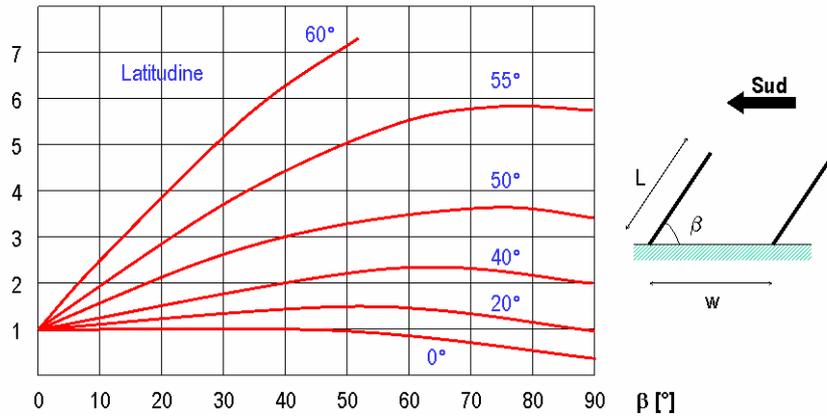
*Tetti con ingombri*

## **Distanza tra le file di pannelli**

La sfruttabilità delle superfici dei tetti è condizionata dalla loro morfologia.

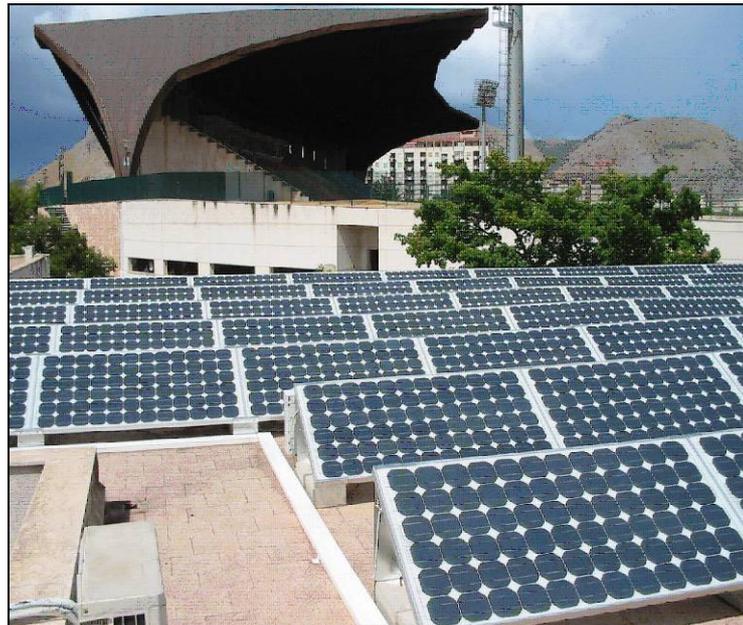
Il coefficiente di sfruttamento che si è adottato per le superfici piane considera le distanze necessarie tra i pannelli stessi in caso di posa su superficie orizzontale con strutture di sostegno inclinate. Questa distanze sono valutate al fine di ridurre l'effetto di ombreggiatura reciproca tra i pannelli (Figura).

(Minima distanza tra le file  $w$ ) / (Lunghezza dei pannelli  $L$ )



*Calcolo della distanza minima tra file di pannelli*

La sfruttabilità delle superfici piane è stimata pari al 50% del totale, in modo da evitare l'interferenza reciproca tra file di pannelli ed effetti di ombreggiatura che ne potrebbero ridurre la produttività.

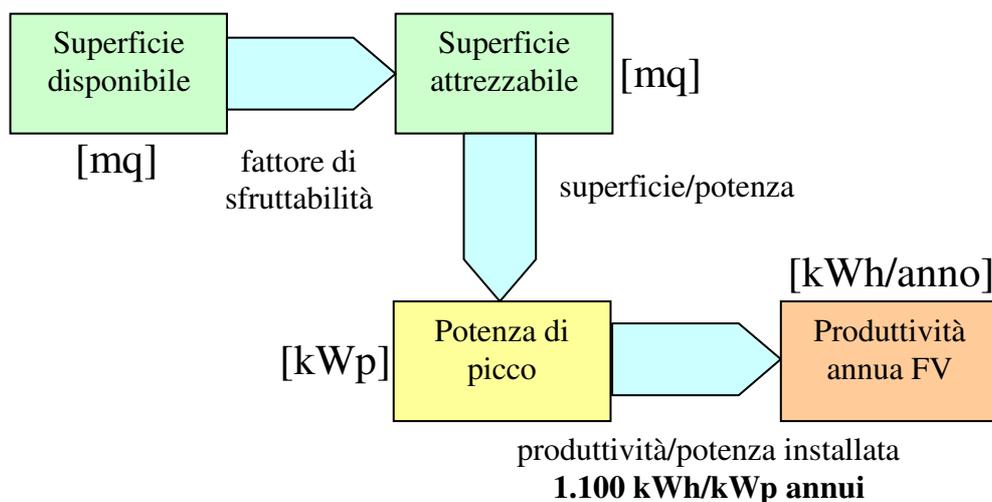


*Copertura piana sfruttata al 50% della superficie totale con silicio cristallino*

Lo stesso criterio si è seguito nell'ipotesi di installazione di impianti a pannelli piani (telone in Silicio amorfo), si è ritenuto di poter sfruttare l'80% della superficie totale, in quanto in questo caso non sussiste l'effetto di ombreggiatura reciproca tra file, che riduce lo spazio utile e quindi l'area netta sfruttabile.

## Stima della produttività fotovoltaica

La potenza installabile ( kWp ) e l'energia elettrica producibile (MWh/anno) sono state calcolate a partire dalla superficie disponibile quantificata sull'aerofotogrammetrico in base al seguente schema di calcolo. I fattori di sfruttabilità sono stati ipotizzati pari al 80% per i tetti non tegolati (ipotizzati piani o leggermente inclinati) e del 25% per quelli tegolati, ritenendo di poter sfruttare solo una falda del tetto e di questa solo la metà della superficie tegolata (per l'eventuale presenza di ingombri).



*Schema di stima della potenzialità fotovoltaica*

La potenza di picco è stata ricavata dalla superficie attrezzabile e dalla tipologia di impianto scelto.