

# ALARA

στην απεικόνιση μειοντιζουσα ακτινοβολία

Είναι σημαντικό να επιλέξεις την ορθή Ισορροπία μεταξύ της απορροφούμενης δόσης από την έκθεση στην ακτινοβολία και της απαιτούμενης Ποιότητας της εικόνας.

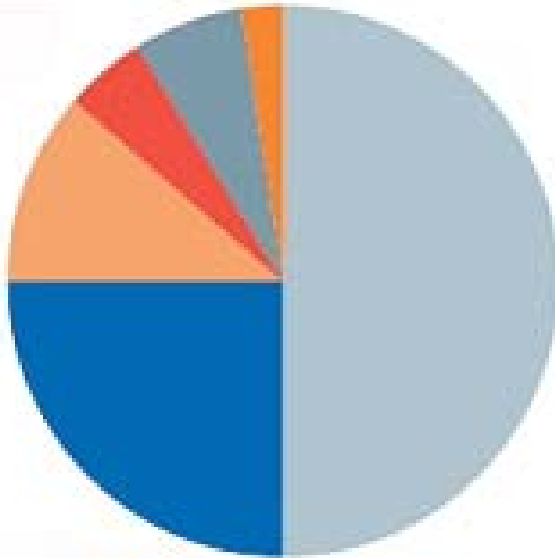
Σήμερα το ετήσιο επίπεδο της δόσης από την έκθεση στην ακτινοβολία από ιατρικές εφαρμογές είναι το ίδιο

με το μέσο ετήσιο υπόστρωμα ακτινοβολίας ίσο με 3.1mSv

2008

φυσικό  
υπόστρωμα

ιατρικές εφαρμογές



3.1 mSv

- Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report.
- UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York, 2010.

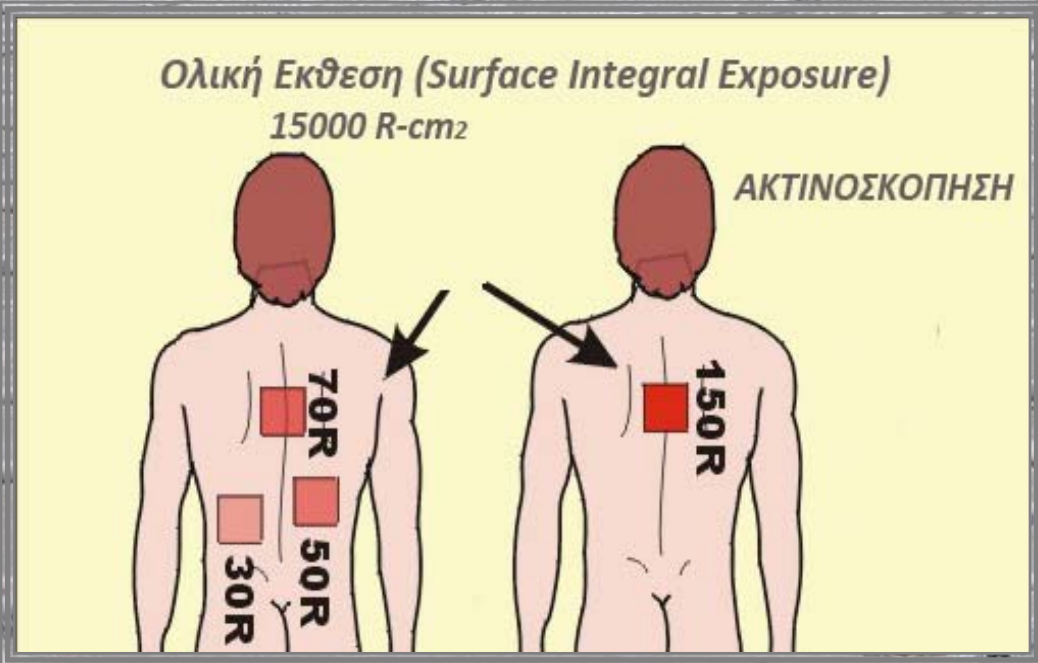
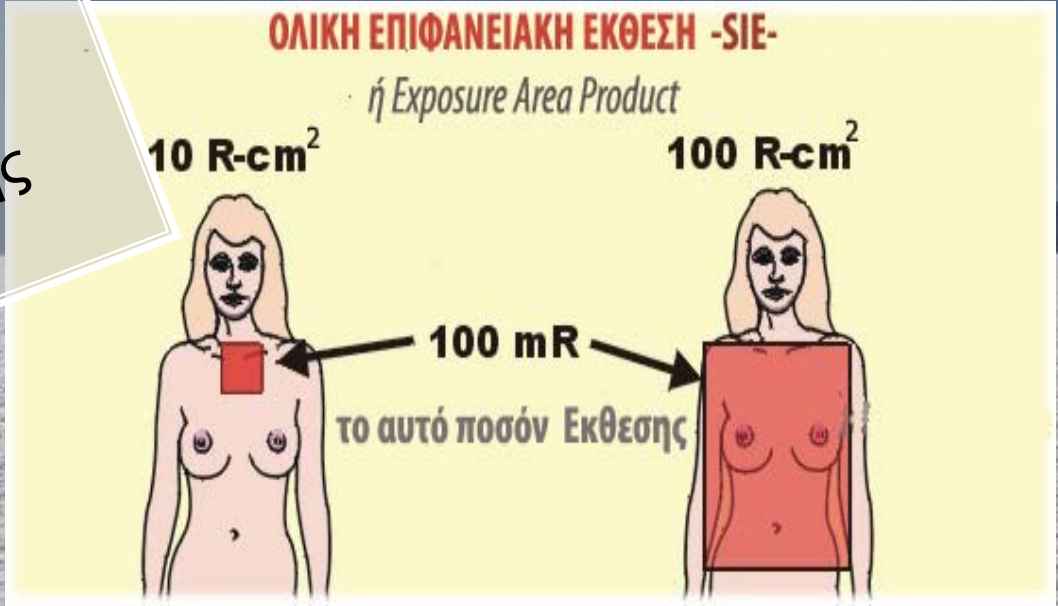
# Δοσιμετρία της Δράσης της Ακτινοβολίας;

Το αντικείμενο της Δοσιμετρίας είναι η ποσοτική καταγραφή της αλληλεπίδρασης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας με το αντικείμενο (ιστός) που εκτίθεται σ αυτήν, με στόχο την συσχέτιση με το αποτέλεσμα (βιολογικό) επί αυτού

## Όρια Δόσεων

- όριο ενεργού δόσεως επαγγελματικά εκτιθεμένων: 20 mSv/yr
- όριο ενεργού δόσεως πληθυσμού: 1 mSv/yr

Είναι αρκετή η γνώση της Έκθεσης στην Ακτινοβολία για τον υπολογισμό του αποτελέσματος της δράσης αυτής;



# ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΔΟΣΗ & ΕΝΕΡΓΟΣ ΔΟΣΗ

Με την ιοντίζουσα ακτινοβολία μεταφέρεται στους ιστούς ενέργεια που προκαλεί ηλεκτρικές και χημικές αλλαγές.

Η ενέργεια που εναποτίθεται σε μάζα ιστών είναι η **ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΔΟΣΗ**

Η Ενέργεια (E) που εναποτίθεται στην μονάδα μάζας(m) είναι ίση με **1Gy**  $1\text{Gy}=1\text{ joule/kg}$

Για να συνεκτιμηθεί η ποιότητα της ακτινοβολίας που δρα (ακτίνες  $\alpha$   $\beta$ , σωμάτια  $\alpha$   $\beta$  ή νετρόνια) η απορροφούμενη δόση πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή **ποιότητας** της ακτινοβολίας **Q**

Μερικοί ιστοί είναι πιο ευαίσθητοι στις ακτινοβολίες από άλλους και η ισοδύναμη δόση πολλαπλασιάζεται

με τον παράγοντα βαρύτητας **W** κάθε ιστού

για να δώσει την **ΕΝΕΡΓΟ ΔΟΣΗ** 

Η Ενεργός Δόση βοηθά στην σύγκριση του κινδύνου μεταξύ διαφορετικών διαγνωστικών μεθόδων με χρήση ακτίνων  $\alpha$  ή  $\gamma$  και ραδιοϊσότοπα

Η ΜΟΝΑΔΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥ ΔΟΣΗΣ ΕΙΝΑΙ ΤΟ Sievert  
 $1\text{Sv}=1\text{Joule/kg}$  (ίδιο με το Gy)

Το Sv ορίζεται ως το γινόμενο:

$$1\text{mSv}=1/1000\text{ Sv}$$

- ο Της απορροφούμενης δόσης
- ο Του συντελεστή ποιότητας
- ο και παραγόντων (βαρύτητας) ακτινευαισθησίας των ιστών

Ο συντελεστής ποιότητας για την ακτινοβολία  $\alpha$  είναι **1**.

Ο παράγων ακτινευαισθησίας του μαστού είναι **0.12**

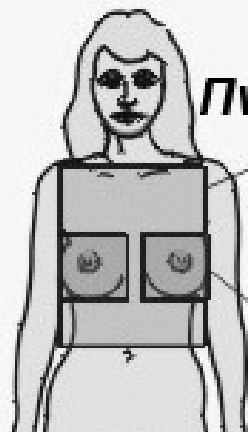
Η μέση Ενεργός Δόση από το φυσικό υπόστρωμα είναι περίπου  
3.1 mSv ανά έτος. .

Η μέση ενεργός δόση από 2 λήψεις μαστογραφίας είναι  
0.56 mSv από αναλογική με φιλμ ή 0.44 mSv από ψηφιακή  
μαστογραφία

και ισοδυναμεί περίπου με 2 μήνες ακτινοβολία περιβάλλοντος

**Ενεργός Δόση**  
**Αθροισμα δόσεων**  
**σε διάφορα όργανα/ ιστούς**  
**επί τον συντελεστή ακτινευαισθησίας**

φυσικό  
υπόστρωμα  
3.1mSv

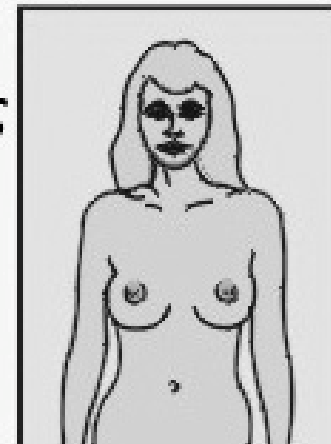


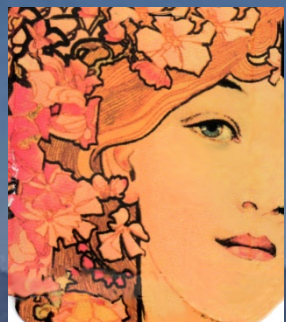
Πνεύμονες/ ακτινογραφία θώρακος

0.25m Sv x 0.12 = 0.03 mSv

Μαστογραφία

3 m Sv x 0.15 = 0.45 mSv





Μέση Αδενική Δόση [*Mean Glandular Dose*] *MGD*

Ορίζεται ως η Μέση Δόση στον αδενικό ιστό του μαστού.

Η Μέση Αδενική Δόση είναι ειδική ποσότητα Δόσης που χρησιμοποιείται στην Μαστογραφία

Η υπόθεση θεωρεί ότι ο αδενικός ιστός και όχι ο λιπώδης επιβαρύνεται από την Έκθεση στην Ακτινοβολία

Οι παραλλαγές του μεγέθους του μαστού και της κατανομής του αδενικού ιστού, καθιστούν πολύ δύσκολο τον καθορισμό της δόσης σ' αυτόν

*MGD* υπολογίζεται με τον προσδιορισμό της Έκθεσης επιφάνειας εισόδου και παράγοντες σχετικούς με το μέγεθος, την σύσταση του μαστού και τα χαρακτηριστικά της δέσμης των ακτίνων-Χ όπως καθορίζονται από το υλικό ανόδου, το φίλτρο, τα  $kV$





# Βελτιώσεις στην μείωση της Δόσης στην Μαστογραφία

Ο καρκίνος του μαστού είναι ο πιο συχνός στις γυναίκες του Δυτικού Κόσμου.


- Η Μαστογραφία αποτελεί την βασική μέθοδο επαναληπτικού ελέγχου.
- Η ψηφιακή μαστογραφία έχει βελτιώσει την διάγνωση, ιδιαίτερα στις νέες γυναίκες και γυναίκες με πυκνό μαστό.



1 στις 9 γυναίκες  
θα αναπτύξει καρκίνο,  
μέχρι την ηλικία των 80 ετών

# Παράμετροι της Μαστογραφίας

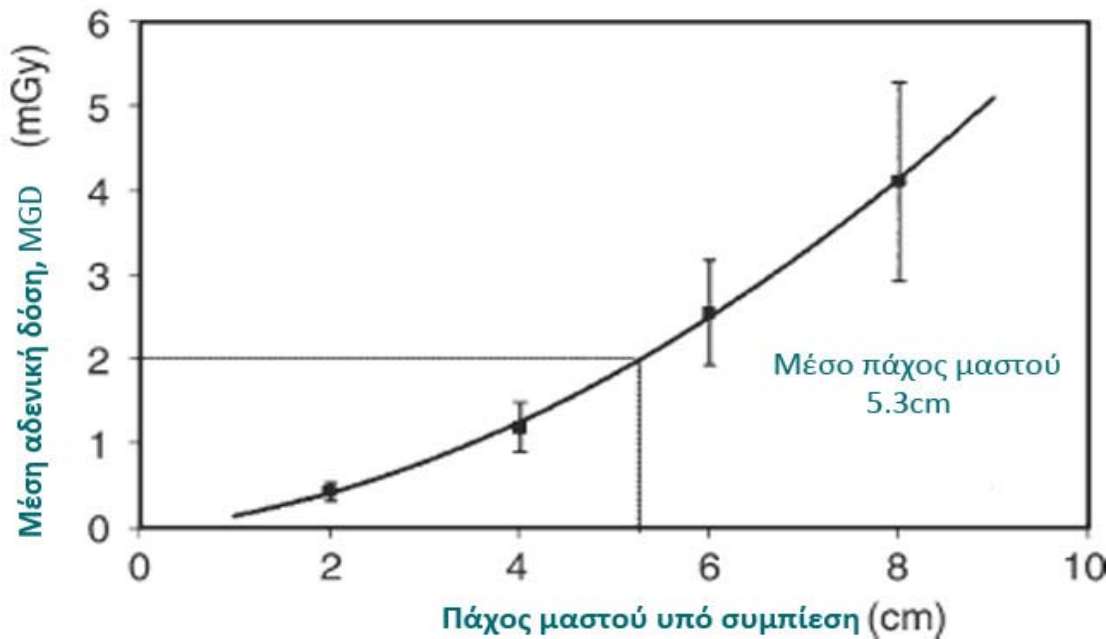
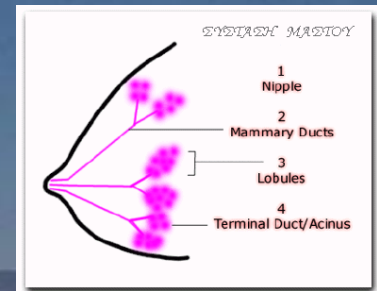
- Η ΠΑΡΟΧΗ
- Ρυθμίσεις των  $Kv$
- Ο ηθμός της δέσμης
- Ο καθορισμός του πεδίου της δέσμης
- *Radiation grid* /αντιδιαχυτικό διάφραγμα  
[περιορισμός της σκεδαζομένης ακτινοβολίας]



Είναι παράμετροι-κλειδιά που επιρρεάζουν την Έκθεση στην ακτινοβολία και την Ποιότητα της εικόνας

# Μέση αδενική δόση ανά λήψη, MGD, συναρτήσσει του πάχους μαστού υπό συμπίεση

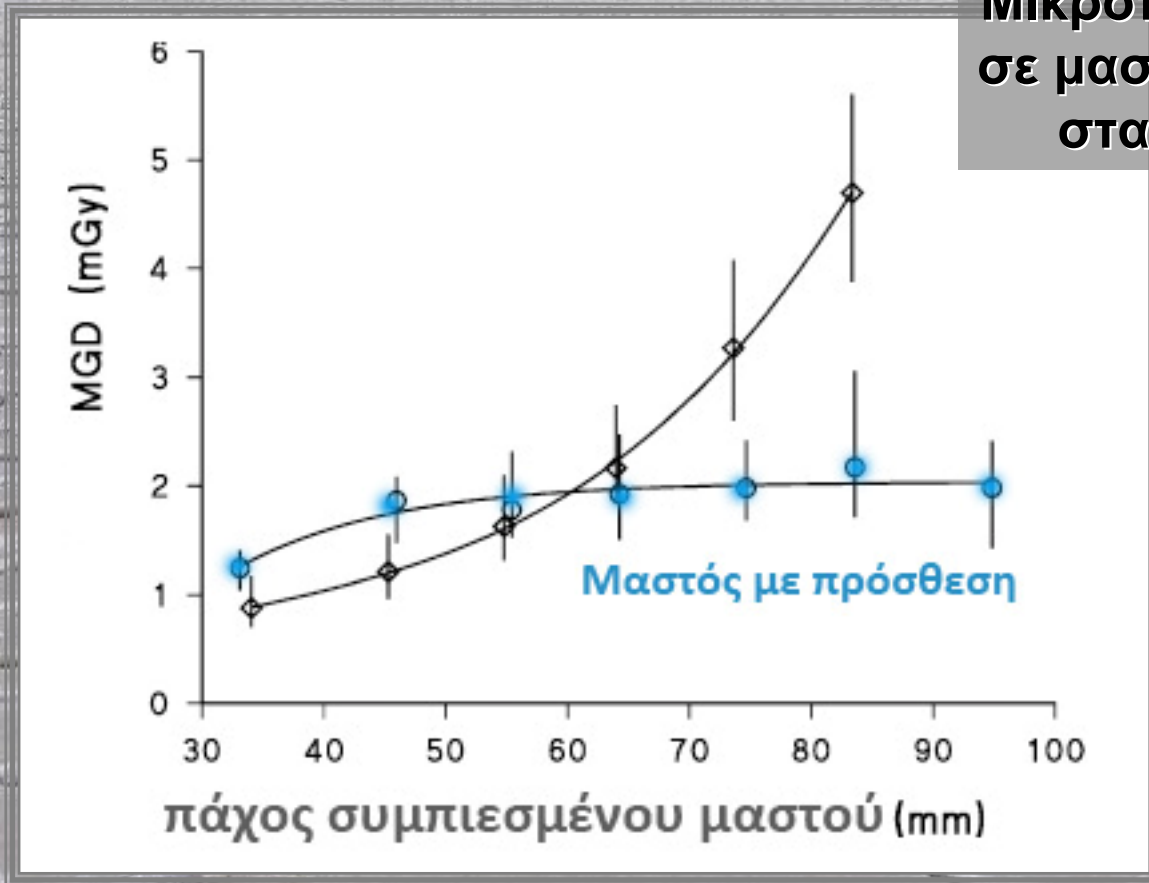
Μετρήθηκε με υλικό ισοδύναμο με 50% αδενικό ιστό και 50% λίπος, for 38 κλασσικούς μαστογράφους.



Σε 38 μονάδες αναλογικής μαστογραφίας (Screen Film Mammography [SFM])

# Αύξηση της αδενικής Δόσης με το συμπιεσμένο πάχος μαστού

Μικρότερη η επιβάρυνση σε μαστούς με πρόσθεση στα μεγάλα πάχη



**ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ- Ορια Δόσεων [DRL]  
στην Μαστογραφία**

<b>πάχος ΡΜΜΑ (cm) - ομοίωμα -</b>	<b>ισοδύναμο πάχος μαστού (cm)</b>	<b>αποδεκτά όρια (mGy)</b>	<b>κατορθωτά (mGy)</b>
2.0	2.1	<1.0	<0.6
3.0	3.2	<1.5	<1.0
4.0	4.5	<2.0	<1.6
4.5	5.3	<2.5	<2.0
5.0	6.0	<3.0	<2.4
6.0	7.5	<4.5	<3.6
7.0	9.0	<6.5	<5.1

Τα αποδεκτά όρια ακολουθούνται και στην Ελλάδα

Τα **επιθυμητά** όρια που είναι και **κατορθωτά** βρέθηκε να ικανοποιούνται σε 5 μεγάλες μονάδες απεικόνισης μαστού στην Ελλάδα



# Η ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

(1) Χρησιμοποιείται ένας αριθμός διαφορετικών τεχνικών για την λήψη της Μαστογραφίας π.χ. του δυναμικού της λυχνίας ή την γωνία της πλάγιας – λοξής (MLO) λήψης

(2) Σε μελέτη\* μέτρησης της δόσης MGD σε κέντρα μαστού:

- Οι Τιμές της μέσης αδενικής δόσης MGD μεταξύ των μονάδων μαστού διέφεραν περίπου κατά 30% κυρίως λόγω των διαφορετικών τεχνικών και της συμπίεσης του μαστού.
- Η Μέση MGD ανά έκθεση υπολογίσθηκε σε **1.35 mGy: 1.21 mGy** για την πρόσθια προβολή και **1.50 mGy** για την πλάγια λοξή MLO προβολή.
- Οι τιμές MGD από όλα τα κέντρα που συμμετείχαν ήταν πολύ κάτω από το όριο των **2 mGy** που έχουν καθιερώσει διεθνείς οργανισμοί.
- Οσον αφορά την γωνία πλάγιας προβολής MLO χαμηλότερες τιμές MGD μετρήθηκαν για μικρές γωνίες (30°) και μεγάλες γωνίες (60°).
- Υψηλότερες τιμές Δόσης Μαστού MGD καταγράφηκαν σε μεσαίες γωνίες (40–55°).

## CR Ψηφιακή Μαστογραφία με πινακίδες φωσφόρου

Κασσέτες Μαστογραφίας  
υψηλής ανάλυσης 20 pix/mm



Standard phosphor plate



Needle-based detector

Οι ανιχνευτές Φωσφόρου σε μορφή βελόνης έχουν μεγάλη απόδοση DQE άρα υψηλής ποιότητας εικόνα και δυνατότητα μείωσης της Δόσης



- το λογισμικό πραγματοποιεί σταθεροποίηση και φιλτράρισμα της εικόνας.

- Ο χρήστης επεξεργάζεται την αντίθεση και την αμαύρωση της εικόνας, μπορεί να προσθέσει επιπλέον ενδείξεις ή προκαθορισμένα κείμενα, και να συνθέσει δυο ή παραπάνω εικόνες για εκτύπωση σε ένα φιλμ.

- Η εικόνα, μετά από χρήση σύγχρονων αλγορίθμων, έρχεται στον σταθμό εργασίας σε πολύ υψηλό, ποιοτικά, επίπεδο και χρειάζεται ελάχιστη ρύθμιση από τον χειριστή.

- Έτσι ελαχιστοποιείται ο χρόνος επεξεργασίας των εικόνων και η ποιότητα της εικόνας είναι υψηλή.

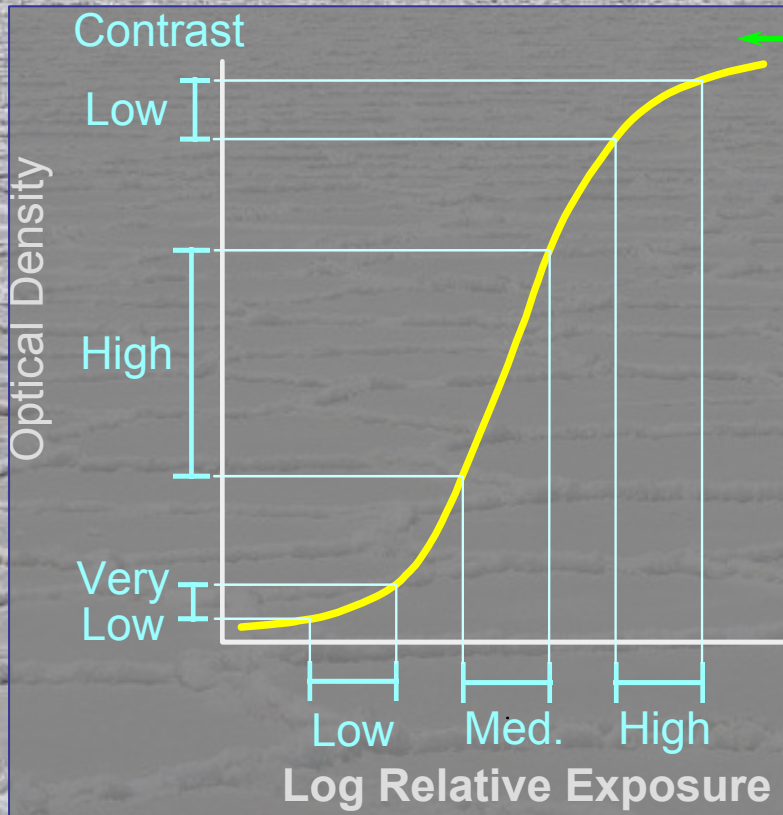
# Πλεονεκτήματα Ψηφιακής Τεχνολογίας

## Δυναμικό Εύρος

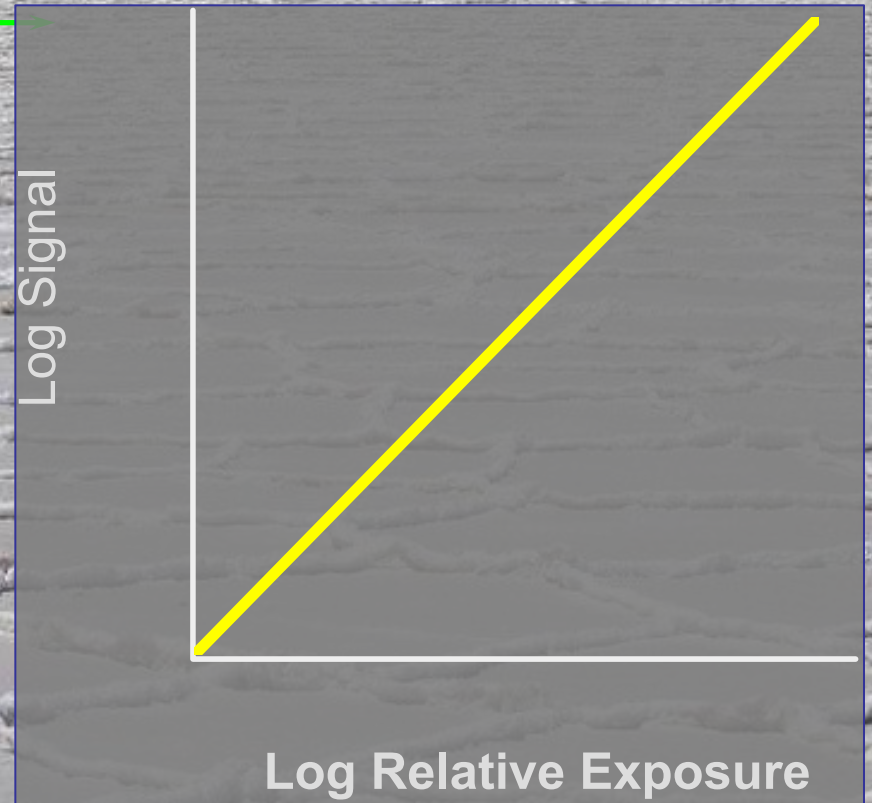


## Χαρακτηριστική Καμπύλη

Κλίμακα Δυναμικού Εύρους *Film*  
~ 25 – 100 : 1



Ηλεκτρονικό Δυναμικό Εύρος  
~ 3000 – 10,000 : 1  
Δυναμικό Εύρος Εκθεσης > 200 : 1







# *Detective Quantum Efficiency* Απόδοση ανίχνευσης φωτονίων

QDE ↑

Δόση ακτινοβολίας ↓

## Δείκτης έκθεσης – Exposure Index

- Λόγω του αυξημένου εύρους έκθεσης υπάρχει τάση για χρήση αυξημένων δόσεων
- Εργαλείο εκτίμησης της δόσης στον ασθενή

Περιορισμός της επιπλέον περιττής Δόσης με την δημιουργία χαρτών μαστογραφιών συναρτήσει του μεγέθους

Υψηλή απόδοση [ $DQE$ ] του ψηφιακού συστήματος  
Μειώνει την ολική Δόση



# Ψηφιακή Μαστογραφία : Ερευνά το πολύ μικρό με μικρότερη δόση



DR ανιχνευτής Ιωδιούχου Καισίου ή Σεληνίου μειώνει σημαντικά την δόση της ασθενούς.

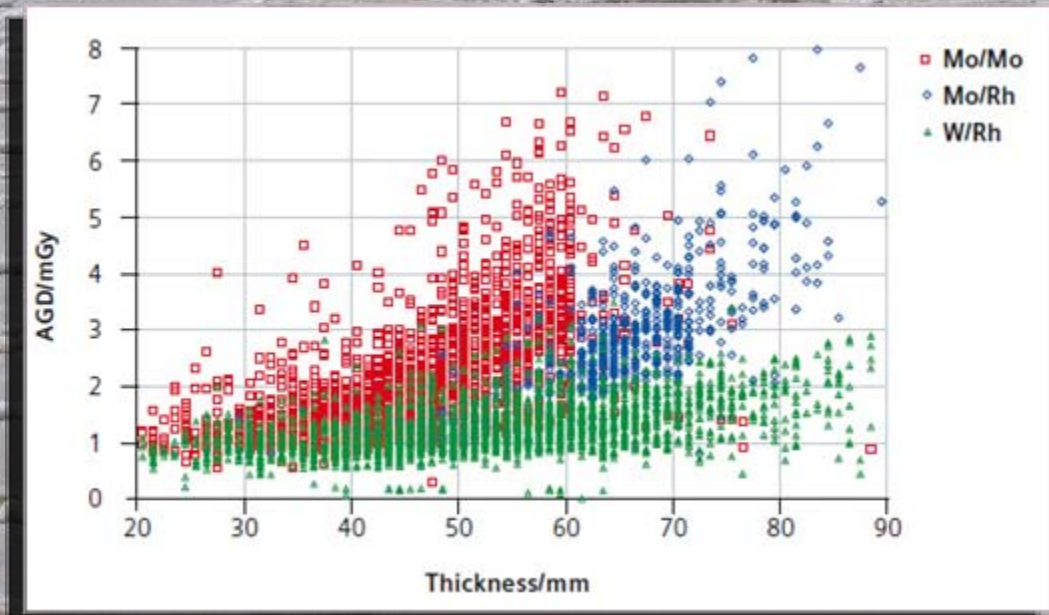
- ❑ Η **Λαμπρότητα** και η **Αντίθεση** της απεικόνισης είναι ανεξάρτητες από την Έκθεση κατά την λήψη
- ❑ **Μόνον ο Θόρυβος της εικόνας αλλάζει με την Έκθεση**
- ❑ μειωμένος θόρυβος λόγω αυξημένης Έκθεσης οδηγεί σε πιθανότητα αύξησης της Δόσης

στην DR και CR  
τεχνική μαστογραφίας

# Συνδυασμός υλικού Ανόδου/ηθμού - Ψηφιακή Μαστογραφία

Μελέτη σύγκρισης της Μέσης Αδενικής Δόσης (MGD) με ψηφιακό σύστημα μαστογραφίας [full-field digital mammography] με ανιχνευτή άμορφου Σεληνίου και με συνδυασμούς των υλικών ανόδου/ηθμού Mo/Mo, Mo/Rh και W/Rh έδειξε ότι ο συνδυασμός W/Rh μειώνει την δόση στο μαστό χωρίς απώλειες στην ποιότητα της εικόνας για όλα τα πάχη μαστών.

Το εύρος μείωσης της Δόσης κυμαίνεται από **28%** για μέσο μαστό 4cm CBT σε **66%** για παχύ λιπώδη μαστό



# Χρήσιμη η αλλαγή από τους αναλογικούς στους ψηφιακούς μαστογράφους

## Mammography Systems in Austria by mid 2010:

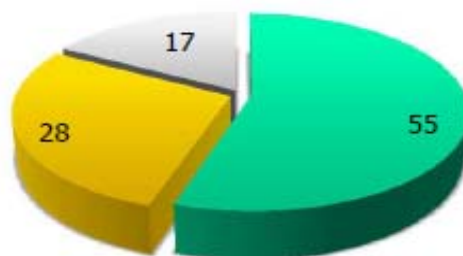
### ■ Digital Mammo systems:

- **FFDM - CR:** 111 CR – [55 %]
- **FFDM - DR:** 57 Flat panels – [28 %]
- TOTAL FFDM:** 83 %



### ■ Analogue Mammo systems:

- **FFM:** 33 Film Screen
- TOTAL FSM:** 17 %



*TOTAL AUSTRIA: 201 institutes*

# Δόσεις από ψηφιακούς *Full Field Digital Mammography [CR και DR]*

➤ ΔΟΣΗ ΜΑΣΤΟΥ ΜΕ ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΙΚΟΝΑΣ  
*CDMAM με ομοίωμα 50 mm PMMA (gold discs with 0,1 mm and 0,25 mm Ø)*

Τεχνολογία	Τύπος συστήματος	ESE (mGy)	M G D (mGy)	
FFDM-DR	Hologic Selenia, Dimensions	5 - 6	1,2-1,4	AEC
FFDM-DR	GE 2000 D, DS , Essential	5 - 6	1,2-1,4	AEC
FFDM-DR	Siemens Inspiration	5,1	1,3	AEC
FFDM-DR	Fuji Amulet	5	1,2	AEC
FFDM-DR	Sectra MDM D40 and L30	2,5	0,7	AEC
FFDM-CR	Kodak CR 950 with EHR-M	14	2,7	AEC
FFDM-CR	Agfa CR-85X with MM3.0	12 - 13	2,5 - 2,6	AEC
FFDM-CR	Kodak CR 975 with EHR-M2	11 - 12	2,2 - 2,5	AEC
FFDM-CR	Fuji Profect CS with HR-BD	10 - 11	2,1 - 2,2	AEC
FFDM-CR	Philips Cosimax with HR-BD	10	2,1	AEC
FFDM-CR	Agfa DX-M with HR MM 5.0	8 - 9	1,6 - 1,8	AEC

Η τομοσύνθεσις με την δημιουργία τομών αποκαλύπτει πληροφορίες από επιπροβαλλόμενους ιστούς.



Όμως  
Τα πλεονεκτήματα της  
Τομοσύνθεσις κερδίζονται με  
το τίμημα της έκθεσης της  
ασθενούς σε περίπου  
διπλάσια ακτινοβολία από  
μια τυπική ψηφιακή  
μαστογραφία.

κατά το FDA (foods and drugs  
administration , US)

Η Τομοσύνθεσις  
βελτιώνει την ακρίβεια  
ανίχνευσης καρκίνου  
του μαστού.





# Μαστογραφία σε απεικόνιση 3 διαστάσεων



Ενώ η Τομοσύνθεσις  
μπορεί να θεωρηθεί ως ένας  
συνδυασμός Ακτινογραφίας και  
Αξονικής Τομογραφίας:  
Ένας μικρός αριθμός προβολών  
(συνήθως 10, σε εύρος  $\pm 15$  μοιρών  
συνδυάζεται για των υπολογισμό 3D  
εικόνων.

Με νέες τεχνικές 3D ψηφιακής  
μαστογραφίας απεικονίζεται ο μαστός  
απ ευθείας από 3 κλασσικές λήψεις  
με πινακίδες και γυαλιά



η δόση είναι σημαντικά  
μικρότερη από την επιβάρυνση  
στην τομοσύνθεση

Ο επαναληπτικός έλεγχος με μαστογραφία είναι ο πλέον αποτελεσματικός τρόπος για την ανίχνευση πολύ μικρών , μη ψηλαφητών καρκίνων του μαστού.

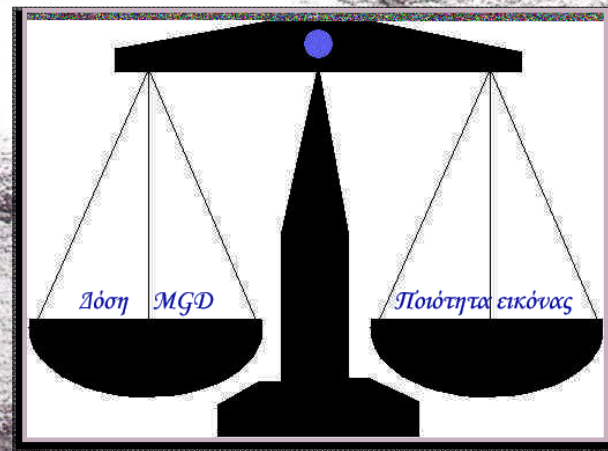
Είναι εξέταση που επαναλαμβάνεται αρκετές φορές κατά την διάρκεια της ζωής και έχει ένα μικρό κίνδυνο καρκινογένεσης λόγω της αδενικής Δόσης στους 2 μαστούς

ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ

Η μέση αδενική Δόση (MGD) σε mGy, που επιβαρύνει την εξεταζόμενη για την δημιουργία της βέλτιστης απεικόνισης σε αναλογικό και ψηφιακό μαστογράφο είναι

Πρόσθια ψηφιακή λήψη : 1.23 mGy  
Πλάγια λοξή ψηφιακή : 1.28 mGy  
Πρόσθια αναλογική : 2.10 mGy  
Πλάγια λοξή αναλογική : 2.25 mGy





*Μπορεί να μειωθεί περαιτέρω η Δόση της ακτινοβολίας στην Μαστογραφία βελτιώνοντας την εικόνα;*

*Ναι, με συστηματική παρατήρηση στις “παραμέτρους” που χρησιμοποιούνται και συχνό έλεγχο της “καλής λειτουργίας” του μαστογράφου.*