

Tomosintesi: lo stato dell'arte

- Principi
- Requisiti
- Soluzioni tecnologiche a confronto

Stefano Pacifici
Unità di Diagnostica Senologica
Ecotomografia medica Srl - Roma



*!Colón era gallego;
100 razones*



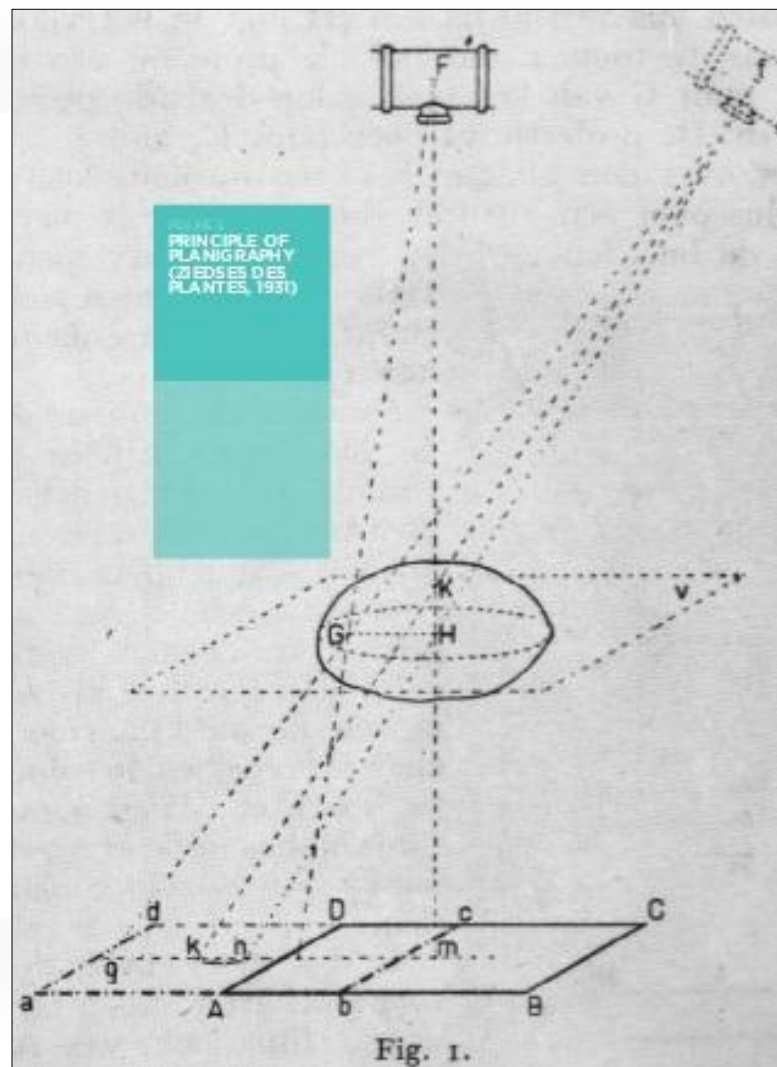
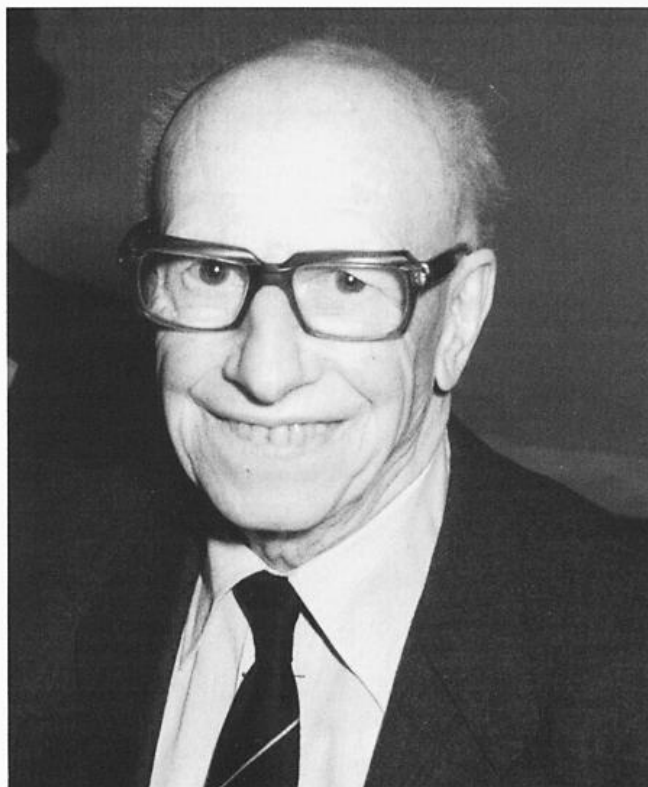
Fernando Alonso Conchouso

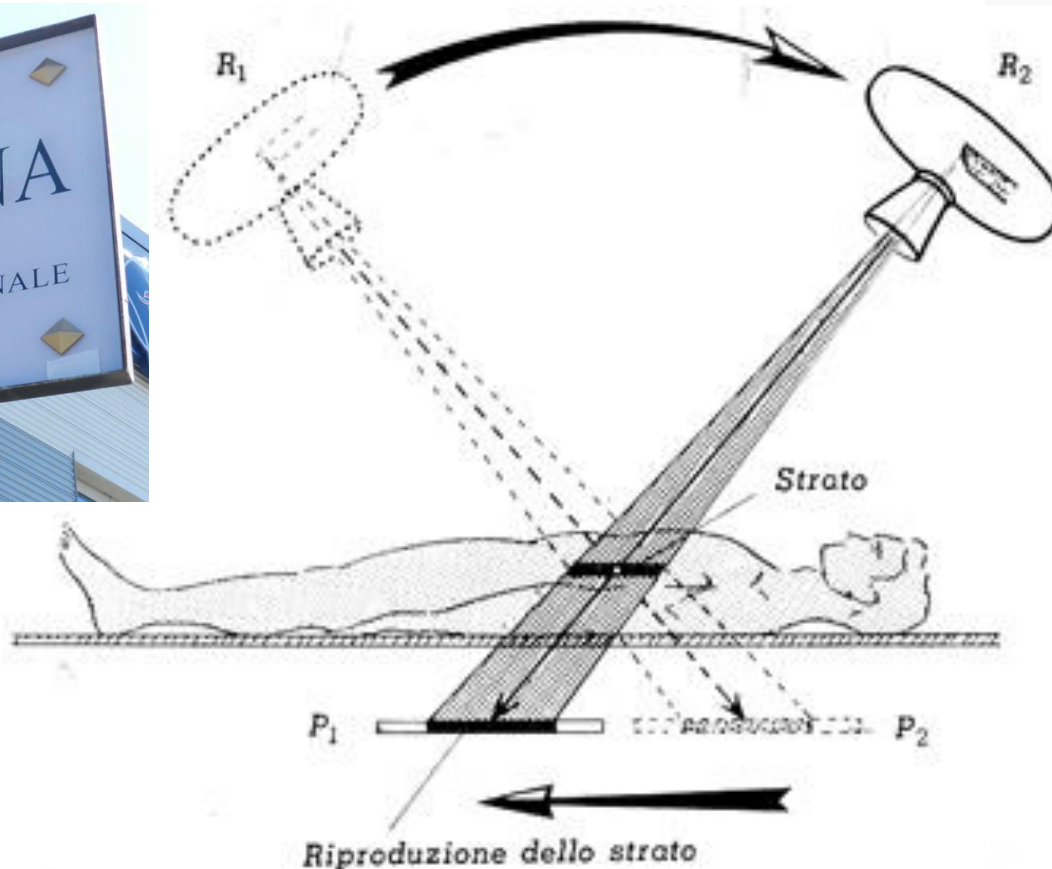


Levensbericht door A.E. van Voorthuisen

Bernard George Ziedses des Plantés

7 januari 1902 – 21 juli 1993





La tomosintesi (DBT) è uno strumento diagnostico che facilita l'identificazione delle lesioni mammarie e ne permette una maggior definizione e localizzazione eliminando la sovrapposizione delle strutture.

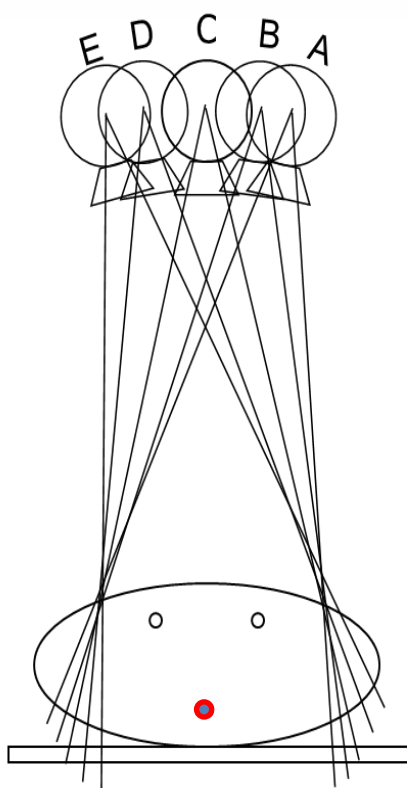
↑ Valore Predittivo Positivo

$\frac{\text{n}^\circ \text{ donne con diagnosi di CM}}{\text{n}^\circ \text{ richiami per approfondimento}}$

↑ Sensibilità identificazione lesioni multicentriche in mammelle dense

↓ Tasso di richiamo

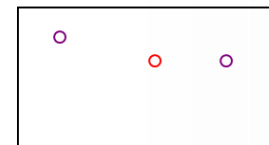
Acquisizione di un numero finito
di proiezioni bidimensionali a
bassa dose con diverse incidenze



"A" VIEW



"B" VIEW



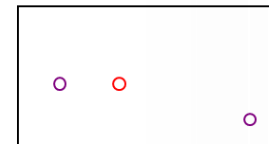
"C" VIEW



"D" VIEW



"E" VIEW

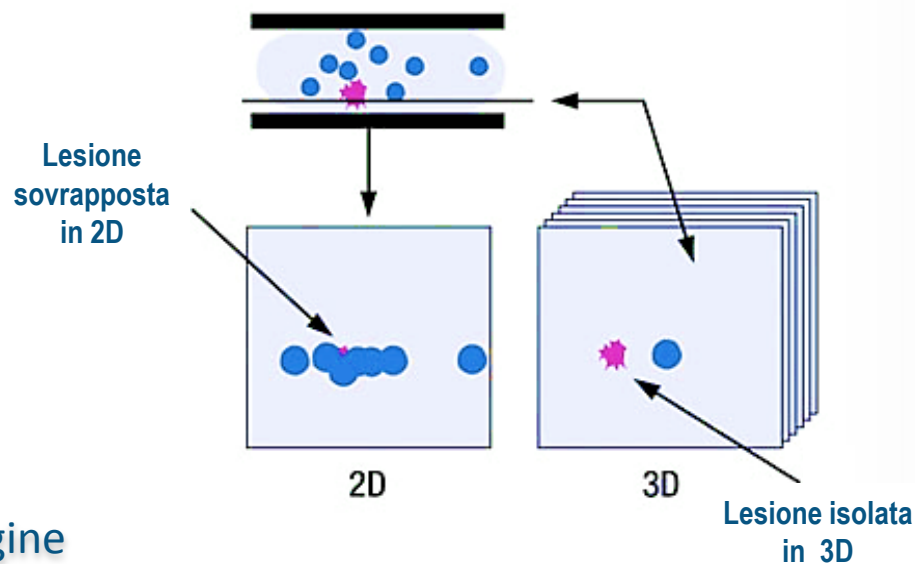


Ricostruzione della corretta
sequenza e somma dei valori di
proiezione

DBT versus STRATIGRAFIA:

LIMITAZIONE DI CONTRASTO

- Sfumatura inconca dell'immagine
- Ombre multiple (rumore di fondo)
- Elevate dose totali



VINCOLI

- **Dose-organo accettabile**
Non superiore ad una mammografia in 2 proiezioni
- **Qualità di ricostruzione adeguata**
- **Tempo di scansione contenuto**
Artefatti da movimento

FATTORI TECNOLOGICO-COSTRUTTIVI

FATTORI TECNOLOGICO-COSTRUTTIVI

Tipologia del detettore

- Dimensioni del pixel

Performance del detettore

- Rendimento → DQE at low dose: $1/N_{view}$
- Performance temporale → lag e ghosting

FATTORI TECNOLOGICO-COSTRUTTIVI

Geometria di acquisizione

- Range angolare
- Intervallo angolare
- Numero di acquisizioni
- Modalità di acquisizione

Ricostruzione

- Spessore dello strato
- Algoritmi utilizzati

Sistema	GE Essential	Hologic Selenia Dimensions	IMS Giotto Tomo	Philips MicroDose	Planmed Nuance Excel DBT	Siemens Mammomat Inspiration
Detettore	<i>Full field</i> indiretta	<i>Full field</i> diretta (a-Se)	<i>Full field</i> diretta (a-Se)	<i>slit scan</i> lineare a conta di fotoni (Si)	<i>Full field</i> diretta (a-Se)	<i>Full field</i> diretta (a-Se)
Dimensioni del detettore	24x30cm	24x29cm	24x30cm	21 linee x 24cm	24x30cm	24x30cm
Dimensioni del pixel	100µm ⁽¹⁾	70µm (<i>binned</i> 2x2)	85µm	50µm perpendicolare al movimento	85µm	85µm
Movimento del detettore	statico	rotativo	statico	<i>slit scanning</i> continuo	Rotativo durante l'esposizione ⁽²⁾	statico
Movimento del tubo	<i>step&shoot</i>	Continuo	<i>step&shoot</i>	Continuo	Continuo	Continuo
Range angolare	25°	15° ⁽³⁾	40°	11°	30°	50° ⁽⁴⁾
Numero di esposizioni	9	15	13 ⁽⁵⁾	21	15	25
Tempo di scansione	7s	3,7s	12s	3-10s	20s	25s ⁽⁴⁾
Distanza detettore- centro di rotazione ⁽⁶⁾	4cm	0cm	2cm	-40cm	4,37cm	4,7cm
Metodo di ricostruzione	Iterativo	FBP	Iterativo con regolarizzazione della variazione	Iterativo	Iterativo	FBP
Stato di sviluppo	Prototipo	Commerciale	Commerciale	Prototipo	Prototipo	Commerciale

Sistema	GE Essential	Hologic Selenia Dimensions	IMS Giotto Class	Philips MicroDose	Planmed Nuance Excel DBT	Siemens Mammomat Inspiration	Fuji Amulet Innovality
Detettore	Full field indiretta	Full field diretta (a-Se)	Full field diretta (a-Se)	slit scan lineare a conta di fotoni (Si)	Full field diretta (a-Se)	Full field diretta (a-Se)	Full field diretta (a-Se)
Dimensioni del detettore	24x30cm	24x29cm	24x30cm	21 linee x 24cm	24x30cm	24x30cm	24x30cm
Dimensioni del pixel	100µm ⁽¹⁾	70µm (binned 2x2)	85µm	50µm perpendicolare al movimento	85µm	85µm	50-150µm
Movimento del detettore	statico	rotativo	statico	slit scanning continuo	Rotativo durante l'esposizione ⁽²⁾	statico	statico
Movimento del tubo	step&shoot	Continuo	Continuo	step&shoot	Continuo	Continuo	Continuo
Range angolare	25°	15° ⁽³⁾	30°	11°	30°	50° ⁽⁴⁾	15°-40°
Numero di esposizioni	9	15	11	21	15	25	ND
Tempo di scansione	7s	3,7s	ND	3-10s	20s	25s ⁽⁴⁾	ND
Distanza detettore-centro di rotazione ⁽⁶⁾	4cm	0cm	ND	-40cm	4,37cm	4,7cm	ND
Metodo di ricostruzione	Iterativo	FBP	Iterativo con regolarizzazione della variazione	Iterativo	Iterativo	FBP	ND
Stato di sviluppo	Prototipo	Commerciale	Commerciale	Prototipo	Prototipo	Commerciale	Commerciale

Raggruppamento virtuale di 2 o più elementi
(usualmente 4) in modo da ridurre fino al
75% il numero di *pixel*.

BINNING

DETEETTORE

SINGLE PIXEL

- 75% tempo di elaborazione e
ricostruzione
MA

- Minor risoluzione spaziale
- Perdita SNR in MTF *Samei et al, 2013*

Maggior tempo di elaborazione e
ricostruzione
MA

Miglior risoluzione spaziale e SNR

Il movimento continuo del fuoco produce una perdita di risoluzione la cui entità dipende dalle dimensioni dell'oggetto

Marshall et al, 2012

Visibilità degli oggetti
variabile in funzione della loro
posizione lungo l'asse z

MOVIMENTO DEL
TUBO

FLYING FOCUS

STEP&SHOOT

Migliore visibilità delle
microcalcificazioni

FLYING FOCUS +
BINNING

- Perdita dettagli
- Riduzione visibilità micro

Marshall et al, 2012
Shaheen et al, 2013

STEP&SHOOT +
DOSE VARIABLE

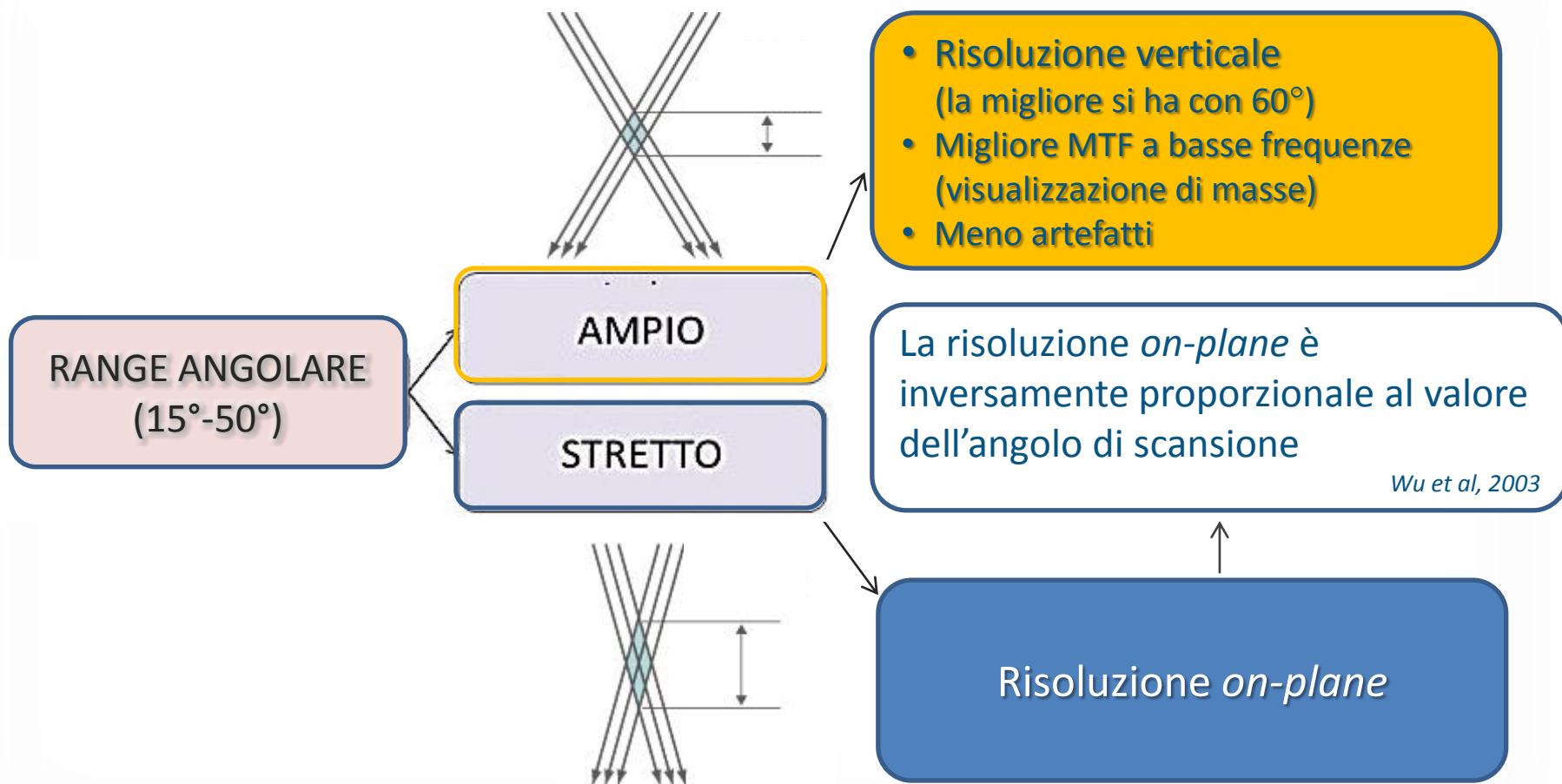
Possibilità di acquisizione
immagine mammografica
reale

RANGE ANGOLARE

n ESPOSIZIONI

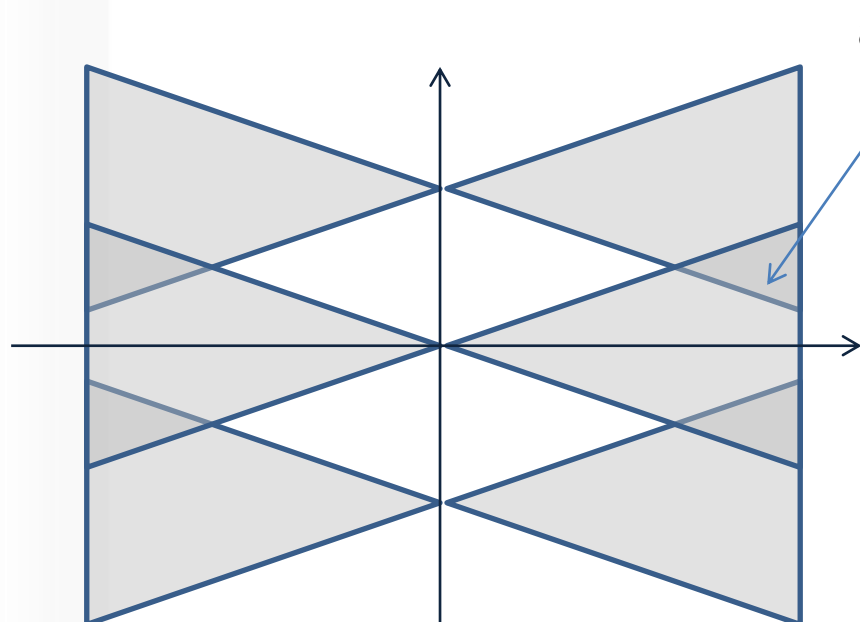
DISTRIBUZIONE

- QUALITÀ
- DOSE



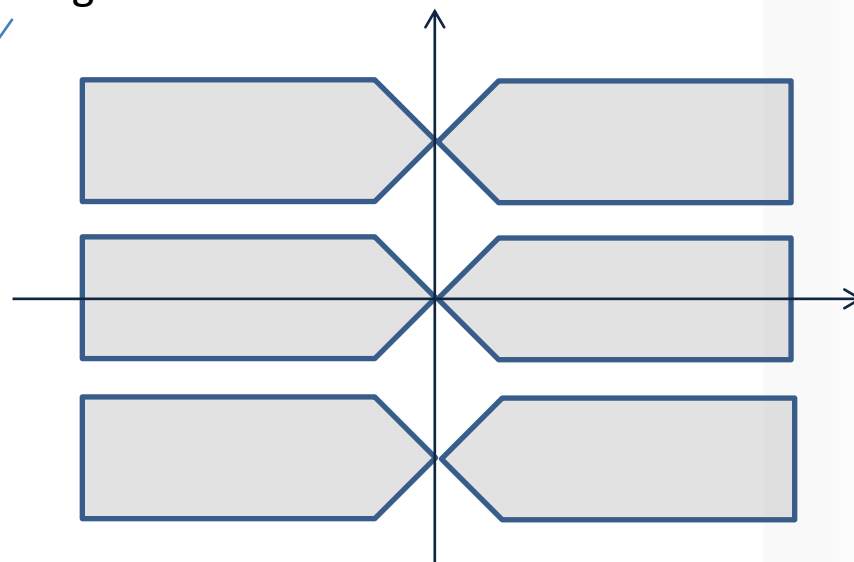
Spessore dello strato = 1mm.

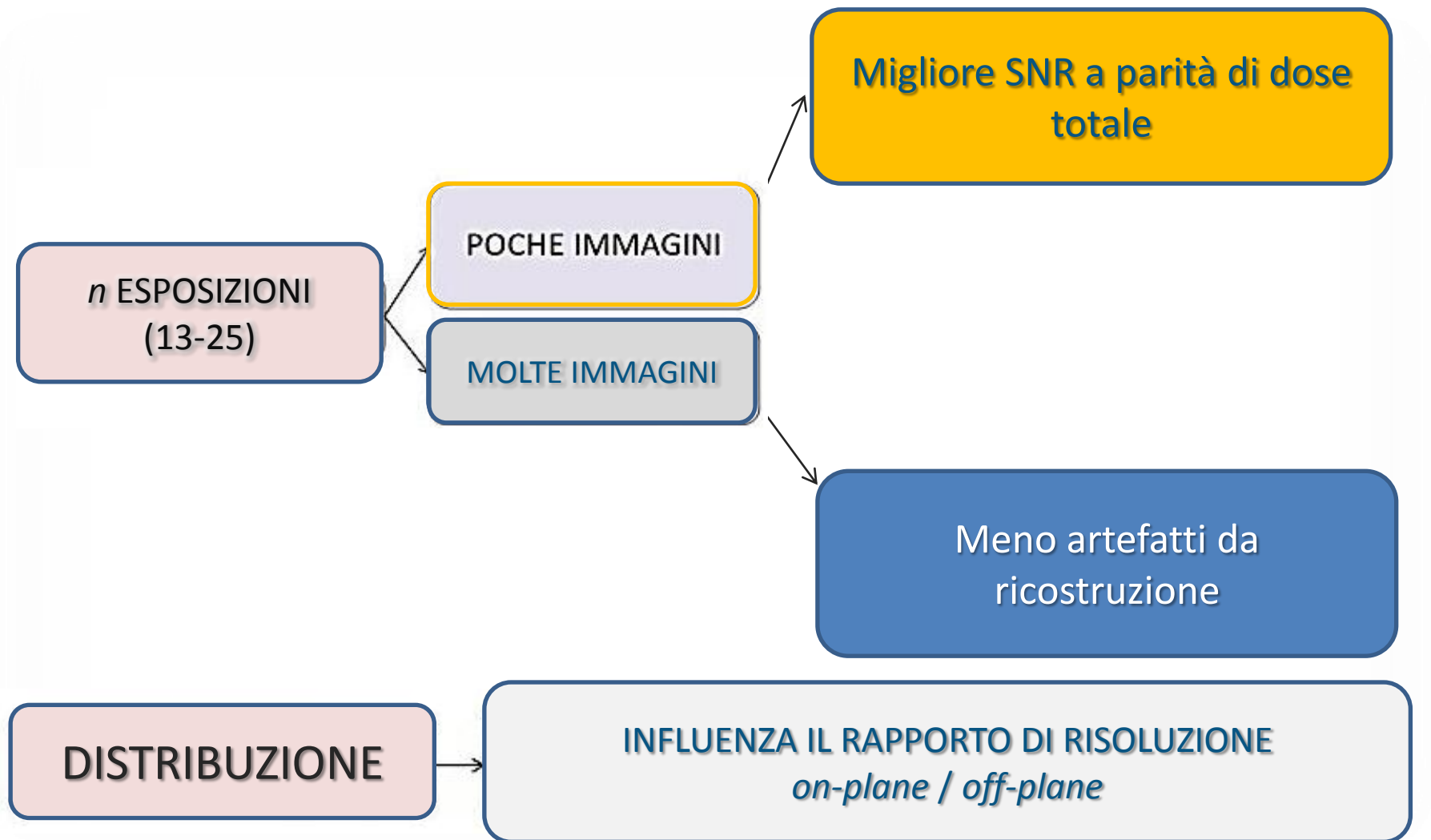
Noise aliasing in z



Filtro di spessore

NO Noise aliasing

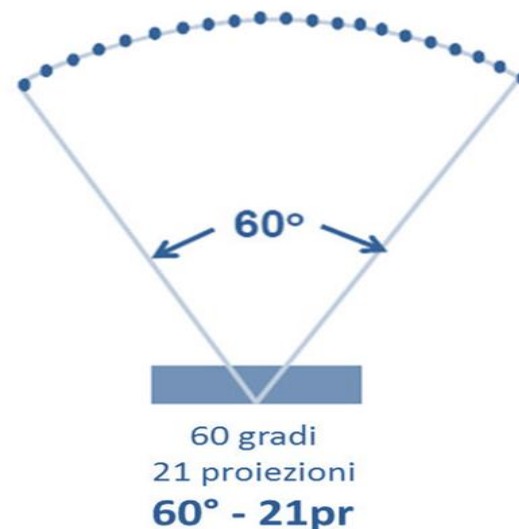




Angolo ampio e molte esposizioni



buona risoluzione 3D ma lento

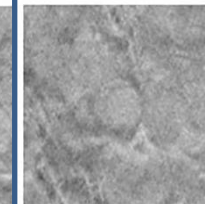
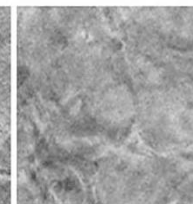
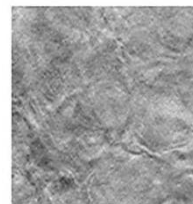


visibilità piccole masse

16°-Δ1°-17

40°-var-13

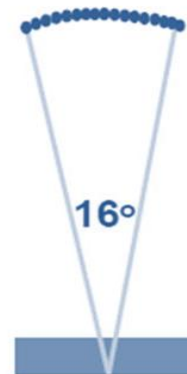
60°-Δ3°-21



Angolo stretto e poche esposizioni



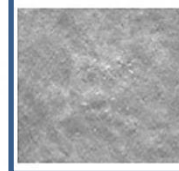
molto veloce ma con scarsa risoluzione 3D



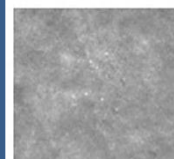
16 gradi
17 proiezioni
16° - 17pr

visibilità *cluster* piccoli

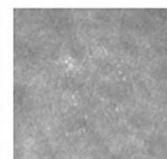
16°-Δ1°-17



40°-var-13

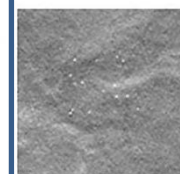


60°-Δ3°-21

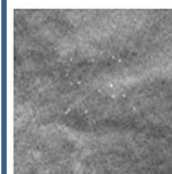


visibilità *cluster* medi

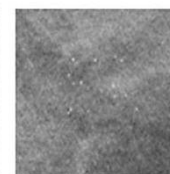
16°-Δ1°-17

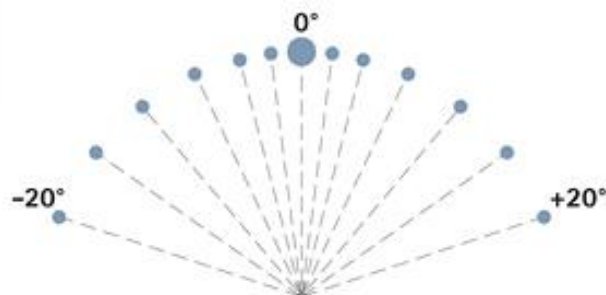


40°-var-13



60°-Δ3°-21





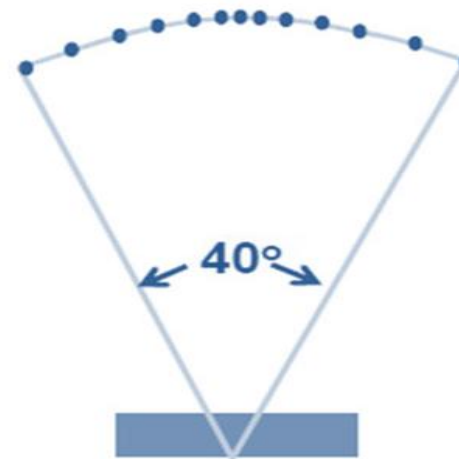
Campionamento non uniforme



veloce con massima risoluzione 3D

La distribuzione disomogenea di un numero limitato di proiezioni entro un *range* angolare medio rappresenta un ottimo compromesso tra risoluzione *on-plane* e *off-plane*, SNR e artefatti

Pacifici, 2011

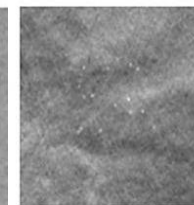
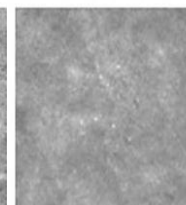
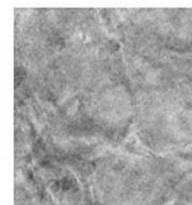


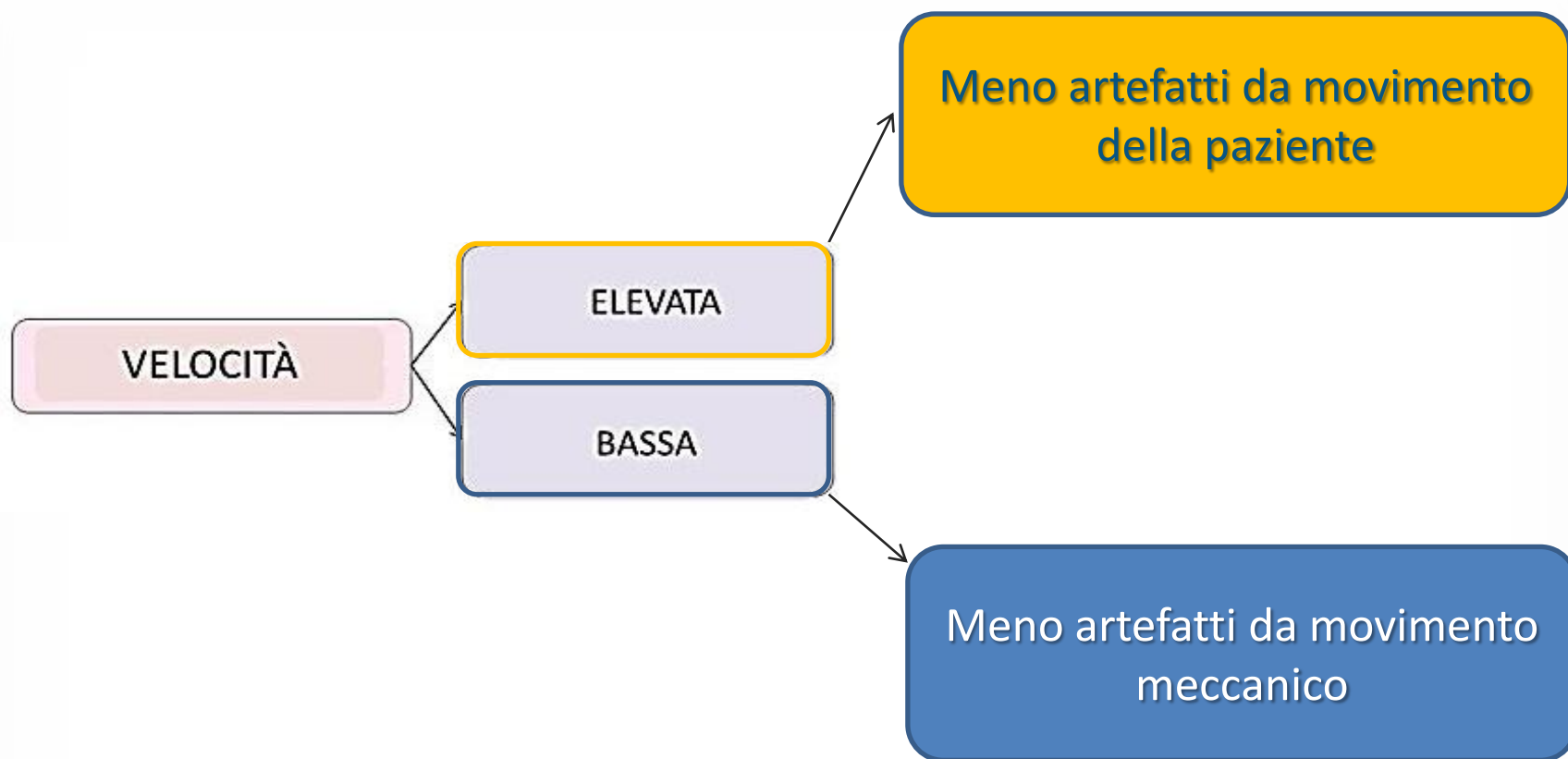
40 gradi
13 proiezioni
geometria variabile
40° - 13prV

masse

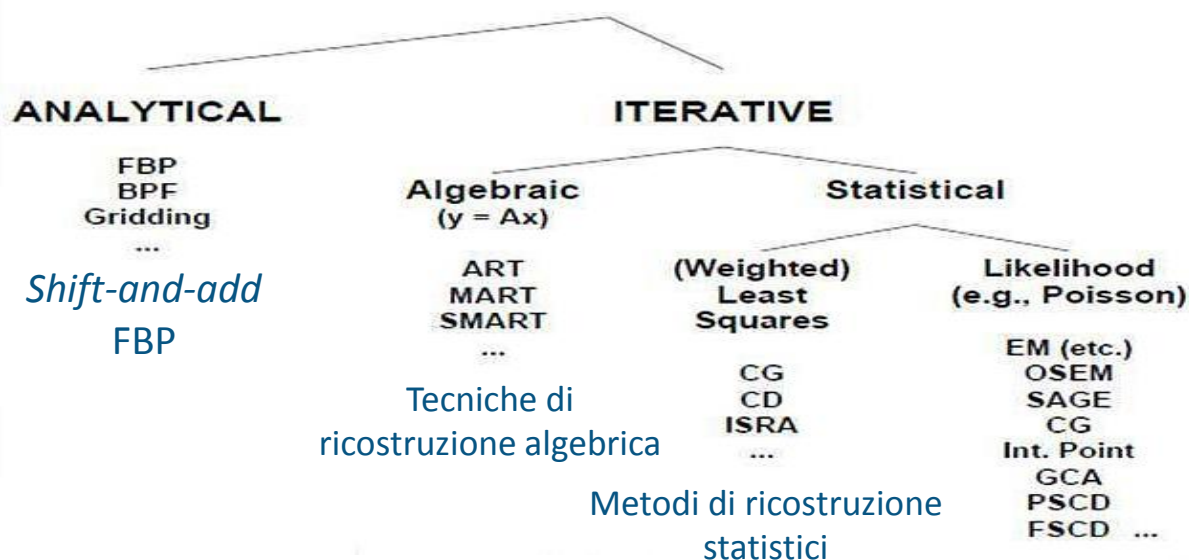
piccoli cluster

cluster medi

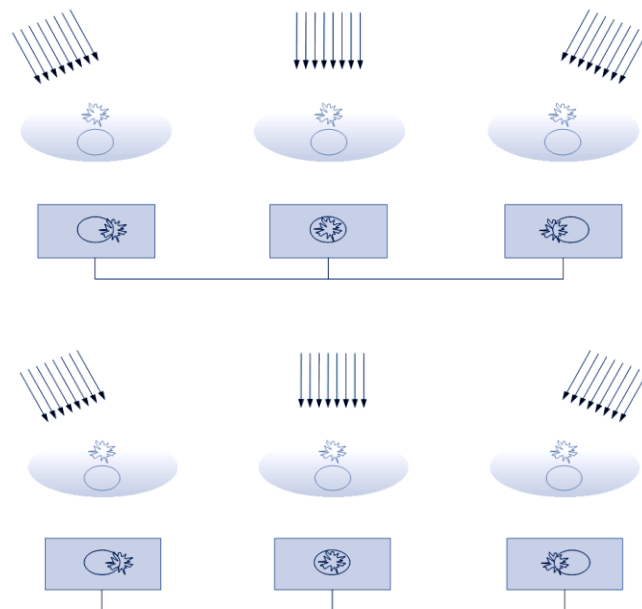




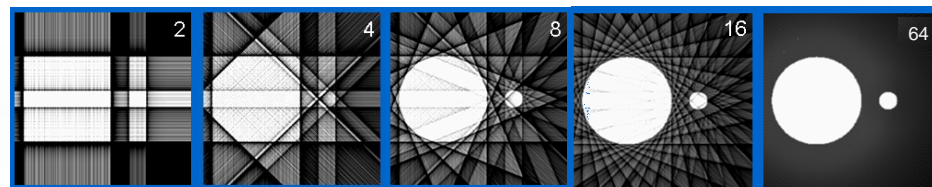
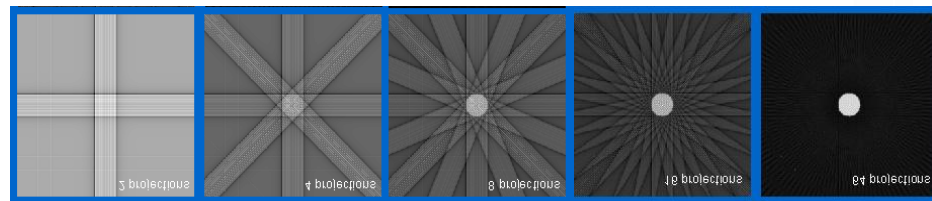
ALGORITMO

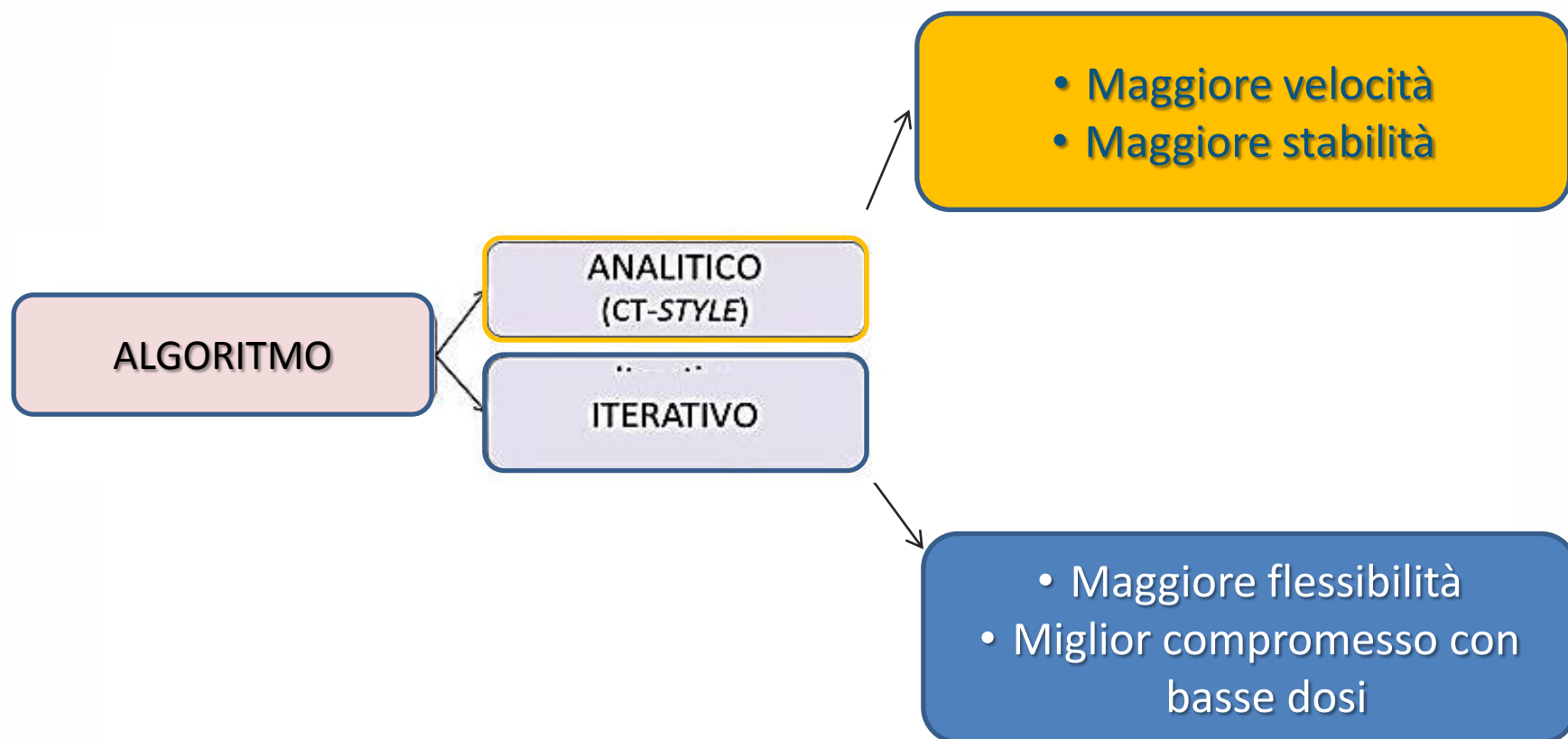


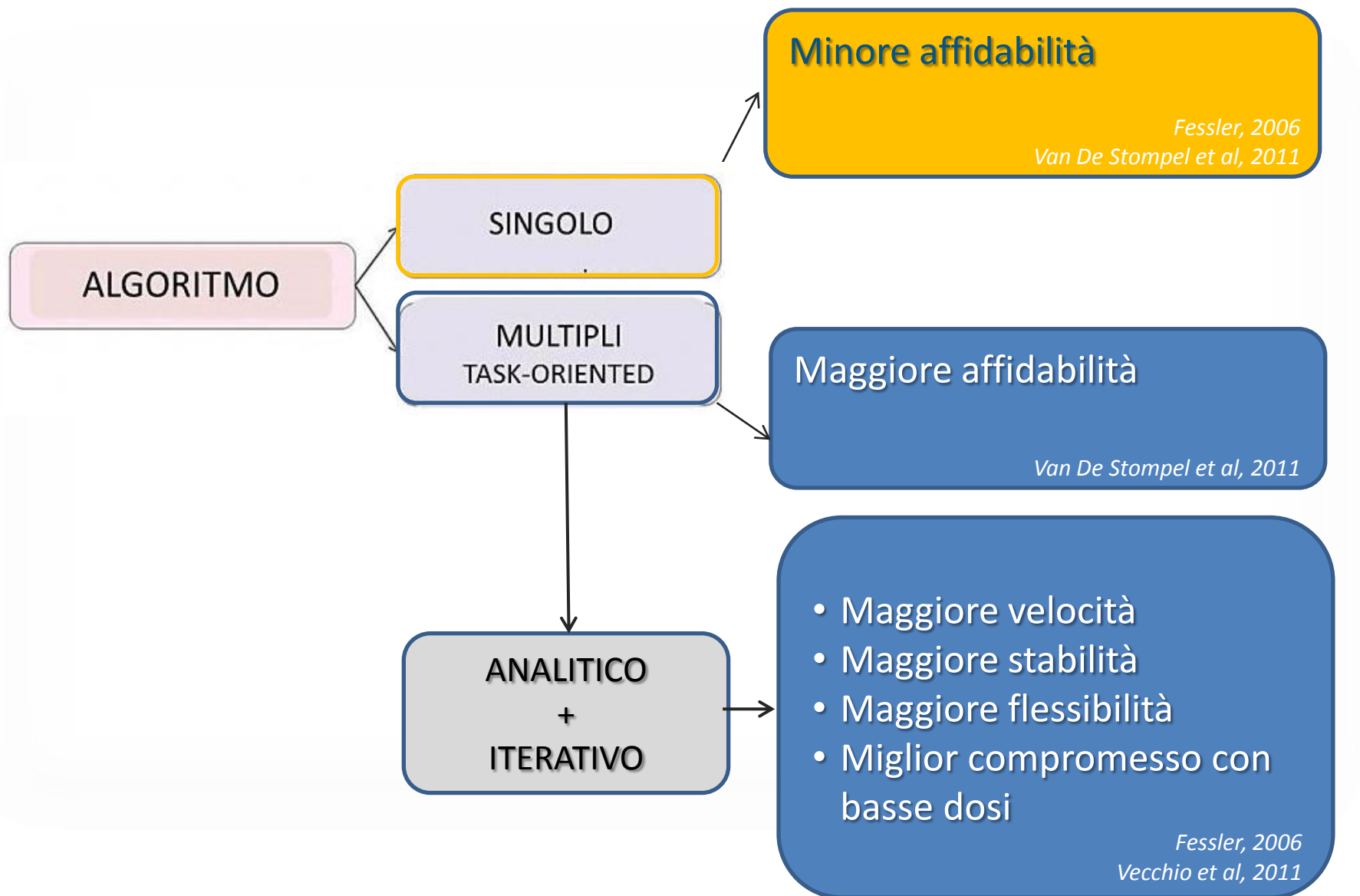
Shift and Add



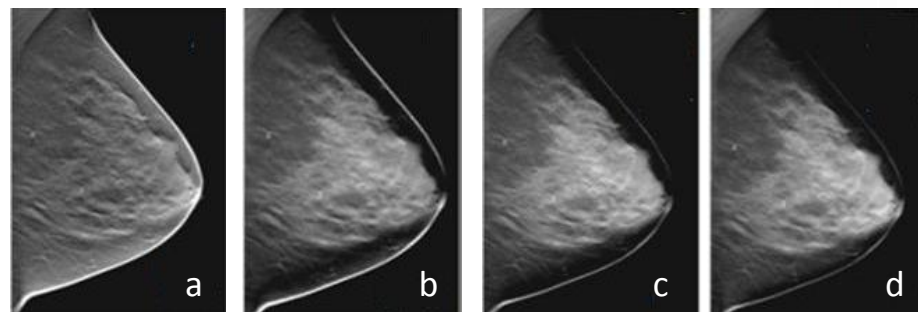
Filtered Back Projection







- Shift-and-Add
- FBP
- Algoritmi di ricostruzione di tipo iterativo :
 - SART (Simultaneous Algebraic Reconstruction Technique)
 - MLEM (Maximum Likelihood Expectation Maximization)



- a. Filtered Back Projection (FBP)
- b. Simultaneous Algebraic Reconstruction Technique (SART)
- c. FBP + kernel (ricostruzione iterativa)
- d. FBP + f. polinomiale adattata al kernel (ricostruzione iterativa)

I numeri della tomosintesi nello screening

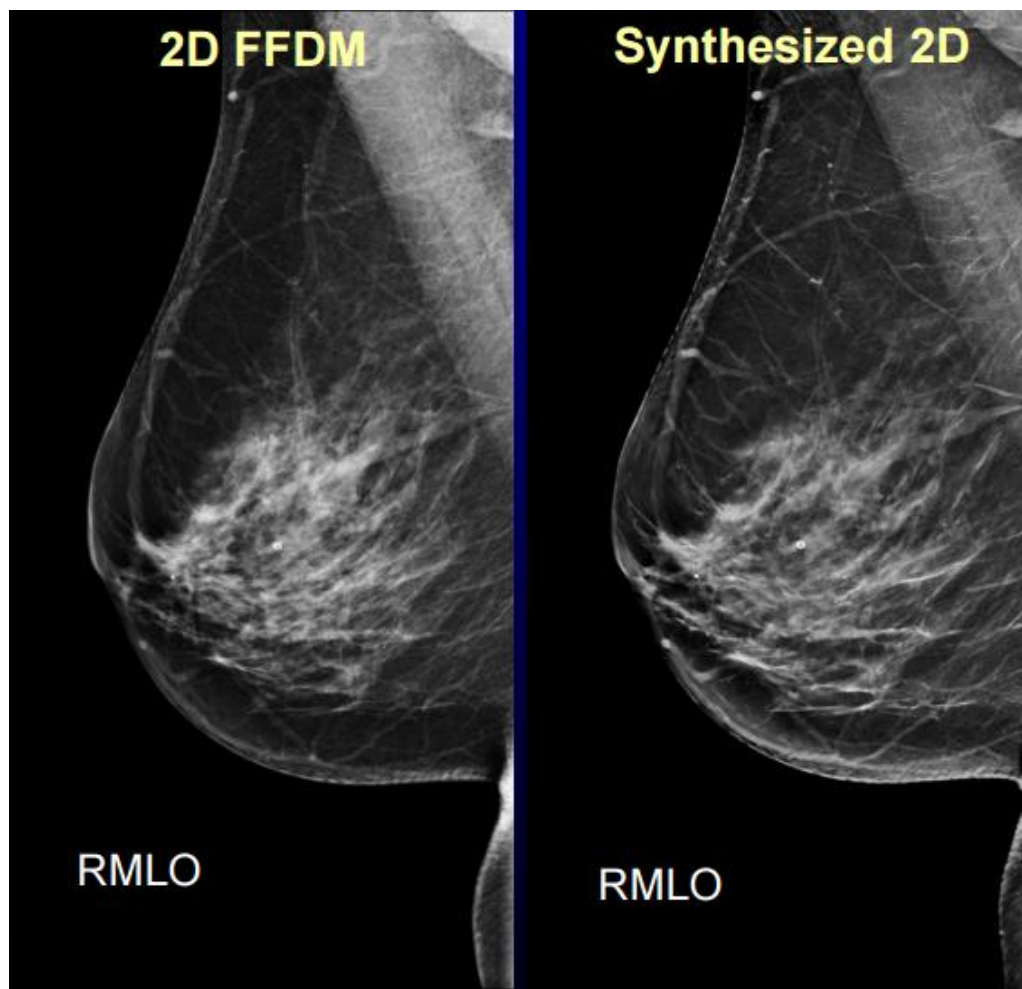
2D + DBT

- importante riduzione del *recall rate* (fino al 40%) Philpotts et al, 2012
- incremento della *detection rate* (fino al 30%) Skaane et al, 2011
Tejerina et al, 2012
- riduzione del numero di FP (-13%) Philpotts et al, 2012
- riduzione del numero di FN (-18%) Skaane et al, 2012

ESAK + 136%

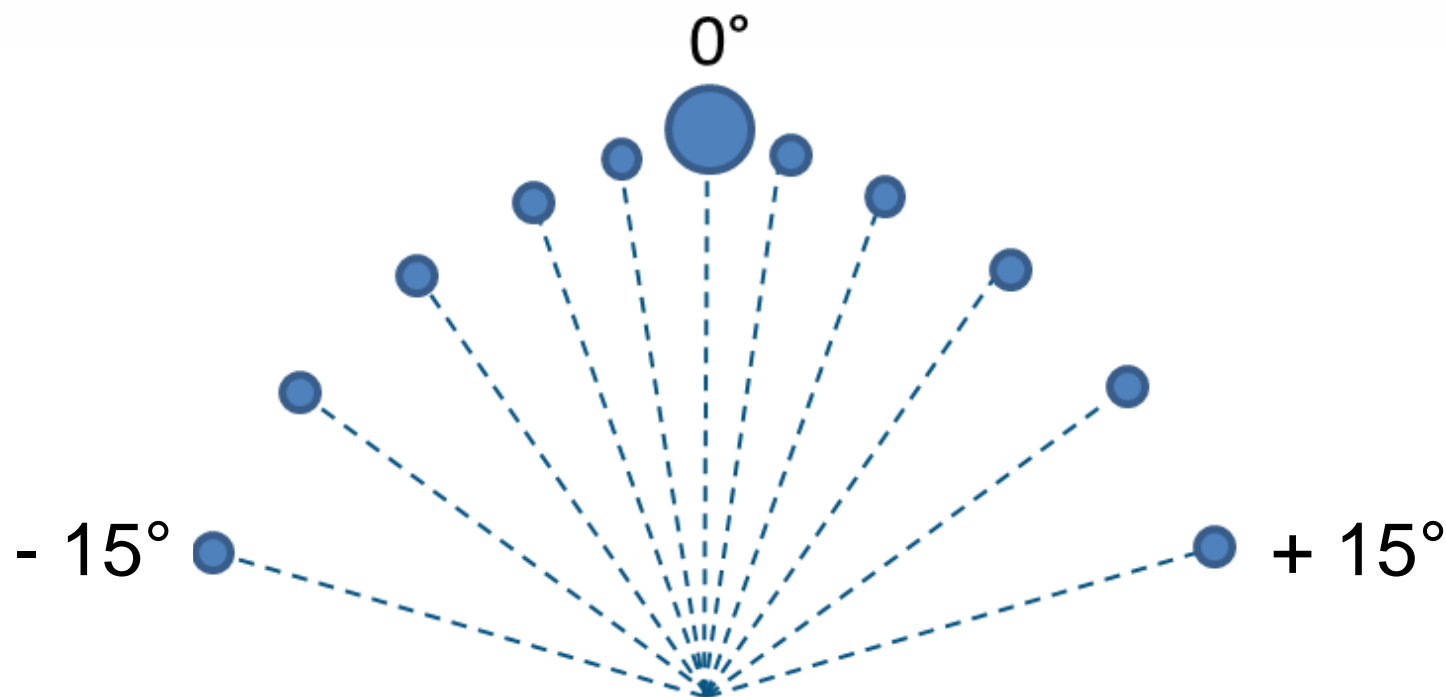
DGM + 194%

Calabrese & Tagliafico, 2012
Cavagnetto, 2011

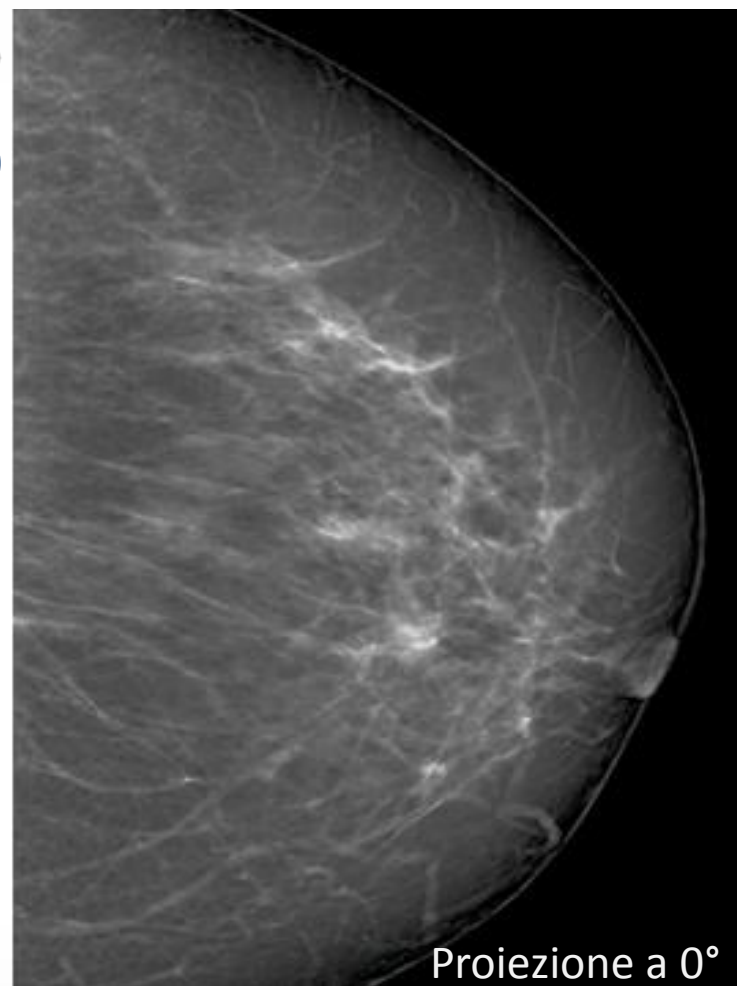
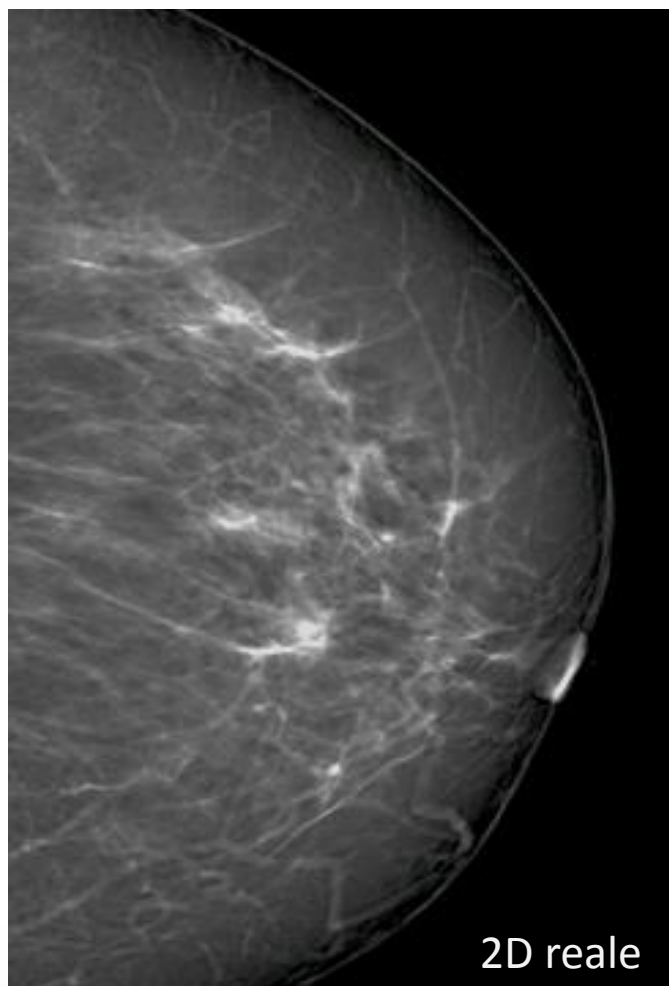


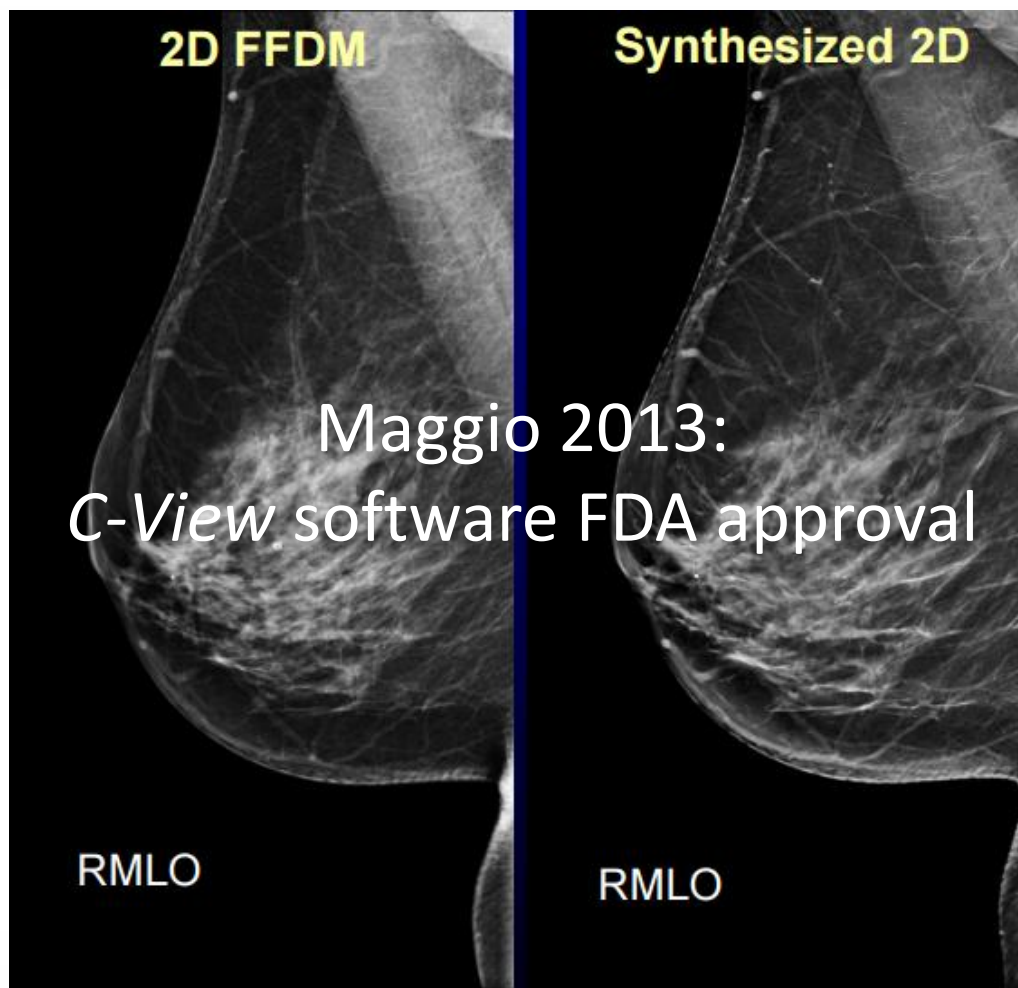
DOSE - 40% *Fonte: Hologic*

Maggio 2013: C-View software FDA approval



step & shoot





Poche esposizioni

Ampio angolo di scansione

Step & shoot

Incidenza variabile

Distribuzione di dose variabile

NO binning

Algoritmi iterativi "*task oriented*"

Visibilità microcalcificazioni

Risoluzione spaziale

SNR

Riduzione artefatti

Velocità di elaborazione

Ottimizzazione della dose

Grazie per l'attenzione!

Stefano Pacifici
Unità di Diagnostica Senologica
Ecotomografia medica Srl - Roma

