

Όριο κατά OSHA στον αέρα εργασιακού χώρου: 10 ppm

Όριο κατά EPA στο πόσιμο νερό: 10 mg/L

Όριο κατωφλίου οσμής για το χλωροφόρμιο:  
200–300 ppm

## Περαιτέρω μελέτη

Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 1988.  
*Toxicological Profile for Chloroform*. Washington, D.C.:  
U.S. Public Health Service.

## Χρώμιο

---

### Εισαγωγή

Το χρώμιο (chromium) είναι ένα μέταλλο που χρησιμοποιείται ευρέως στον επιχρωμιωμένο και στον ανοξείδωτο χάλυβα. Έχει τη μοναδική ιδιότητα να είναι σε μια μορφή του αναγκαίο για την ανθρώπινη υγεία, ενώ σε μια άλλη μορφή αποτελεί μία από τις ισχυρότερες γνωστές αιτίες καρκίνου του πνεύμονα. Συνήθως καταλαμβάνει τη δεύτερη θέση μετά το **βενζόλιο** στον κατάλογο τοξικότητας, ως ρυπαντής αέρα. Οι μικρές μονάδες επιχρωμίωσης κοντά σε κατοικημένες περιοχές και οι πύργοι ψύξης των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι οι δύο κύριες πηγές επικίνδυνων εκθέσεων.

### Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Το χρώμιο συναντάται στη φύση σε τρεις σταθερές μορφές: ως μεταλλικό χρώμιο, ως χρώμιο (III) και ως χρώμιο (VI). Το χρώμιο είναι ένα μεταλλικό στοιχείο με ατομικό αριθμό 24 στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων. Συναντάται ευρέως στο ορυκτό χρωμίτης, από το οποίο ανακτάται με τη διεργασία του εξευγενισμού. Το μεταλλικό χρώμιο είναι εξαιρετικά ανθεκτικό σε χημική προσβολή (διάβρωση και οξείδωση), γεγονός που εξηγεί και τη χρήση του ως συστατικό κραμάτωσης στον ανοξείδωτο χάλυβα και ως επικάλυψη (επιχρωμίωση). Το χρώμιο (III) και το χρώμιο (VI) είναι μορφές του χρωμίου που συνδυάζονται με άλλα στοιχεία για να σχηματίσουν ενώσεις. (Η ρωμαϊκή αρίθμηση αφορά σε μια ιδιότητα που καλείται σθένος και προσδιορίζει τους τύπους των ενώσεων ή των χημικών αντιδράσεων στις οποίες μια ουσία μπορεί να συμμετέχει.)

Το χρώμιο (III) (ή τρισθενές χρώμιο) είναι η μορφή που συναντάται ευρύτερα στο περιβάλλον. Είναι η σταθερότερη μορφή από τις άλλες δύο και είναι απαραίτητη για την ανθρώπινη υγεία, γιατί συμβάλλει μαζί με την ινσουλίνη στη διατήρηση των κατάλληλων επιπέδων σακχάρου στο αίμα. Το χρώμιο (VI) (ή εξασθενές χρώμιο) είναι η σημαντικότερη εμπορική μορφή λόγω των χημικών ιδιοτήτων, αλλά μπορεί να προκαλέσει και άμεσες επιπτώσεις στην υγεία και καρκίνο του πνεύμονα. Το χρώμιο (VI)

γρήγορα μετατρέπεται από *οργανική ύλη* σε χρώμιο (III), έτσι ώστε οι σημαντικές ποσότητες χρωμίου (VI) που ανιχνεύονται στο περιβάλλον να είναι σχεδόν πάντα αποτέλεσμα εκλύσεων από ανθρώπινες δραστηριότητες.

## Έκθεση και διασπορά

Οι περισσότεροι άνθρωποι εκτίθενται μόνο στο χρώμιο (III) (η απαραίτητη μορφή) από τα τρόφιμα και σε μικρότερο βαθμό από το νερό. Ο αέρας έχει μια σχετικά μικρή συμβολή, εκτός από τον αέρα που υπάρχει κοντά σε ορισμένα εργοστάσια. Η χαρακτηριστική καθημερινή λήψη χρωμίου σε έναν ενήλικα κυμαίνεται από 0,03 σε 0,1 χιλιοστόγραμμα, το 90% της οποίας προέρχεται από τα τρόφιμα. Εντούτοις, τα βρέφη μέχρι 6 μηνών που τρέφονται αποκλειστικά με γάλα σε σκόνη λαμβάνουν πάνω από το 99% της δόσης χρωμίου από το νερό που χρησιμοποιείται για να διαλύσει τη σκόνη. Αυτό το παράδειγμα εξηγεί την άποψη ότι τα επίπεδα των ουσιών στο πόσιμο νερό, ενώ θεωρούνταν ασφαλή για τους ενήλικες, ενδέχεται να είναι επικίνδυνα για τα μωρά που τρέφονται αποκλειστικά με γάλα σε σκόνη, των οποίων η λήψη θρεπτικών συστατικών βασίζεται εξ ολοκλήρου στο πόσιμο νερό. Οι γονείς των μωρών που τρέφονται με γάλα σε σκόνη θα πρέπει να εξακριβώνουν την ποιότητα του τοπικού δικτύου τροφοδοσίας νερού και, εάν υπάρχουν αμφιβολίες, θα πρέπει να αναζητούν άλλη πηγή νερού για να διαλύουν τη σκόνη γάλατος ή θα πρέπει να χρησιμοποιούν εκείνους τους τύπους γάλατος που είναι από την παρασκευή τους έτοιμοι προς πόση. Καμία επίπτωση δεν έχει αναφερθεί από τις συνηθισμένες εκθέσεις στο χρώμιο (III). Η Εθνική Ακαδημία Επιστημών στις ΗΠΑ θεωρεί ως επαρκή αλλά ασφαλή λήψη χρωμίου τα 0,05 έως 0,20 χιλιοστόγραμμα την ημέρα.

Το χρώμιο (VI), η επικίνδυνη μορφή, χρησιμοποιείται για τη βελτιστοποίηση της επιφάνειας των μετάλλων (επικάλυψη χρωμίου), την παραγωγή χημικών χρωμίου, τις χρωστικές ουσίες για τις υφάνσιμες ύλες, τη βυρσοδεψία και ορισμένα συντηρητικά ξύλου (χρωμιωμένος αρσενικός χαλκός). Χρησιμοποιείται επίσης στους πύργους ψύξης των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για να αποτρέπει τη διάβρωση στους ψυχόμενους σωλήνες ψύξης. Η διαρροή από τους πύργους ψύξης μπορεί

να αποτελεί μια σημαντική πηγή έκθεσης σε χρώμιο (VI) στις περιοχές που γειτνιάζουν με τις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, χρώμιο (VI) ελευθερώνεται όταν αποτεφρώνονται τα δημοτικά απορρίμματα και όταν διατίθενται η ιλύς και τα απόβλητα λυμάτων από τις διεργασίες ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης και εξευγενισμού του ορυκτού χρωμίτη. Τα στερεά απόβλητα που περιέχουν χρώμιο (VI) μπορεί να αποτελέσουν κίνδυνο όταν απορρίπτονται στις περιοχές υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, επειδή αυτή η μορφή χρωμίου είναι πολύ ευκίνητη στα υπόγεια νερά, ενώ, αντιθέτως, το χρώμιο (III) δεν είναι. Οι συγκεντρώσεις του χρωμίου (VI) μπορούν να είναι υψηλές στα εργοστάσια, σε οποιεσδήποτε από τις προαναφερθείσες βιομηχανίες και στις περιοχές που γειτνιάζουν με τέτοια εργοστάσια. Τα συνήθη περιβαλλοντικά επίπεδα χρωμίου δίνονται στον Πίνακα 46, αλλά δυστυχώς, δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ επικίνδυνων και μη επικίνδυνων μορφών.

Η παραγωγή χάλυβα, η καύση του κάρβουνου και του πετρελαίου, καθώς και η παραγωγή χημικών χρωμίου ελευθερώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό χρωμίου στον αέρα. Οι διαδικασίες ηλεκτρολυτικής επιμετάλλωσης, τα βυρσοδεψεία και οι διεργασίες παραγωγής υφάνσιμων υλών αποτελούν τις μεγαλύτερες καταναλώτριες νερού. Οι βιομηχανίες παρασκευής χημικών χρωμίου και οι εγκαταστάσεις εξευγενισμού του ορυκτού χρωμίτη είναι οι μεγαλύτερες πηγές στερεών αποβλήτων που περιέχουν χρώμιο. Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η συνολική κατανάλωση χρωμίου στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν περίπου 500.000 τόνοι το χρόνο, το 60% των οποίων αφορούσε στις μεταλλουργικές χρήσεις, το 21% στην παραγωγή χημικών και το 18% σε χρήση στην εσωτερική επένδυση φούρνων (χρήσεις στην παραγωγή προϊόντων ανθεκτικών σε υψηλές θερμοκρασίες).

## Επιπτώσεις στην υγεία

Το μέταλλο χρώμιο φαίνεται να είναι βιολογικά αδρανές και γι' αυτό δεν έχει αναφερθεί καμία επίπτωση. Το χρώμιο (III) είναι απαραίτητο για την υγεία των ανθρώπων, ενώ όλες οι τυπικές εκθέσεις θεωρούνται ότι είναι ασφαλείς. Οι ενώσεις χρωμίου (VI) είναι υπεύθυνες για την πλειονότητα των επιπτώσεων του χρωμίου.

Το χρώμιο (VI) μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο ήπαρ και στους νεφρούς, εσωτερική αιμορραγία, *δερματίτιδα*, βλάβη του αναπνευστικού συστήματος και καρκίνο των πνευμόνων, αν και μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1990 είναι σπάνια τα περιστατικά δηλητηρίασης από χρώμιο, λόγω των βελτιώσεων που έχουν επιτευχθεί στη βιομηχανική ασφάλεια και υγιεινή. Μόλις έξι περιστατικά *οξείας δηλητηρίασης* έχουν αναφερθεί από το 1935, αλλά τα περισσότερα απ' αυτά ήταν θανατηφόρα, παρά τη θεραπευτική αγωγή που ακολουθήθηκε. Οι μακροχρόνιες εκθέσεις του αναπνευστικού συστήματος και του δέρματος μπορεί να προκαλέσουν διάτρηση και έλκος του *ρινικού διαφράγματος*, *φλεγμονή* των ρινικών διόδων, συχνές αιμορραγίες της μύτης και *δερματικά έλκη*. Αυτές οι επιπτώσεις συνήθως εμφανίζονται μετά από βιομηχανικές εκθέσεις. Η πιο συνηθισμένη απόκριση είναι μια αλλεργική αντίδραση του δέρματος (αλλεργική δερματίτιδα λόγω επαφής) μετά από έκθεση στο χρώμιο σε διάφορα προϊόντα, όπως το δέρμα, το τσιμέντο, η μαγιά μύρας, τα συντηρητικά ξύλου, το αστάρι, η κόλλα και οι χρωστικές ουσίες. Τέτοιες αντιδράσεις μπορούν συχνά να αντιμετωπιστούν επιτυχώς με κρέμες υδροκορτιζόνης ή με διαλύματα ασκορβικού οξέος (βιταμίνης C).

Ο καρκίνος του πνεύμονα είναι πλέον γνωστό ότι είναι μια πιθανή συνέπεια της εισπνοής ενώσεων χρωμίου (VI). Η Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας (EPA) των ΗΠΑ τοποθετεί το χρώμιο (VI) στην πρώτη από τις τέσσερις κατηγορίες στη σειρά κατάταξης των ουσιών με βάση την καρκινογόνο τους ισχύ και το ταξινομεί στην ομάδα Α, το οποίο σημαίνει ότι υπάρχουν επαρκή στοιχεία που αποδεικνύουν ότι προκαλεί καρκίνο στους ανθρώπους (βλέπε Κεφάλαιο 3, Υποκεφάλαιο Β). Τα περιστατικά που έχουν καταγραφεί σε εργαζόμενους στις βιομηχανίες χημικών χρωμίου στις Ηνωμένες Πολιτείες, τη Μεγάλη Βρετανία, την πρώην Δυτική Γερμανία και την Ιαπωνία αποδεικνύουν ότι υπάρχει σαφής σχέση μεταξύ της έκθεσης σε χρώμιο και του καρκίνου των πνευμόνων. Τα εργαστηριακά πειράματα επιβεβαιώνουν περαιτέρω ότι οι ενώσεις χρωμίου (VI) (ή τα δραστικά τους ενδιάμεσα μέσα στα κύτταρα) μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο γενετικό υλικό. Άλλες μελέτες σε πειραματόζωα δείχνουν ότι αυτή η μορφή χρωμίου μπορεί να προκαλέσει εμβρυικές δυσμορφίες και προβλήματα αναπαραγωγής.

## Προστασία και πρόληψη

Αποφεύγοντας τη μακροχρόνια παραμονή στα εργοστάσια που παράγουν ή χρησιμοποιούν χημικά χρωμίου, στους πύργους ψύξης των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και στους δημοτικούς αποτεφρωτήρες απορριμμάτων θα μειώσετε την έκθεση στο χρώμιο (VI). Ο ανοξείδωτος χάλυβας και οι εγκαταστάσεις παραγωγής δύστηκτου χάλυβα, οι διαδικασίες ηλεκτρολυτικής επιχρωμίσωσης και άλλες σημαντικές βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι επίσης πηγές έκθεσης σε χρώμιο και θα πρέπει να αποφεύγονται όσο το δυνατόν περισσότερο. Οι περισσότερες μονάδες ηλεκτρολυτικής επιχρωμίσωσης είναι μικρής δυναμικότητας και είναι ευρέως διασκορπισμένες σε αστικές περιοχές, ενώ μερικές φορές βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικημένες γειτονιές. Τα παιδιά δεν θα πρέπει να επιτρέπεται να παίζουν κοντά σε αυτές τις επιχειρήσεις ή σε παρακείμενες παιδικές χαρές, επειδή τα χώματα μπορεί να έχουν μολυνθεί.

Οι ασυνήθιστες δερματικές αναφυλαξίες που εμφανίζονται μετά από επαφή με προϊόντα που περιέχουν χρώμιο συνήθως μπορούν να αντιμετωπιστούν με τοπική επάλειψη ειδικών παρασκευασμάτων, ενώ θα πρέπει να αποφεύγεται η περαιτέρω επαφή με το ύποπτο προϊόν. Τα κατάλληλα ρούχα (μακριά μανίκια, παντελόνια και γάντια) μπορεί να επαρκούν για να περιορίσουν την έκθεση του δέρματος. Οι οξείες εκθέσεις που θα μπορούσαν να συμβούν σε ένα εργαστήριο, σε μια βιομηχανική μονάδα ή με την τυχαία κατάποση του χρωμιωμένου συντηρητικού ξύλων πρέπει να αντιμετωπίζονται αμέσως από εκπαιδευμένο ιατρικό προσωπικό.

## Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Το χρώμιο δε *βιοσυγκεντρώνεται* στην τροφική αλυσίδα. Το χρώμιο φυσικής προέλευσης έχει συνδεθεί με την έλλειψη γονιμότητας του εδάφους μόνο σε μερικές περιοχές λόγω των υψηλών συγκεντρώσεών του σ' αυτές. Όμως, το χρώμιο στη μορφή των χημικών χρωμικών αλάτων είναι ιδιαίτερα τοξικό για τα φυτά, και τα άλατα χρωμίου θα πρέπει να αποφεύγονται σε όλα τα λιπάσματα για την ανάπτυξη των φυτών. Το χρώμιο (VI) είναι τοξικό για την υδρόβια ζωή, ενώ έχουν καθιερωθεί πρότυπα για την ποιότητα του νερού για την προστασία των υδρόβιων ειδών.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 46 Περιβαλλοντικά επίπεδα χρωμίου**

| Μέσο                           | Συγκέντρωση                 | Σχόλια                                  |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Αέρας                          |                             |                                         |
| Απομακρυσμένος                 | 0,005–1,1 ng/m <sup>3</sup> | Το χρώμιο (III) και το μεταλλικό χρώμιο |
| Αστικές περιοχές               | 5,2–160 ng/m <sup>3</sup>   | Το υψηλότερο επίπεδο στη Βαλτιμόρη, MD  |
| Κοντά σε πύργους ψύξης         | 50 ng/m <sup>3</sup>        |                                         |
| Νερό                           |                             |                                         |
| Απομακρυσμένο επιφανειακό νερό | <5 µg/L                     |                                         |
| Επιφανειακό πόσιμο νερό        | <5–17 µg/L                  |                                         |
| Νερό βρύσης                    | 0,4–8 µg/L                  |                                         |
| Μολυσμένο υπόγειο νερό         | 220 µg/L                    |                                         |
| Νερό κοντά σε πύργους ψύξης    | 2500–2750 µg/L              |                                         |
| Τρόφιμο                        |                             |                                         |
| Τα περισσότερα τρόφιμα         | 0,02–0,51 µg/g              | Συχνά υψηλότερο στα όξινα τρόφιμα       |
| Κρασί                          | 0,45 µg/L                   |                                         |
| Μπύρα                          | 0,3 µg/L                    |                                         |
| Αλκοολούχα ποτά                | 0,135 µg/L                  |                                         |

Επειδή το χρώμιο (VI) μετασχηματίζεται γρήγορα στο περιβάλλον προς το ακίνδυνο χρώμιο (III), υπάρχει κίνδυνος μόνο για εκείνες τις περιοχές που βρίσκονται δίπλα στις άμεσες απορρίψεις σε ύδατα.

### Ρυθμιστικό πλαίσιο

Τα ομοσπονδιακά πρότυπα ποιότητας νερού στις ΗΠΑ καθιερώνονται από την EPA για την προστασία της υγείας των ανθρώπων και την προστασία της υδροβίας ζωής. Το χρώμιο καταχωρίζεται ως *επικίνδυνος ρυπαντής αέρα* στη Νομοθετική Πράξη του 1990 για τον Καθαρό Αέρα, που απαιτεί από την EPA να θέσει τα πρότυπα εκπομπής. Επίσης, υπάρχει στον κατάλογο της EPA για το δικαίωμα της κοινότητας να γνωρίζει. Τα πρότυπα έκθεσης στους επαγγελματικούς χώρους που τίθενται από την OSHA είναι επίσης σε ισχύ για τη ρύθμιση της έκθεσης των εργαζομένων στις διάφορες ενώσεις χρωμίου στον αέρα των εργοστασίων.

### Τεχνικές πληροφορίες

Χημικό σύμβολο: Cr  
Ατομικός αριθμός: 24  
Ατομικό βάρος: 52

Επαρκές και ασφαλές επίπεδο λήψης μέσω διατροφής:  
50–200 µg/ημέρα

Πρωτεύοντα-κύρια πρότυπα πόσιμου νερού (προστασία υγείας): 50 µg/L (ppb 50)

Κριτήρια ποιότητας περιβαλλοντικού νερού (προστασία της υδροβίας ζωής):

του γλυκού νερού: 11 µg/L (11 ppb)

του θαλασσινού νερού: 50 µg/L (50 ppb)

Όρια κατά OSHA στον αέρα εργασιακού χώρου:

χρώμιο (VI): 50 µg/m<sup>3</sup>

χρώμιο (III): 0,5 mg/m<sup>3</sup>

### Περαιτέρω μελέτη

Environmental Protection Agency. 1985. *Health Assessment Document for Chromium, Final Report*. EPA 600/8–83–014F. Washington, D.C.

National Research Council. 1974. *Chromium*. Washington, D.C.: Committee on Biologic Effects of Atmospheric Pollutants, National Academy of Sciences.