

# Human Biomonitoring Ανθρώπινη Βιοπαρακολούθηση

**Ελένη Σαζακλή**

Χημικός, M.Sc., Ph.D.

Επικ. Καθηγήτρια Υγιεινής - Περιβαλλοντικής  
Επιδημιολογίας & Τοξικολογίας (Π.Δ. 407/80)

# Biomonitoring

Εκτίμηση της **έκθεσης** του ανθρώπου σε κάποια χημική ουσία που βρίσκεται στο περιβάλλον, μέσω της

μέτρησης του αντίστοιχου **βιομάρτυρα έκθεσης** (exposure biomarker) : τη μητρική ουσία (ή κάποιον μεταβολίτη ή προϊόν αντίδρασης) στο ανθρώπινο αίμα, ούρα, γάλα, σάλιο ή κάποιο ιστό.

# ΟΡΙΣΜΟΙ

- ❖ **Βιομάρτυρας (Biomarker):** μία χημική ουσία, κάποιος μεταβολίτης της ή το προϊόν της αλληλεπίδρασης μεταξύ της χημικής ουσίας και κάποιου ιστού-στόχου ή κυττάρου. Προσδιορίζεται στο ανθρώπινο σώμα.
- ❖ **Περιβαλλοντική παρακολούθηση (Environmental monitoring):** ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης ενός ρυπαντή σε ένα μέσο (πχ. αέρας, χώμα, νερό ή τροφή).
- ❖ **Ανθρώπινη Βιοπαρακολούθηση (Human biomonitoring):** ο άμεσος προσδιορισμός της έκθεσης του ανθρώπου σε τοξικές ουσίες του περιβάλλοντος μέσω του προσδιορισμού των ουσιών αυτών (ή των μεταβολιτών τους) σε ανθρώπινα δείγματα (αίμα, ούρα κλπ).

- Βιομάρτυρας έκθεσης (Biomarker of exposure): (π.χ. κοτινίνη στο αίμα ή στα ούρα των παθητικών καπνιστών, μεταβολίτες της βενζίνης στα ούρα των ανθρώπων της πόλης κλπ).
- Βιομάρτυρας αποτελέσματος (Biomarker of effect): Μία μετρήσιμη βιοχημική, φυσιολογική, συμπεριφοριστική ή άλλη τροποποίηση σε έναν οργανισμό, η οποία ανάλογα με την έκτασή της μπορεί να αναγνωρισθεί ότι σχετίζεται με επιδείνωση της υγείας ή με ασθένεια (πχ. DNA adducts).
- Βιομάρτυρας ευαισθησίας (Biomarker of susceptibility): Δείκτης της κληρονομικής ή επίκτητης ικανότητας ενός οργανισμού να αντιδρά στην έκθεση σε μία συγκεκριμένη χημική ουσία (πχ. G6PD deficiency)

# Biomarkers of Susceptibility

## Βιομάρτυρας έκθεσης

- Έκθεση σε παράγοντες κινδύνου
- Εσωτερική δόση
- Βιολογικό αποτέλεσμα

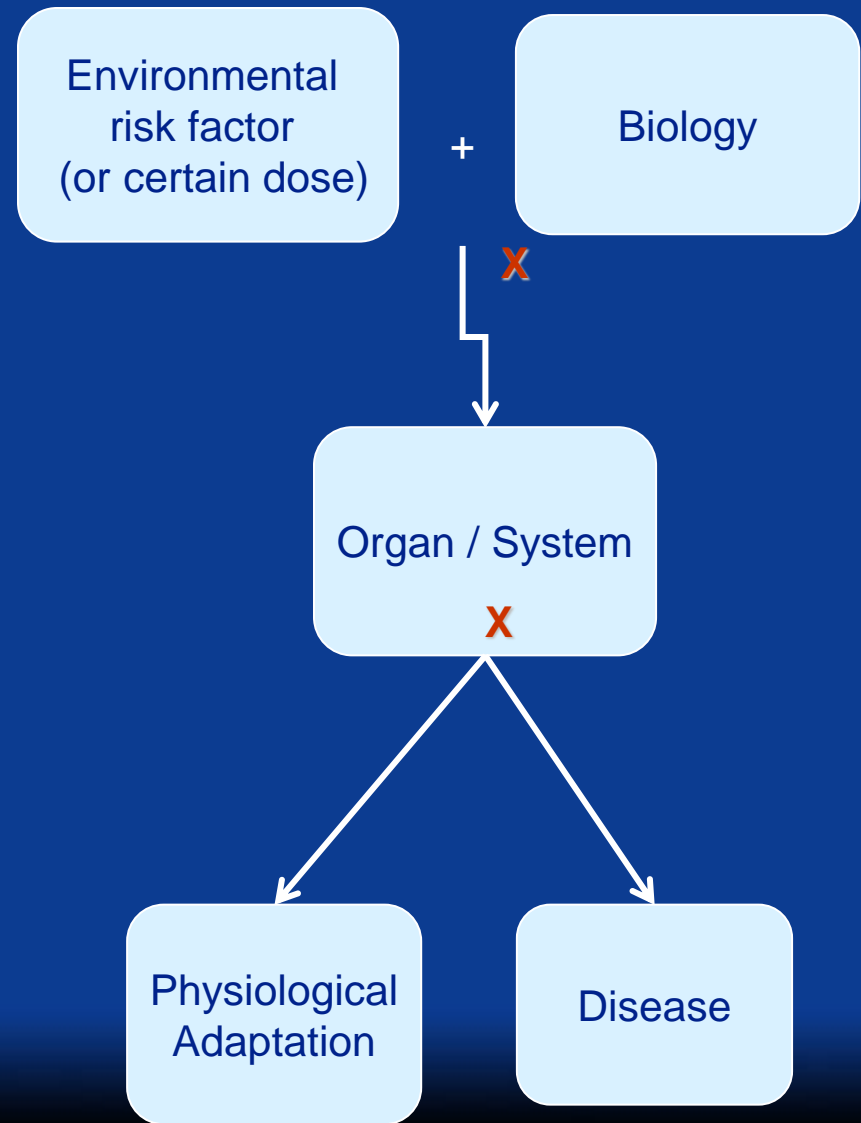
## Βιομάρτυρας αποτελέσματος

- Τροποποίηση δομής ή λειτουργίας
- Κλινικά συμπτώματα

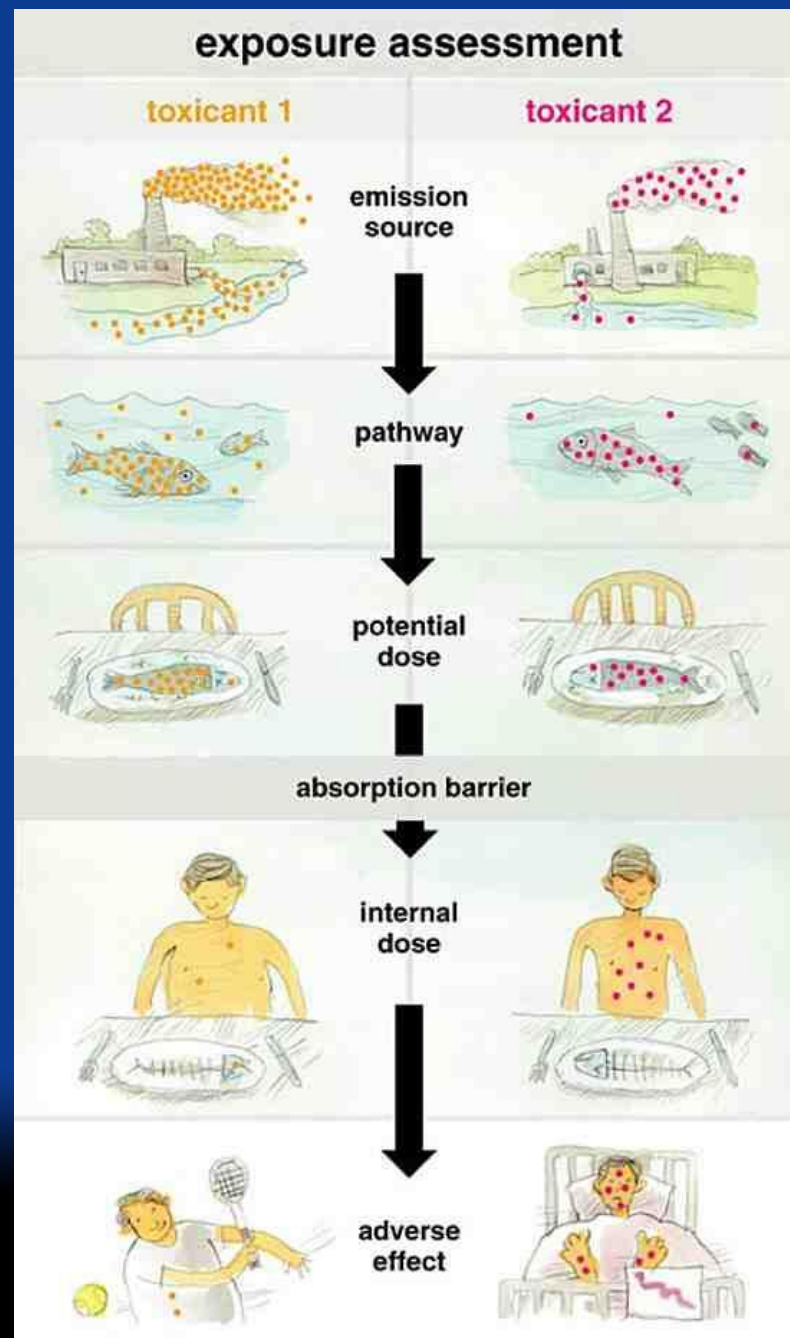
Πλεονέκτημα: εύρεση της πραγματικής συγκέντρωσης της τοξικής ουσίας στο ανθρώπινο σώμα, ανεξαρτήτως της πηγής εισόδου και χωρίς τις αβεβαιότητες των προγνωστικών μοντέλων.

❖ Δεν μπορεί να υπάρχουν επιπτώσεις από κάποια χημική ουσία χωρίς έκθεση

❖ ΑΛΛΑ η έκθεση δεν οδηγεί πάντα σε αρνητικές επιπτώσεις



Ποιο από τα δύο τοξικά χημικά είναι πιο επικίνδυνο; Ένας περιβαλλοντικός χημικός τύπος θα περάσει πολλά στάδια μέχρι να καταστεί απειλή για την υγεία. Ο τοξικός παράγοντας 1 παρόλο που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αφθονία στο περιβάλλον, λόγω άλλων ιδιοτήτων του δεν αποτελεί τόσο μεγάλο κίνδυνο για την υγεία όσο ο παράγοντας 2. Η ανάλυση βιομαρτύρων παρέχει τις πλέον κατάλληλες πληροφορίες για την προστασία της υγείας



# Environmental monitoring media:

Manmade sources:

dust  
sediment  
personal care

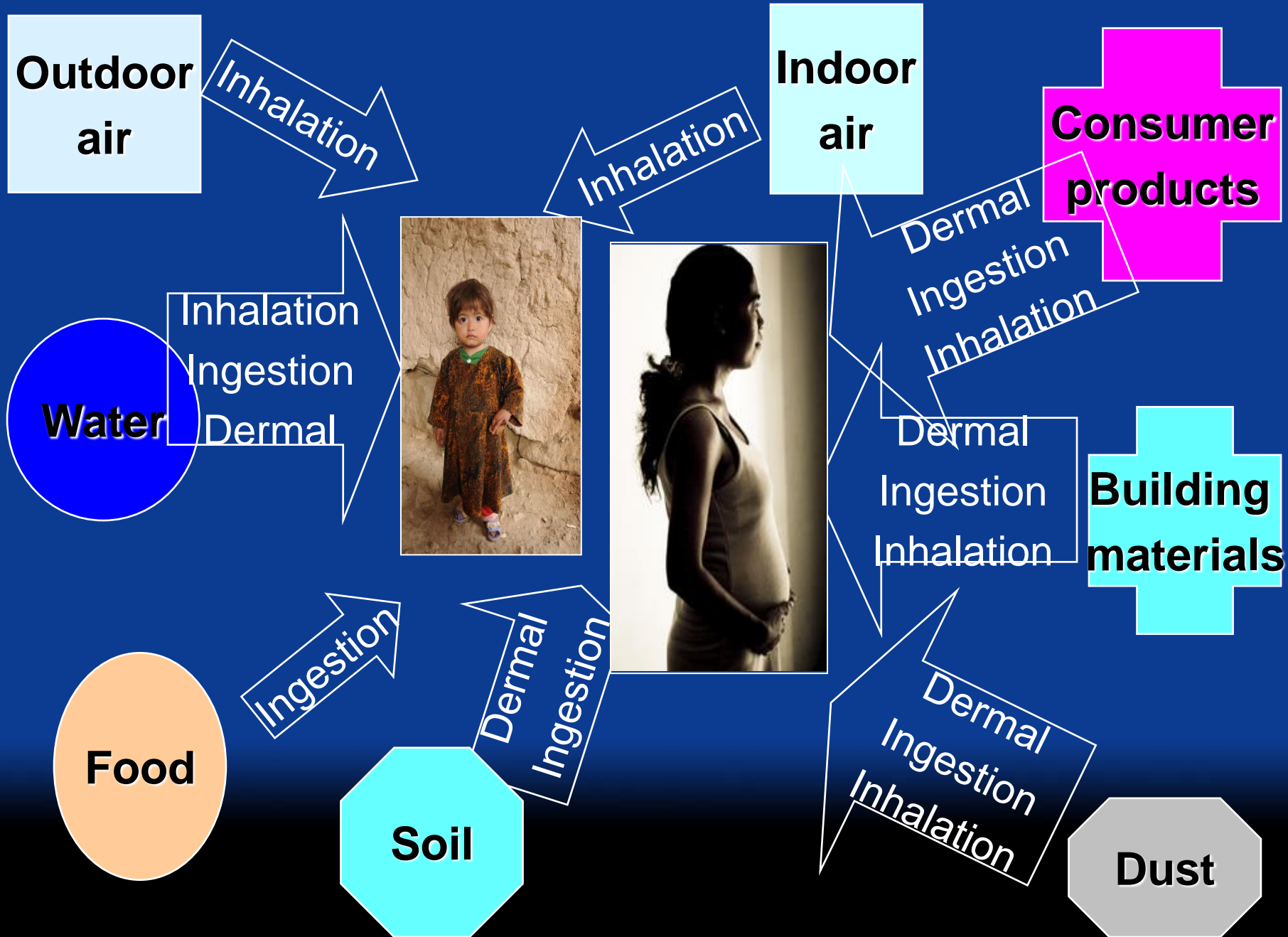
Natural sources:

water  
air  
food  
soil

exposure

Internal dose  
absorption





Environmental  
chemical  
**internal dose**

```
graph TD; A[Environmental chemical internal dose] --> B[Storage]; A --> C["Absorption:  
Ingestion  
Inhalation  
Dermal"]; A --> D["Metabolic and  
chemical  
transformation"]; D --> E[Elimination];
```

The diagram is a hierarchical flowchart on a dark blue background. At the top is a box labeled 'Environmental chemical internal dose'. A horizontal line below it branches into three vertical lines leading to three boxes: 'Storage', 'Absorption: Ingestion, Inhalation, Dermal', and 'Metabolic and chemical transformation'. A vertical line from the 'Metabolic and chemical transformation' box leads to a final box labeled 'Elimination'.

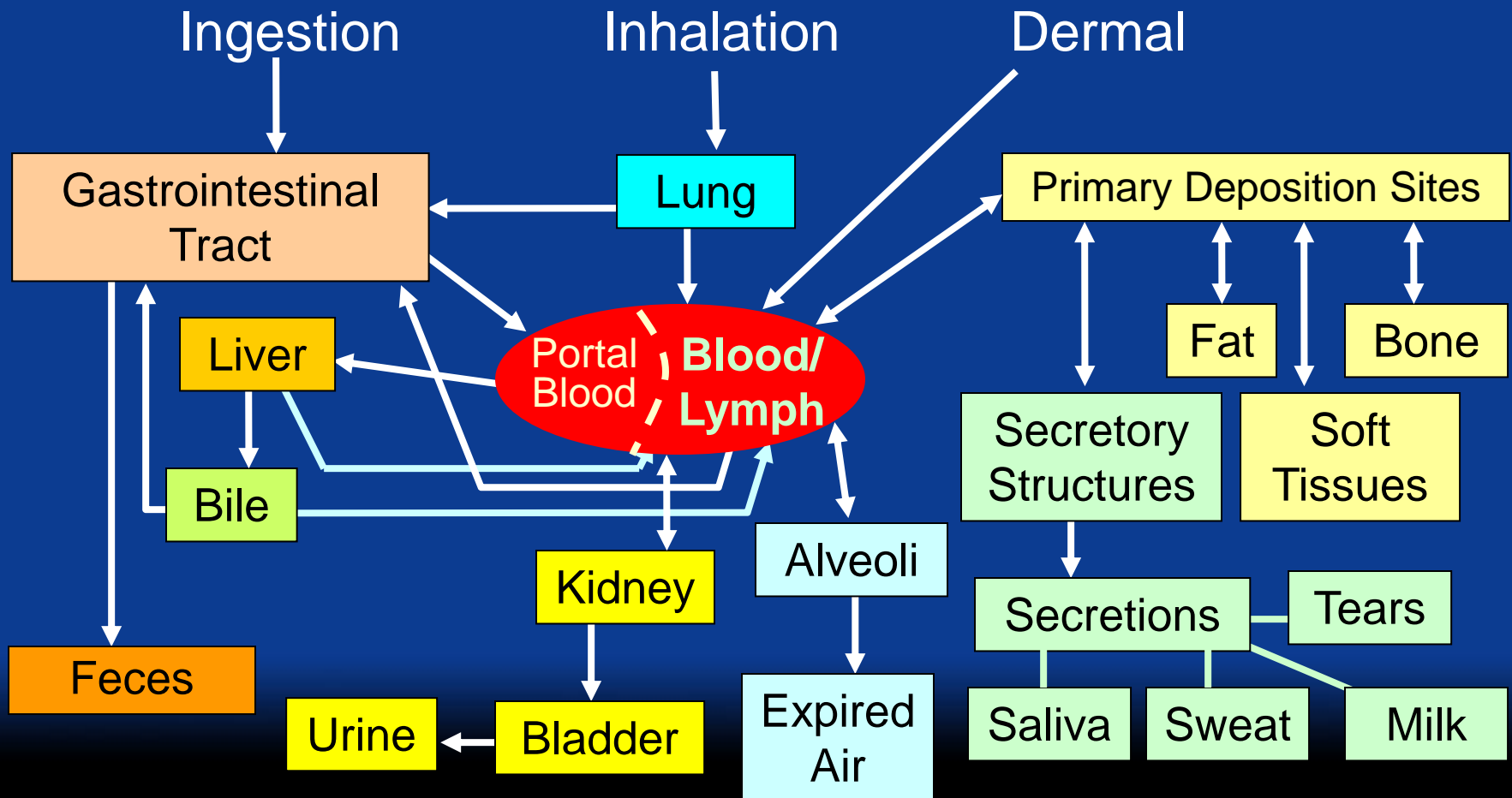
Storage

**Absorption:**  
Ingestion  
Inhalation  
Dermal

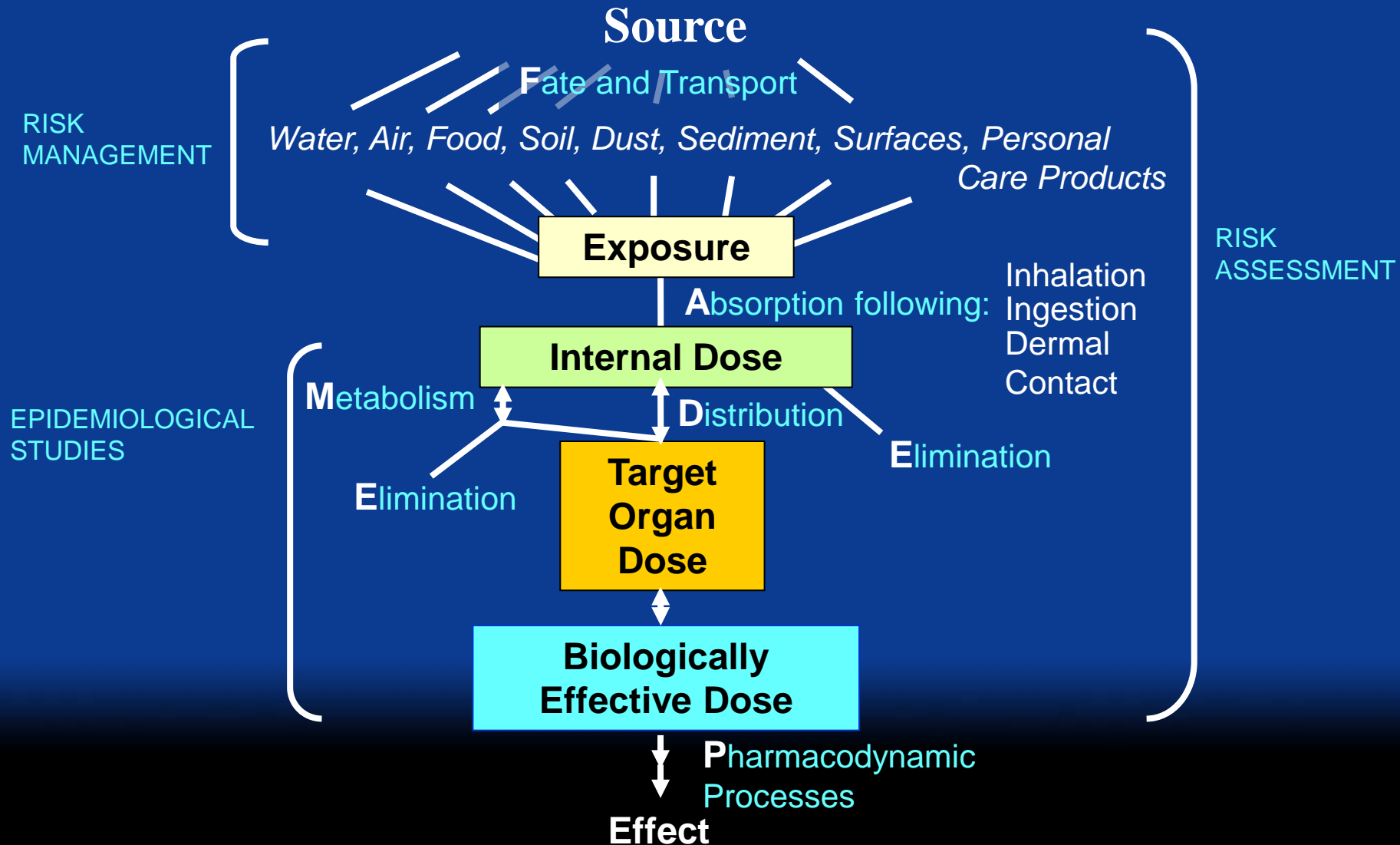
Metabolic and  
chemical  
**transformation**

Elimination

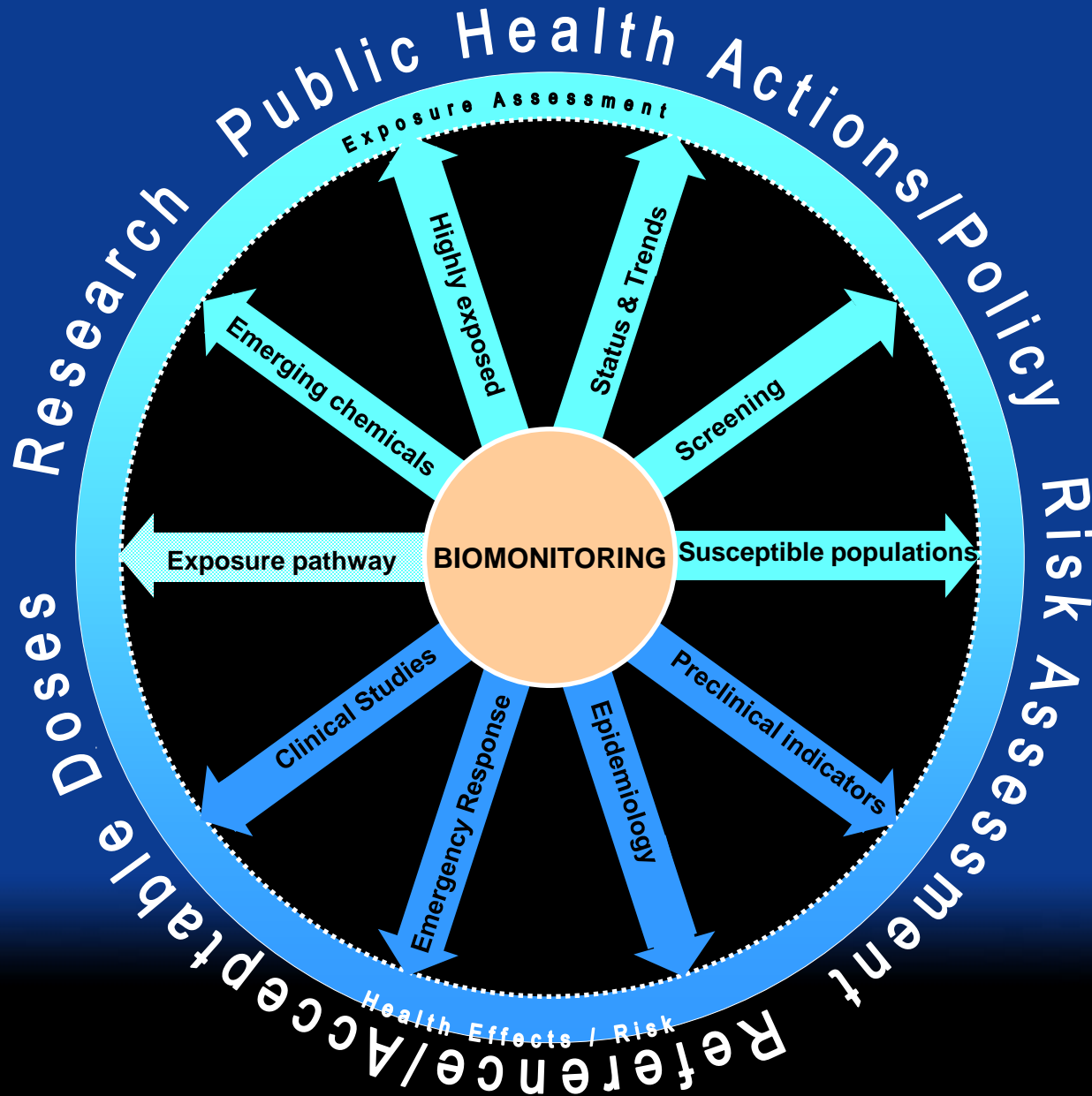
# Absorption, Distribution, and Elimination of Environmental Chemicals in the Body



# Exposure-Effect Continuum for Environmental Chemicals



# Biomonitoring for Disease Prevention



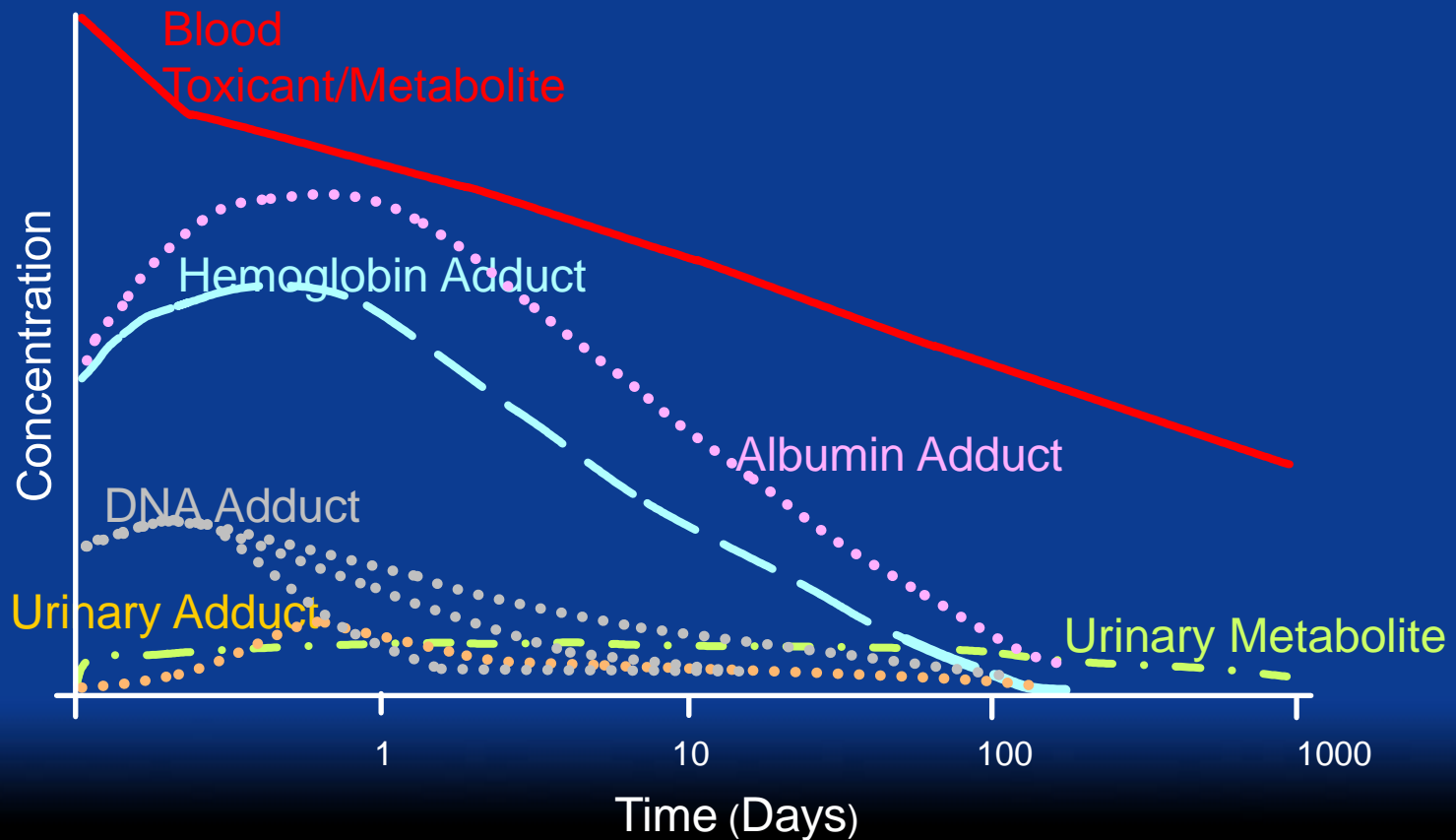
# Επιλέγοντας το σωστό δείγμα

- Εξαρτάται από τη χημική ουσία υπό μελέτη
- Εξαρτάται από τον πληθυσμό (ηλικία, φυλή, κατάσταση υγείας κλπ).

# Selection of Biomonitoring Matrix: Environmental Chemical Dependent

- Δύο κύριες κατηγορίες περιβαλλοντικών ρυπαντών
  - ◆ Επίμονοι (χρόνος ημιζωής σε έτη): PCDDs, PCBs, PBDEs, PFCs, OCs, Pb
  - ◆ Μη επίμονοι (χρόνος ημιζωής σε λεπτά/ώρες): phthalates, pesticides (OPs, carbamates, pyrethroids), VOCs

# Post-Exposure Fate of a Persistent Chemical in Blood and Urine

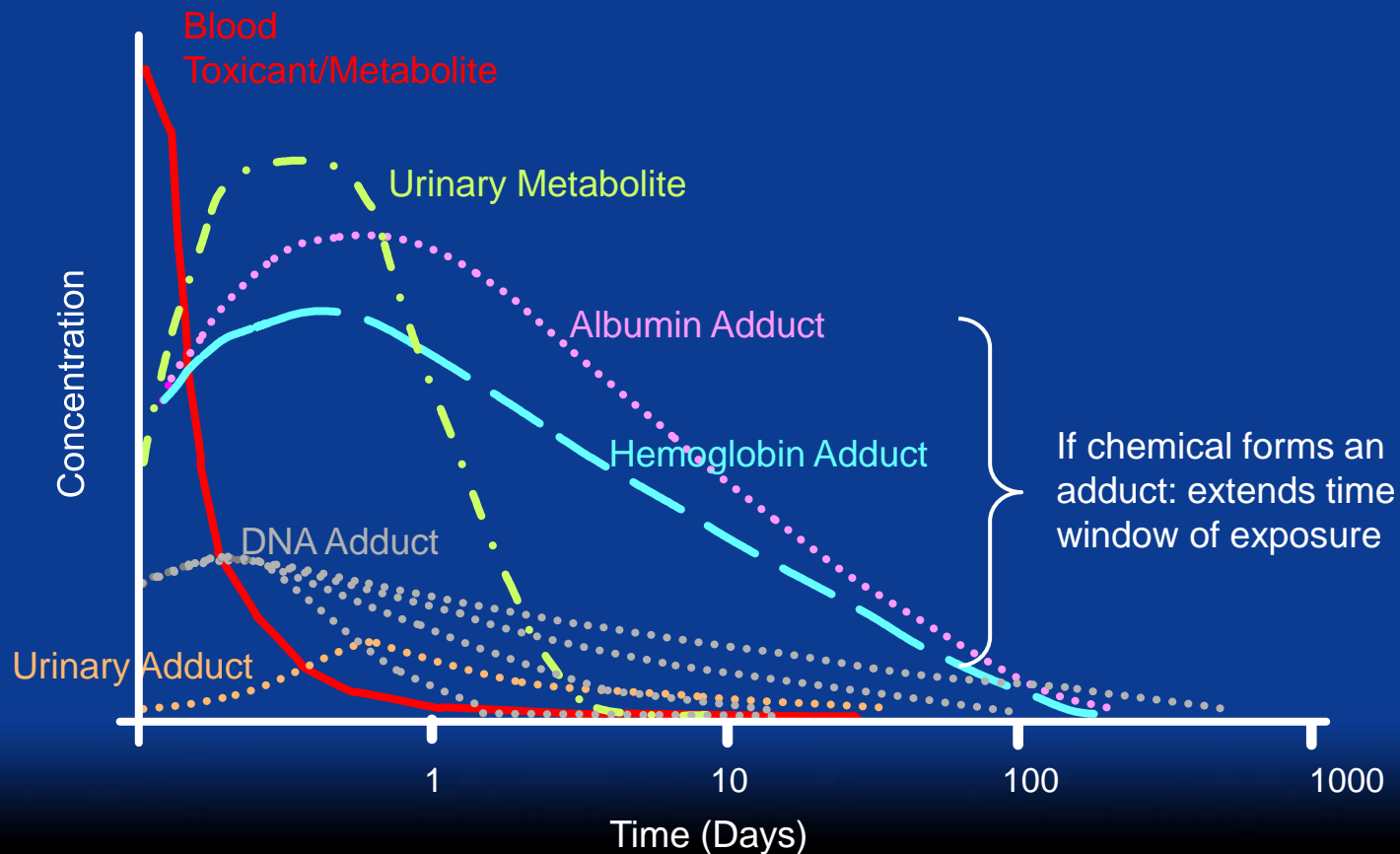


Needham and Sexton. JEAE 10: 611-629 (2000)

Adapted from: Henderson et al. Crit Rev Toxicol 20: 65-82 (1989)



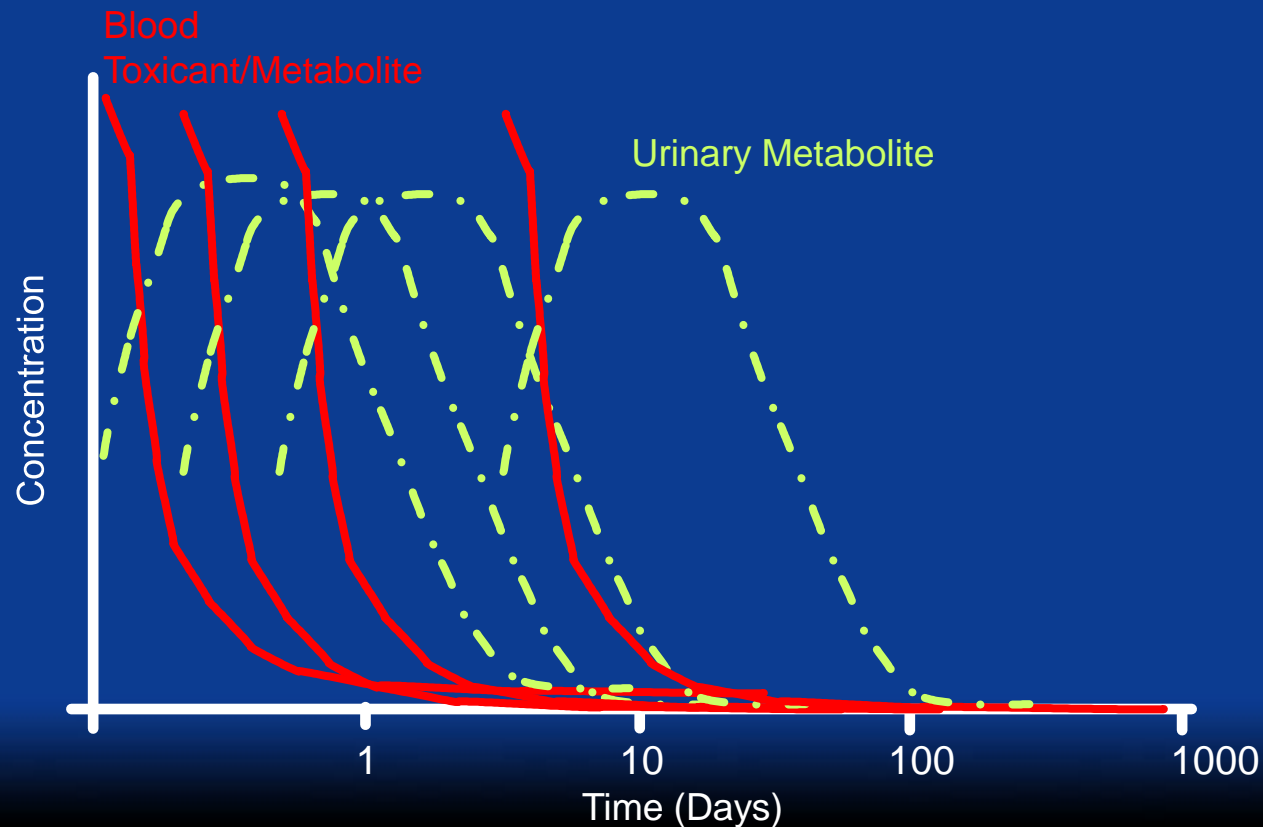
# Post-Exposure Fate of a Nonpersistent Chemical in Blood and Urine



Needham and Sexton. JEAE 10: 611-629 (2000)

Adapted from: Henderson et al. Crit Rev Toxicol 20: 65-82 (1989)

# Post-Exposure Fate of a Nonpersistent Chemical (chronic exposure) in Blood and Urine



Barr et al. Environ Health Perspect **113**:1083-1091 (2005)

Needham, Barr, and Calafat. Neurotoxicology **26**:547-53 (2005)

# Relative Importance of Various Biological Matrices for Measuring Exposure During the Different Life Stages

Matrices	Adult preconception	Fetal			0-1 year	2-3 years	4-11 years
		1st	2nd	3rd			
<b>Persistent Organic Chemicals</b>							
Blood (whole)	1				1	1	1
Blood (serum)	1				1	1	1
Blood (plasma)	1				1	1	1
Urine	3				3	3	3
Saliva	3				NA	3	3
Hair	3				3	3	3
Nails	3				3	3	3
Adipose Tissue	1				NA	NA	NA
Feces	3				3	3	3
Semen	3				NA	NA	NA
Breath	3				NA	3	3
Teeth	NA				NA	NA	3
Cord Blood	1	1	1	1	3	3	3
Meconium	3	2	2	2	3	3	3
Milk (maternal)	1	1	1	1	1	3	3
Blood (maternal)	1	1	1	1	1	3	3
Urine (maternal)	3	3	3	3	3	3	3
Hair (maternal)	3	3	3	3	3	3	3

## Πλεονεκτήματα βιομαρτύρων

- ❖ Επιβεβαίωση απορρόφησης στο σώμα
- ❖ Μέτρηση συνολικής έκθεσης
- ❖ Ανίχνευση πολύ μικρών επιπέδων έκθεσης
- ❖ Έλεγχος και επιβεβαίωση μοντέλων έκθεσης
- ❖ Δεδομένα για την μεταβολή της έκθεσης μέσα στο χρόνο
- ❖ Εκτίμηση των παρεμβάσεων που αφορούν στη δημόσια υγεία

## Περιορισμοί βιομαρτύρων

- ❖ Δεν δίνει πληροφορίες για τις πηγές, τις οδούς και τη διάρκεια έκθεσης
- ❖ Δεν καθορίζει τις τοξικές δόσεις
- ❖ Επηρεάζεται από τις αναλυτικές μεθόδους
- ❖ Έλλειψη επιπέδων αναφοράς
- ❖ Έλλειψη τοξικολογικών και επιδημιολογικών δεδομένων για τους περισσότερους περιβαλλοντικούς ρυπαντές

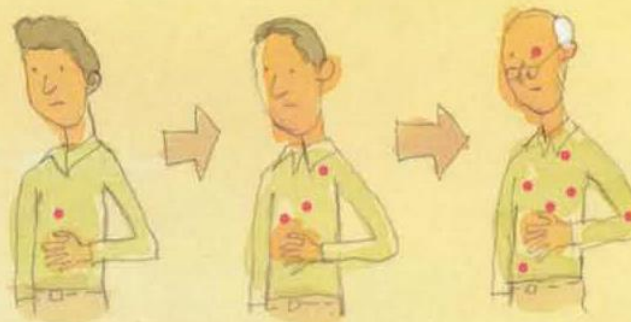
## Identifying priority

**exposures.** Out of thousands of chemicals, which are the most dangerous? Biomarkers can help set priorities for public health and regulatory follow-up.



## Recognizing time trends in

**exposure.** Periodic measurement of biomarkers in the population shows how body burdens of chemicals vary from season to season, year to year and decade to decade.



## Identifying at-risk

**populations.** Large biomarker studies can distinguish exposure differences among racial, geographic or socioeconomic groups.



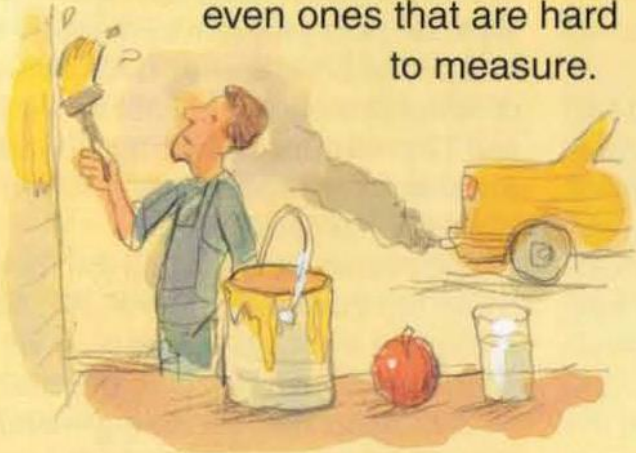
## Establishing reference

**ranges for comparison.** A blood test shows that you've been exposed to some chemical. Should you be worried? Your doctor can't tell without data from people with little or no exposure.



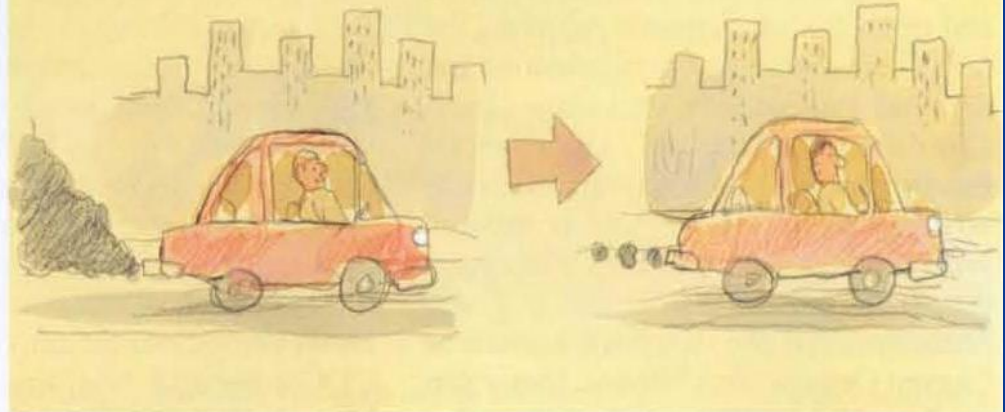
## Providing integrated dose measurements.

Biomarker analysis provides a direct assay of body burden that integrates exposure from all sources, even ones that are hard to measure.



## Evaluating exposure prevention efforts.

Our government is entrusted with reducing people's exposure to environmental chemicals. Do they succeed? Before-and-after biomarker tests can tell.



**When used to establish levels of human chemical exposure, biomonitoring has six major uses that can help to protect public health.**

# ΔΙΛΗΜΜΑΤΑ

- Μεθοδολογικά θέματα (αναλυτική τεχνική, εξήγηση των δεδομένων κλπ)
- Θέματα ενημέρωσης του κοινού (ο πληθυσμός μπορεί να αναμένει μη ρεαλιστικά αποτελέσματα)
- Ηθικά διλήμματα (δημιουργία τράπεζας γενετικού υλικού, έγγραφη συναίνεση κλπ)

# CASE STUDIES

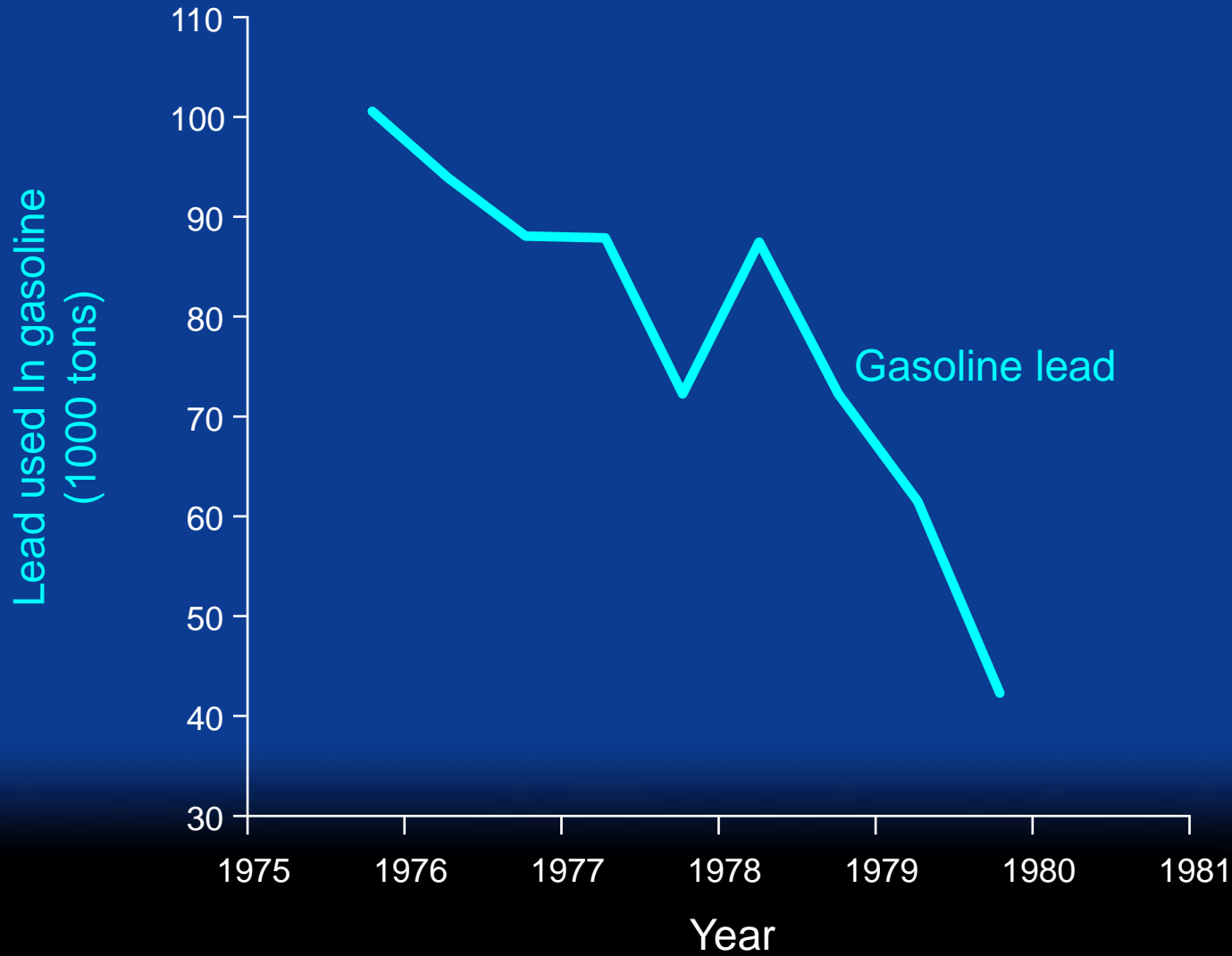




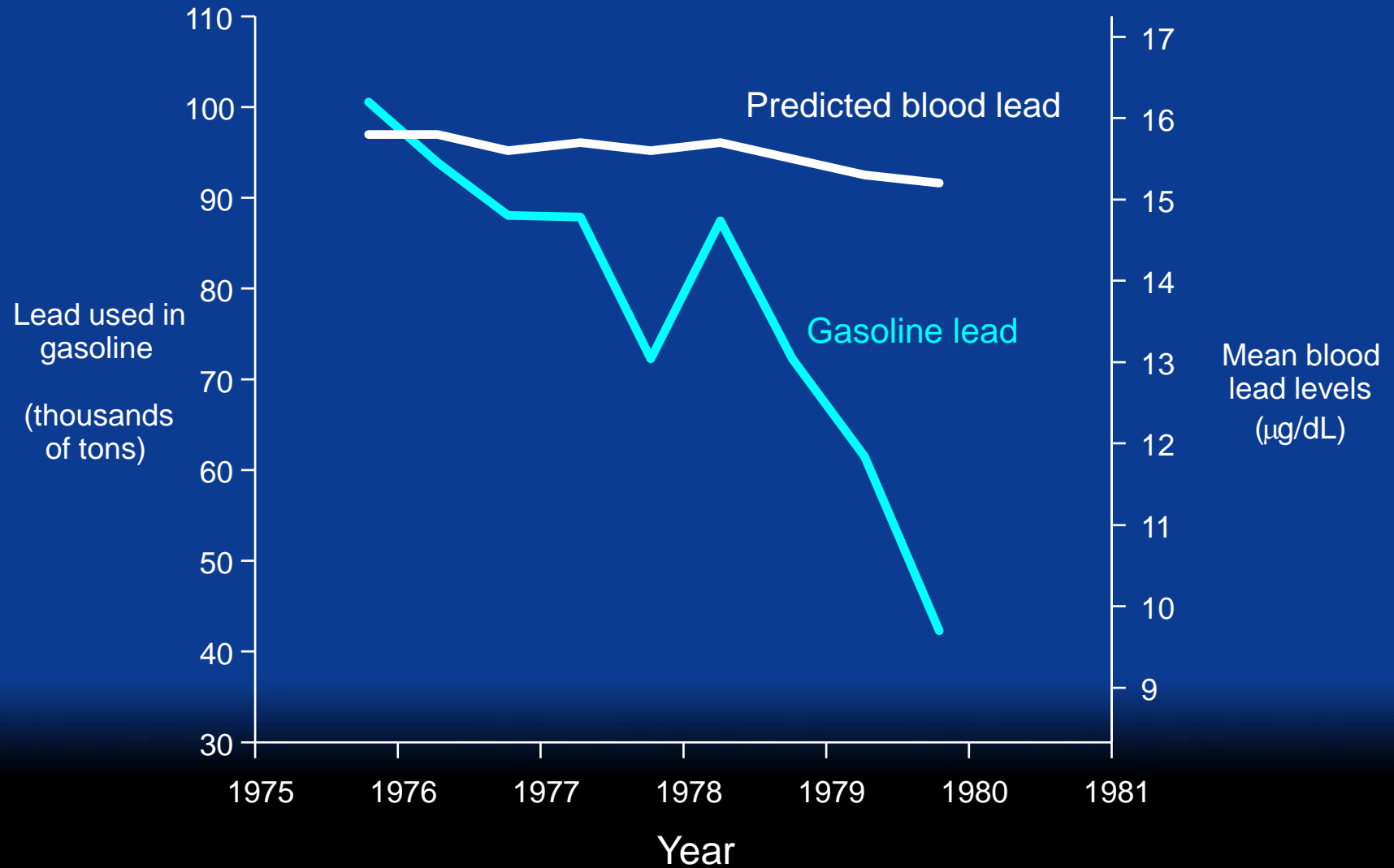
# ΜΟΛΥΒΔΟΣ (Lead)

- Χημική ουσία γνωστής τοξικότητας

# Lead used in gasoline declined from 1976 through 1980

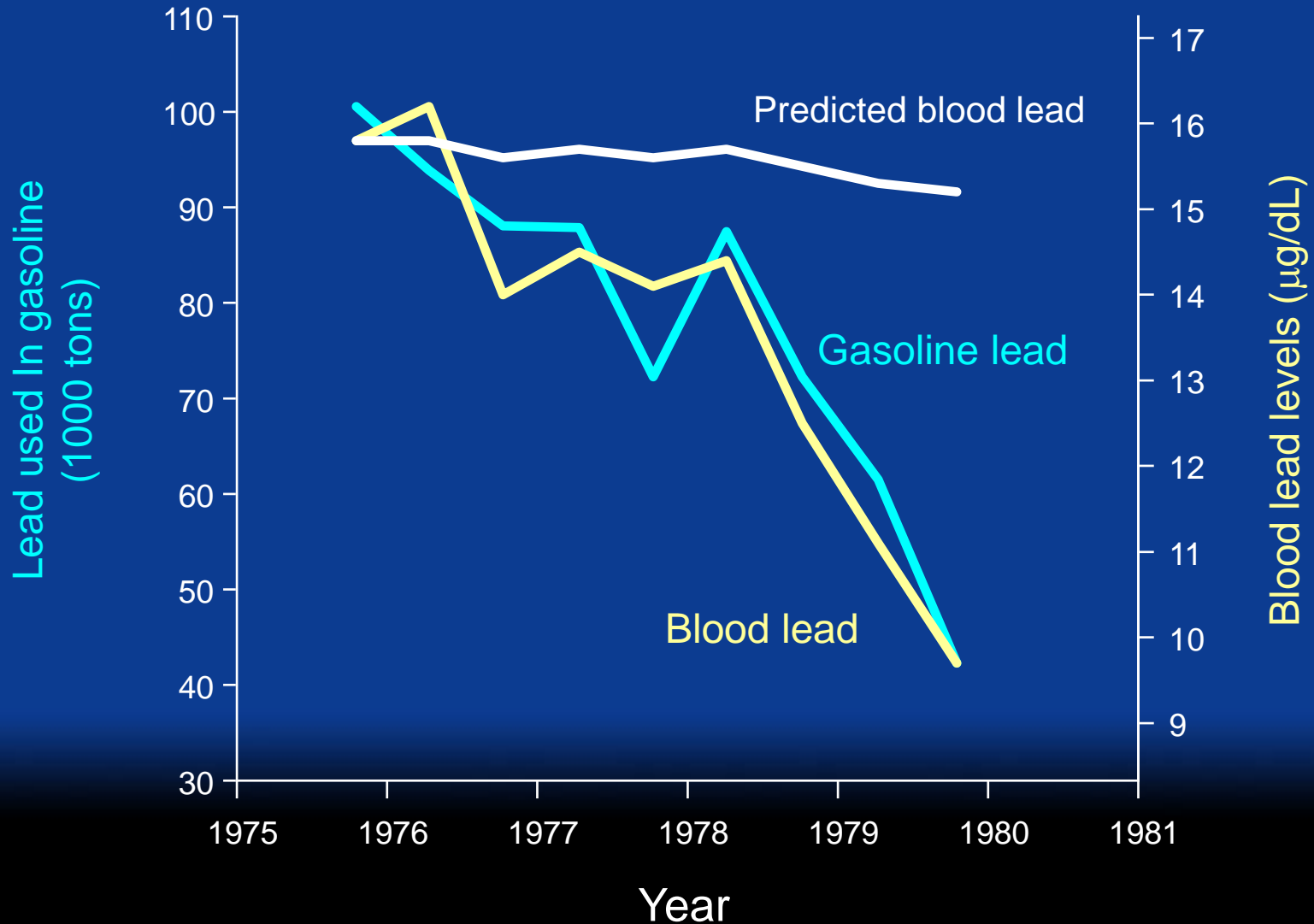


# Environmental modeling predicted only a slight decline in blood lead levels in people

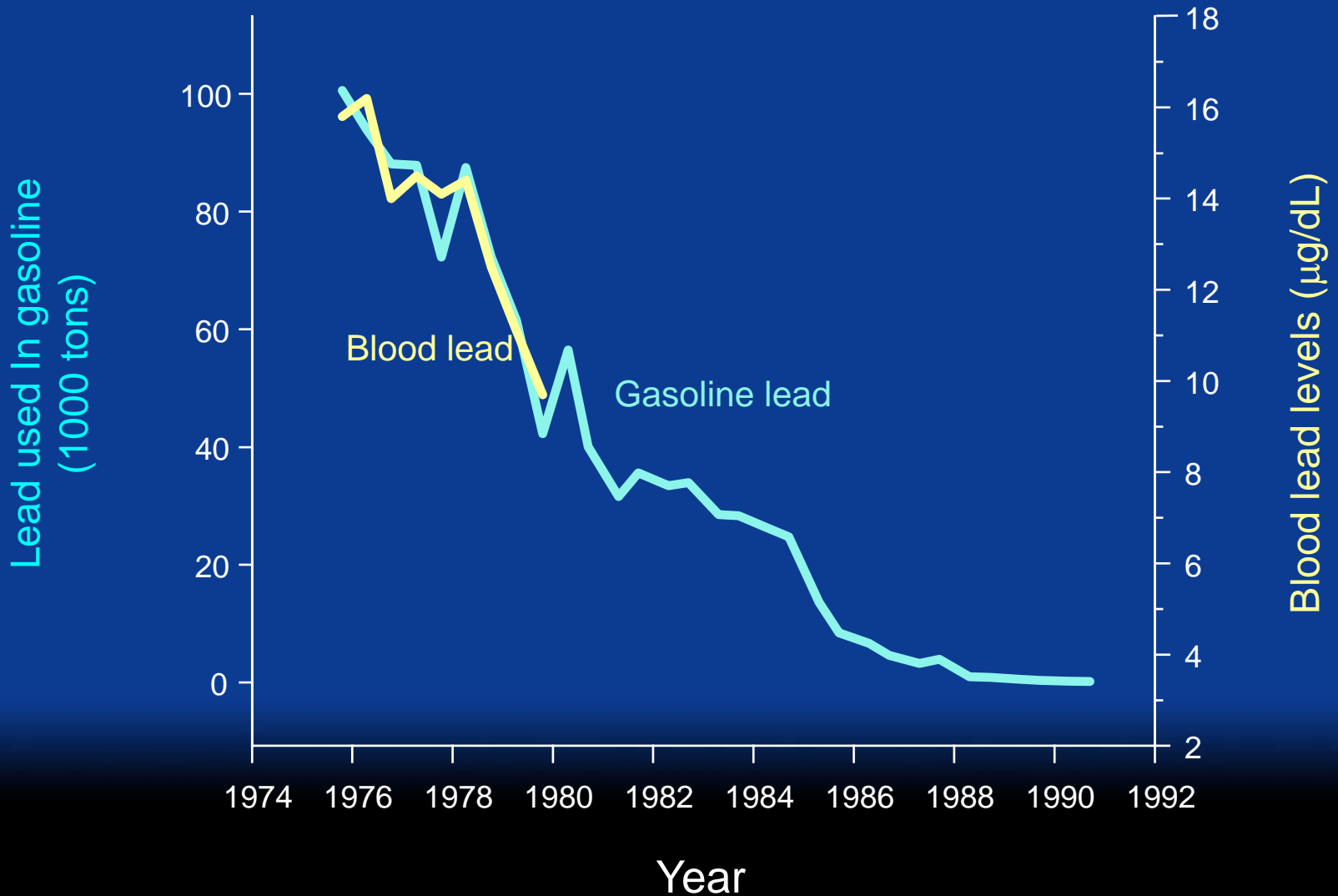


# Lead in gasoline and lead in blood

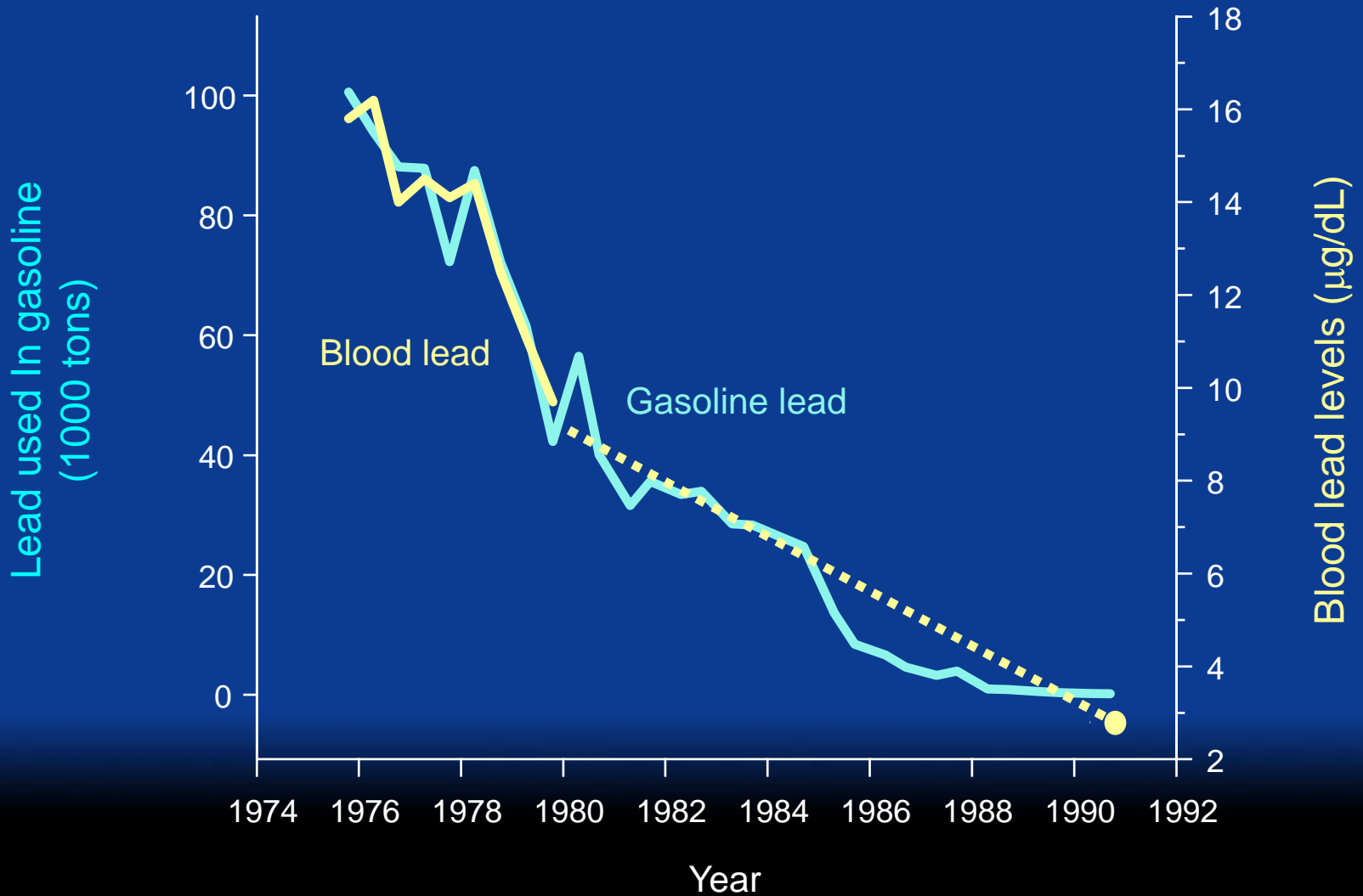
## NHANES II, 1976-1980



# After NHANES II, EPA further restricted leaded gasoline and gasoline lead levels continued to decline through 1991

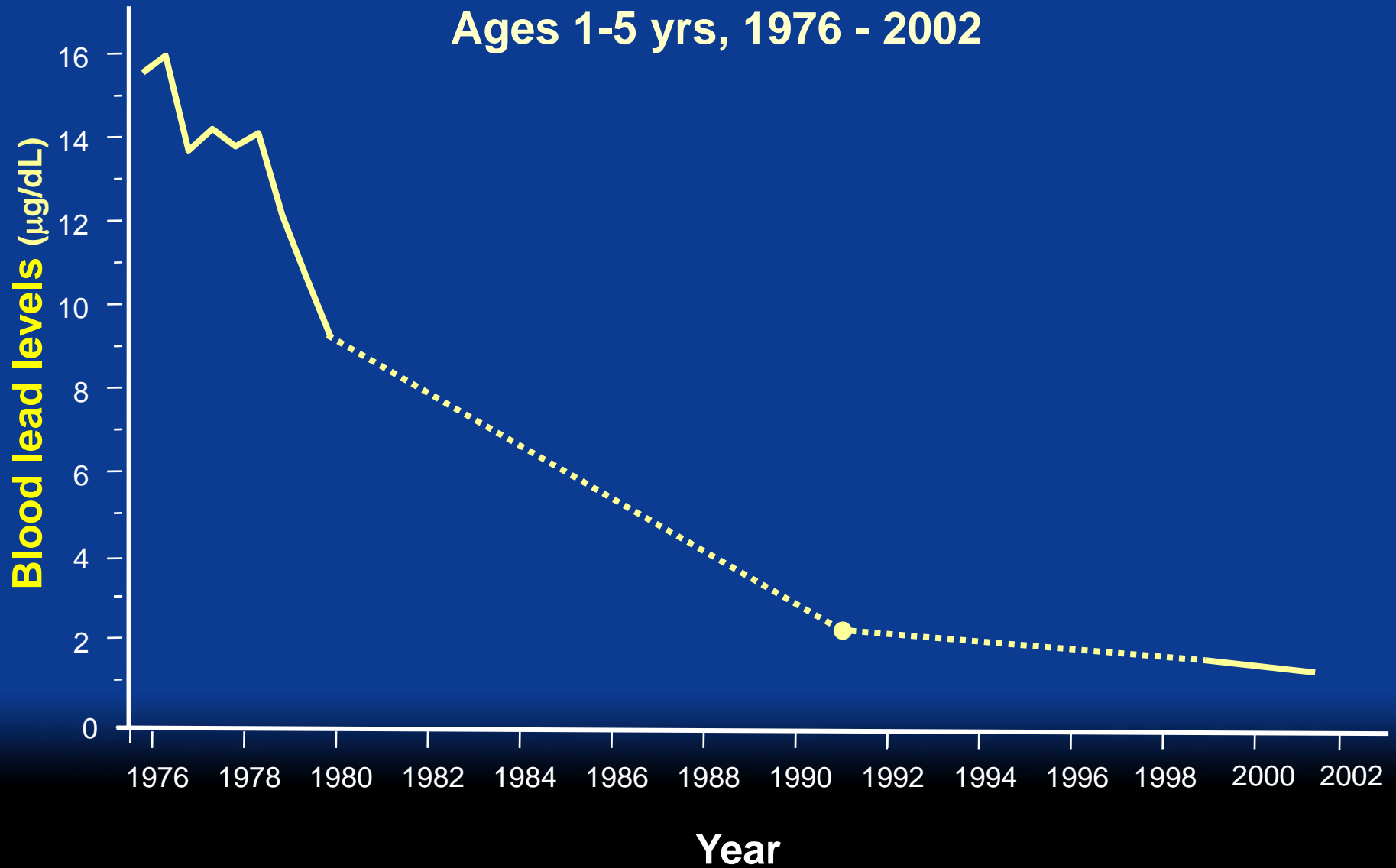


# NHANES III (1988-1994) showed blood lead levels continued to decrease as gasoline levels declined

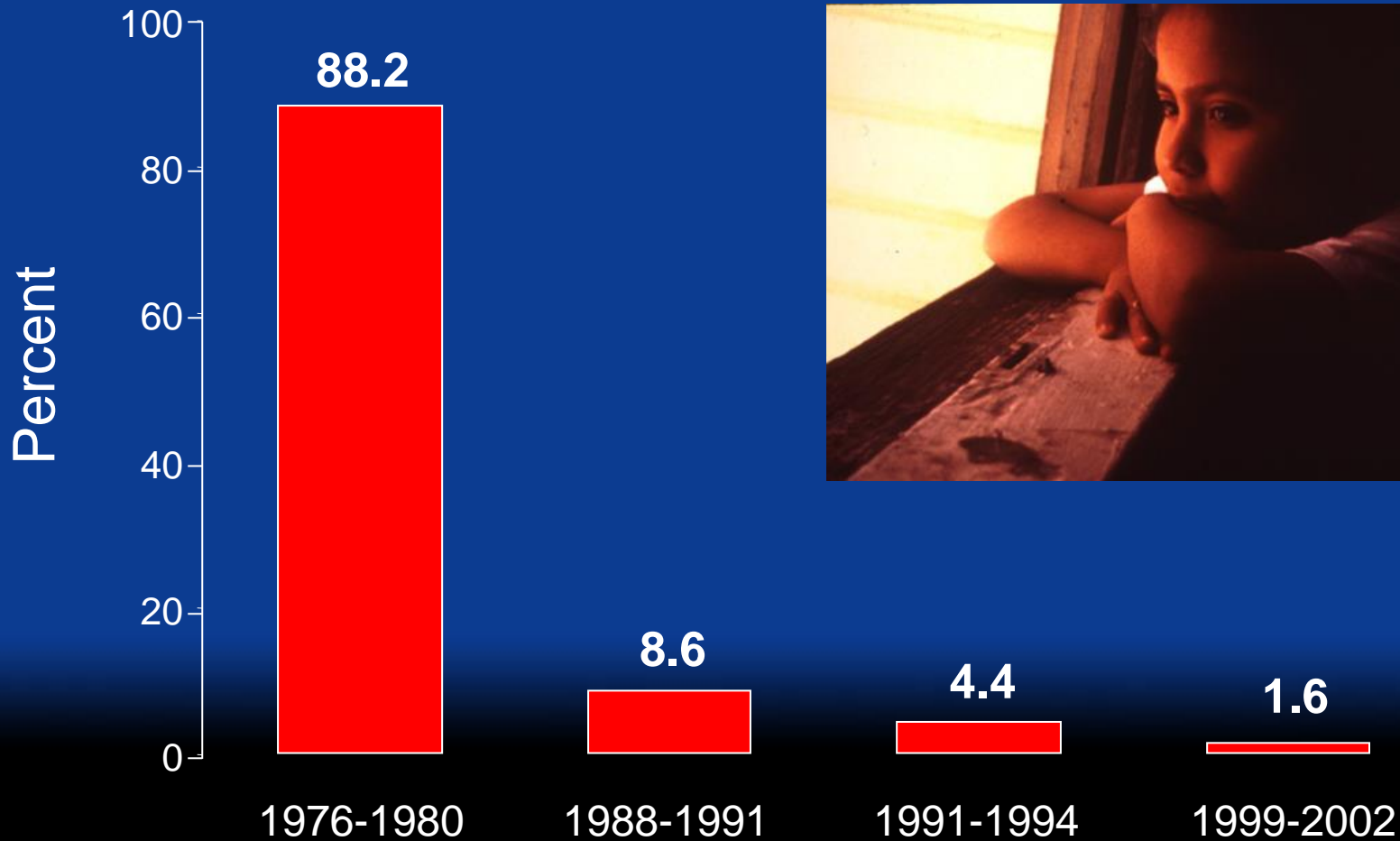


# Blood lead levels in the U.S. Children

## Ages 1-5 yrs, 1976 - 2002



# Percentage of children 1-5 years old in the U.S. population with elevated blood lead levels ( $\geq 10 \mu\text{g}/\text{dL}$ )



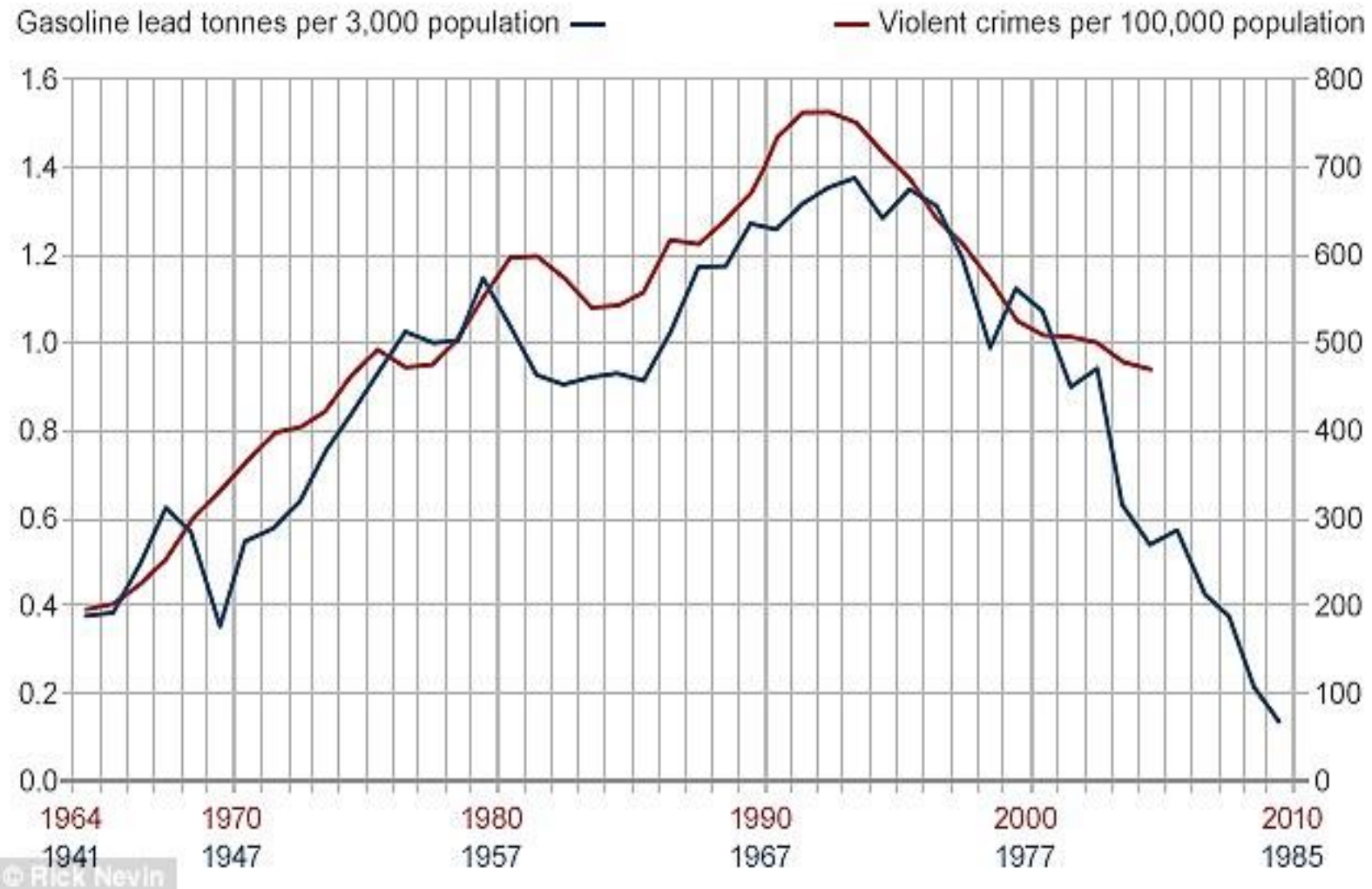


# **Understanding international crime trends: The legacy of preschool lead exposure,**

by Rick Nevin, Environmental Research 104 (2007) 315–336

This study shows a very strong association between preschool blood lead and subsequent crime rate trends over several decades in the USA, Britain, Canada, France, Australia, Finland, Italy, West Germany, and New Zealand. The relationship is characterized by best-fit lags (highest  $R^2$  and t-value for blood lead) consistent with neurobehavioral damage in the first year of life and the peak age of offending for index crime, burglary, and violent crime. The impact of blood lead is also evident in age-specific arrest and incarceration trends. Regression analysis of average 1985–1994 murder rates across USA cities suggests that murder could be especially associated with more severe cases of childhood lead poisoning.

## Lead exposure and violent crime, USA



When the amount of lead in the environment increased, this graph shows a corresponding rise in violent crime two decades later

**ΕΞΑΣΘΕΝΕΣ ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΟ ΠΟΣΙΜΟ  
ΝΕΡΟ.**

**ΕΚΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΗΣ  
ΥΓΕΙΑΣ: ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ  
ΧΗΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ**

**Μελέτη του Εργ. Υγιεινής**

# Μορφές Χρωμίου: σημαντικό!!!



## • Εξασθενές Χρώμιο Cr(VI)

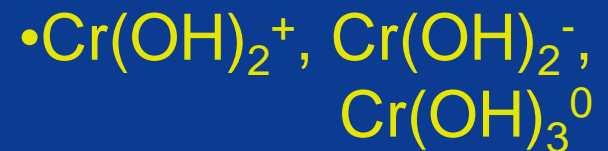


⇒ Ισχυρά διαλυτό

⇒ Ισχυρά ευκίνητο

⇒ Ισχυρά τοξικό (γνωστό  
καρκινογόνο μέσω της  
εισπνοής)

## • Τρισθενές Χρώμιο Cr(III)



⇒ Λιγότερο διαλυτό

⇒ Λιγότερο ευκίνητο

⇒ Λιγότερο τοξικό

# Από πού προέρχεται;



•Βιομηχανία  
χρωμάτων

•Μεταλλουργία  
χρωμίου &  
επιμετάλλωση



•Υπόγειο νερό



•Συντηρητικά  
ξύλου



•Επεξεργασία  
δέρματος

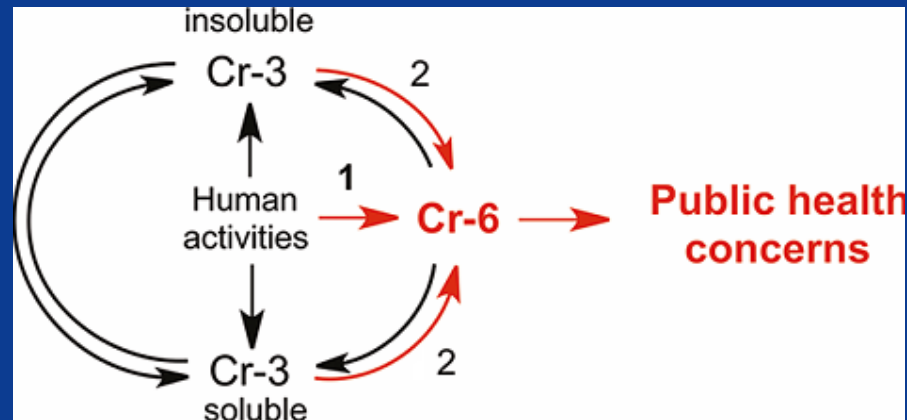
•Πυρίμαχα  
τούβλα



•Φυσικά ορυκτά  
(χρωμίτης,  
οφιόλιθοι ...)



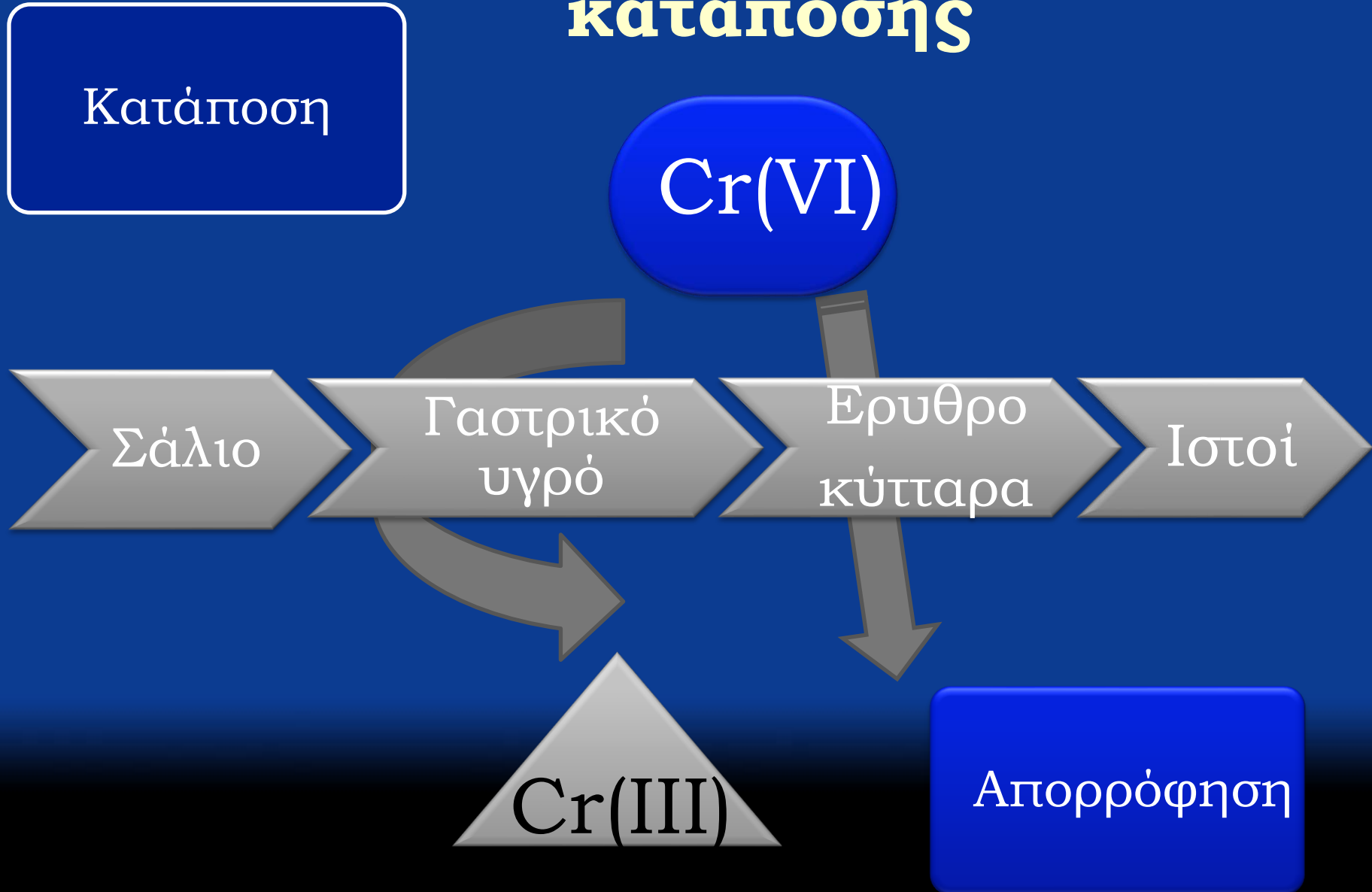
# Το Χρώμιο στο περιβάλλον



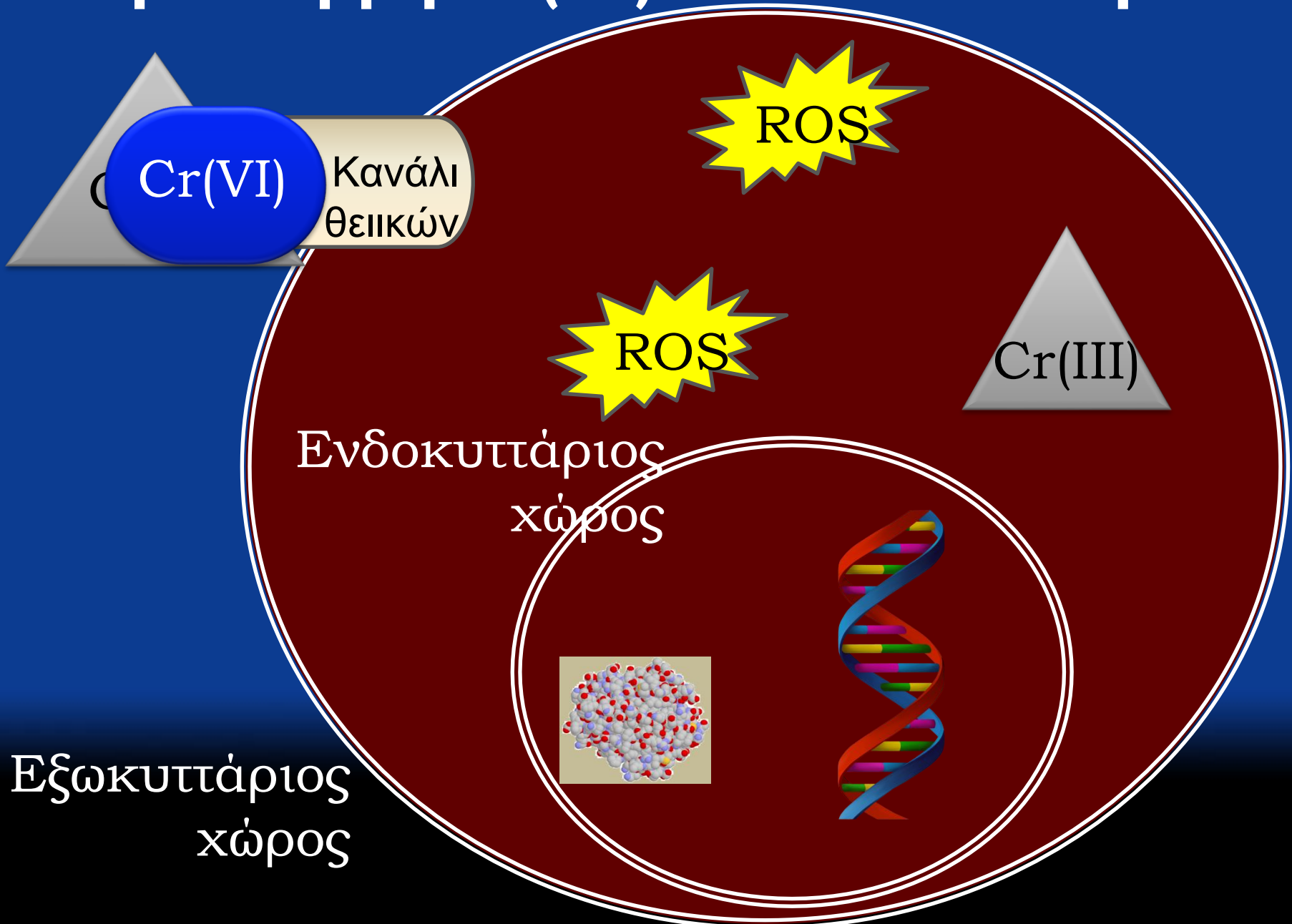
- Οδός 1: η πλέον σημαντική συνολική πηγή Cr(VI), ενώ
- Οδός 2: η πιο σημαντική φυσική διαδικασία σχηματισμού Cr(VI).



# Έκθεση σε Cr(VI) μέσω κατάποσης



# Πρόσληψη Cr(VI) από το κύτταρο





# Μεταβολισμός Cr

- Εξωκυττάρια το  $\text{Cr}^{+6}$  ανάγεται σε  $\text{Cr}^{+3}$
  - Το  $\text{Cr}^{+6}$  εισέρχεται στα κύτταρα
  - Ενδοκυττάρια το  $\text{Cr}^{+6}$  ανάγεται σε  $\text{Cr}^{+3}$
  - Το  $\text{Cr}^{+6}$  ΔΕΝ μπορεί να βλάψει το DNA
  - Το  $\text{Cr}^{+3}$  ΔΕΝ μπορεί να διαπεράσει την κυτταρική μεμβράνη
  - Το  $\text{Cr}^{+3}$  μπορεί να προσδεθεί στο DNA (DNA-adducts) και στις πρωτεΐνες
- Εξωκυττάρια αναγωγή του  $\text{Cr(VI)}$  → διαδικασία μείωσης της τοξικότητας (**detoxification process**) → μη τοξικό και μη εισερχόμενο στο κύτταρο  $\text{Cr(III)}$ .
- Ενδοκυττάρια αναγωγή του  $\text{Cr(VI)}$  → διαδικασία ενεργοποίησης (**activation process**) →  $\text{Cr(III)}$  που αντιδρά με τις πρωτεΐνες και με το DNA και δυνητικά μπορεί να προκαλέσει καρκίνο.

Το σημείο-κλειδί για τον καθορισμό των επιπτώσεων του Cr(VI) στην υγεία μέσω της κατάποσης είναι

• Κατά πόσο το Cr(VI) μπορεί να προσληφθεί ως έχει μέσω του γαστρεντερικού σωλήνα και να θέσει κίνδυνο καρκινογένεσης



• Κατά πόσο το Cr(VI) ανάγεται σε Cr(III), το οποίο προσλαμβάνεται ελάχιστα και έχει πολύ μικρή τοξικότητα

# Biomarkers of exposure and effect

- Χρώμιο στα υγρά και στους ιστούς του σώματος
- *Αιματολογικές*: ↓ HGB, HCT, RBC, MCV, PLT & MCH,  
↑ WBC & αναστολή της πήξης του αίματος.
- *Ηπατικές*: ↑ BIL, LDH, & τρανσαμινάσες του ήπατος.  
↑ τριγλυκερίδια & γλυκόζη

διαφοροποιήσεις στην κατανομή και τη δραστικότητα των ενζύμων του ήπατος.

- *Φλεγμονή*: ↓ (IL)-6, (IL)-1 & tumor necrosis factor (TNF)-α κυτοκίνες
- *Νευρολογικές*: Μία αναφορά έδειξε αποθέσεις Cr σε 3 ανθρώπινους εγκεφάλους.

Μείωση της ικανότητας κίνησης και της ισορροπίας έχει αναφερθεί σε αρουραίους.

Δεν υπάρχουν άλλα δεδομένα γιατί “σε καμία μελέτη δεν έχουν διεξαχθεί πιο ευαίσθητες νευρολογικές, νευροχημικές ή συμπεριφοριστικές αναλύσεις”

# Ισχύουσες κατευθυντήριες τιμές- οδηγοί για το Cr στο πόσιμο νερό

- WHO, Ευρωπαϊκή Ένωση : 50  $\mu\text{g/L}$  Cr
- California EPA: Maximum Contaminant Level 10  $\mu\text{g/L}$  Cr(VI)

# Κίνητρο έρευνας

Οι κάτοικοι της ευρύτερης περιοχής του Ασωπού ποταμού εκτίθενται σε Cr(VI) μέσω του πόσιμου νερού.

# Σκοπός της μελέτης

Προσδιορισμός των συγκεντρώσεων Cr σε εκτεθειμένο γενικό πληθυσμό

και

διερεύνηση των επιπτώσεων στην υγεία που σχετίζονται με μακρόχρονη κατανάλωση πόσιμου νερού που περιέχει Cr σε εύρος συγκεντρώσεων από  $<0,5$  έως  $90 \mu\text{g/L}$

- Συγχρονική επιδημιολογική έρευνα (cross-sectional).
- Είναι η πρώτη επιδημιολογική μελέτη που εξετάζει τις επιπτώσεις στην υγεία που μπορεί να προκληθούν από τη μακρόχρονη κατανάλωση πόσιμου νερού με συγκεντρώσεις Cr(VI) κοντά στο ισχύον όριο (50 ppb) και έχει σχεδιαστεί σε ατομικό επίπεδο.

# Περιοχή μελέτης

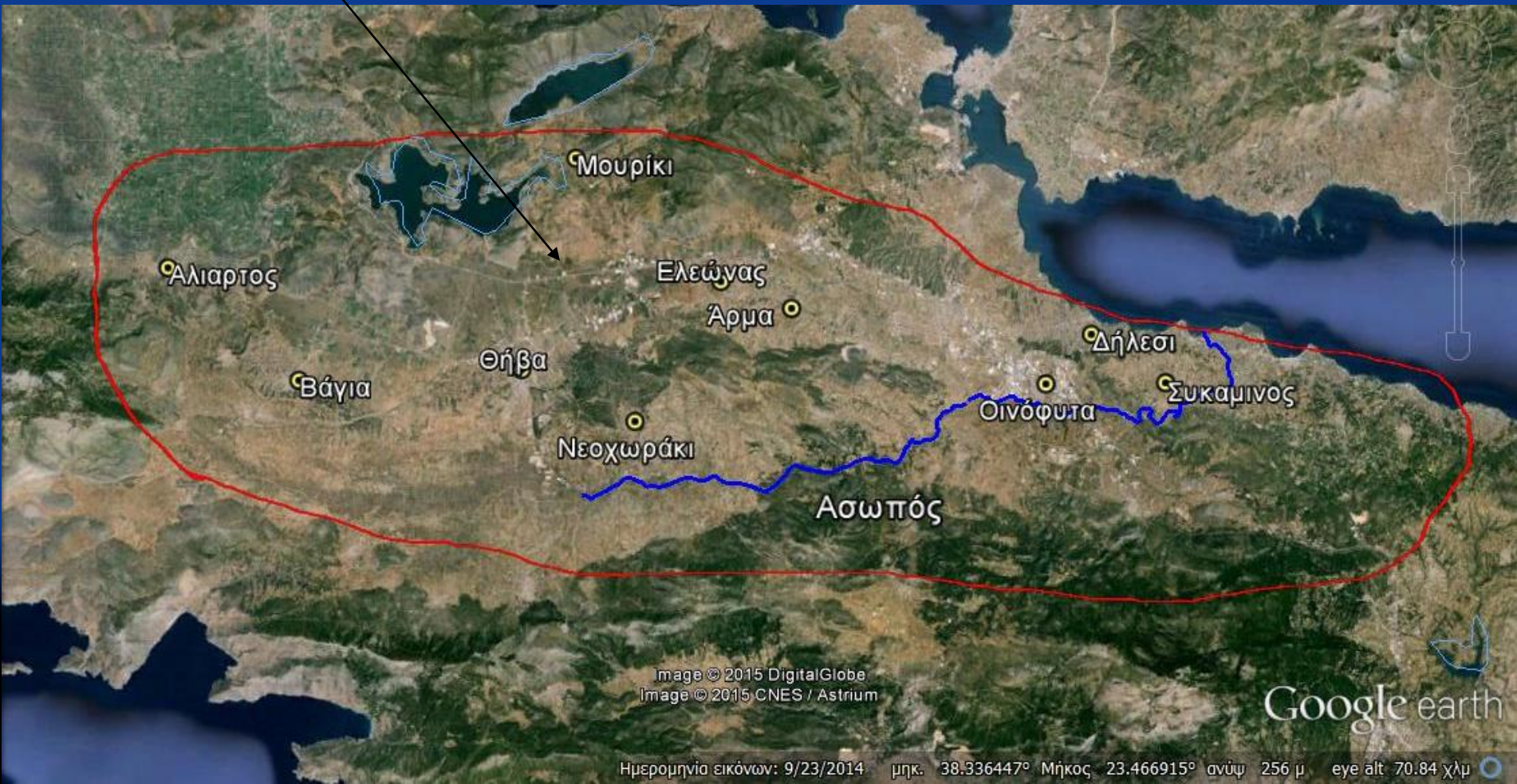
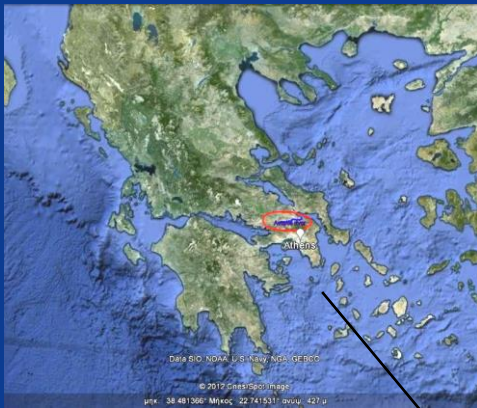


Image © 2015 DigitalGlobe  
Image © 2015 CNES / Astrium

Google earth

Ημερομηνία εικόνων: 9/23/2014 μηκ. 38.336447° Μήκος 23.466915° ανύψ 256 μ eye alt 70.84 χλμ



# Περιοχή μελέτης: χαρακτηριστικά

## Αγροτικές δραστηριότητες



- 5-15% της εθνικής παραγωγής καρότου, κρεμμυδιού και πατάτας

## Βιομηχανικές δραστηριότητες



- 13% της εθνικής βιομηχανικής παραγωγής

# Καθορισμός υπο-περιοχών

Περιοχή Α1  
παρούσα  
έκθεση σε Cr  
μέσω του  
πόσιμου νερού

Περιοχή Α2  
έκθεση σε Cr  
μέσω του  
πόσιμου νερού  
στο παρελθόν

Περιοχή  
Α0  
αναφορά

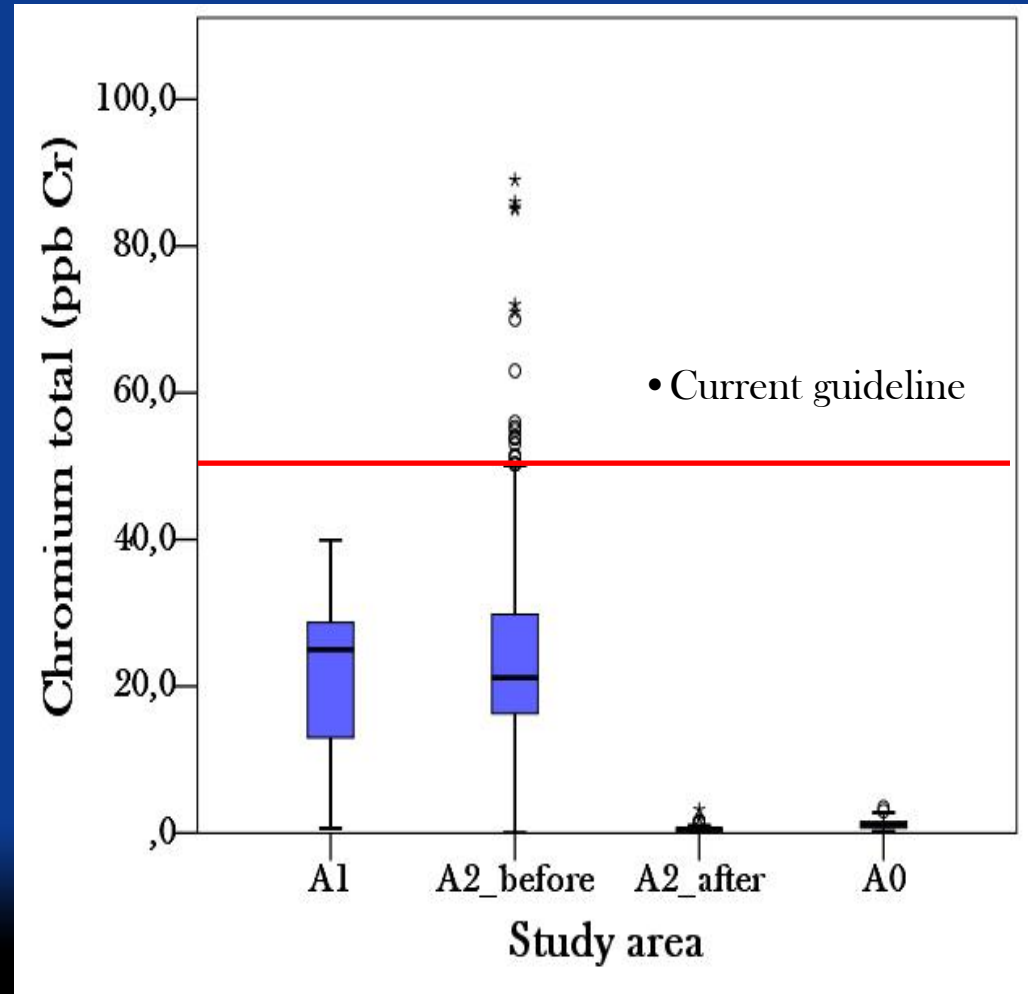
# Cr στο πόσιμο νερό

- Ορυκτολογικές & γεωχημικές μελέτες → ένα ποσοστό του Cr είναι φυσικής προέλευσης.

Ύπαρξη  $MnO_2$  ευνοεί Cr(III) σε Cr(VI) →

$C_{\text{υποβάθρου}}$  έως 50  $\mu\text{g/L}$  Cr(VI).

- $Cr(VI)/Cr_{\text{total}}$  : 0,8–0,9



# Πληθυσμός μελέτης

- 304 ενήλικες εθελοντές, ηλικίας 25-69 ετών και μόνιμοι κάτοικοι της περιοχής για τουλάχιστον τα τελευταία 7 συνεχή έτη
- Διάρκεια έκθεσης: 2 – 69 χρόνια
- Για κάθε συμμετέχοντα υπολογίσθηκε **η προσωπική δια βίου δόση σε χρώμιο** από το πόσιμο νερό. Απαραίτητα στοιχεία ήταν: η συγκέντρωση του Cr στο πόσιμο νερό (δικτύου ή εμφιαλωμένο), το είδος και η ποσότητα του προσλαμβανόμενου νερού ημερησίως, ο τόπος και τα έτη διαμονής και το βάρος σώματος.

# Αναλύσεις σε περιβαλλοντικά δείγματα

## ΝΕΡΟ (N=50)

•Μέταλλα: Cr & Cr(VI), Cd, Pb, Ni, Hg, As,  
Fe, Mn

•Άλλες χημικές παράμετροι: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>,  
NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Cl<sup>-</sup>, Na, K, Ca, Mg, Ba

•Φυσικοχημικές παράμετροι: pH,  
αγωγιμότητα, θολότητα, χρώμα

•Οργανικοί ρυπαντές (POPs) (σε 10%  
των δειγμάτων)

## ΕΔΑΦΟΣ, ΚΑΡΠΟΙ (N=48)

Cr, Cd, Pb, Ni, Hg, As

•Κατασκευάστηκε βάση  
δεδομένων για τα τελευταία  
δέκα έτη (2004–2013) με 676  
προσδιορισμούς ολικού Cr  
και 572 προσδιορισμούς  
Cr(VI) στο πόσιμο νερό  
δήμων και κοινοτήτων, που  
περιελάμβανε ιστορικά  
δεδομένα των πηγών  
υδροδότησης για κάθε  
σημείο

# Προσωπικά δεδομένα

- Ερωτηματολόγιο.

α) **Δημογραφικά χαρακτηριστικά:** ηλικία, φύλο, διάρκεια και ιστορικό διαμονής, οικογενειακή κατάσταση, μορφωτικό επίπεδο, οικονομικό επίπεδο, εργασιακή κατάσταση.

β) **Ιατρικό ιστορικό:** παθολογικές καταστάσεις, κληρονομικές ασθένειες.

γ) **Εργασιακό ιστορικό.**

δ) **Τρόπος ζωής:** φυσική δραστηριότητα, κάπνισμα, αλκοόλ, διατροφικές συνήθειες, κατανάλωση τοπικών προϊόντων.

ε) **Είδος και ποσότητα πόσιμου νερού** (νερό δικτύου ύδρευσης / εμφιαλωμένο / ιδιωτική γεώτρηση / άλλο) τώρα και στο παρελθόν.

## Προσωπικά δεδομένα

- **Εξέταση:** βάρος και ύψος, συστολική και διαστολική πίεση αίματος.
- **Νευρολογική εξέταση:** *Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) \_ Motor examination test:* Εκτίμηση κινητικής δυσκολίας και επιδείνωσης.
- **Βιολογικά δείγματα-Biomarkers.**

**Δείγματα αίματος:** γενική αίματος και βιοχημική εξέταση, ολικό χρώμιο και συγκεκριμένες κυτοκίνες (παράγοντες φλεγμονής).

**Δείγματα μαλλιών:** ολικό χρώμιο, κάδμιο, μόλυβδος, νικέλιο, υδράργυρος, ψευδάργυρος.

Σύγκριση με επίπεδα μετάλλων σε ελληνικό πληθυσμό βάσης, που έχει αναπτυχθεί παλιότερα στο εργαστήριό μας (Leotsinidis and Kondakis 1990).

# Υπολογισμός προσωπικής δια βίου δόσης χρωμίου

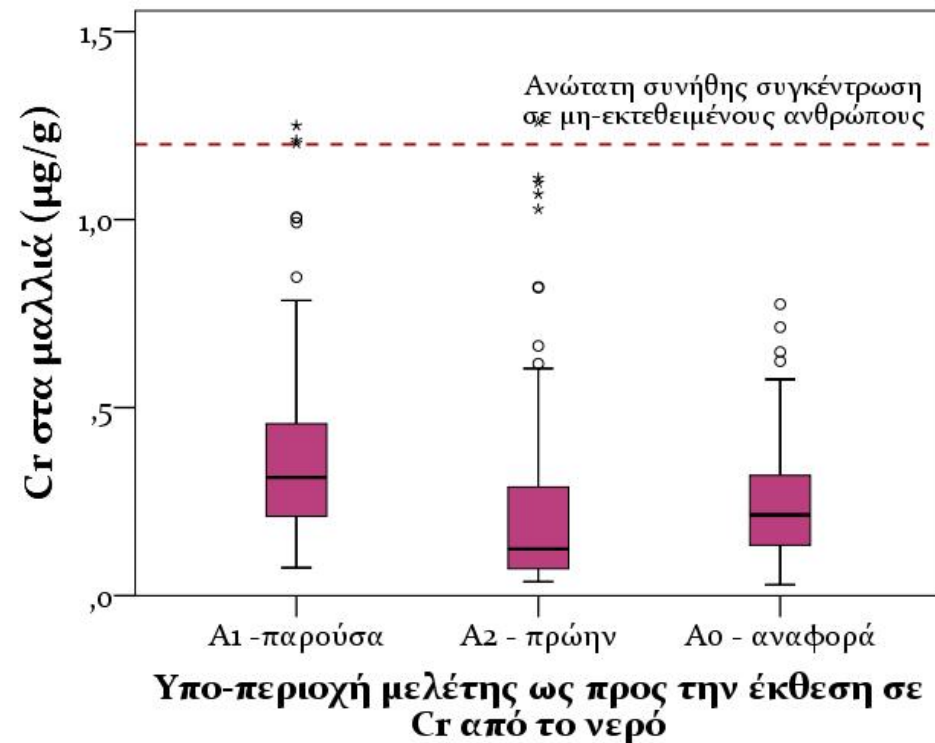
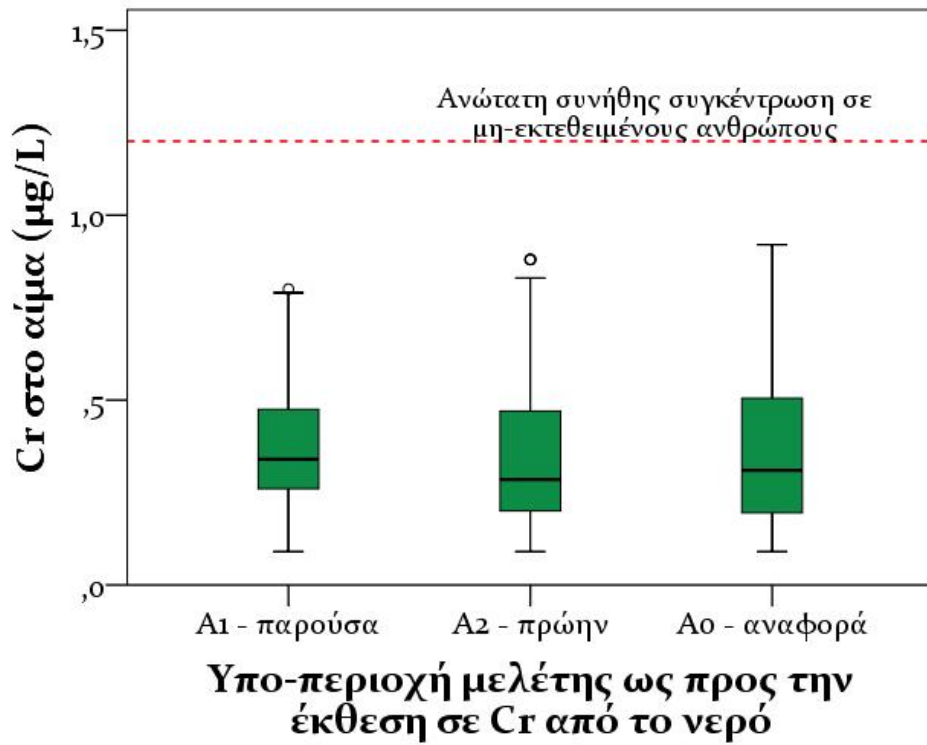
- Ένας άνθρωπος μένει 40 χρόνια σε ένα χωριό και πίνει νερό δικτύου.
- Το νερό δικτύου έχει μέση συγκέντρωση χρωμίου 20  $\mu\text{g}/\text{L}$ .
- Ο άνθρωπος πίνει κατά μέσο όρο 1 λίτρο νερό την ημέρα.
- Όλη τη ζωή του έχει εκτεθεί σε  
 $20 \mu\text{g}/\text{L} \times 1\text{L}/\text{ημέρα} \times 365 \text{ ημέρες}/\text{έτος} \times 40 \text{ έτη} = 292000 \mu\text{g}$  χρωμίου.
- Το σύνηθες βάρος του ανθρώπου είναι 70 κιλά. Άρα η προσωπική δια βίου δόση χρωμίου υπολογίζεται σε  $292000 \mu\text{g} / 70 \text{ kg} = 4171 \mu\text{g}/\text{kg bw}$ .



# Προσωπική δια βίου δόση χρωμίου ( $\mu\text{g}/\text{kg bw}$ )

	A1 (N=122)	A2 (N=115)	A0 (N=67)	ΣΥΝΟΛΟ (N=304)
<b>Διάμεσος</b>	3738,0	1654,6	307,1	1533,1
<b>Εύρος</b>	26,1 - 21574,7	8,6-29281,1	54 - 3736,7	8,6 - 29281,1

# Cr στο αίμα και στα μαλλιά



# Αναφερθείσες τιμές αναφοράς για το Cr

- Cr στο αίμα:  $<0,04-1,20 \mu\text{g/L}$  *Alimonti et al., 2005; Rodushkin et al., 1999*
- Cr στα μαλλιά:  $0,03-1,20 \mu\text{g/g}$  *Iyengar, 1998*  
 $0,001-4,56 \mu\text{g/g}$  *Mikulewicz et al., 2013*  
 $0,33 - 0,86 \mu\text{g/g}$  (25<sup>th</sup> – 75<sup>th</sup>) *Leotsinidis & Kondakis, 1990*

**στον πληθυσμό μας**

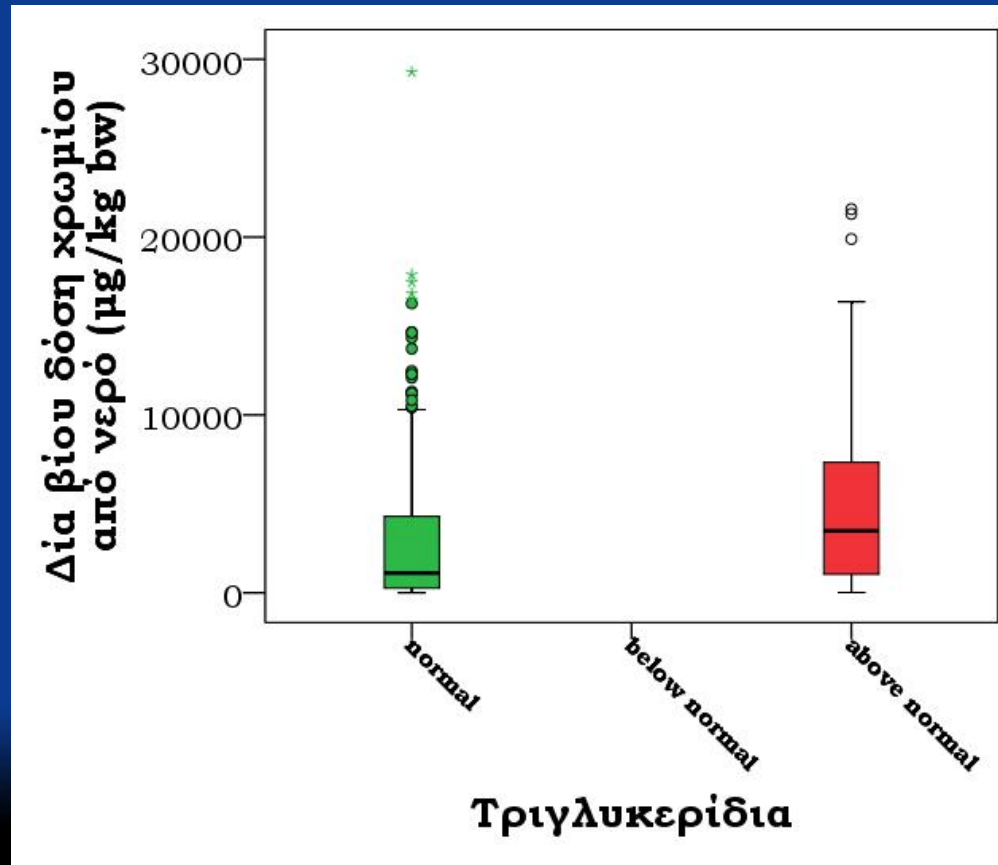
Cr στον οργανισμό εντός των «τιμών αναφοράς»

# Ταξινόμηση των συμμετεχόντων με βάση τις αιματολογικές/βιοχημικές αναλύσεις τους

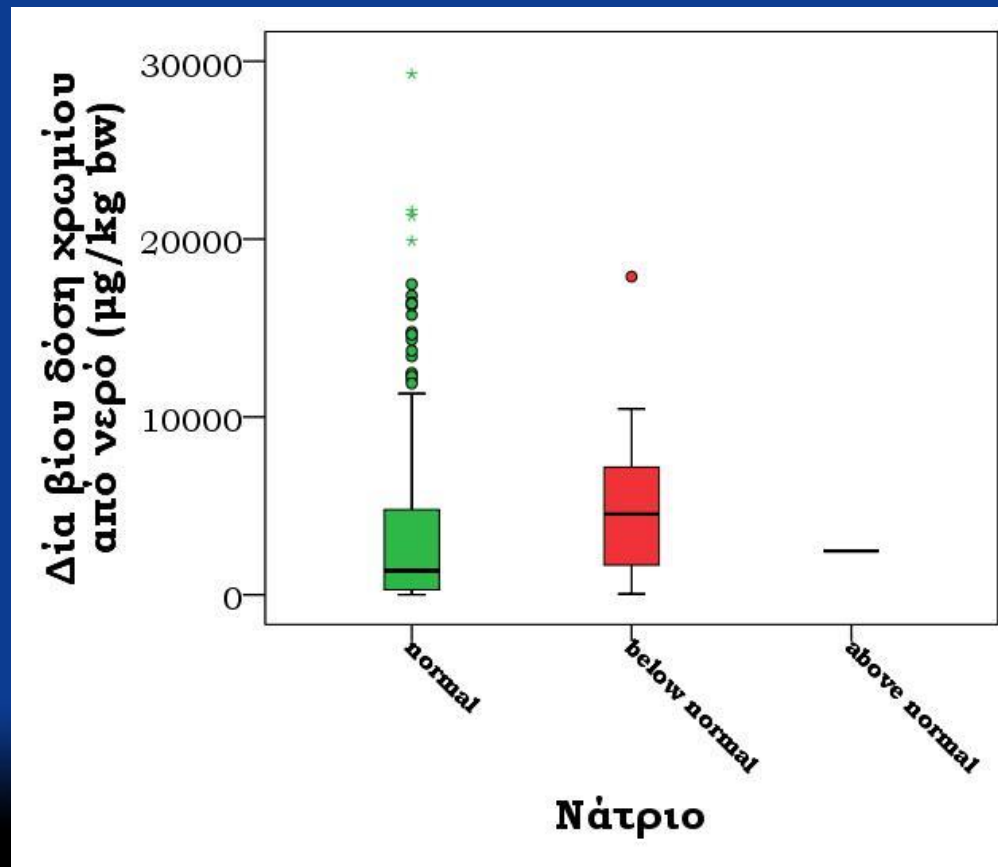
- Για να ερευνηθεί περαιτέρω εάν οι συσχετίσεις που βρέθηκαν μεταξύ της δόσης χρωμίου και των αιματολογικών/βιοχημικών παραμέτρων, έχουν οδηγήσει σε μη φυσιολογικές τιμές

οι συμμετέχοντες ταξινομήθηκαν σε ομάδες ανάλογα με τις τιμές (φυσιολογικές ή μη) που έδειξαν για κάθε παράμετρο.

# Δία βίου δόση χρωμίου ανά ομάδα πληθυσμού ως προς τη συγκέντρωση τριγλυκεριδίων.



# Δία βίου δόση χρωμίου ανά ομάδα πληθυσμού ως προς τη συγκέντρωση νατρίου.



# Συμπεράσματα

- «Συνήθεις» συγκεντρώσεις χρωμίου στο αίμα και στα μαλλιά των συμμετεχόντων σε σύγκριση με τιμές αναφοράς που έχουν εξαχθεί από υγιείς πληθυσμούς.
- Η πρόσληψη χρωμίου από το πόσιμο νερό ΔΕΝ συνδέεται
  - με διαταραχές της κινητικότητας
  - με διαγνωσμένες ασθένειες που δηλώθηκαν από τους συμμετέχοντες (αναπνευστικά, κυκλοφορικά, καρδιολογικά προβλήματα, διαταραχές θυρεοειδούς, καρκίνοι όλων των τύπων, κλπ.)
  - Οι ομάδες των συμμετεχόντων με υψηλά τριγλυκερίδια ή με χαμηλό νάτριο διέφεραν ως προς τη δόση χρωμίου από τους υπόλοιπους.