

Η «τρύπα» του όζοντος

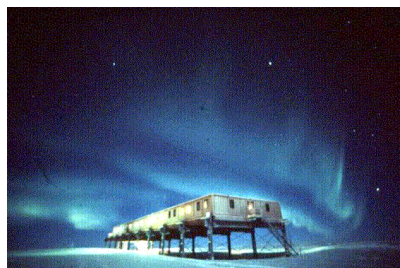


Η διττή φύση του O_3

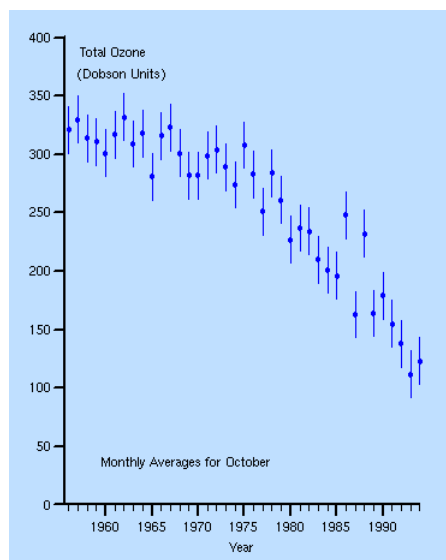
- «Κακό» όζον
 - Στην τροπόσφαιρα
 - Κύριο συστατικό του φωτοχημικού νέφους
- «Καλό» όζον
 - Στη στρατόσφαιρα
 - Προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία

Η αρχή της ιστορίας...

- Αρχές δεκαετίας '80
- **Ανταρκτική**
- British Antarctic Survey
- Πρώτες παρατηρήσεις για καταστροφή σε αυτό το σημείο



Συγκεντρώσεις O_3 στην Ανταρκτική

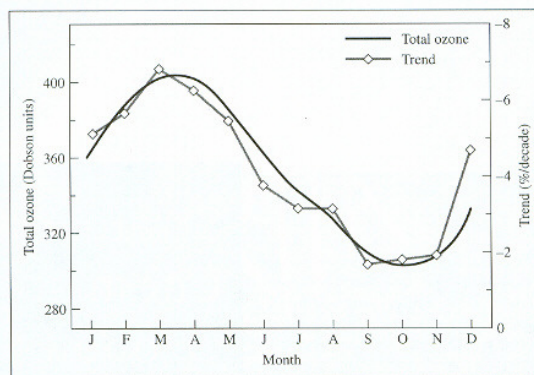


Διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις όζοντος

- Ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος
 - 250 μονάδες στους τροπικούς
 - 350 μονάδες σε μέσα γεωγραφικά πλάτη
 - 450 μονάδες στους πόλους
- Ανάλογα με την εποχή του έτους
 - Μέγιστη τιμή: αρχές της άνοιξης
 - Ελάχιστη τιμή: το φθινόπωρο

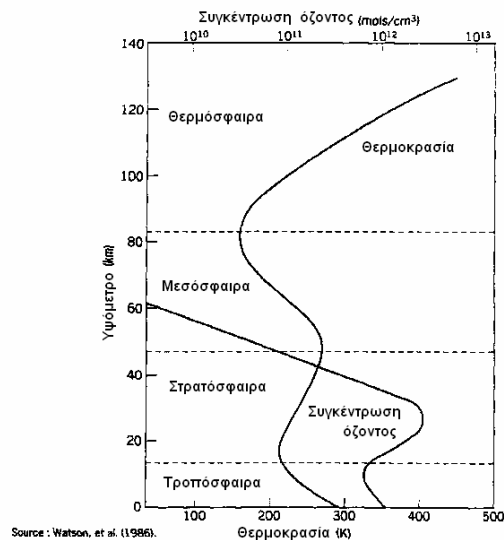
Εποχική διακύμανση του όζοντος (γεωγραφικά πλάτη 35-60° Βόρεια)

Figure 2-1
The seasonal dependence of total overhead ozone (heavy curve) and of the Jan. 1979–March 1994 depletions in ozone (light curve), for the 35°–60°N region. (Source: Redrawn from R. D. Bojkov, L. Bishop, and V. E. Fioletov. 1995. Total ozone trends from quality-controlled ground-based data. *Journal of Geophysical Research* 100: 25867–25876.)



Η στιβάδα του όζοντος

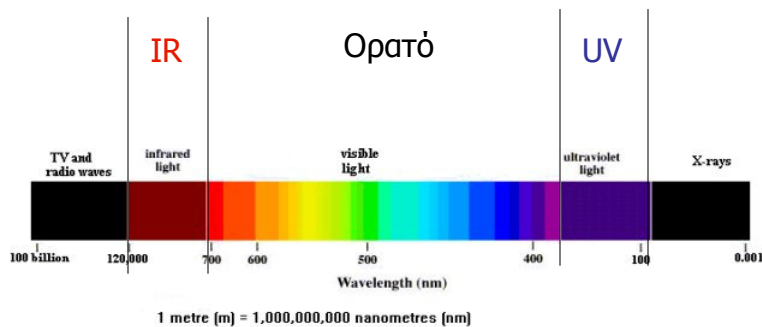
- Βρίσκεται στη **στρατόσφαιρα** (15-50 km)
- Αποτελεί τη **φυσική ασπίδα της γης** γιατί συγκρατεί την επικίνδυνη **υπεριώδη** (UV) ακτινοβολία
- Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του '80 είχε χαθεί το ~50% του O_3



Η υπεριώδης ακτινοβολία

- Ultra violet (UV)
- Ανάλογα με το μήκος κύματος UV-A, UV-B, UV-C
- Η στιβάδα του όζοντος φιλτράρει
 - όλη τη UV-C
 - τη μισή UV-B
 - ένα πολύ μικρό τμήμα της UV-A

Το ενεργειακό φάσμα





Ο σχηματισμός του όζοντος

- Κινητήρια δύναμη: **ηλιακή ακτινοβολία**
- Το οξυγόνο μετατρέπεται σε όζον, το οποίο στη συνέχεια αποσυντίθεται και ξανασχηματίζεται διαρκώς
- Συγκέντρωση O_3 στην στρατόσφαιρα: **10 ppm**



Η καταστροφή του όζοντος

- Εάν υπήρχε ισοζύγιο O_3 :
ρυθμός σχηματισμού = ρυθμός καταστροφής
- Ο ρυθμός καταστροφής είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό σχηματισμού
- Αποδεικνύεται ότι τα άτομα **χλωρίου** και **βρωμίου** δρουν ως καταλύτες, επιταχύνοντας την αντίδραση καταστροφής του στρατοσφαιρικού όζοντος



Χημικές ενώσεις που προκαλούν τη λέπτυνση της στοιβάδας του όζοντος

- Χλωροφθοράνθρακες (CFCs)
 - Μη τοξικοί
 - Μη εύφλεκτοι
 - Αδρανείς σε αντίδραση
 - Καλή συμπεριφορά στη συμπύκνωση
 - Οικονομικοί στην παρασκευή
- Halon
- Διαλύτες (π.χ. τετραχλωράνθρακας)



Πηγές CFCs

- Τα CFCs είναι 100% ανθρωπογενή!
- Ψυκτικά ρευστά σε ψυγεία και A/C
- Προωθητικά αέρια στα spray
- Αφρώδη συνθετικά υλικά (π.χ. πολυουρεθάνη)
- Μέσα πυρόσβεσης
- Βιομηχανικοί διαλύτες



Χρόνος παραμονής CFCs

- Κάθε μόριο CFC έχει χρόνο παραμονής 50-100 χρόνια στην ατμόσφαιρα
- Κάθε μόριο CFC κατά τη διάρκεια της ζωής του μπορεί να καταστρέψει μέχρι και 100.000 μόρια όζοντος



ODP: δυναμικό ελάττωσης όζοντος

Όνομα	ODP	Χρόνος ζωής (έτη)
CFC-11	1	50
CFC-12	1	102
Halon 1301	10	65
Halon 2402	6	-
HCFC-22	0,05	13,3
HCFC-123	0,02	1,4
HCFC-124	0,02	5,9
HCFC-141b	0,1	9,4



Διεθνείς συνθήκες για τον περιορισμό της παραγωγής ενώσεων που καταστρέφουν το όζον

- 1987 πρωτόκολλο του Μόντρεαλ
- 1990 Λονδίνο
- 1992 Κοπεγχάγη
- 1995 Βιέννη
- 1997 Μόντρεαλ
- 1999 Πεκίνο

Στις αναπτυγμένες χώρες η νόμιμη παραγωγή CFCs έληξε το 1995

Οι αναπτυσσόμενες πρέπει μέχρι το 2010 να κάνουν το ίδιο



Το πρωτόκολλο του Montreal...

- Χρονολογικά, είναι η πρώτη διεθνής συνθήκη για το περιβάλλον
- Το σημαντικότερο όμως, είναι η πρώτη επιτυχημένη συνθήκη

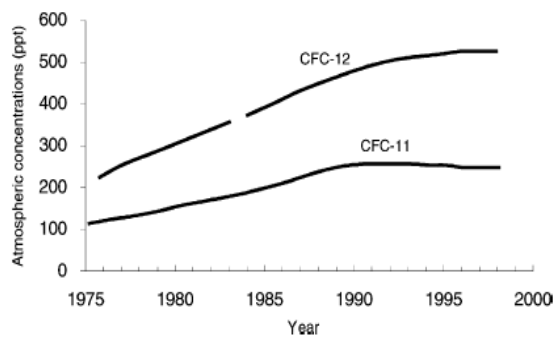
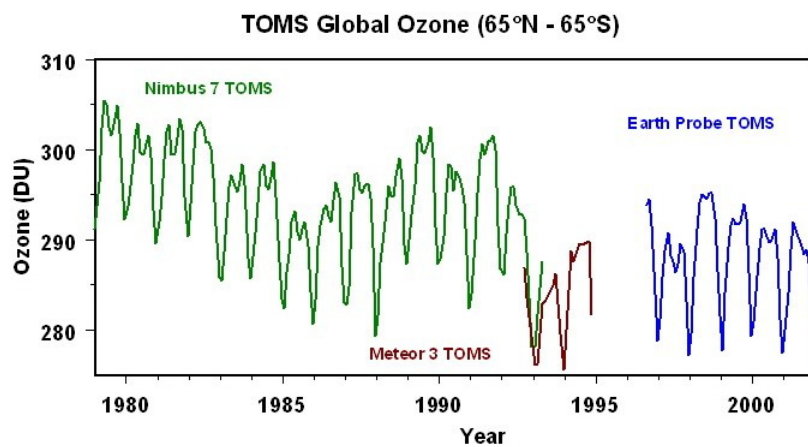


Fig. 2. Atmospheric concentrations of two major CFCs [11].

Powell R. L., Journal of Fluorine Chemistry, 114 (2002), pp.237-250

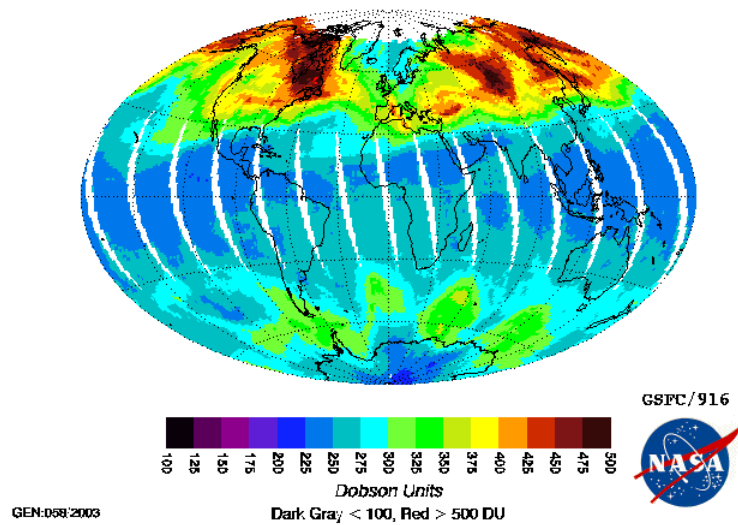


Οι αποδείξεις...

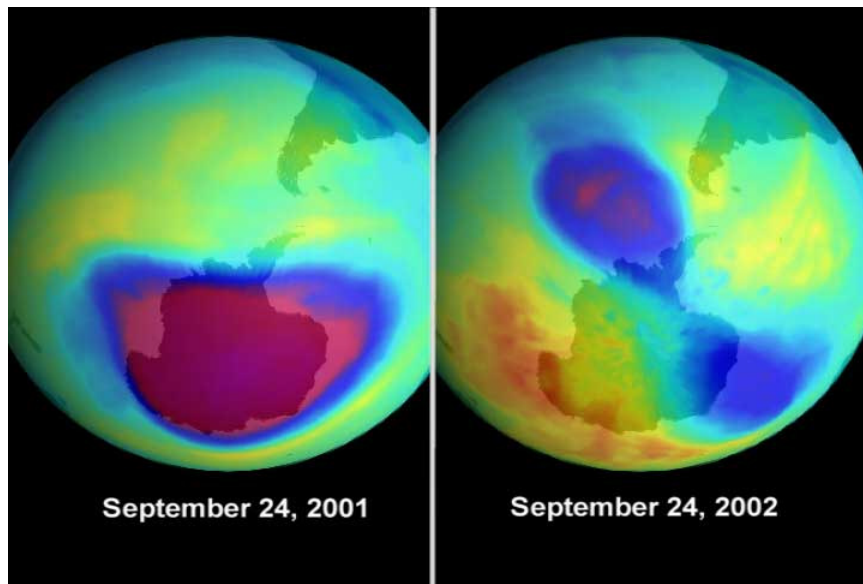


Πηγή: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov>

EP/TOMS Total Ozone Feb 26, 2003

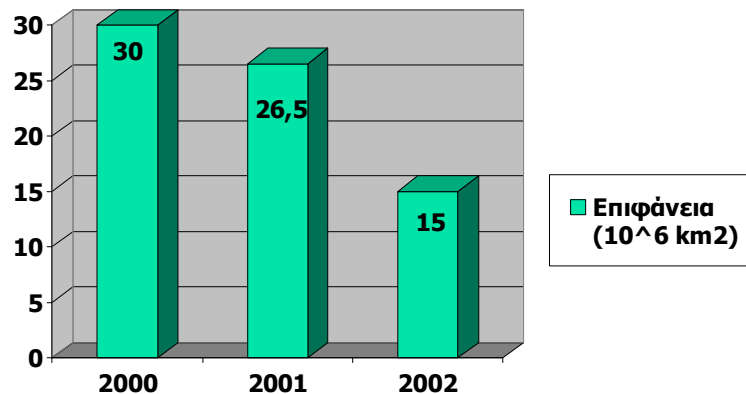


Πηγή: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov>



Πηγή: <http://jwocky.gsfc.nasa.gov>

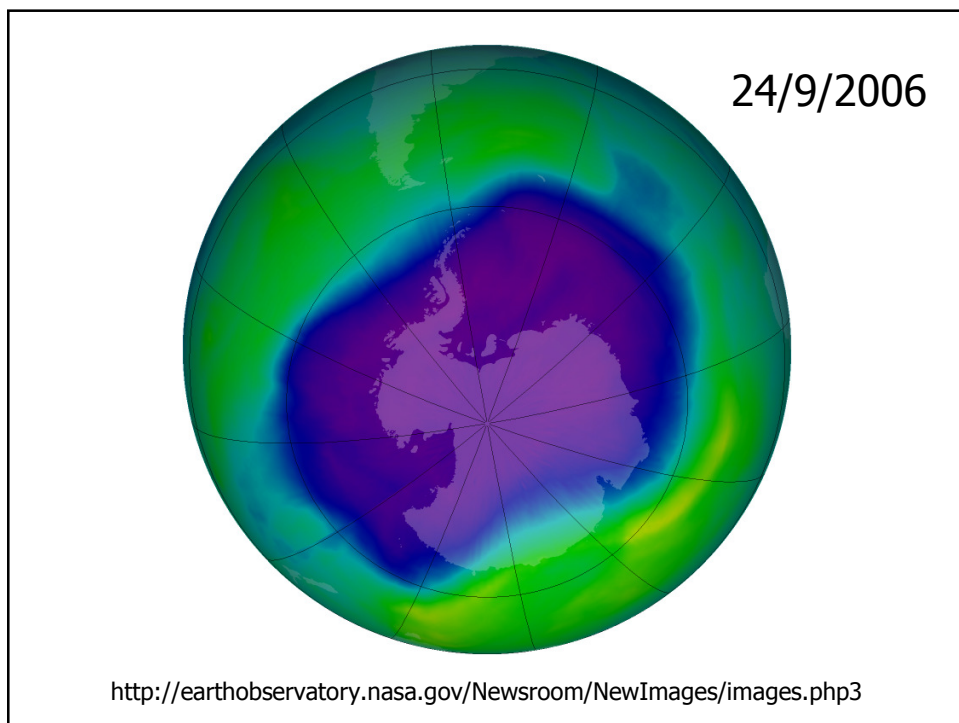
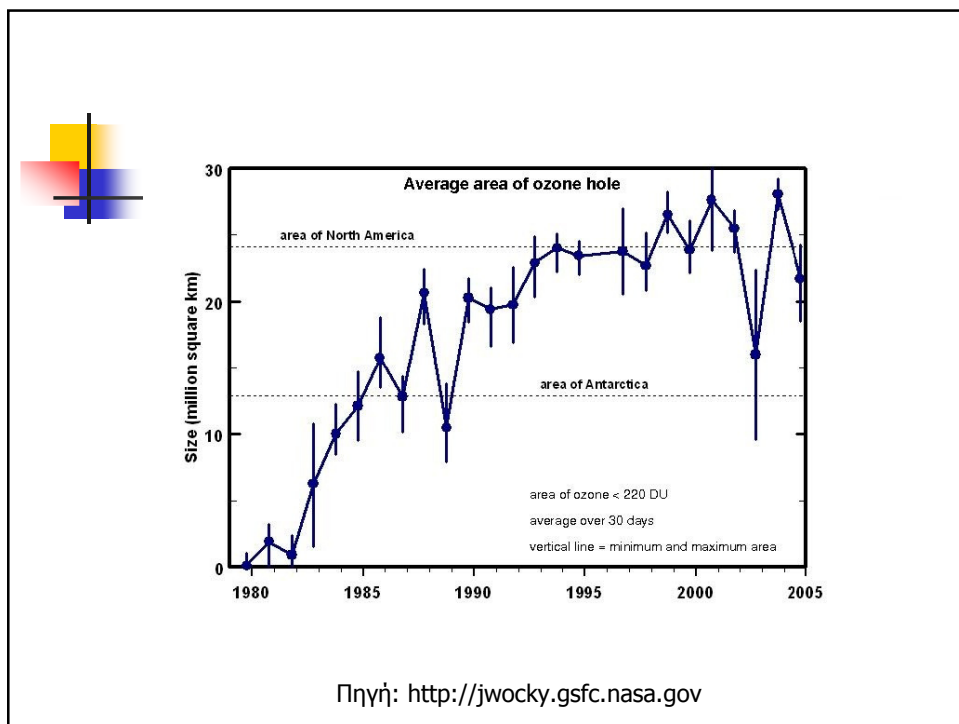
Μέγεθος «τρύπας» όζοντος στα τέλη Σεπτεμβρίου στην Ανταρκτική



Τα ρεκόρ του 2006

- Από τις 21-30/9 2006 η μέση επιφάνεια της τρύπας του όζοντος ήταν η μεγαλύτερη που παρατηρήθηκε ποτέ, για τόσο παρατεταμένη χρονική περίοδο, ίση με 10,6 εκ. τετρ. μίλια
- Επίσης, στις 24/9/2006 η τρύπα έφτασε τα 11,4 εκ. τετρ. μίλια, ίση με το απόλυτο ρεκόρ της 9ης Σεπτεμβρίου 2000

<http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3>





- Επίσης, το 2006 η τρύπα ήταν η **βαθύτερη όλων των ετών**: Στις 8/10 η συγκέντρωση του όζοντος μετρήθηκε με αερόστατο στις **1,2 μονάδες Dobson** σε υψόμετρο 8-13 μιλίων (13-21 km) από την επιφάνεια της γης

<http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3>



Συγκεντρωτικά...





Η καταστροφή του όζοντος αυξάνει
την ένταση της UV στο έδαφος

1% μείωση στο στρατοσφαιρικό όζον
συνεπάγεται
2% αύξηση της έντασης της UV-B στο έδαφος



Επιπτώσεις στα φυτά από
αυξημένη έκθεση σε UV

- Παρεμπόδιση φωτοσύνθεσης
- Αλλαγή των ρυθμών ανάπτυξης
- Καταστροφή του DNA

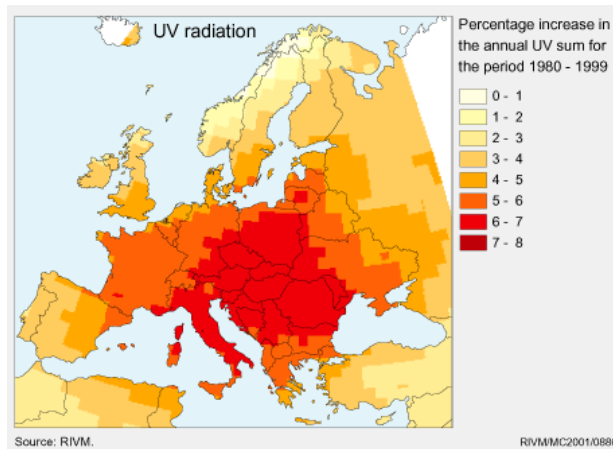


Επιπτώσεις στον άνθρωπο από έκθεση σε UV

- Εξαρτώνται από τον τύπο του δέρματος
- Άτομα με ανοιχτόχρωμο δέρμα είναι πιο ευάλωτα
- Καρκίνος δέρματος
- Γήρανση του δέρματος
- Καταρράκτης
- Καταστολή ανοσοποιητικού συστήματος

- 
-
- Η UV-B απορροφάται από το DNA
 - Η παρατεταμένη έκθεση σε ακτινοβολία UV-B προκαλεί δερματικούς καρκίνους
 - Οι καρκίνοι του δέρματος είναι διπλάσιοι στις ΗΠΑ απ' ότι στην Ευρώπη

Αύξηση UV στην Ευρώπη (1980-1999)



Επιπτώσεις της καταστροφής του όζοντος στα έμβια όντα

- **Καρκίνος του δέρματος**
 - Ο χρόνος εκδήλωσης του μελανώματος μπορεί να απέχει 15-25 χρόνια από την αρχική έκθεση
 - 1-2% αύξηση των δερματικών καρκίνων για κάθε 1% μείωση του όζοντος



- Καταρράκτης στα μάτια

- Η έκθεση σε UV-B προκαλεί επίσης καταρράκτη στα μάτια μη ηλικιωμένων
- 10% αύξηση της UV-B προβλέπεται να προκαλέσει 6% περισσότερους καταρράκτες σε 50άρηδες



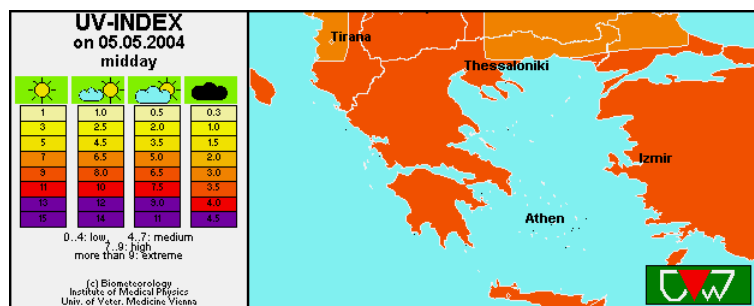
- Επίσης έχουν αναφερθεί ως επιπτώσεις

- η πρόωρη γήρανση του δέρματος και
- εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος

Μέτρα στοιχειώδους προστασίας

- Αποφυγή έκθεσης στον ήλιο (ιδιαίτερως από 10πμ - 4 μμ)
- Χρήση καπέλων και γυαλιών ηλίου
- Χρήση μακρυμάνικων ρούχων
- Χρήση αντηλιακών με υψηλό δείκτη προστασίας
- Αποφυγή solarium
- Ιδιαίτερα ευάλωτα είναι τα παιδιά

Πρόβλεψη δείκτη UV





Solar Protection Factor (SPF)

- Ο χρόνος που προκαλείται έγκαυμα σε προστατευμένο δέρμα **προς** το χρόνο που προκαλείται σε ακάλυπτο
- Π.χ. χρησιμοποιώντας αντηλιακό με SPF=6 αντί να μείνω στον ήλιο 2 ώρες, μπορώ να μείνω 12



Αποτελεσματικότητα αντηλιακών

SPF	% συγκράτηση UV
2	50
4	75
10	90
15	93
25	96
30	97
50	98