

Οικολογικό αποτύπωμα της κλιματικής αλλαγής στους ωκεανούς

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

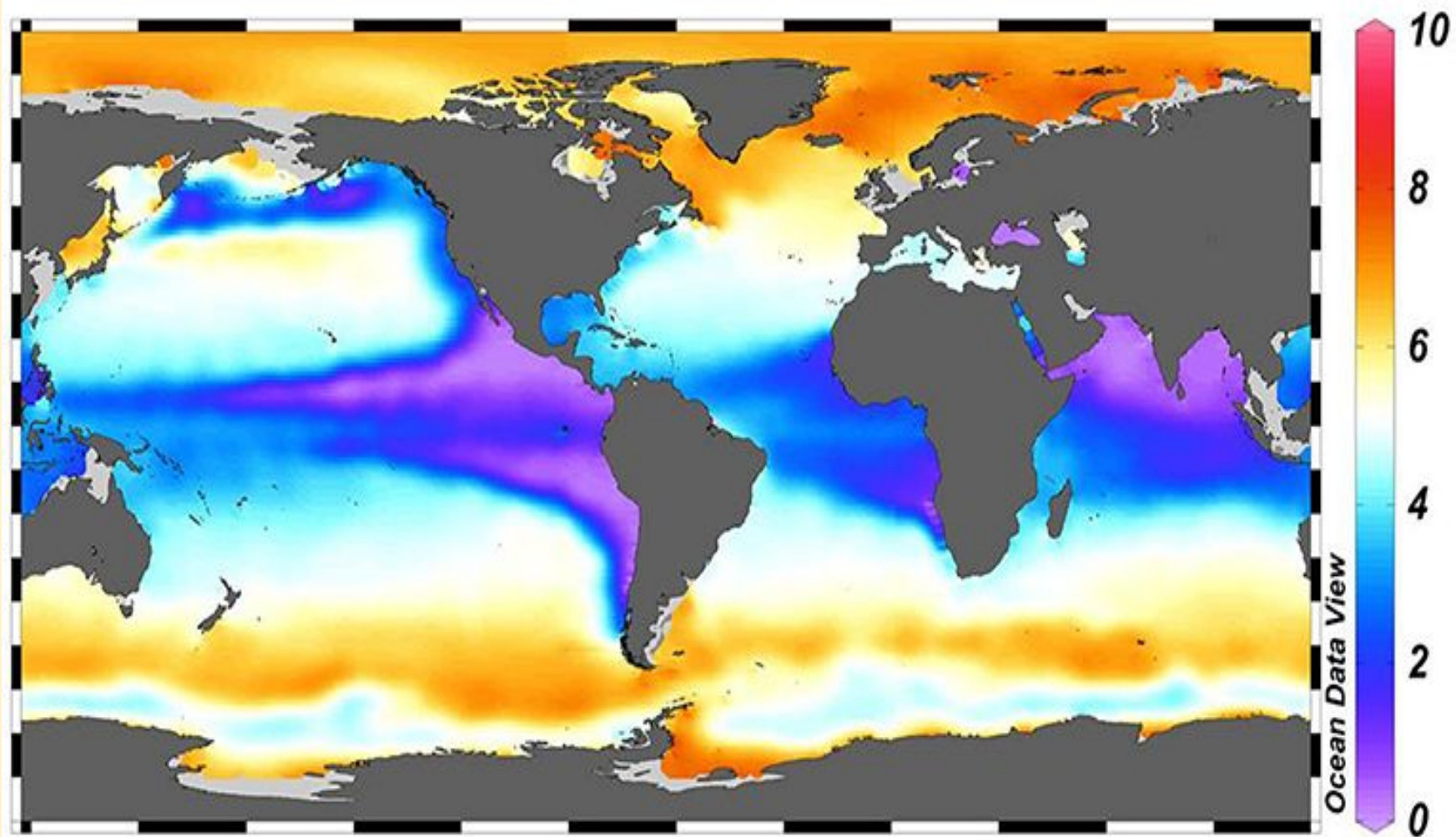


ΕΙΣΑΓΩΓΗ: Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, η οξίνιση των ωκεανών, οι αλλαγές στα ρεύματα και τα χαρακτηριστικά των ανέμων θα μεταβάλλουν σημαντικά τη φυσική και βιολογική σύνθεση των ωκεανών. Οι αλλαγές στην θερμοκρασία και την κωκάνια κυκλοφορία έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν τη γεωγραφική κατανομή των ιχθύων. Η αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας μπορεί επίσης να διευκολύνει την επέκταση ξένων ειδών σε περιοχές όπου προηγουμένως δεν θα μπορούσαν να επιβιώσουν. Η οξίνιση των ωκεανών, για παράδειγμα, θα έχει αντίκτυπο σε διάφορους οργανισμούς που παράγουν ανθρακικό ασβέστιο, όπως τα οστρακοειδή και τα κοράλλια. Οι αλλαγές αυτές θα έχουν αναπόφευκτες επιπτώσεις στα παράκτια και θαλάσσια οικοσυστήματα, με αποτέλεσμα σημαντικές κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες για πολλές περιφέρειες.

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΣΤΟ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟ ΝΕΡΟ

Η διαλυτότητα του οξυγόνου στον ωκεανό εξαρτάται από τη **θερμοκρασία** αλλά και από την **αλατότητα** του νερού. Όσο πιο κρύο και όσο λιγότερο αλμυρό είναι το νερό, τόσο περισσότερο οξυγόνο μπορεί να διαλυθεί.

O_2 [ml L⁻¹] at 300 m water depth



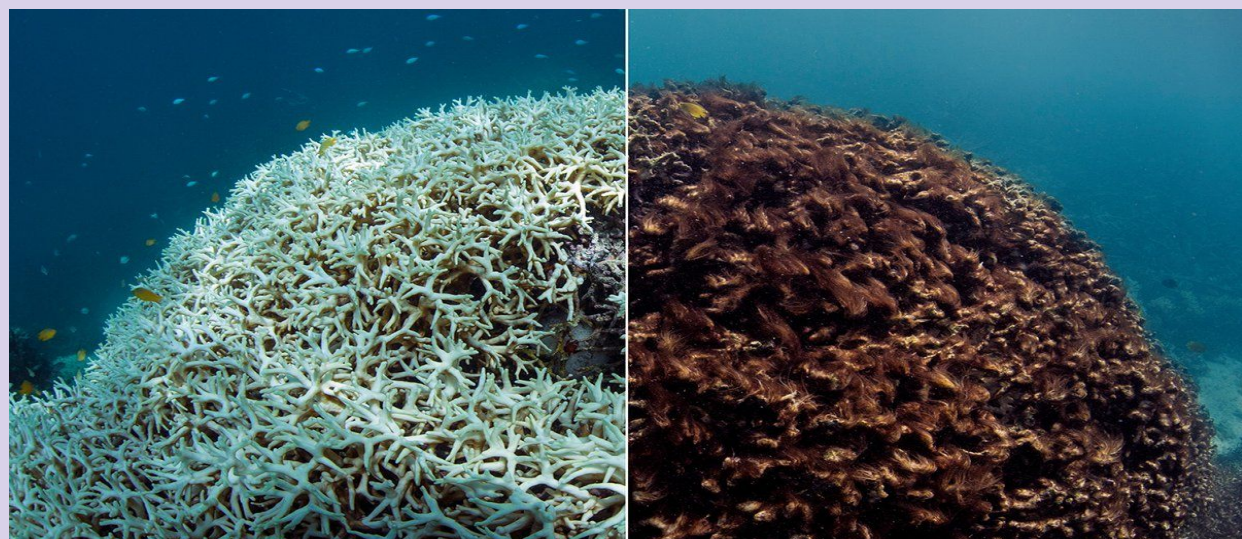
Κατανομή του οξυγόνου στον ωκεανό σε βάθος περίπου 300 m (δεδομένα από το World Ocean Atlas, WOA09).

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΛΟΓΩ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Μία από τις πιο εμφανείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους ωκεανούς είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών με αποτέλεσμα να μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο στα νερά. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην απορρόφηση λιγότερου οξυγόνου από τον ωκεανό, πράγμα που σημαίνει ότι θα υπάρχει λιγότερο οξυγόνο διαθέσιμο για τους θαλάσσιους ζωντανούς οργανισμούς.

Η άνοδος της θερμοκρασίας μπορεί επίσης να προκαλέσει τη **μετανάστευση ή τον αφανισμό πληθυσμών ψαριών**, επηρεάζοντας την επιβίωση των ανθρώπων που εξαρτώνται από την αλιεία για την τροφή και το εισόδημά τους.

Τα θερμότερα νερά μπορούν να έχουν διάφορες επιπτώσεις στη θαλάσσια ζωή, συμπεριλαμβανομένης της **λευκανσης των κοραλλιών**, η οποία μπορεί να ερημώσει ολόκληρους υφάλους. Αυτό συμβαίνει διότι όταν τα κοράλλια στρεσάρονται, διώχνουν τις ζωοζανθέλες που ζουν μέσα στους ιστούς τους. Χωρίς τα φύκια να δίνουν χρώμα, τα κοράλλια φαίνονται διάφανα και αποκαλύπτουν τους λευκούς σκελετούς τους.

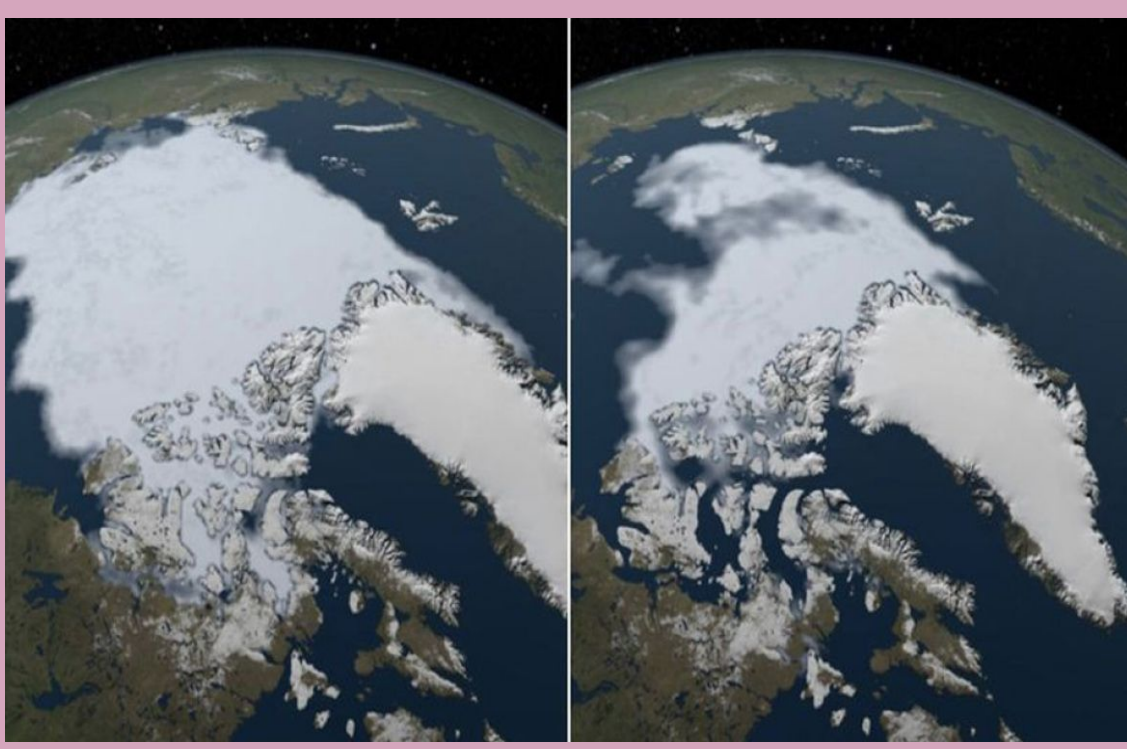


ΩΚΕΑΝΙΑ ΑΝΟΞΙΑ ΣΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ

Κατά την Κρητιδική περίοδο η Γη ήταν πολύ θερμή, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα είναι υψηλά και ο ωκεανός μετατράπηκε πολλές φορές σε ανοξικό. Μια εποχή στην ιστορία της Γης που ξεκίνησε πριν από 145 εκατομμύρια χρόνια και τελείωσε πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια. Κατά την περίοδο αυτή, υπήρχε υπερ τριπλάσια ποσότητα CO₂ στην ατμόσφαιρα της Γης από ό,τι σήμερα. Το CO₂ προερχόταν από ηφαιστειακές εκρήξεις. Τα επιφανειακά νερά των ωκεανών είχαν θερμοκρασίες έως και 40°C, δηλαδή υπερδιπλάσιες από τις σημερινές θερμοκρασίες των ωκεανών. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, μεγάλες ποσότητες οξυγόνου χάθηκαν από τον ωκεανό, μέχρι που δεν είχε μείνει καθόλου οξυγόνο για δύο μακρά επεισόδια που ονομάζονται **ωκεάνια ανοξικά γεγονότα**. Κατά τη διάρκεια αυτών των γεγονότων, **πολλές μορφές ζωής εξαφανίστηκαν**.

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Η κλιματική αλλαγή προκαλεί επίσης άνοδο της στάθμης της θάλασσας, η οποία οφείλεται κυρίως στο λιώσιμο των πάγων και των παγετώνων. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει **διάβρωση των ακτών** και **πλημμύρες**, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές ή να καταστρέψουν **σπίτια, επιχειρήσεις και υποδομές**. Επιπλέον, η διείσδυση αλμυρού νερού μπορεί να αλλοιώσει τα αποθέματα γλυκού νερού, οδηγώντας σε **λειψυδρία** και **αυξημένο ανταγωνισμό για τους πόρους**.

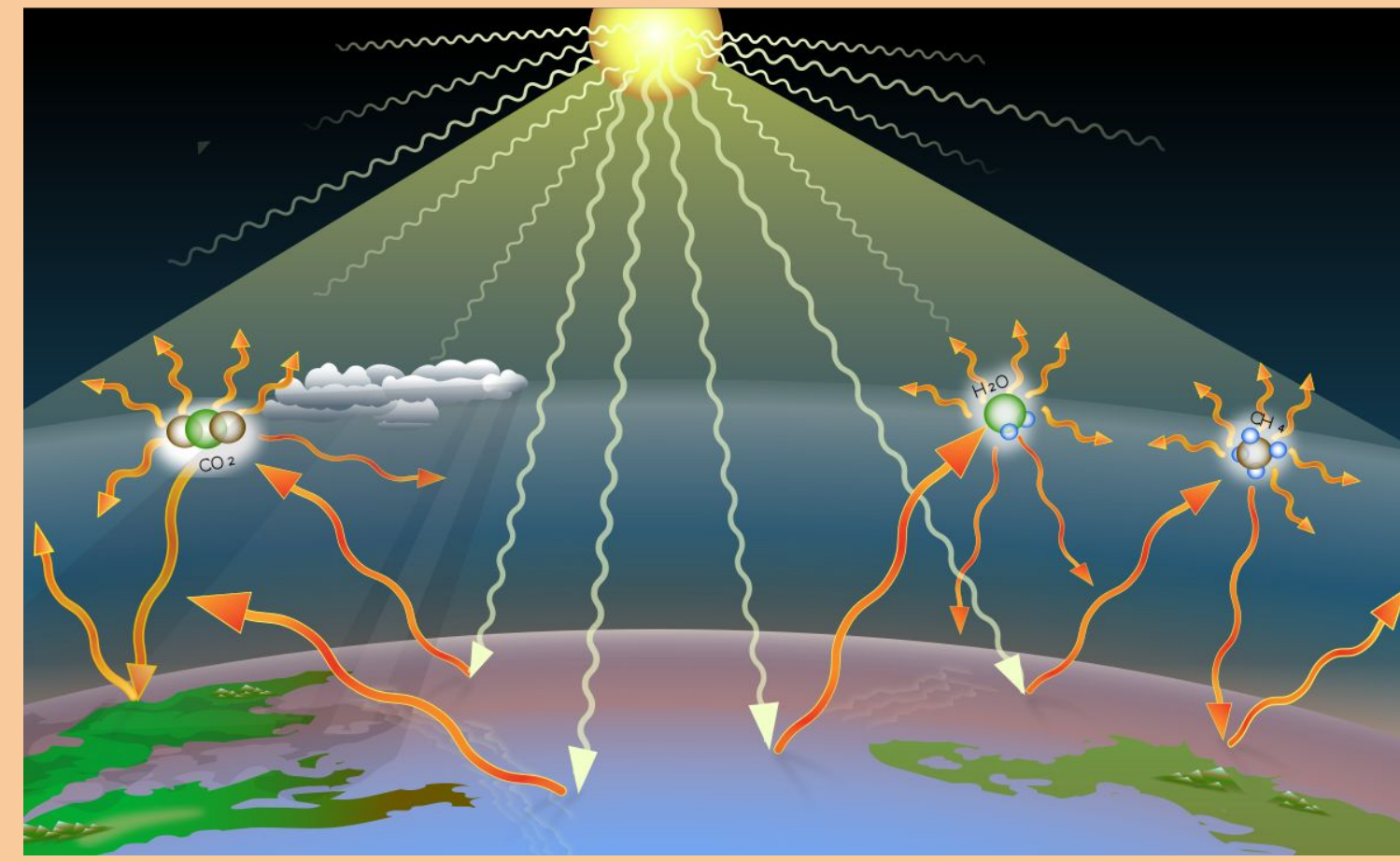


ΠΡΟΒΛΕΨΗ

Οι επιστήμονες έχουν επιβεβαιώσει ότι οι συγκεντρώσεις οξυγόνου στους ωκεανούς μειώνονται. Αυτό σημαίνει ότι οι ζώνες ελάχιστου οξυγόνου επεκτείνονται. Είναι δύσκολο να προβλέψουμε τι άλλο θα συμβεί, κυρίως επειδή έχουμε δεδομένα μόνο από τα τελευταία 50-60 χρόνια. Αυτό δεν είναι μεγάλο χρονικό διάστημα, εάν συγκριθεί με το χρόνο που χρειάζεται το νερό για να μετακινηθεί σε όλη τη διαδρομή μέσω του παγκόσμιου ιμάντα μεταφοράς (χιλιάδες χρόνια) ή αν συγκριθεί με την ηλικία του πλανήτη, η οποία είναι περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια.

Ο ΩΚΕΑΝΟΣ ΩΣ ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ

Ο ωκεανός καλύπτει περίπου το 70% της επιφάνειας του πλανήτη και περιέχει το 97% του νερού της Γης. Οι ωκεανοί και οι θάλασσες απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη Γη και αποτελούν τους σημαντικότερους ρυθμιστές του κλίματος, αφού **το νερό έχει την ιδιότητα να ζεσταίνεται σιγά σιγά και να αποβάλλει επίσης αργά τη θερμότητά του**.

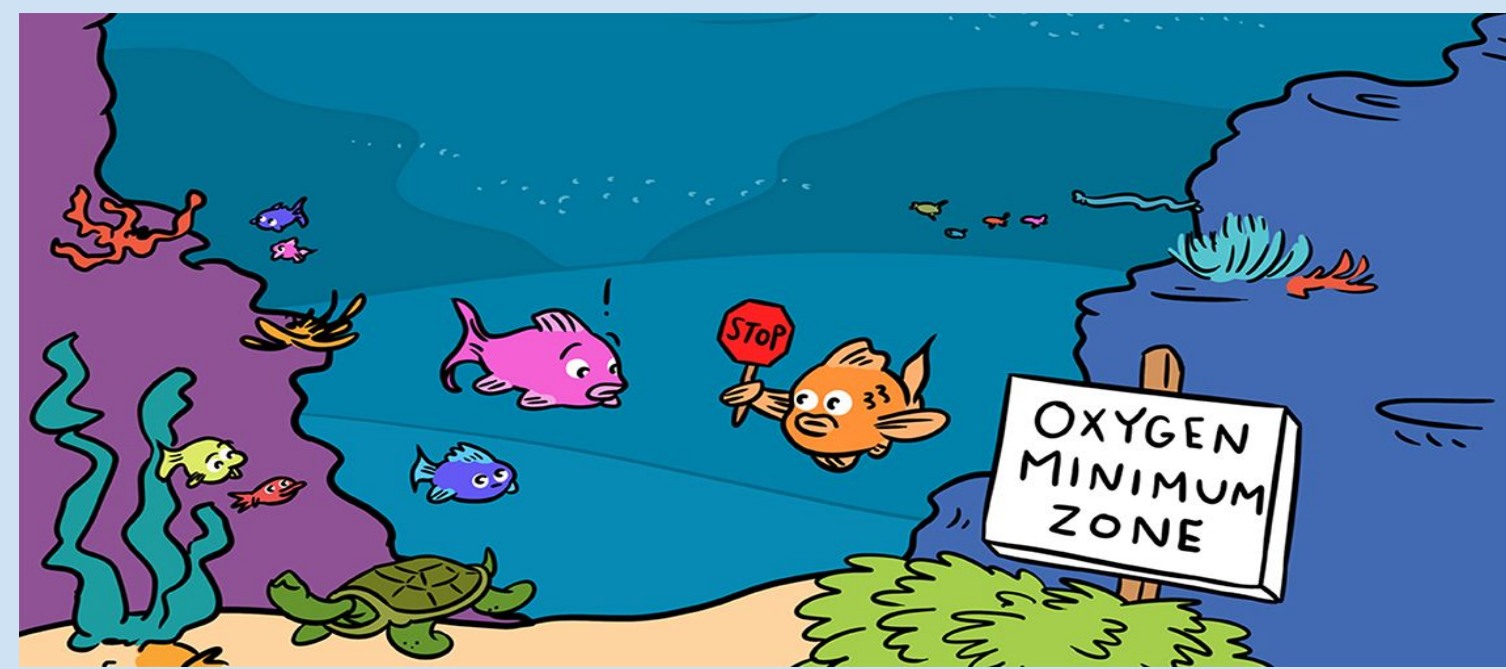


ΩΚΕΑΝΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

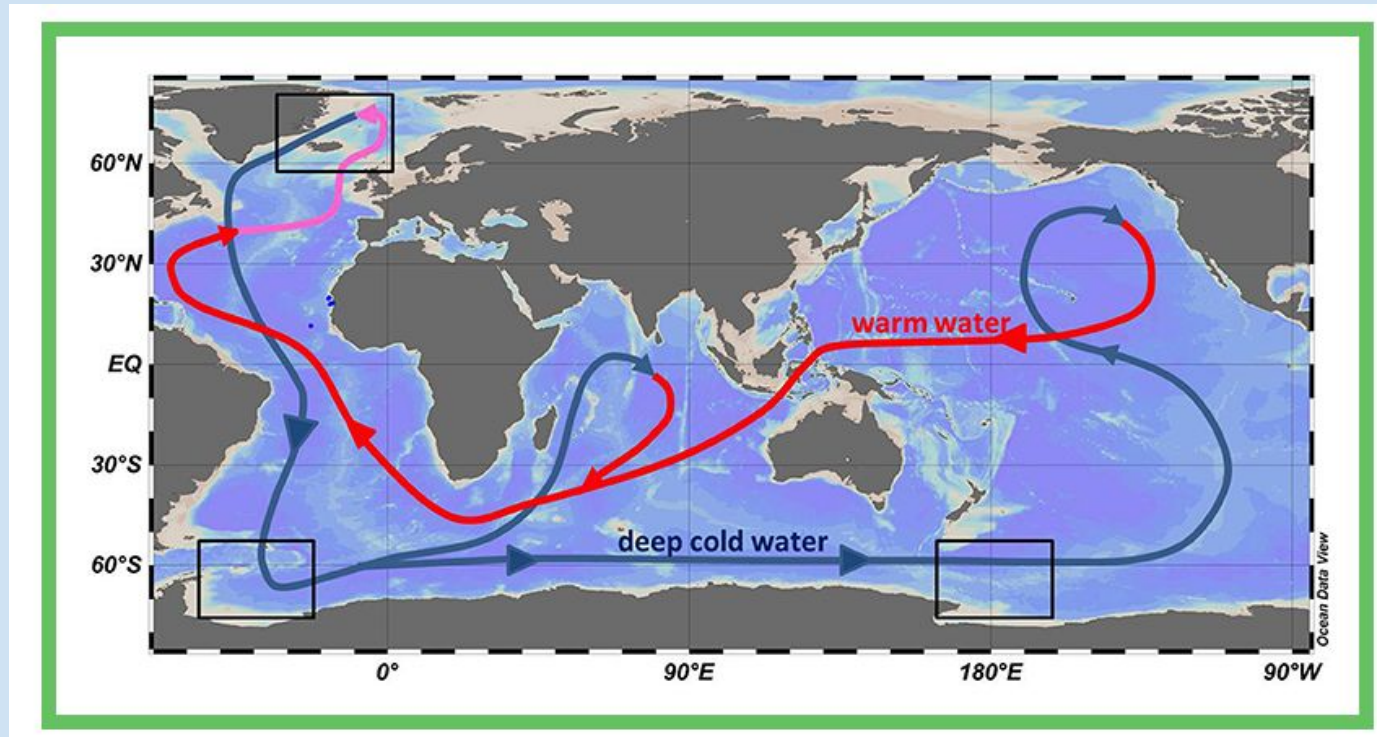
Το νερό **απορροφά τη θερμότητα από τον ήλιο και τη μεταφέρει με τα ωκεάνια ρεύματα**. Εκτός από τη θερμότητα, τα ωκεάνια ρεύματα μεταφέρουν επίσης διοξείδιο του άνθρακα, θρεπτικά συστατικά και οργανισμούς, όπως προνύμφες ψαριών, σε όλο τον κόσμο.

ΜΗ ΑΝΑΜΕΙΞΗ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ (ΠΛΟΥΣΙΑ ΣΕ ΟΞΥΓΟΝΟ) ΜΕ ΕΚΕΙΝΑ ΤΩΝ ΒΥΘΩΝ (ΠΛΟΥΣΙΑ ΣΕ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ)

Ένας άλλος λόγος για τον οποίο ο παγκόσμιος ωκεανός χάνει το οξυγόνο του είναι ότι, αν το επιφανειακό στρώμα του νερού γίνεται θερμότερο, δεν αναμιγνύεται τόσο καλά με τα βαθύτερα στρώματα νερού. Όταν τα στρώματα σταματήσουν να αναμιγνύονται, το οξυγόνο από την ανταλλαγή με τον αέρα και αυτό που παράγεται από τη φωτοσύνθεση δεν μπορεί πλέον να φτάσει στα βαθύτερα νερά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα πολλές μορφές ζωής στο βαθύτερο ωκεανό, όπως ψάρια, αστέρια, γαρίδες, μέδουσες και μικρόβια να διαβιούν πλέον σε **ζώνη ελάχιστου οξυγόνου**, δηλαδή σε μια ζώνη του ωκεανού με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο όπου το νερό έχει ελάχιστο ή καθόλου οξυγόνο. Αυτές οι ζώνες ελάχιστου οξυγόνου βρίσκονται κυρίως στους τροπικούς ωκεανούς, όπου ζουν τα περισσότερα ψάρια.

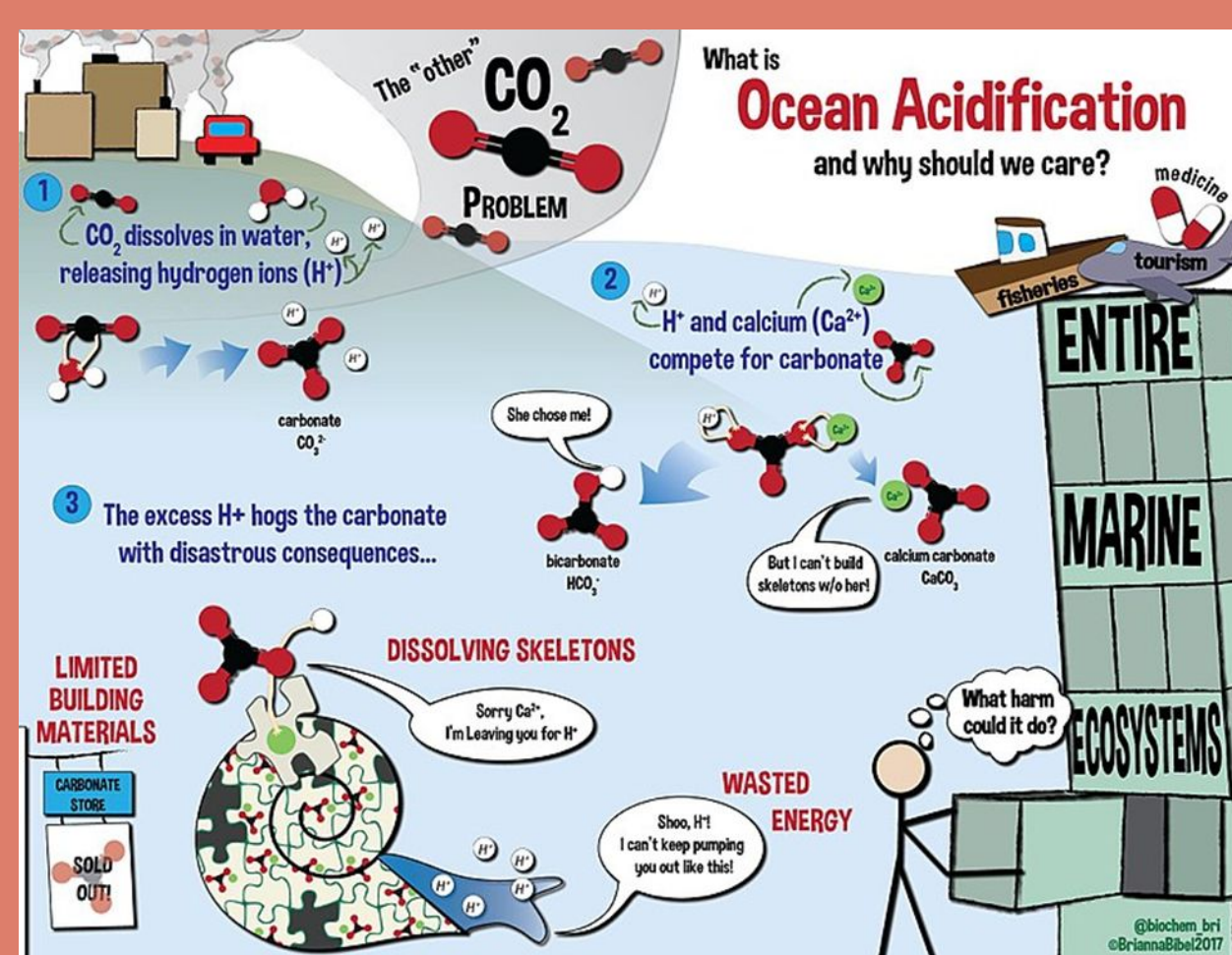


Εάν αυτά τα νερά χάνουν όλο και περισσότερο οξυγόνο και εάν λιγότερο οξυγόνο φτάνει στα βαθύτερα ύδατα, δεν απομένει πολύς χώρος για να ζήσουν τα ψάρια και άλλα ζώα. Αυτό σημαίνει επίσης ότι θα απομείνουν όλο και λιγότερα ψάρια που μπορούν να φάνε οι άνθρωποι. Η μείωση των ψαριών αποτελεί μεγάλο πρόβλημα, καθώς τα ψάρια αποτελούν το 16% της ζωικής πρωτεΐνης που καταναλώνουν οι άνθρωποι σε όλο τον κόσμο. Τα ψάρια παρέχουν επίσης υγιεινά λιπαρά οξέα που δεν υπάρχουν σε άλλα τρόφιμα. Όταν απειλείται η παροχή οξυγόνου στα ψάρια του κόσμου, απειλείται και μια από τις **πρωταρχικές πηγές τροφής μας**.



ΟΞΙΝΙΣΗ ΤΩΝ ΩΚΕΑΝΩΝ

Η οξίνιση των ωκεανών είναι ένας άλλος σημαντικός αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στους ωκεανούς. Καθώς αυξάνονται τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, το περισσότερο από αυτό, απορροφάται από τους ωκεανούς, καθιστώντας **το νερό πιο όξινο**. Αυτή η αυξημένη οξύτητα μπορεί να βλάψει τη θαλάσσια ζωή, ιδίως τους οργανισμούς που σχηματίζουν οστρακα από ανθρακικό ασβέστιο, όπως τα κοράλλια και τα οστρακοειδή.



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ένα αξιοσημείωτο συμπέρασμα είναι ότι η **κλιματική αλλαγή** επηρεάζει σημαντικά τους ωκεανούς και ότι αυτή η επίδραση είναι σε μεγάλο βαθμό **αρνητική**. Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι συνεπώς ένας κρίσιμος στόχος για την **προστασία της υγείας και της αειφορίας των ωκεανών** και του πλανητικού οικοσυστήματος συνολικά. Η **αντιμετώπιση**, επομένως, αυτού του ζητήματος απαιτεί διάφορες δράσεις, όπως η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου, η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, η προστασία των ακτών και των παράκτιων οικοσυστημάτων, η διατήρηση της υγείας των ωκεανών και η ενθάρρυνση της βιώσιμης αλιείας και ανάπτυξης της υδατοκαλλιέργειας.

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2022-23

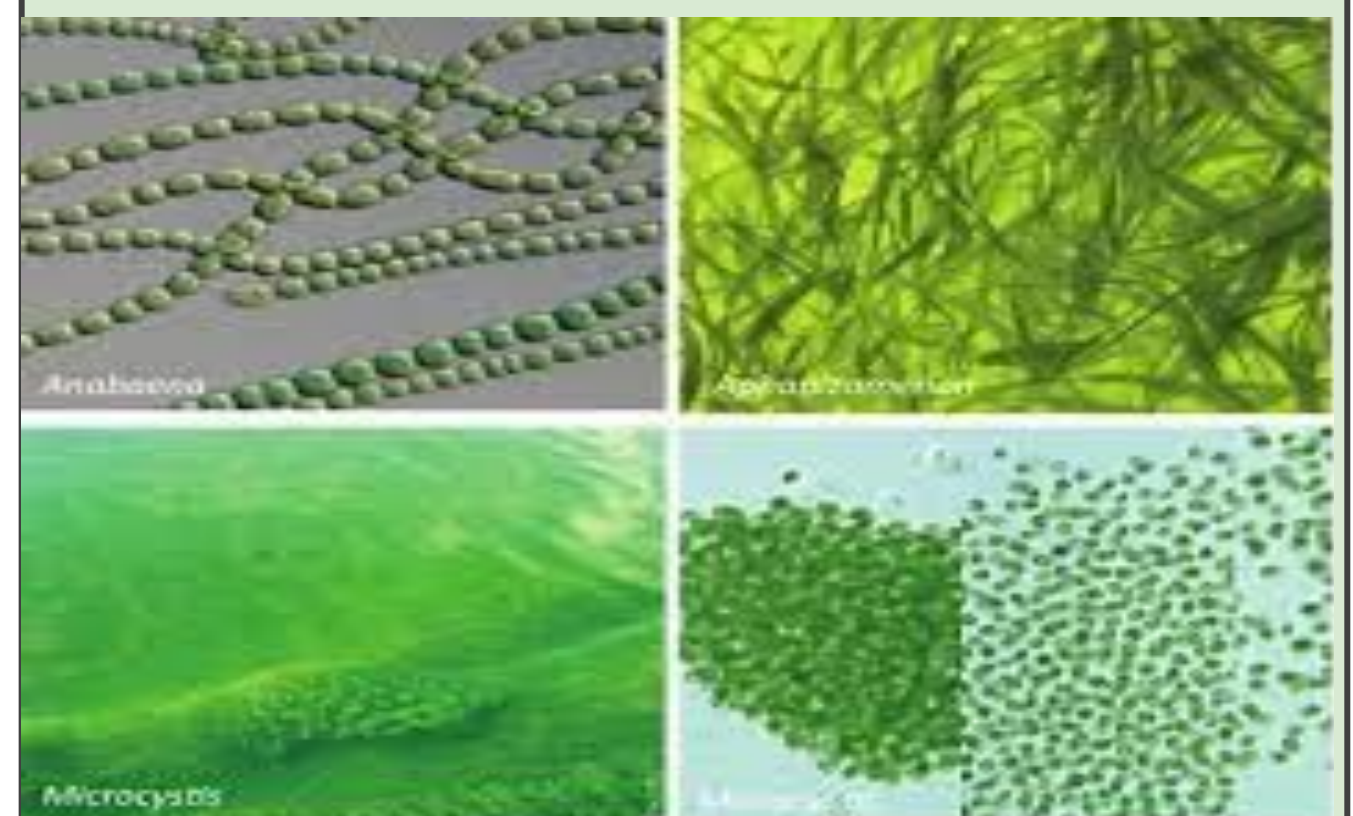
Καρρά Ειρήνη, Λέγγα Μυρτώ, Παπαθανασίου Άγγελος, Ράνιο Μαρίννα, Χαριτοπούλου Αιμιλία

Υπεύθυνες εκπαιδευτικοί: Πούλου Παρασκευή, Βουτινά Λαμπρινή

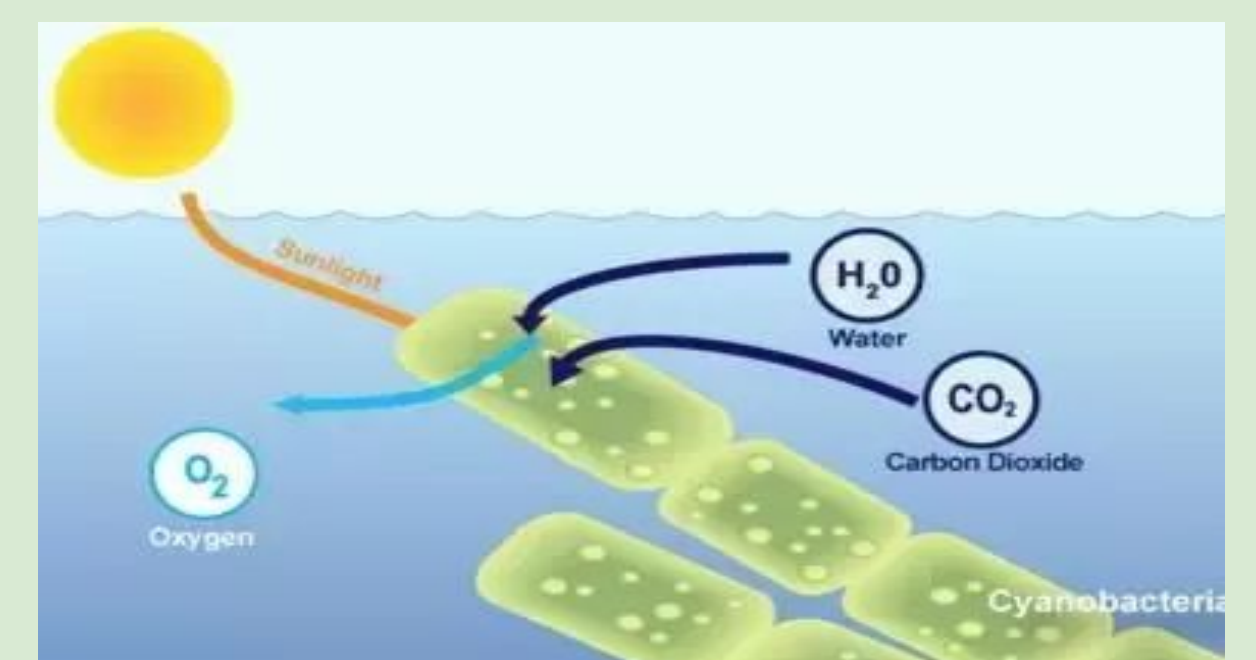
ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ ΕΧΟΥΝ ΜΕΓΑΛΗ ΑΞΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΝΗΤΗ

Στην ατμόσφαιρα το CO₂ είναι ένα από τα αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου που παγιδεύει τη θερμότητα.

Τα κυανοβακτήρια (cyanobacteria) και τα μικροσκοπικά φυτά των ωκεανών -φυτοπλαγκτόν (phytoplankton)- είναι υπεύθυνα για την, περίπου, μισή μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) της ατμόσφαιρας, σε σάκχαρα **μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης**. Τα χερσαία φυτά μετατρέπουν την υπόλοιπη ποσότητα του CO₂. Το φυτοπλαγκτόν αποτελεί και τη **βάση της τροφικής αλυσίδας** για τα θαλάσσια οικοσυστήματα.



Δεδομένου ότι η φωτοσύνθεση χρειάζεται φως, αυτή η διαδικασία μπορεί να συμβεί μόνο στα στρώματα νερού που βρίσκονται πιο κοντά στην επιφάνεια, περίπου στα κορυφαία 10-100 μέτρα του ωκεανού. Παρόλο που αυτή η περιοχή φαίνεται πολύ λεπτή, η φωτοσύνθεση στον ωκεανό είναι πολύ σημαντική για τη Γη, καθώς **εκτιμάται ότι παράγει έως και το 70% του οξυγόνου στον πλανήτη** μας και αφαιρεί το 30% του ανθρωπογενούς CO₂ από το ατμόσφαιρα. Η μεγαλύτερη ποσότητα οξυγόνου της Γης (85%) παράγεται από φυτοπλαγκτόν. Είναι σημαντικό ο ωκεανός να συνεχίσει να το κάνει αυτό, για να διατηρήσει τον πλανήτη μας σε μια σταθερή κατάσταση όπου η ζωή που γνωρίζουμε σήμερα μπορεί να συνεχίσει να υπάρχει.



Η **καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα των ωκεανών (NPP)** - ο ρυθμός δηλαδή με τον οποίο τα φυτικά κύτταρα παίρνουν το CO₂ κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης, χρησιμοποιώντας τον άνθρακα για την ανάπτυξη τους- **έχει μειωθεί** κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Αυτό μπορεί να είναι ένα αποτέλεσμα των αλλαγών του κλίματος, λόγω των αυξανόμενων θερμοκρασιών και της μειωμένης απόθεσης του σιδήρου σε τμήματα των ωκεανών. Ο σίδηρος από τα διηπειρωτικά νέφη της σκόνης είναι μια σημαντική θρεπτική ουσία για το φυτοπλαγκτόν, και κατά συνέπεια η απουσία του μπορεί να εμποδίζει να αναπτυχθούν οι πληθυσμοί.

Μια **μείωση της παγκόσμιας βιομάζας των θαλάσσιων ζώων και του αλιευτικού δυναμικού της αλιείας** προβλέπεται κατά τον 21^ο αιώνα και αυτή η μείωση οφείλεται κυρίως στην προβλεπόμενη μείωση της πρωτογενούς παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού εξαιτίας της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frvm.2018.00075>
- <http://www.physics4u.gr/news/2003/scnews1112.html>
- <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frvm.2021.700622>
- <https://www.nature.com/articles/s41467-018-03163-6>
- <https://northmeteo.gr/oi-anemostroviloi-stin-eyropi-kai-oi-thanatoi-pov-prokalo-yn-chartes/>
- https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_el
- <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frvm.2022.704120>
- https://ba.copernicus.org/articles/18/4321/2021/#xref_paren_1
- http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2286/Geografia_A-Gymnasiou_html-empl/
- <https://www.barrierreef.org/the-reef/threats/coral-bleaching>