

A seconda del rapporto di riduzione dell'immagine digitale rispetto alla realtà, alla dimensione del pixel sull'immagine corrisponderà una **dimensione del pixel sull' oggetto**.

- immaginiamo di avere scattato una foto digitale con una camera che consenta di ottenere pixel di dimensione 100 micron
- oppure di aver scansionato una foto analogica a 250 dpi  
( $25,4\text{mm}/250\text{dpi}=0,1\text{mm} \rightarrow 100\text{ micron}$ )
- l'obiettivo utilizzato ha lunghezza focale 28mm
- la distanza di presa è di 10m

1 pixel = 0,1 mm

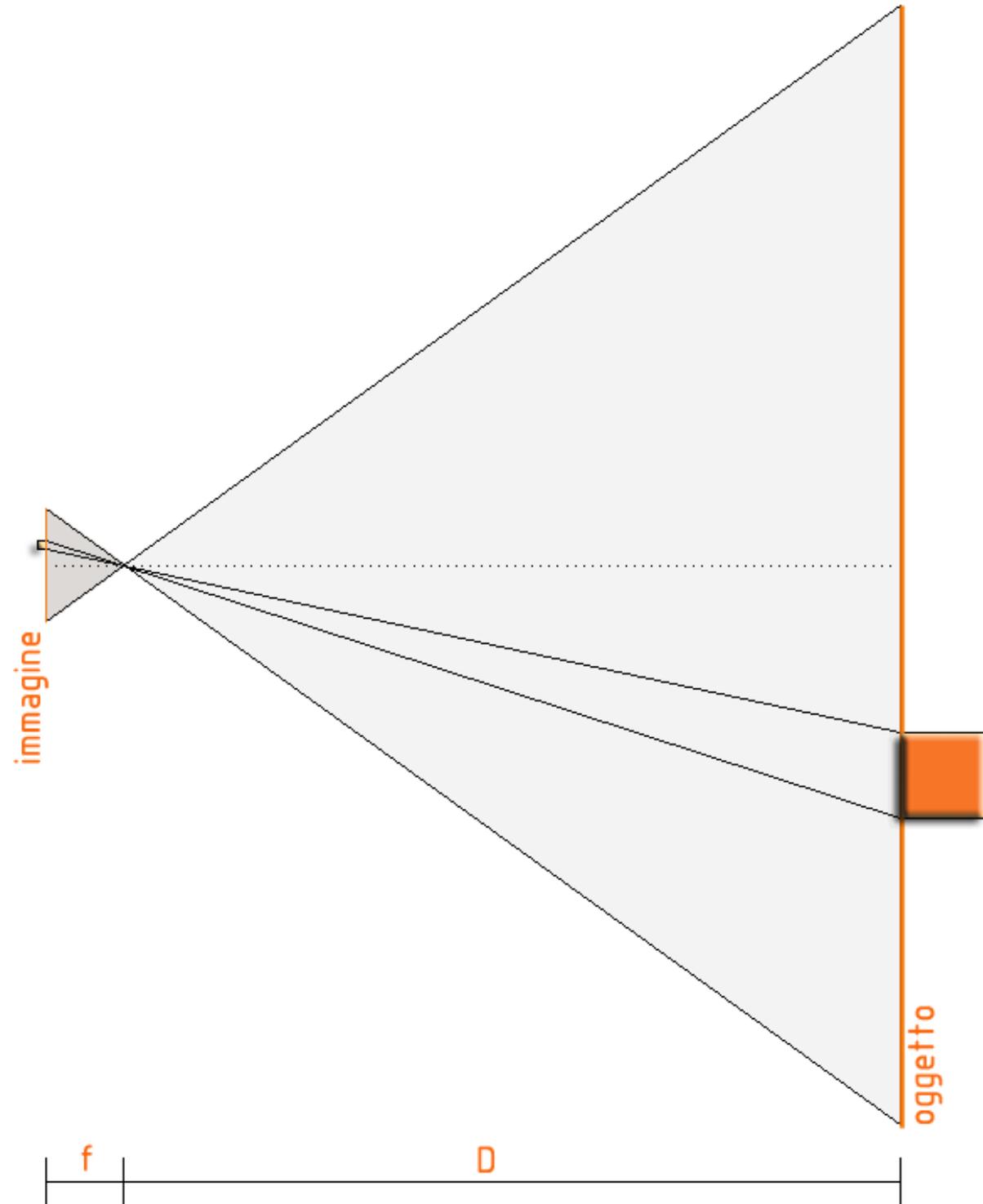
$f = 28 \text{ mm}$

$D = 10 \text{ m}$

Qual è l'area sull'oggetto corrispondente ad un pixel sull'immagine?

A che risoluzione deve essere impostata la stampa (nell'ipotesi di immagine a scala uniforme) perché la scala dell'immagine sia 1:200? E 1:100?

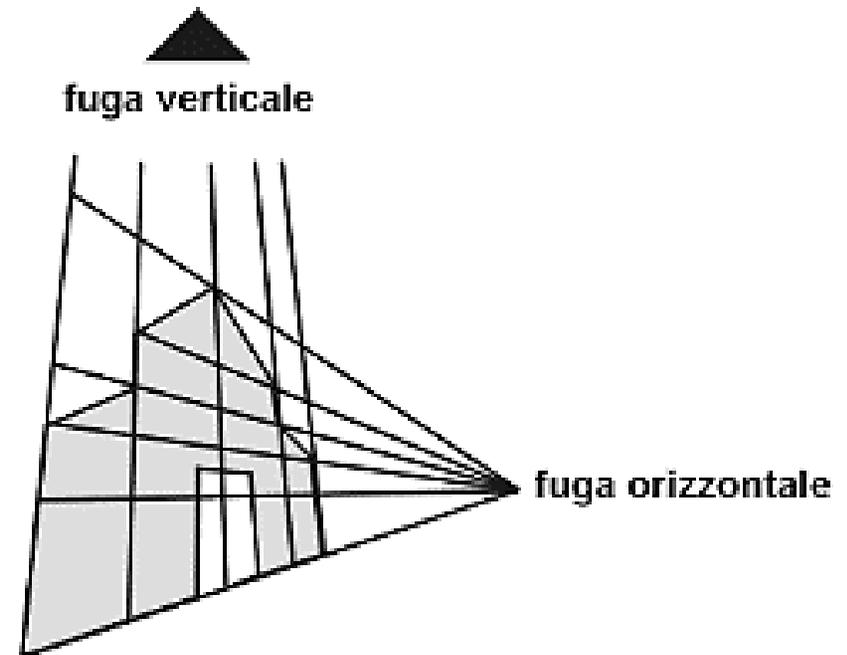
Sono risoluzioni adeguate ad una stampa fotografica?



L'esempio precedente nella realtà non ha senso:

- una fotografia è una prospettiva centrale
- gli angoli e le distanze sono deformati

Non si può quindi in questo caso parlare di stampa "in scala".



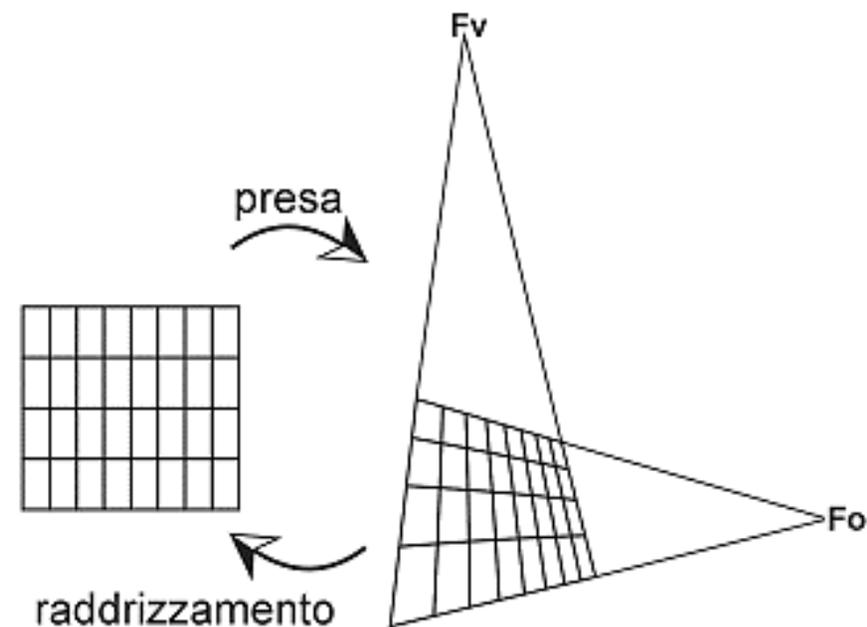
L'immagine fotografica è ottenuta proiettando tutti i punti dell'oggetto su un piano, tramite un centro di proiezione – interno all'obbiettivo.

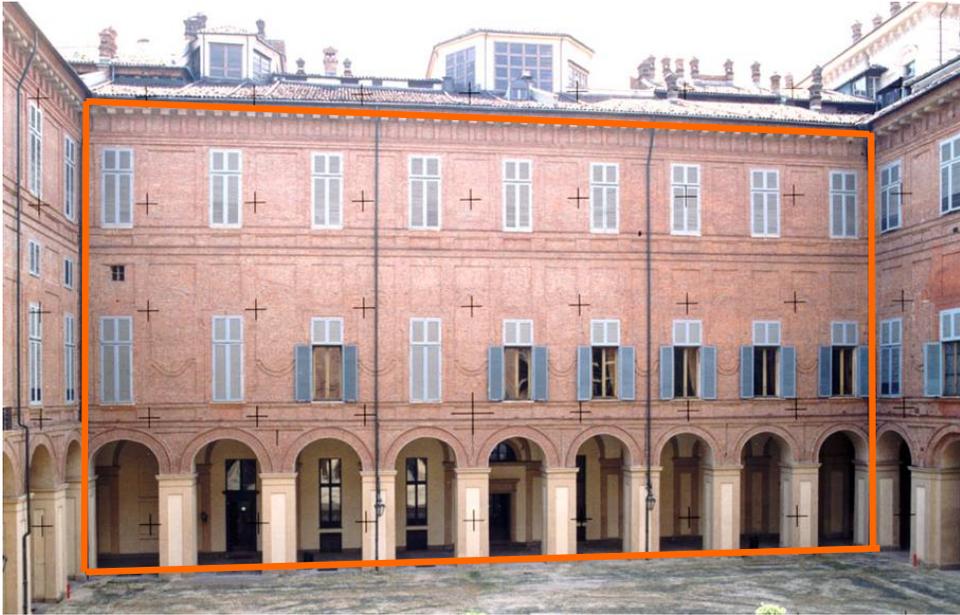
Tale immagine è quindi una proiezione centrale. Non è possibile prendere delle misure rapportabili alle reali dimensioni dell'oggetto perchè non è definibile una scala unica.

Però...

### NEL CASO IN CUI L'OGGETTO FOTOGRAFATO RISULTI PIANO

è possibile determinare una trasformazione matematica – detta **omografia** - che, eliminando gli effetti della prospettiva, produce una nuova proiezione centrale corrispondente alla proiezione ortogonale del piano considerato.





Facciate di Palazzo Reale, Torino



Santa Croce, Ravenna



foto originale

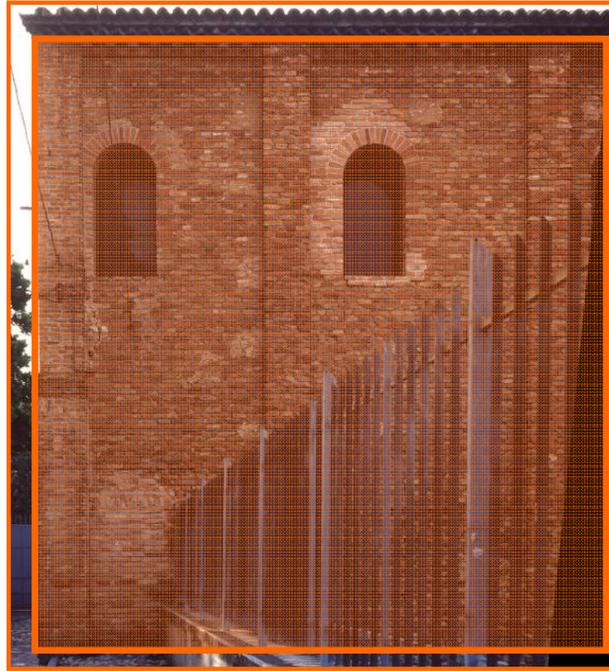
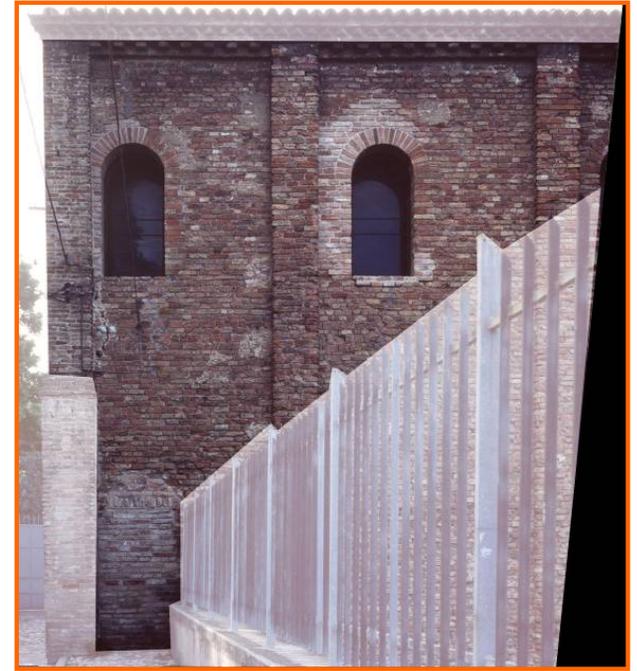
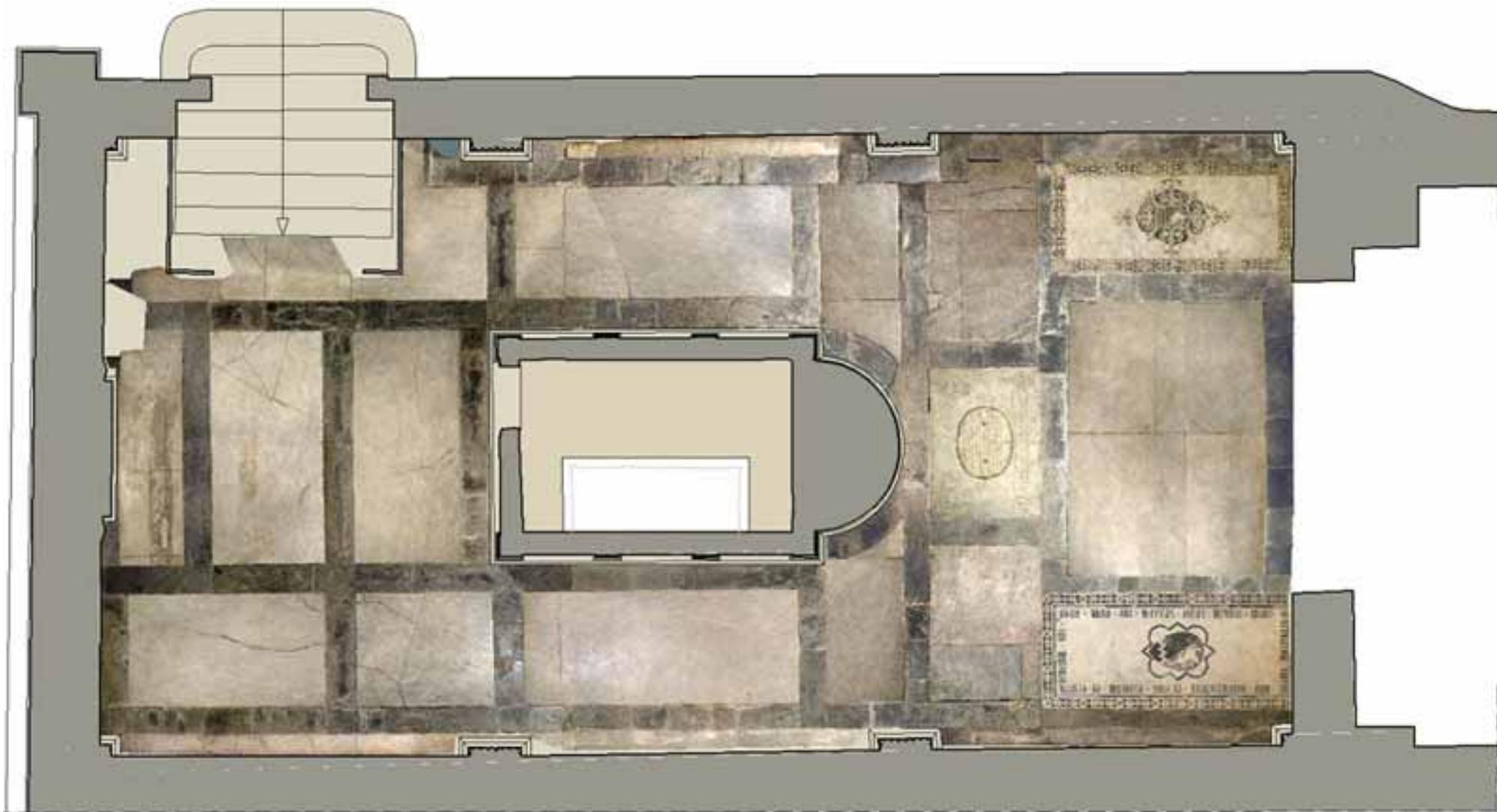


foto raddrizzata

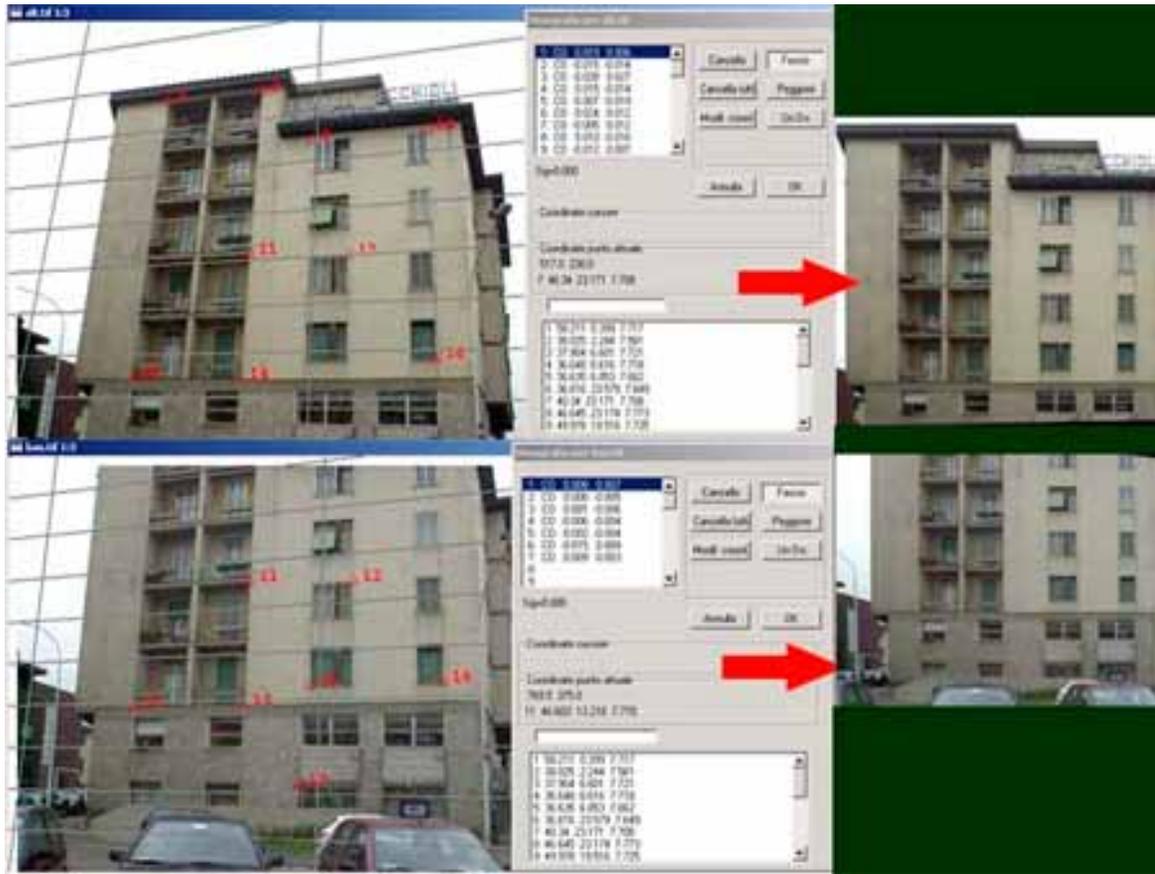


porzioni dell'immagine utilizzabili





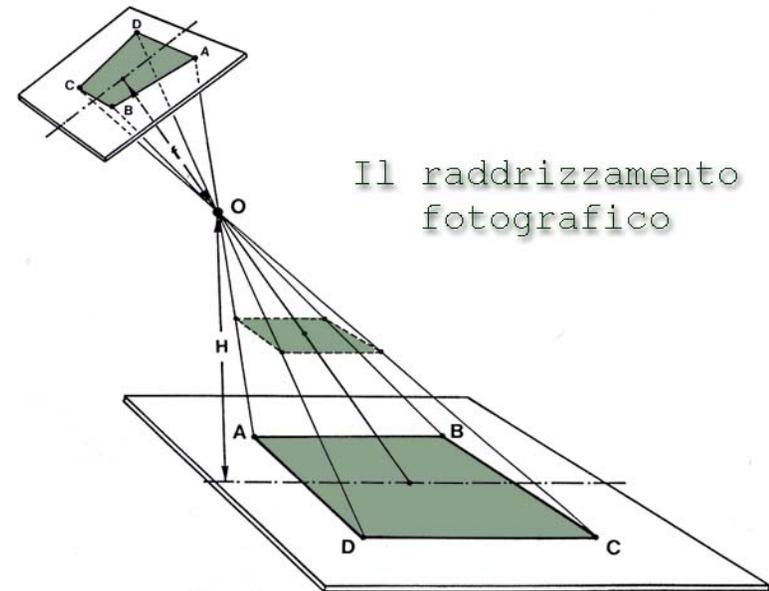
Pavimentazione della Cappella Rucellai, Firenze



## Raddrizzamento fotografico

La corrispondenza tra il piano dell'oggetto e il piano dell'immagine all'interno della proiezione centrale è risolvibile grazie ad un'omografia.

**OMOGRAFIA:** trasformazione tra sistemi di riferimento piani definita da **8 parametri**.



Equazioni fondamentali dell'omografia:

$$x = \frac{a_1 X + a_2 Y + a_3}{c_1 X + c_2 Y + 1} \quad y = \frac{b_1 X + b_2 Y + b_3}{c_1 X + c_2 Y + 1}$$

- X e Y sono le coordinate di un punto sull'oggetto;
- x e y sono le coordinate dell'immagine del punto sul fotogramma;
- a1, a2, a3, b1, b2, b3, c1, c2, sono gli 8 parametri dell'omografia.

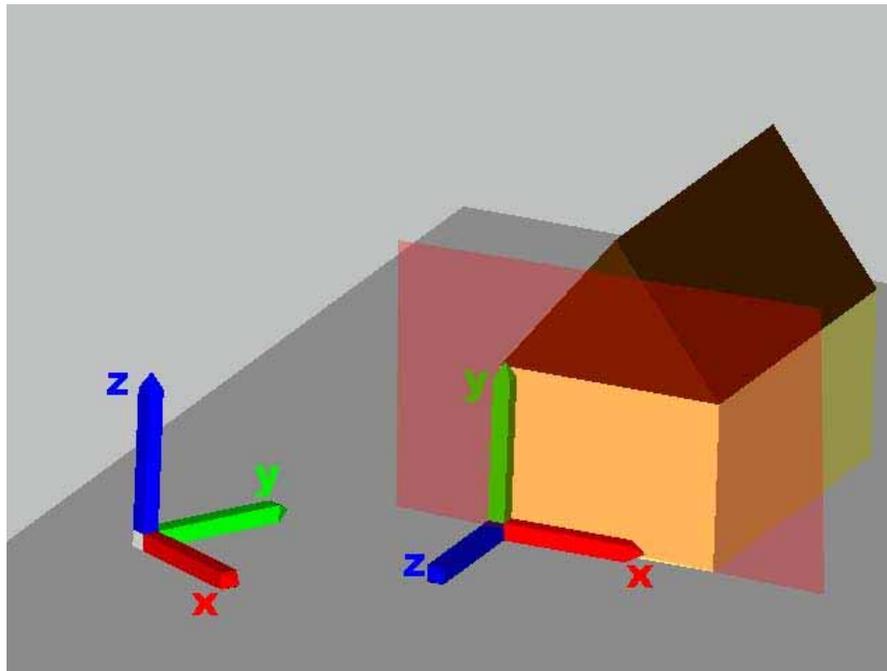
Per eseguire un raddrizzamento quindi è necessario conoscere le coordinate piane – nel piano dell'oggetto – di **almeno 4 punti**, in modo da avere a disposizione  $4 \times 2 = 8$  elementi per definire gli 8 parametri incogniti. E' infatti possibile scrivere otto equazioni, per la determinazione delle otto incognite.

La conoscenza di un numero di punti superiore a quattro permette la determinazione della **precisione** del sistema, mediante soluzione ai minimi quadrati.

I **punti di appoggio** per il raddrizzamento devono essere opportunamente dislocati sull'oggetto.

Le loro coordinate devono essere:

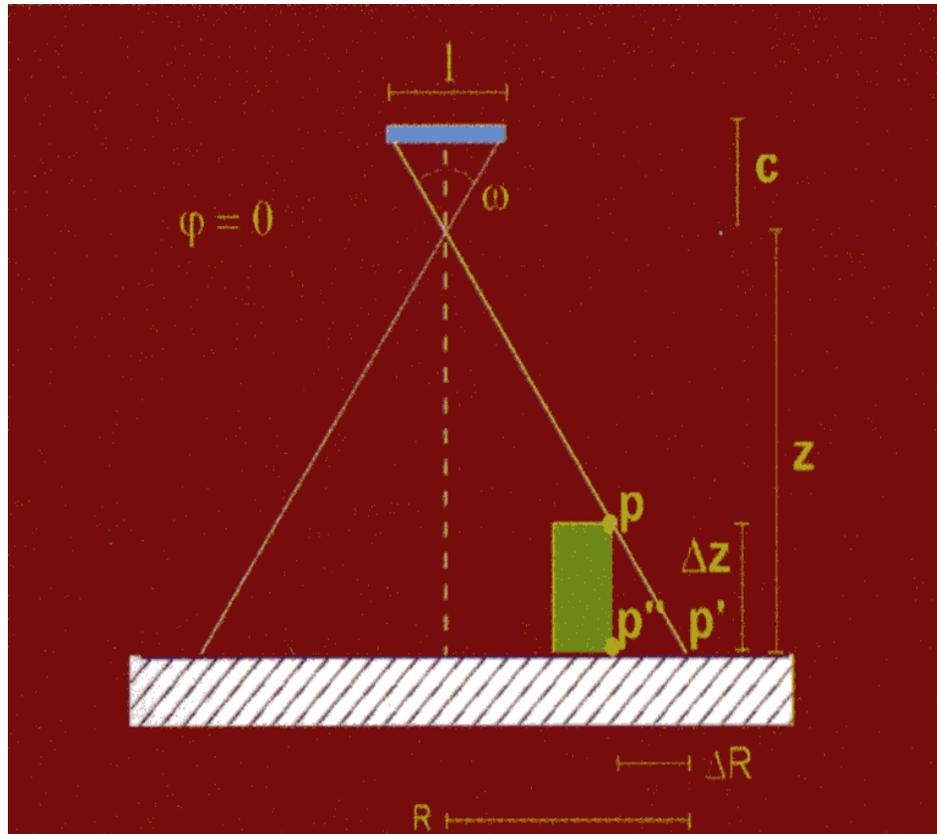
- espresse nel sistema di riferimento oggetto;
- individuabili nel sistema immagine.



Per esprimere le coordinate di punti noti in un sistema di riferimento topografico in uno coincidente con il piano del raddrizzamento si deve eseguire una **ROTOTRASLAZIONE**.

Nessun elemento architettonico è davvero piano. Di volta in volta bisogna quindi valutare se gli **scostamenti dal piano medio** comportano errori accettabili o meno.

Considerazioni qualitative:



Un oggetto produce un errore maggiore se si trova in posizione defilata

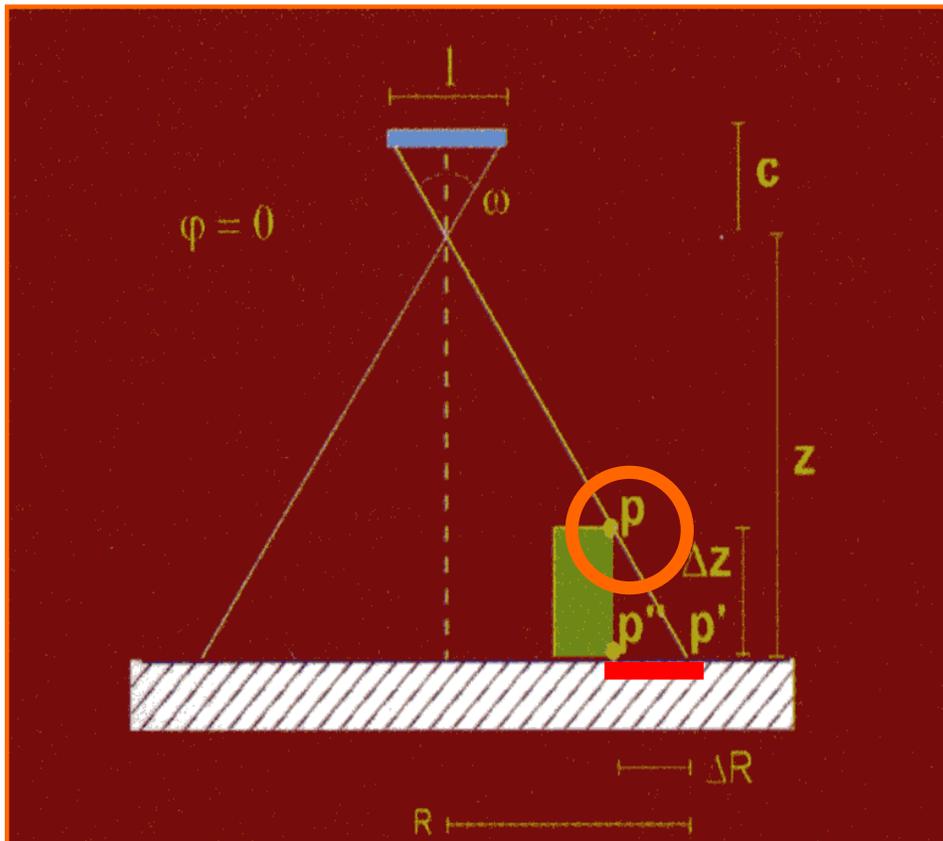
> è meglio usare solo la parte centrale dei fotogrammi

Obbiettivi grandangolari producono errori soprattutto ai bordi dell'immagine

> è meglio usare obbiettivi più lunghi (però si può riprendere la stessa area solo aumentando la distanza)

Quantificazione dell'**errore di posizione**, nel caso di presa normale:

P si discosta dal piano medio > la sua immagine raddrizzata si troverà in P' invece che in P'', con un errore  $\Delta R$



$$\frac{\Delta R}{\Delta Z} = \frac{R}{Z} = \frac{l}{2c}$$

$$\Delta R = \frac{\Delta Z \cdot l}{2c}$$

come visto, l'errore cresce  
all'aumentare di  $l$  e  
diminuisce all'aumentare di  $c$

Caso di presa inclinata:

