

Εισαγωγή στη Βιωσιμότητα

Εισήγηση **Δεύτερη**
Μάθημα Δίκτυα Υπολογιστών
Εαρινό εξάμηνο 2022



 **ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΩΝ**
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



Περιεχόμενα Παρουσίασης

Ηλεκτρονικά Απόβλητα (ΗΑ)

- Σύσταση
- Επεξεργασία και Ανακύκλωση των ΗΑ
- Προτεινόμενες Λύσεις



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

- Υπολογιστικό Νέφος
- Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα ΚΔΥΝ
- Βιωσιμότητα των ΚΔΥΝ
- Βιώσιμες Ιστοσελίδες



Τι είναι τα ηλεκτρονικά απόβλητα (e-waste);

Τα απόβλητα ηλεκτρονικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού, ή αλλιώς ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ) καλύπτουν ποικιλία διαφορετικών προϊόντων που απορρίπτονται μετά τη χρήση

- Οι μεγάλες οικιακές συσκευές, όπως τα πλυντήρια ρούχων και οι ηλεκτρικές κουζίνες, είναι οι πλέον συλλεγόμενες και αντιπροσωπεύουν πάνω από το ήμισυ του συνόλου των συλλεγόμενων ΗΑ

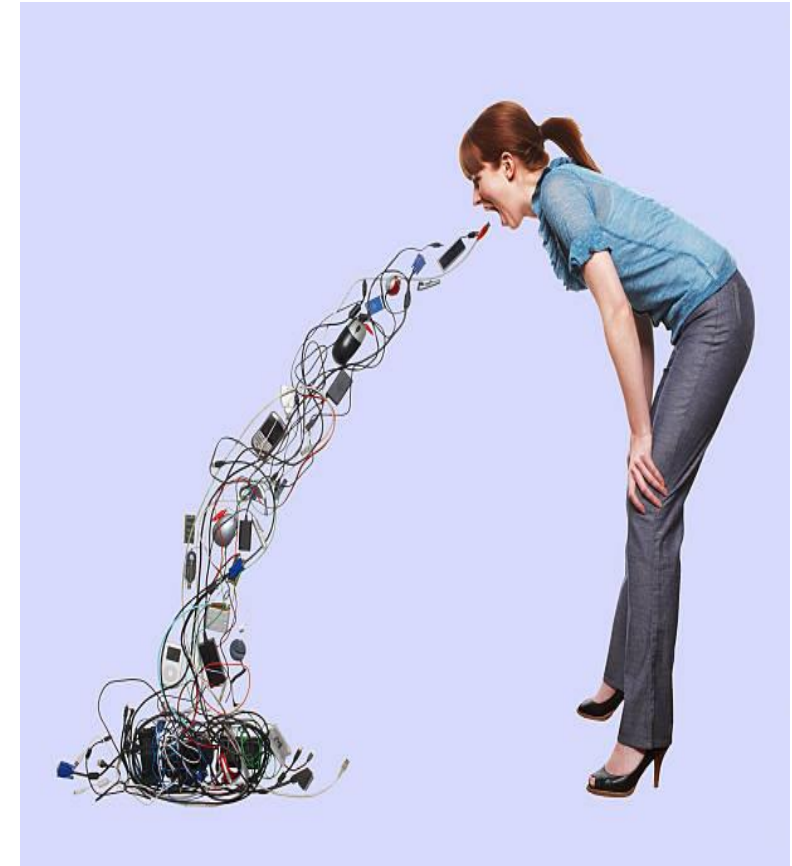


Τι είναι τα ηλεκτρονικά απόβλητα (e-waste);

Ακολουθούν

- ο εξοπλισμός Πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών (φορητοί υπολογιστές, εκτυπωτές, κινητά τηλέφωνα, κλπ.)
- οι ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης (λαμπτήρες φθορισμού, κλπ.) μαζί με τα φωτοβολταϊκά πάνελ
- οι μικρές οικιακές συσκευές (ηλεκτρικές σκούπες, τοστιέρες, κλπ.)
- άλλες κατηγορίες, όπως τα ηλεκτρικά εργαλεία και τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα

(Debnath, B., Roychoudhuri, R., Ghosh, S. K. E-Waste Management – A Potential Route to Green Computing. Procedia Environmental Sciences. 2016, 35, 669-675)



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Τα ΗΑ είναι από τα πιο ταχέως αναπτυσσόμενα τμήματα απορριμμάτων στον κόσμο:

- Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ)
- Κίνα
- Ευρώπη

Αυτό συμβαίνει διότι:

(1) Ο μισός παγκόσμιος πληθυσμός είναι διαδικτυακός:

3,6 περίπου δισεκατομμύρια άνθρωποι είναι στο διαδίκτυο

από 7,4 δισεκατομμύρια ανθρώπους στον κόσμο



(Kumar, A., Holuszko, M., Espinosa, D. C. R. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. Resources, Conservation and Recycling. 2017, 122, 32-42)

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

(2) το προσδόκιμο ζωής του ηλεκτρονικού εξοπλισμού γίνεται όλο και μικρότερο (μικρές ηλεκτρονικές συσκευές όπως τα κινητά τηλέφωνα, τα *tablets* και οι μικροί φορητοί υπολογιστές)

Ο αριθμός των απορριφθέντων υπολογιστών, τηλεφώνων και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών **διπλασιάστηκε** μεταξύ 2009 και 2014

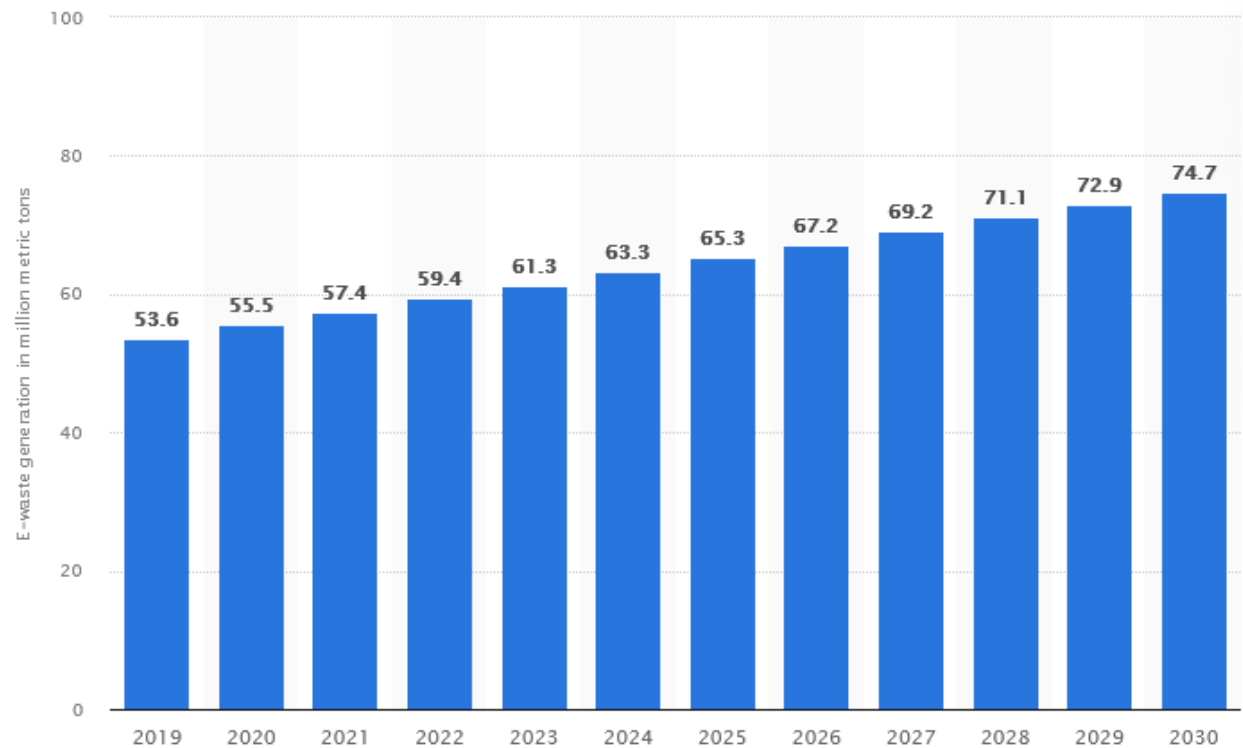
σε 41,8 εκατομμύρια τόνους ετησίως παγκόσμια και έφτασε τα 57,4 εκατομμύρια τόνους ετησίως το 2021



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Με βάση λεπτομερείς προβλέψεις:

- η συνολική ποσότητα των ΗΑ θα μπορούσε να υπερβεί τους 70 εκατομμύρια τόνους μέχρι το 2030
- σχεδόν 1 δισεκατομμύριο συσκευές εκτιμάται ότι θα απορριφθούν στα επόμενα 4-5 χρόνια



Προβλεπόμενη τάση της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρονικών αποβλήτων (Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών)

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) εκτιμά ότι

- μόνο το 15–20% των ΗΑ ανακυκλώνεται
- μόνο το 20% των ηλεκτρονικών απορριμμάτων ανακυκλώθηκε το 2018

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση

- μόλις το 1/3 των ΗΑ ανακυκλώνεται μέσω των εγκεκριμένων συστημάτων
- τα υπόλοιπα ΗΑ πηγαίνουν απευθείας σε χώρους υγειονομικής ταφής και αποτεφρωτήρες



(Holgerson, S., Steenari, B. M., Björkman, M., Cullbrand, K. Analysis of the metal content of small-size Waste Electric and Electronic Equipment (WEEE) printed circuit boards—part 1: Internet routers, mobile phones and smartphones. Resources, Conservation and Recycling. 2018, 133, 300-308)

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Στην πραγματικότητα, μεγάλο μερίδιο των μη δηλωμένων αλλά συλλεγόμενων ΗΑ

- είτε υποβάλλεται σε επεξεργασία εντός της χώρας χωρίς τη δέουσα περιβαλλοντική φροντίδα
- είτε αποστέλλεται παράνομα σε αναπτυσσόμενες χώρες

όπου μέρη των πολύτιμων υλικών ανακυκλώνονται κατά τρόπο επικίνδυνο για την υγεία και το περιβάλλον



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Σχεδόν το 50% των ΗΑ που παράγονται από τις ανεπτυγμένες χώρες εξάγονται παράνομα

(Hsu, E., Barmak, K., West, A., Park, A.H. Advancements in the Treatment and Processing of Electronic Waste with Sustainability: A Review of Metal Extraction and Recovery Technologies. Green Chemistry. 2019, 5)

- στην Κίνα
- και μια σημαντική ποσότητα πηγαίνει
- στην Ινδία
- στο Πακιστάν
- στο Βιετνάμ
- στις Φιλιππίνες
- στη Μαλαισία
- στη Νιγηρία
- στη Γκάνα και
- πιθανώς στο Μεξικό
- και στη Βραζιλία



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

- Η ασφαλής απόρριψη και
 - η έλλειψη νομοθεσίας
- αποτελούν τις βασικές ανησυχίες για την ορθή διαχείριση των **ΗΑ** καθώς
- η Αφρική διαθέτει λίγους έως καθόλου νόμους
 - η Κίνα μαζί με την Ινδία έχουν αναποτελεσματική και ασυνεπή νομοθεσία σχετικά με τη διαχείριση των **ΗΑ**

(Zeng, X., Yang, C., Chiang, J.F., Li, J. Innovating e-waste management: from macroscopic to microscopic scales. *Sci. Total Environ.* **2017**, 575, 1–5)



Γνωστές και ύποπτες διαδρομές απόρριψης ηλεκτρονικών απορριμμάτων

Πηγή: Hsu, E., Barmak, K., West, A., Park, A.H. Advancements in the Treatment and Processing of Electronic Waste with Sustainability: A Review of Metal Extraction and Recovery Technologies. *Green Chemistry.* **2019**, 5

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Connect 2030 - Ατζέντα για την Παγκόσμια Ανάπτυξη
Τηλεπικοινωνιών / ΤΠΕ

τα κράτη μέλη της διεθνής ένωσης τηλεπικοινωνιών
(*International Telecommunication Union ITU*)

έθεσαν παγκόσμιους στόχους για τα **ΗΑ** για το 2023:

- να αυξήσουν το **παγκόσμιο ποσοστό ανακύκλωσης** των **ΗΑ** στο 30% καθώς επίσης και να αυξήσουν το ποσοστό των χωρών με νομοθεσία για τα **ΗΑ** στο 50%
- να **μειώσουν τον όγκο των περιττών ΗΑ** κατά 50%



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Τα ΗΑ είναι ένα σύνθετο μείγμα **μετάλλων, πλαστικών, εξαρτημάτων γυαλιού** και πολλών άλλων υλικών:

- Σίδηρος – Ατσάλι 47,9%
- Πλαστικό 20,6%
- Χαλκός (Cu) 7%
- Γυαλί 5,4%
- Αργίλιο (αλουμίνιο) (Al) 4,7%
- Υπόλοιπα 14,5% (πολύτιμα μέταλλα όπως ο χρυσός (Au), το παλλάδιο (Pd) και ο άργυρος (Ag) αλλά και επικίνδυνες ουσίες όπως ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg) κλπ.)



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Type of e-waste	Weight (%)					Weight (ppm)		
	Cu	Fe	Al	Ni	Pb	Ag	Au	Pd
Printed circuit board	20	6	4	1	2.5	1000	250	90
Mobile phone	13	5	1	0.1	0.3	1380	350	210
TV board	10	28	10	0.3	1	280	20	10
Portable audio	21	23	1	0.03	0.14	150	10	4
DVD player	5	62	2	0.05	0.3	115	15	4
Calculator	3	4	5	0.5	0.1	260	50	5

Πηγή: Scruggs, C.E., Nimpuno, N., Moore, R.B.B. *Improving information flow on chemicals in electronic products and E-waste to minimize negative consequences for health and the environment. Resour. Conserv. Recycl.* **2016**, 113, 149–164

Ο πίνακας παρουσιάζει τις συνθέσεις των μετάλλων, χωρισμένες σε βαρέα μέταλλα και πολύτιμα μέταλλα, που περιέχονται σε διάφορους τύπους ΗΑ Πληροφορικής

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Τα σημερινά πολύπλοκα υπολογιστικά δίκτυα μπορούν να περιέχουν δεκάδες κοινές συσκευές που είναι ανακυκλώσιμες στο τέλος της ζωής τους όπως:

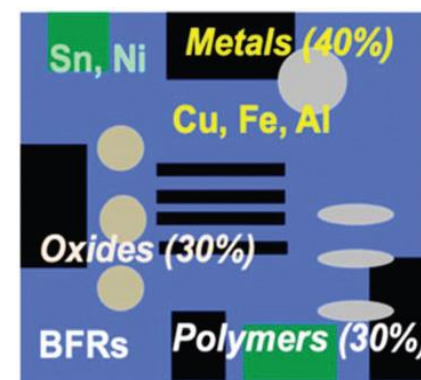
- μόντεμ
- πύλες
- δρομολογητές
- διανομείς
- γέφυρες
- διακόπτες



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Κάθε εξοπλισμός δικτύωσης μπορεί να είναι διαφορετικός, αλλά ορισμένα κοινά προϊόντα που προέρχονται από αυτόν τον εξοπλισμό μπορεί να περιλαμβάνουν:

- μη σιδηρούχα μέταλλα
- αργίλιο (Al)
- χαλκό (Cu)
- τεμαχισμένα πλαστικά
- κάρτες δικτύου
- πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος (printed circuit board **PCB**)
- και άλλα

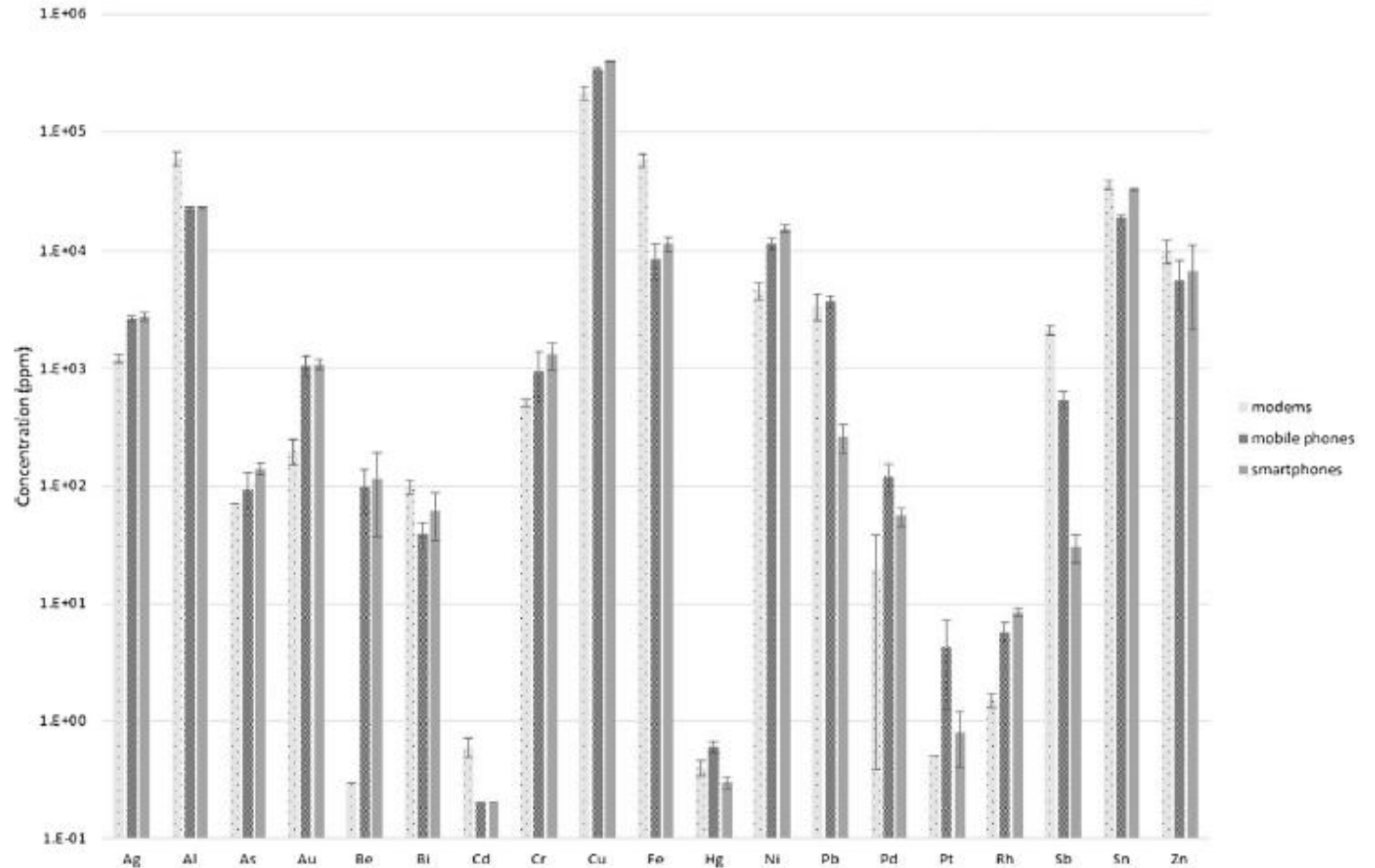


Σχηματική πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος (PCB) με την κατά προσέγγιση σύνθεση μετάλλων, οξειδίων και πολυμερών

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Στην εικόνα φαίνεται ότι τα υπολείμματα **PCB** των κινητών τηλεφώνων έχουν

- τις υψηλότερες συγκεντρώσεις από πολύτιμα μέταλλα
- αρκετή ποσότητα βασικών μετάλλων



Η μέση περιεκτικότητα σε μέταλλα σε πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων τριών τύπων προϊόντων: 1) δρομολογητές διαδικτύου, διανομείς, μόντεμ, 2) κινητά τηλέφωνα και 3) smartphones

Πηγή: Hao, J., Wang, Y., Wu, Y., Guo, F. Metal recovery from waste printed circuit boards: A review for current status and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020, 157, 104787

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι

- τα μόντεμ
- οι κόμβοι
- οι δρομολογητές Διαδικτύου

διαθέτουν **υψηλή περιεκτικότητα σε πολύτιμα μέταλλα**

(η υψηλότερη περιεκτικότητά τους σε πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος σε σχέση με το συνολικό βάρος του προϊόντος)

Τα μόντεμ Διαδικτύου περιέχουν γενικά **χαμηλότερη περιεκτικότητα σε τοξικά μέταλλα** εκτός από τον μόλυβδο (Pb)

(συγκρίσιμη με εκείνα των κινητών τηλεφώνων με διάστημα παραγωγής μεταξύ 2004-2010)



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Σήμερα, η επεξεργασία και η ανακύκλωση των PCB **δεν είναι βιώσιμη**

- Η ετερογένεια στη χημική σύνθεση των **PCB** και
- η τοξικότητα των υλικών που περιέχονται

παρουσιάζουν σημαντικές προκλήσεις για τη μεθοδολογία ανακύκλωσης



Η αποσυναρμολόγηση των **PCB** και ιδιαίτερα

ο διαχωρισμός των επικίνδυνων συστατικών από τα μη επικίνδυνα υλικά

είναι ένα **κρίσιμο βήμα** για την ελαχιστοποίηση των ανησυχιών σχετικά με την τοξικότητα κατά την επεξεργασία

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Τα εργοστάσια απόρριψης δυστυχώς
τείνουν να ανακυκλώνουν
τα μη τοξικά πολύτιμα συστατικά των
PCB (μέταλλα)
και απελευθερώνουν
τα τοξικά συστατικά στο περιβάλλον
δημιουργώντας κινδύνους τόσο

- για την υγεία όσο και
- για το περιβάλλον



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Η ανακύκλωση γενικά των **ΗΑ** έχει ιδιαίτερη σημασία

- για την **ανάκτηση** υλικών όπως ο χαλκός(Cu), ο χρυσός (Au), ο άργυρος (Ag) κλπ.
- για τη **διαχείριση** των επικίνδυνων υλικών εμποδίζοντας τη διαρροή στο περιβάλλον επικίνδυνων βαρέων μετάλλων όπως ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), το εξασθενές χρώμιο (Cr(VI)), κλπ.



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Τα δυνητικά αυτά επιβλαβή συστατικά

- ρυπαίνουν το περιβάλλον και
- αυξάνουν τους κινδύνους για τα άτομα που ασχολούνται με την ανακύκλωση των ΗΑ

καθώς εκτίθενται σε άκρως τοξικές ουσίες όταν αφαιρούν τα πολύτιμα υλικά από τα ΗΑ

χωρίς μεθόδους προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος

(Shyam, G. K., Manvi, S. S., Bharti, P. Smart waste management using Internet-of-Things (IoT). 2017 2nd International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCCT). 2017, 199-203)



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Αν δεν χρησιμοποιούνται βέλτιστες πρακτικές

- χάνονται ανακυκλώσιμα πολύτιμα μέταλλα και πλαστικές ύλες
- προκαλείται σοβαρή υποβάθμιση του περιβάλλοντος

Με τη σωστή διαχείριση

- ελαχιστοποιούνται οι διαρροές επικίνδυνων ουσιών στο περιβάλλον
- ανακτώνται πολύτιμα μέταλλα και υλικά



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Πολλά σπάνια ορυκτά προέρχονται από χώρες
οι οποίες δε σέβονται τα ανθρώπινα δικαιώματα

Προκειμένου να αποφευχθεί

η ακούσια στήριξη των ένοπλων συγκρούσεων και των
παραβιάσεων των ανθρωπίνων δικαιωμάτων

η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει κανόνες

που απαιτούν από τους Ευρωπαίους εισαγωγείς ορυκτών
σπάνιων γαιών

να ελέγχουν το ιστορικό των προμηθευτών τους



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Το 2021, τέθηκε σε εφαρμογή κανονισμός που υποχρεώνει τους εισαγωγείς καρβιδίου, κασσίτερου (Sn), χρυσού (Au) και τανταλίου (Ta) να διεξάγουν τους απαραίτητους ελέγχους δέουσας επιμέλειας ως προς τους προμηθευτές

Ο στόχος είναι

η αποτροπή της χρηματοδότησης συγκρούσεων και παραβιάσεων των ανθρωπίνων δικαιωμάτων

μέσω του διεθνούς εμπορίου ορυκτών

Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)



Ηλεκτρονικά απόβλητα (ΗΑ)

Το 2019, η αξία των πρώτων υλών στα **ΗΑ** που δημιουργήθηκαν υπολογίστηκε σε 57 δισεκατομμύρια δολάρια (\$)

Ο πίνακας παρουσιάζει τις κατά προσέγγιση αξίες σε δολάρια (\$) των μετάλλων που περιέχονται σε **PCB**

Με το τρέχον ποσοστό συλλογής και ανακύκλωσης (17,4%) σε παγκόσμιο επίπεδο, θα μπορούσε να ανακτηθεί πρώτη ύλη αξίας 10 δισεκατομμυρίων δολαρίων (\$)

(Wang, C., Qin, J., Qu, C., Ran, X., Liu, C., Chen, B. A smart municipal waste management system based on deep-learning and Internet of Things. *Waste Management*. 2021, 135, 20-29)

Metal	Value (\$ g ⁻¹)	Value in 100 g of PCB (\$)
Au	41	2.06
Cu	0.0075	0.15
Ag	0.53	0.083
Ni	0.017	0.018
Al	0.0024	0.011
Zn	0.0033	0.0066
Fe	0.000066	0.0003

Οι κατά προσέγγιση χρηματικές αξίες μετάλλων σε σκραπ PCB

Πηγή: *Waste Management*, 135, 2021, 20-29

Προτεινόμενες λύσεις (1)

Νέο σχέδιο δράσης για την κυκλική οικονομία (Μάρτιος 2020, Ευρωπαϊκή Επιτροπή) με βασική προτεραιότητα

τη μείωση των αποβλήτων ηλεκτρονικού και ηλεκτρικού εξοπλισμού

Άμεσοι στόχοι

- το "δικαίωμα της επισκευής"
- η βελτίωση της δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης
- η καθιέρωση κοινού φορτιστή
- η θέσπιση συστήματος ανταμοιβής, ώστε να ενθαρρύνεται η ανακύκλωση των ΗΑ
- η υιοθέτηση των τριών R (**Reduce, Reuse, Recycle**)



(Goosey, E., Goosey, M. Chapter 8 - The materials of waste electrical and electronic equipment. Editor(s): Vannessa Goodship, Ab Stevels, Jaco Huisman, In Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook (Second Edition), Woodhead Publishing. 2019, 231-262)

Προτεινόμενες λύσεις (2)

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας πρέπει να περιλαμβάνει

- την **υπεύθυνη** και "**ηθική**" απόρριψη των συσκευών
- την **εκπαίδευση** των καταναλωτών σχετικά με τη σημασία της υπεύθυνης απόρριψης των συσκευών τους



Προτεινόμενες λύσεις (3)

- Ταξινόμηση και απόρριψη των **ΗΑ** χωριστά σε ειδικούς για αυτό τον σκοπό κάδους ανακύκλωσης
- **Μείωση** της κατανάλωσης προϊόντων που παράγονται από τη χρήση ηλεκτρονικού εξοπλισμού: επιλογή μη χρήσης χαρτιού (*paperless*) σε τραπεζικές συναλλαγές, σε λογαριασμούς τηλεφώνου κλπ.
- Εφαρμογή της **εικονικοποίησης** (virtualization) (δημιουργία μιας εικονικής έκδοσης συμπεριλαμβανομένων των εικονικών πλατφορμών υλικού υπολογιστών, συσκευών αποθήκευσης και πόρων δικτύου υπολογιστών)



Προτεινόμενες λύσεις (4)

- Αντικατάσταση των οθονών υψηλής κατανάλωσης με οθόνες εξοικονόμησης ενέργειας και απενεργοποίησή τους όταν δε χρησιμοποιούνται
- Επαναχρησιμοποίηση των περιφερειακών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων δικτύων υπολογιστών από απορριφθέντες υπολογιστές ή άλλον ηλεκτρονικό εξοπλισμό εφόσον έχουν δοκιμαστεί και έχουν ελεγχθεί για καταλληλότητα



Προτεινόμενες λύσεις (5)

- Πραγματοποίηση διαδικασιών αναβάθμισης και επισκευής αντί άμεσης αντικατάστασης εξοπλισμού Πληροφορικής
- Ενθάρρυνση και επιβράβευση της έρευνας για την ανάπτυξη πράσινων ηλεκτρονικών προϊόντων καθώς και για την αποτελεσματική διαχείριση των **ΗΑ**
- Ενθάρρυνση και επιβράβευση της χρήσης πράσινων ηλεκτρονικών προϊόντων



Προτεινόμενες λύσεις για τη βελτίωση της παγκόσμιας διαχείρισης και ανακύκλωσης των ΗΑ (1)

(Adhithya Prasanna, M., Vikash Kaushal, S., Mahalakshmi, P. Survey on identification and classification of waste for efficient disposal and recycling. IJET. 2018, 7, 520)

- Τα ανεπτυγμένα κράτη πρέπει να επενδύσουν στην ανάπτυξη τεχνολογίας και να δημιουργήσουν ή να επεκτείνουν νέες εγκαταστάσεις για να αυξήσουν και να βελτιώσουν το σύστημα ανακύκλωσης ΗΑ
- Οι αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει να υιοθετήσουν νομοθεσία για τη βελτίωση της συλλογής των ΗΑ έτσι ώστε να μεγιστοποιηθούν οι δυνατότητες ανακύκλωσης
- Για τις μικρές χώρες ή περιοχές, η δημιουργία και υποστήριξη κινητού εργοστασίου και φορητού συστήματος ανακύκλωσης



Προτεινόμενες λύσεις για τη βελτίωση της παγκόσμιας διαχείρισης και ανακύκλωσης των ΗΑ (2)

- Για τις περιοχές με πολύ μικρή παραγωγή ΗΑ, πολλές γειτονικές περιοχές θα πρέπει να ενωθούν και να δημιουργήσουν εγκαταστάσεις για τη διαχείριση τους
- Σε επίπεδο βιομηχανίας, οι εταιρείες μπορούν να ερευνήσουν και να δημιουργήσουν την πλήρη αλυσίδα εφοδιασμού τους, από την προμήθεια και την κατασκευή έως τη διανομή, τη συλλογή και τη διάθεση



Ένα σύστημα στο οποίο...

συλλέγονται όλα τα απορριπτόμενα προϊόντα και στη συνέχεια τα υλικά ή τα εξαρτήματα να **ενσωματώνονται** σε νέα προϊόντα θα μπορούσε **να μειώσει**

- την **ανάγκη** για νέες πρώτες ύλες
- τη **διάθεση** απορριμμάτων
- την **ενέργεια** που καταναλώνεται μαζί με τα υλικά που απαιτούνται για το σχεδιασμό και την παραγωγή ενός εντελώς νέου π.χ. υπολογιστή
- τις **εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα** σε σύγκριση με την εξόρυξη ακατέργαστων πόρων
- και να δημιουργήσει μια νέα οικονομική ανάπτυξη "πράσινων" θέσεων εργασίας και επιχειρηματικών ευκαιριών



Υπολογιστικό Νέφος (ΥΝ)

Σύμφωνα με τον Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας
(*National Institute of Standards and Technology - NIST*)

Υπολογιστικό Νέφος είναι ένα μοντέλο που επιτρέπει την

- συνεχή παρουσία
- κατάλληλη
- κατ' απαίτηση πρόσβαση στο δίκτυο



σε μια **κοινόχρηστη ομάδα** διαμορφώσιμων υπολογιστικών πόρων
(π.χ. δίκτυα, διακομιστές, αποθηκευτικοί χώροι, εφαρμογές και υπηρεσίες)

που μπορούν να **απελευθερωθούν** και να **αποδοθούν** γρήγορα

με **ελάχιστη προσπάθεια** διαχείρισης ή αλληλεπίδρασης με τον πάροχο

των υπηρεσιών (Toosi, A.N., Qu, C., de Assunção, M.D., Buyya, R. Renewable-aware geographical load balancing of web applications for sustainable data

centers. *J. Netw. Comput. Appl.* **2017**, 83, 155-168)

Υπολογιστικό Νέφος (ΥΝ)

Τα πέντε βασικά χαρακτηριστικά του ΥΝ:

- **Αυτοεξυπηρέτηση κατ' απαίτηση** (ο πελάτης μπορεί να αποκτήσει πόρους με βάση τη ζήτηση υπηρεσιών)
- **Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο** (οι υπηρεσίες είναι προσβάσιμες εξ αποστάσεως από ετερογενείς πλατφόρμες πελατών)
- **Συγκέντρωση πόρων** (οι πόροι συγκεντρώνονται και μοιράζονται στους πελάτες με τρόπο πολλαπλών ενοικιαστών)
- **Γρήγορη ελαστικότητα** (οι πόροι μπορούν να αποδοθούν και να απελευθερωθούν γρήγορα με ελάχιστη ανθρώπινη συμμετοχή)
- **Μετρήσιμη υπηρεσία** (οι πόροι ελέγχονται μέσω της δυνατότητας μέτρησης π.χ. πληρωμή ανά χρήση, που είναι κατάλληλη για τον τύπο της υπηρεσίας)

Υπολογιστικό Νέφος (ΥΝ)

Τα τρία μοντέλα υπηρεσιών του ΥΝ:

- **Η υποδομή ως υπηρεσία** (*Infrastructure as a Service IaaS*)

εκμετάλλευση πολλών υπολογιστικών πόρων με τη βοήθεια της εικονικοποίησης (*Virtualization*)

- **Η πλατφόρμα ως υπηρεσία** (*Platform as a Service PaaS*)

δυνατότητα χρησιμοποίησης των γλωσσών προγραμματισμού και εργαλείων που υποστηρίζονται από τον πάροχο του ΥΝ

- **Το λογισμικό ως υπηρεσία** (*Software as a Service SaaS*)

δυνατότητα χρησιμοποίησης των εφαρμογών και υπηρεσιών του παρόχου που εκτελούνται σε μια υποδομή ΥΝ

Υπολογιστικό Νέφος (ΥΝ)

Τα τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης του ΥΝ:

- Το δημόσιο (η δομή του ΥΝ είναι διαθέσιμη σε όλο το κοινό)
- Το ιδιωτικό (η δομή του ΥΝ είναι κοινή για έναν οργανισμό)
- Το νέφος κοινότητας (η δομή του είναι κοινή για αρκετούς οργανισμούς και υποστηρίζει μία συγκεκριμένη κοινότητα με κοινά ενδιαφέροντα και κοινές ανάγκες)
- Το υβριδικό (στο ΥΝ εφαρμόζονται δύο η περισσότερα νέφη διαφορετικού είδους)



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Η τεχνολογία της **εικονικοποίησης** μεγιστοποιεί την αποτελεσματική χρήση της υποδομής

- τόσο του **υλικού** όσο και
- των **φυσικών πόρων**

για την **αποθήκευση** μεγάλου όγκου δεδομένων μαζί με τεράστιες δυνατότητες **επεξεργασίας**

Οι πόροι αυτοί βρίσκονται μέσα στα κέντρα δεδομένων του υπολογιστικού νέφους (ΚΔΥΝ)



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Τα ΚΔΥΝ αναπτύσσονται από παρόχους υπηρεσιών πληροφορικής (IT), όπως η Google, και η Meta (πρώην Facebook), για να καλύψουν τις ψηφιακές ανάγκες του κόσμου

Είναι **κατανεμημένα σε όλο τον κόσμο** για να παρέχουν πρόσβαση κατ' απαίτηση σε διαφορετικούς καταναλωτές και επιχειρήσεις



Ένα κέντρο δεδομένων της Meta (Facebook) στην Luleå (Σουηδία)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Με την αύξηση της ζήτησης για διαφορετικές υπηρεσίες, αυξάνεται και ο αριθμός των ΚΔΥΝ

Το μέγεθος των ΚΔΥΝ μπορεί να κυμανθεί

- από πολύ μικρό για έναν μεμονωμένο οργανισμό έως
- πάρα πολύ μεγάλο για τη διαχείριση της κίνησης για παγκόσμιους ομίλους (π.χ. η eBay με εκατοντάδες εκατομμύρια χρήστες και δεδομένα προϊόντων)

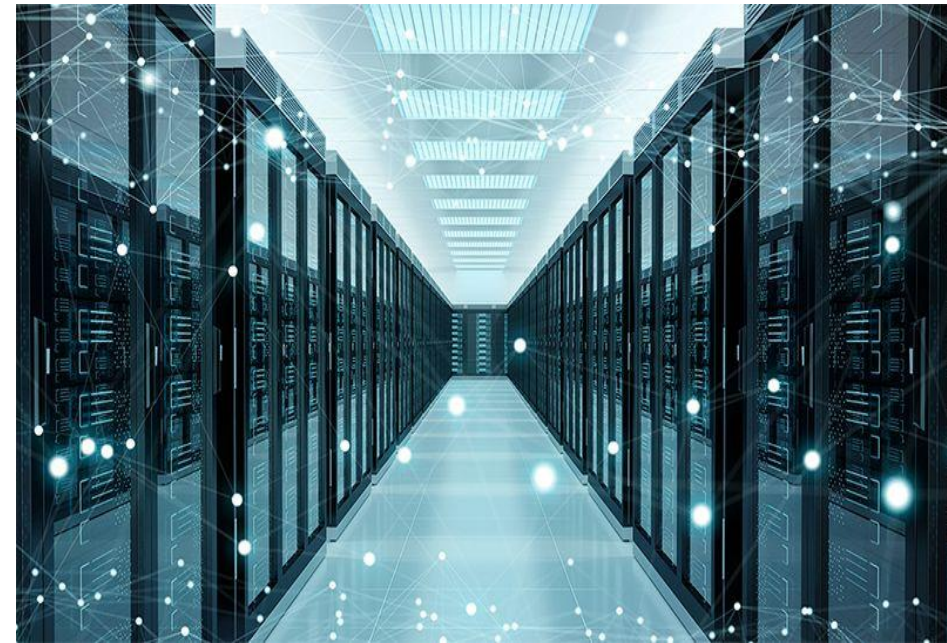


Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Πολλές επιχειρήσεις απαλλάσσονται από τους δικούς τους τοπικούς διακομιστές και **νοικιάζουν χώρο** σε διακομιστές **ΥΝ** χωρίς να ανησυχούν για τεχνικά ζητήματα της πληροφορικής καθώς

- είναι φθηνότερο και
- πιο αποτελεσματικό

Πολλά **ΚΔΥΝ** είναι κέντρα "**συν εγκατάστασης**" τα οποία μοιράζονται οι χρήστες και τα διαχειρίζονται εξειδικευμένες εταιρείες



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Περίπου το 50% των ΚΔΥΝ είναι πλέον "υπερ κλίμακας"

- περιέχουν περισσότερους από 5.000 διακομιστές μαζί με συσκευές αποθήκευσης και δικτύωσης
- λειτουργούν 24/7, 365 ημέρες το χρόνο
- εξασφαλίζουν 99,99% διαθεσιμότητα των υπηρεσιών του ΥΝ
- καλύπτουν εκτάσεις μεγαλύτερες από 1.000 m²

Χρησιμοποιούνται συνήθως από σημαντικούς εταιρείες στη βιομηχανία των δεδομένων όπως

η Microsoft Azure, η Google Cloud, οι Υπηρεσίες Ιστού της Amazon (AWS)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Οι ψηφιακές δραστηριότητες δημιουργούν τεράστιο όγκο δεδομένων

- τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης
- η αναζήτηση
- η κοινή χρήση αρχείων
- το video streaming

Κάθε κομμάτι από αυτά τα δεδομένα πρέπει να υποβληθεί σε

- επεξεργασία
- αποθήκευση
- μετάδοση

οδηγώντας σε **σημαντική αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας** που χρειάζονται για να λειτουργήσουν τα **ΚΔΥΝ**

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Ταυτόχρονα η διαχείριση αυτή

- προσθέτει στο ενεργειακό κόστος και
- αφήνει περιβαλλοντικές επιπτώσεις με τη μορφή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (*Greenhouse Gas - GhG*)

Υπολογίζεται ότι το 2020

τα **ΚΔΥΝ** ήταν υπεύθυνα για 78,7 εκατομμύρια μετρικούς τόνους εκπομπών CO₂

ίσες με το 2% των παγκόσμιων εκπομπών

(Khalil, M.I.K., Ahmad, I., Almazroi, A.A. Energy efficient indivisible workload distribution in geographically distributed data centers IEEE Access. 2019, 7, 82672-82680)

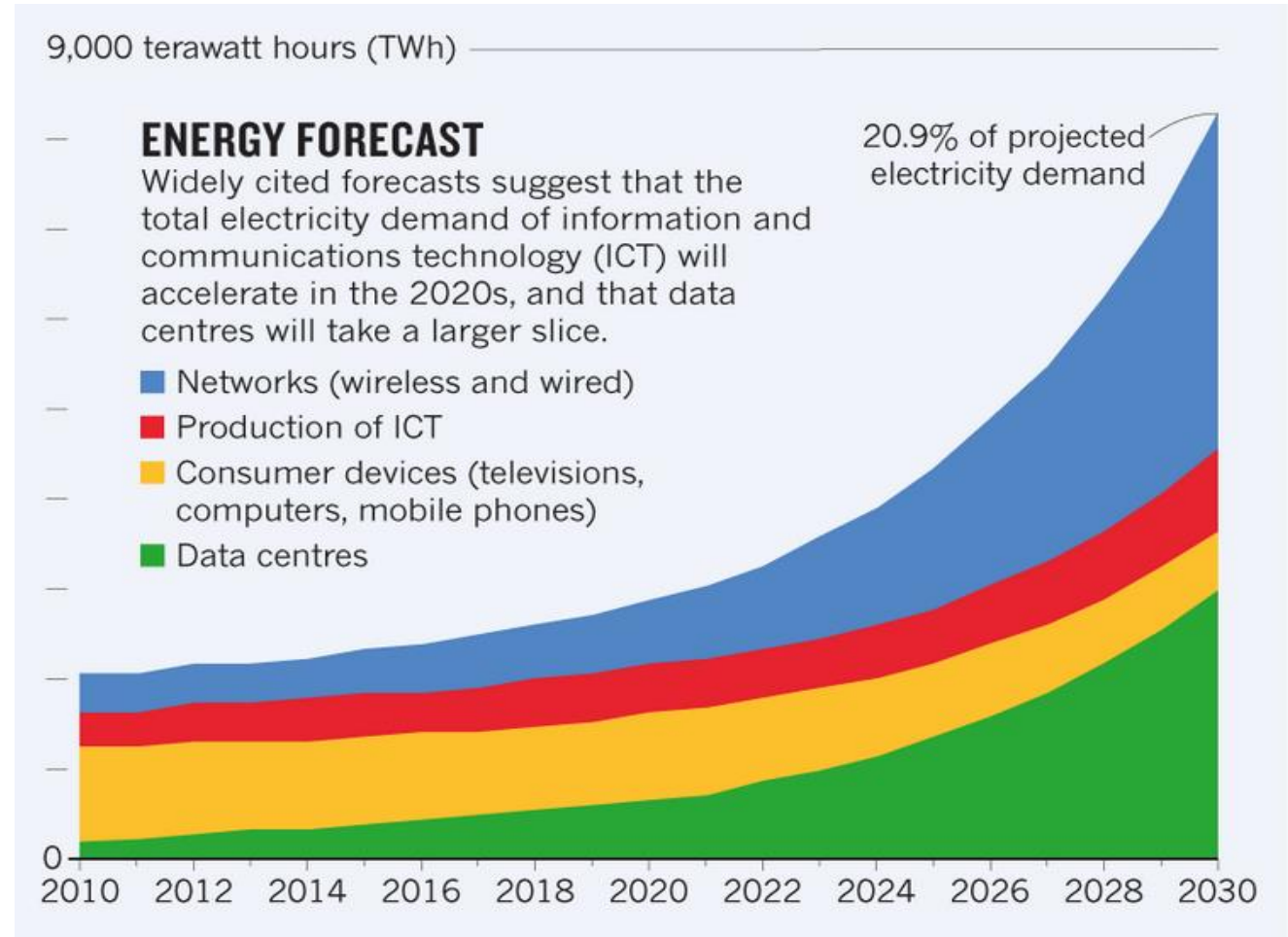


Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Έρευνες εκτιμούν ότι μέχρι το 2030, η βιομηχανία Πληροφορικής

- θα μπορούσε να χρησιμοποιεί το 20% του συνόλου της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και
- να εκπέμπει έως και το 5,5% των παγκόσμιων εκπομπών άνθρακα

(Uchchukwu, A., Li, K., Shen, Y. Energy Consumption in Cloud Computing Data Centers, International Journal of Cloud Computing and Services Science. 2014, 3(3))



Πρόβλεψη για την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το 2030

Πηγή: AKCP (Est. USA 1981)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Τα ΚΔΥΝ στις περιοχές που είναι εγκατεστημένα

- έχουν αναδειχθεί ως ο κύριος καταναλωτής της ηλεκτρικής ενέργειας

(κτίρια τα οποία σχεδόν πάντα συνδέονται απευθείας στο τοπικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας)

- καταναλώνουν περισσότερο από το 2,4% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως

(παγκόσμιος οικονομικός αντίκτυπος 30 δισεκατομμυρίων δολαρίων (\$))

και αναμένεται ότι

η κατανάλωση θα φτάσει το 3,2% της συνολικής ζήτησης το 2030

(Hintemann, R., Hinterholzer, S. Energy consumption of data centers worldwide: How will the Internet become green? 2020)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Ο αριθμός και το μέγεθος

των ΚΔΥΝ αυξάνεται εκθετικά την τελευταία δεκαετία

για να συμβαδίζει με τον αυξανόμενο αριθμό εφαρμογών και χρηστών που βασίζονται στο ΥΝ

Αυτή τη στιγμή, υπάρχουν **7,2 εκατομμύρια ΚΔΥΝ στον κόσμο** (γερμανική στατιστική υπηρεσία)

- Οι ΗΠΑ 2.670 (μακράν τα περισσότερα)
- Το Ηνωμένο Βασίλειο 452
- Η Γερμανία 443
- Ακολουθούν η Κίνα, η Ολλανδία, η Αυστραλία, ο Καναδάς, η Γαλλία και η Ιαπωνία ...

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των ΚΔΥΝ αναμένεται να αυξάνεται 15-20% ετησίως λόγω

της αναμενόμενης απότομης αύξησης της ζήτησης

- για υπολογιστική ισχύ και
- αποθήκευση

εξαιτίας των σύγχρονων τάσεων όπως:

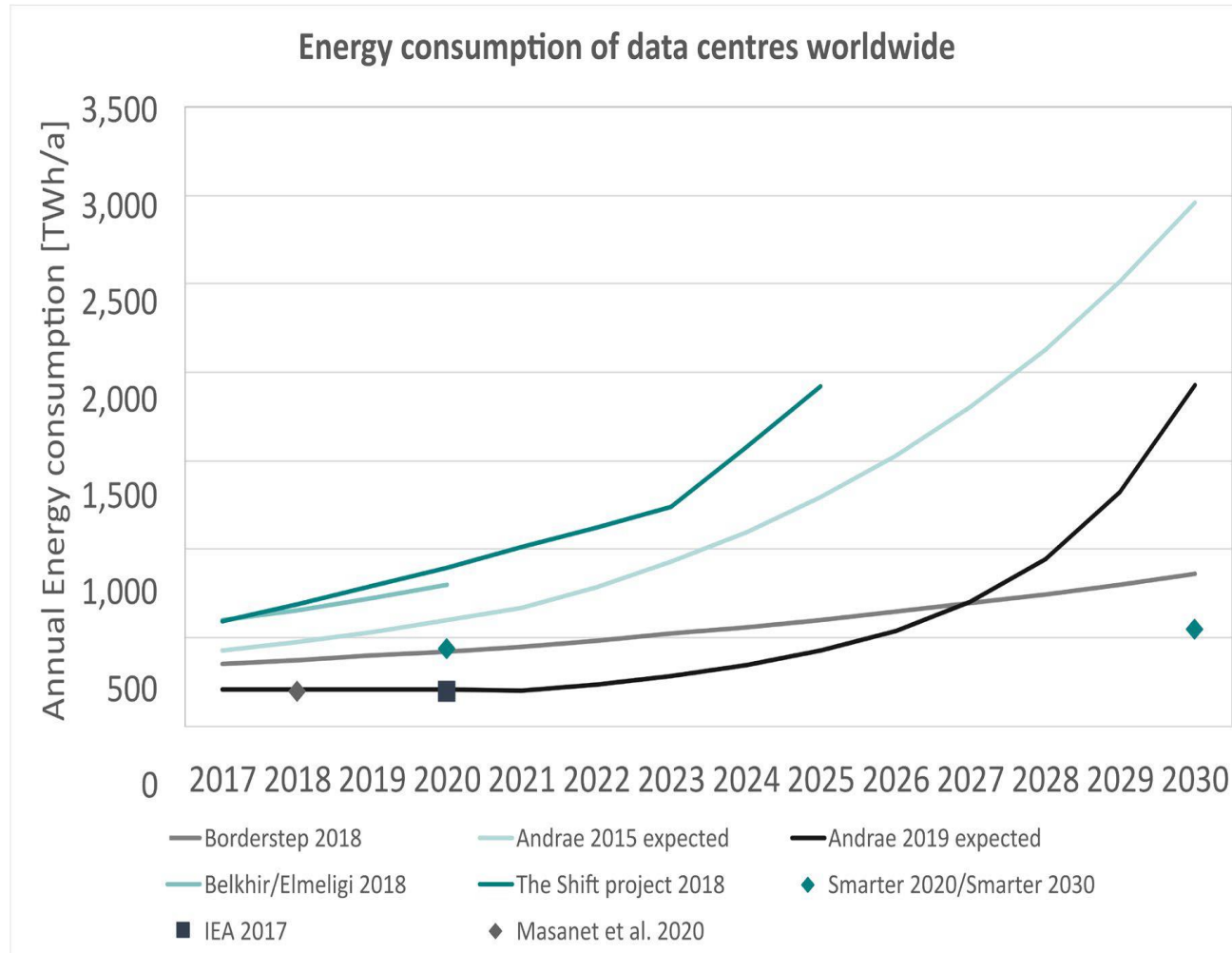
- το IoT με το 5G
- η τεχνητή νοημοσύνη
- οι εφαρμογές μεγάλων δεδομένων
- το video streaming
- το edge computing



(Gill, S. S., Buyya, R. A Taxonomy and Future Directions for Sustainable Cloud Computing: 360 Degree View. ACM Comput. Surv. 2019, 51(5))

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

[TWh/a]
TerraWatt
Hour(s)/
annually



Επισκόπηση μελετών για την κατανάλωση ενέργειας των κέντρων δεδομένων παγκοσμίως μέχρι το έτος 2030

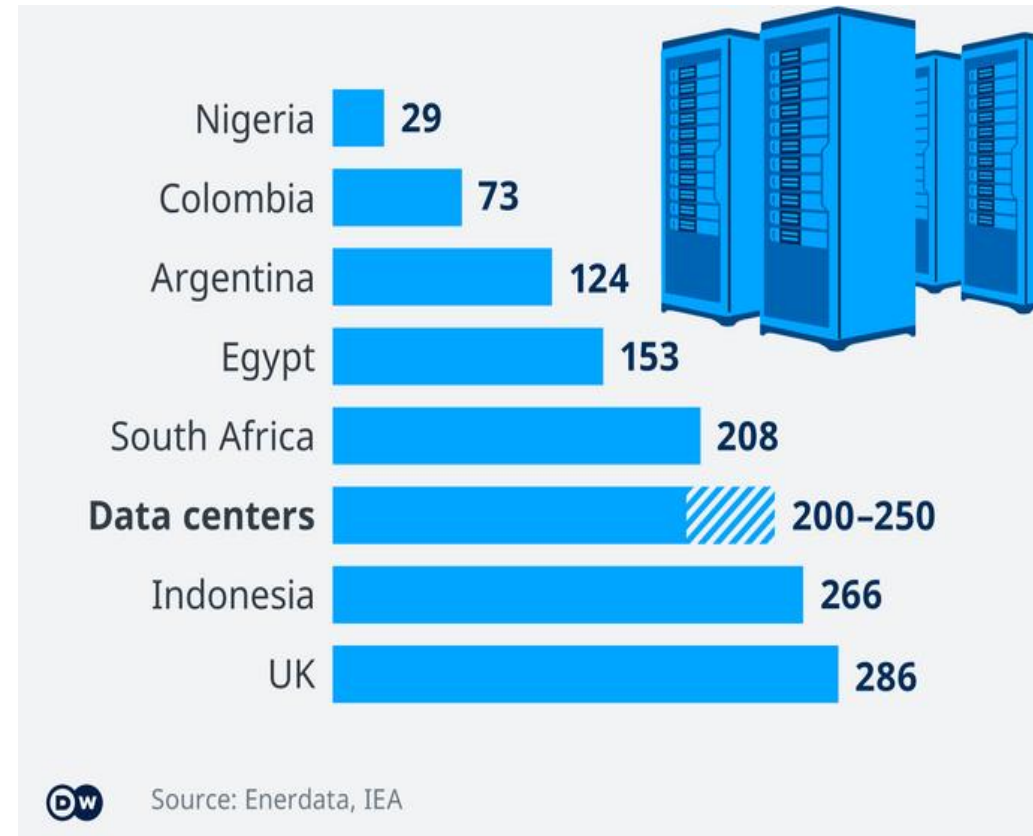
Πηγή: Shaheen, Q., Shiraz, M., Khan, S., Majeed, R., Guizani, M., Khan, N., et al. Towards energy saving in computational clouds: Taxonomy, review, and open challenges. IEEE Access. 2018, 6, 29407-29418

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Το ενεργειακό αποτύπωμα των ΚΔΥΝ είναι στο **ίδιο επίπεδο** με τις εκπομπές της αεροπορικής βιομηχανίας από τα καύσιμα

(Pańkowska, M., Pyszny, K., Strzelecki, A. *Users' Adoption of Sustainable Cloud Computing Solutions. Sustainability*. 2020, 12(23):9930)

Η ενέργεια για την **παραγωγή κρυπτονομισμάτων** θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια απότομη αύξηση της ζήτησης ενέργειας **νωρίτερα από το προβλεπόμενο**



Εγχώρια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας επιλεγμένων χωρών έναντι των κέντρων δεδομένων το 2020 σε TWh/a

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Η συνεχιζόμενη ψηφιοποίηση και η αυξανόμενη διαθεσιμότητα των υπηρεσιών **ΥΝ** οδηγούν

- σε ενίσχυση και
- σημαντική αύξηση στις χωρητικότητες των **ΚΔΥΝ**

Η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας είναι τόσο ισχυρή που υπέρ αντιστάθμισε τα σημαντικά κέρδη της ενεργειακής απόδοσης που επιτεύχθηκε σε όλα τα επίπεδα με τη χρήση

- πιο αποτελεσματικού υλικού (hardware)
- των καινοτομιών στα φυσικά κτίρια και στα συστήματα ψύξης των **ΚΔΥΝ**

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Μέχρι στιγμής **στην Ευρωπαϊκή Ένωση**

η κατανάλωση ενέργειας των **ΚΔΥΝ**

αναμένεται να αυξηθεί **κατά 21% σε 92,6 TWh/a έως το 2025** (σε σύγκριση με το 2018)

Το μερίδιο των **ΚΔΥΝ**

- αντιπροσώπευε το 10% της κατανάλωσης ενέργειας το 2010
- αυξήθηκε στο **35% το 2018** και
- αναμένεται να ανέλθει στο **60% το 2025**

Μέχρι το 2025 τα **ΚΔ edge computing**

θα αντιπροσωπεύουν το **12% της κατανάλωσης ενέργειας των ΚΔΥΝ**

(Buyya, R., Gill, S. S. Sustainable Cloud Computing: Foundations and Future Directions. Business Technology & Digital Transformation Strategies, Cutter Consortium, EXECUTIVE UPDATE. 2018, 21(6), 1-9)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει μια μεγάλη έρευνα για **τη μείωση** στα **ΚΔΥΝ**

- της **κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας** έτσι ώστε να εξασφαλιστούν μειωμένοι σε κόστος λογαριασμοί ενέργειας
- των **εκπομπών GhG** και τη διατήρηση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C πριν από το έτος 2025

(Rossi, F.D., Xavier, M.G., De Rose, C.A., Calheiros, R.N., Buyya, R. E-eco: performance-aware energy-efficient cloud data center orchestration. *J. Netw. Comput. Appl.* **2017**, 78, 83-96)



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Οι εταιρείες διαχείρισης των **ΚΔΥΝ** λόγω

- της βιωσιμότητας
- του φόβου δημόσιας αντίδρασης για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους στον πλανήτη

αναζητήσουν τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών CO₂

Αυτό οδηγεί στην

- αγορά συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακοί συλλέκτες ή ανεμογεννήτριες με εφεδρικές μπαταρίες) για να τροφοδοτούν άμεσα την υποδομή των **ΚΔΥΝ** και
- επένδυση σε αιολικά και ηλιακά έργα για την παραγωγή της απαιτούμενης ενέργειας

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Το **Facebook**

ισχυρίζεται ότι το **100%** της ηλεκτρικής του ενέργειας προέρχεται πλέον από **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, σε σχέση με το **44%** που ανέφερε το 2016

Η **Google**

για να μειώσει τους λογαριασμούς της ενέργειας κατά **40%** προσαρμόζει τις ανάγκες σε ενέργεια ανάλογα με

- τις καιρικές συνθήκες
- τη ζήτηση των καταναλωτών

Ο στόχος της είναι να επιτύχει **ΚΔΥΝ** 24/7 με ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές **έως το 2030**

(το πρώτο της τέτοιο **ΚΔΥΝ** έχει ήδη τεθεί σε λειτουργία κοντά στο Λας Βέγκας)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Είναι **επιτακτική ανάγκη** για την εφαρμογή καινοτόμων μέτρων στα **ΚΔΥΝ** για

- την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και
- τη μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος

Η απόδοση χρήσης ενέργειας (*Power Usage Efficiency - PUE*) και

η απόδοση χρήσης άνθρακα (*Carbon Usage Efficiency - CUE*)

είναι **δείκτες βιωσιμότητας** που εφαρμόζονται συνήθως στα **ΚΔΥΝ**

(Xu, Y., Zhan, Y., Xu, D. Building cost efficient cloud data centers via geographical load balancing. In 2017 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), IEEE. 2017, 826–831)



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Η **PUE** ορίζεται ως

ο λόγος της συνολικής χρήσης ενέργειας ενός **ΚΔΥΝ** προς τη χρήση ενέργειας εξοπλισμού πληροφορικής

*(η σπατάλη ενέργειας όπως η ψύξη, οδηγεί σε κακές τιμές **PUE**)*

Η **CUE** είναι

ο λόγος των συνολικών εκπομπών CO₂ που προκαλούνται από την κατανάλωση ενέργειας στο **ΚΔΥΝ** προς τη συνολική ισχύ που χρησιμοποιείται από το **ΚΔΥΝ**

*(η πλήρης εξάρτηση από την ενέργεια του δικτύου που βασίζεται σε ορυκτά καύσιμα στα **ΚΔΥΝ** οδηγεί σε κακές τιμές **CUE**)*

(El Kafhali, S., Salah, K. Modeling and Analysis of Performance and Energy Consumption in Cloud Data Centers. Arabian Journal for Science and Engineering. 2018, 43, 7789–7802)

Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Για τη μείωση της **PUE** είναι σημαντική η αντιμετώπιση της ψύξης.

Σε ένα συμβατικό **ΚΔΥΝ** η χρήση πύργων ψύξης
(εξατμίζουν το νερό για να οδηγήσουν στη ψύξη του αέρα)

προκαλεί ένα άλλο περιβαλλοντικό πρόβλημα

τη **μεγάλη κατανάλωση νερού**

Μια δημοφιλής λύση είναι

η **εγκατάσταση** των **ΚΔ** σε **δροσερά κλίματα**

με είσοδο του εξωτερικού αέρα σε αυτά

που οδηγεί σε "**δωρεάν ψύξη αέρα**"



Κέντρα Δεδομένων Υπολογιστικού Νέφους (ΚΔΥΝ)

Η ψύξη με τη **χρήση ζεστού νερού** (ακόμη και σε εύκρατα κλίματα)

έχει γίνει η **πλέον αποδεκτή λύση** για τη διαχείριση υπολογιστών υψηλής απόδοσης που λειτουργούν γρήγορα και υπερθερμαίνονται

Το νερό με σωλήνες είναι ακόμα καλύτερος αγωγός της θερμότητας επιτρέποντας στα **ΚΔΥΝ** να ψύχονται με ζεστό νερό

(λιγότερο ενεργοβόρο για παραγωγή και ανακύκλωση στο σύστημα ψύξης)



Κέντρο δεδομένων της Google στο Όρεγκον όπου οι μπλε σωλήνες παρέχουν κρύο νερό και οι κόκκινοι σωλήνες επιστρέφουν ζεστό νερό για τη ψύξη

Βιωσιμότητα των κέντρων δεδομένων υπολογιστικού νέφους

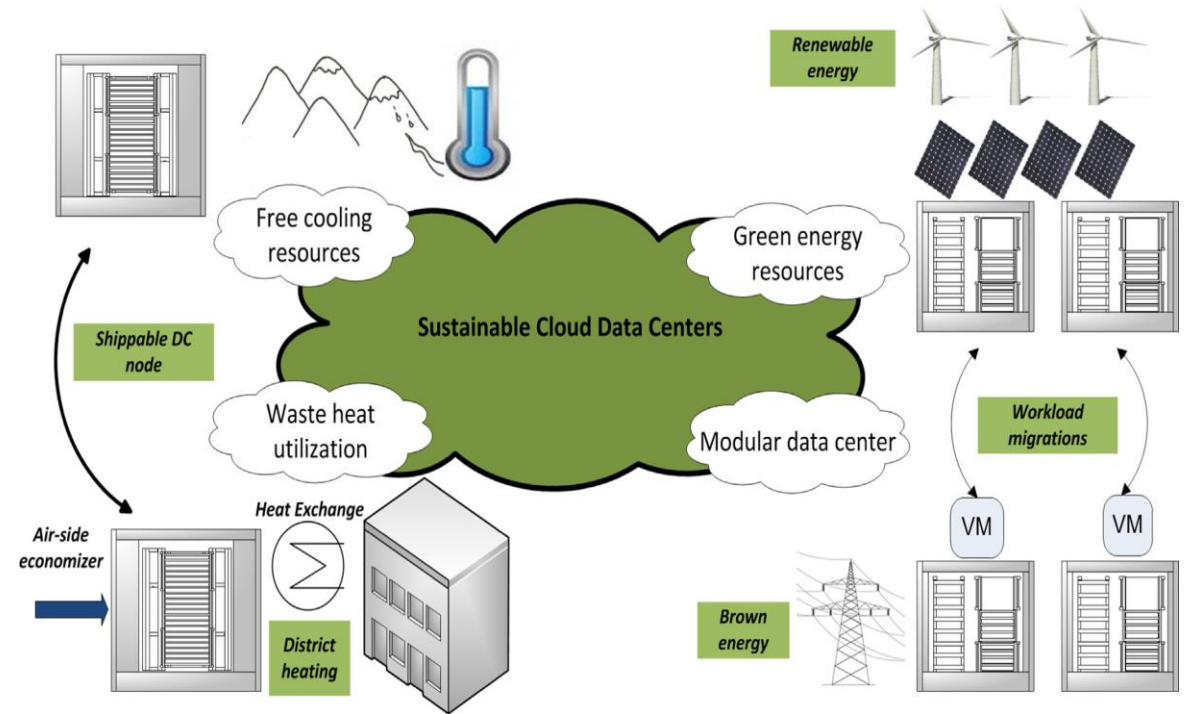
- Τεχνικές παραγωγής ενέργειας από **ανανεώσιμες πηγές** εντός και εκτός των εγκαταστάσεων των **ΚΔΥΝ**
- Ανάκτηση ενέργειας μέσω της **απορριπτόμενης θερμότητας** και δωρεάν τεχνικές ψύξης για μείωση του κόστους ψύξης
- **Υποστήριξη φορητών ΚΔ** αποτελούμενων από αυτοτελείς μονάδες, (*Modular Data Center - MDC*) που διευκολύνουν την εκμετάλλευση της ανανεώσιμης ενέργειας, της απορριπτόμενης θερμότητας και των ευκαιριών δωρεάν ψύξης σε τοποθεσίες διασκορπισμένες σε όλη τη γη
- Υποστήριξη και ενίσχυση της **εικονικοποίησης**

(Shuja, J., Gani, A., Ahmad, R.W., Bilal, K., Shamshirband, S. Sustainable Cloud Data Centers: A survey of enabling techniques and technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, 62, 195-214)

Βιωσιμότητα των κέντρων δεδομένων υπολογιστικού νέφους

Η εγκατάσταση ή μετεγκατάσταση των ενεργειακά βιώσιμων ΚΔΥΝ βασίζεται στην

- εύρεση περιοχών με άφθονη διαθεσιμότητα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (αιολική, ηλιακή, γεωθερμική ή υδροηλεκτρική)
- εγγύτητα σε δωρεάν πόρους ψύξης μαζί με ευκαιρίες ανάκτησης της απορριπτόμενης θερμότητας όπως η τηλεθέρμανση (*District Heating*)



Στοιχεία ενός βιώσιμου κέντρου δεδομένων υπολογιστικού νέφους

(Shuja, J., Gani, A., Ahmad, R.W., Bilal, K., Shamshirband, S. Sustainable Cloud Data Centers: A survey of enabling techniques and technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, 62, 195-214)

Βιώσιμες ιστοσελίδες

- Φιλοξενία ιστοσελίδων με ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (αιολική, ηλιακή, κλπ.)
- Σχεδιασμός ιστότοπων λιγότερο ενεργοβόρων

Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι σχεδιαστές λογισμικού και οι μηχανικοί είναι

- η διαβάθμιση των τοπικών τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας
- η αντιμετώπιση των ανεπαίσθητων αλλαγών στις εικόνες ή στην ανάλυση των ιστοσελίδων, που γίνονται σε περιόδους π.χ. χαμηλής παραγωγής ανέμου ή ηλιακής ενέργειας

Βιώσιμες ιστοσελίδες

Για τις επιχειρήσεις τα **οφέλη** περιλαμβάνουν:

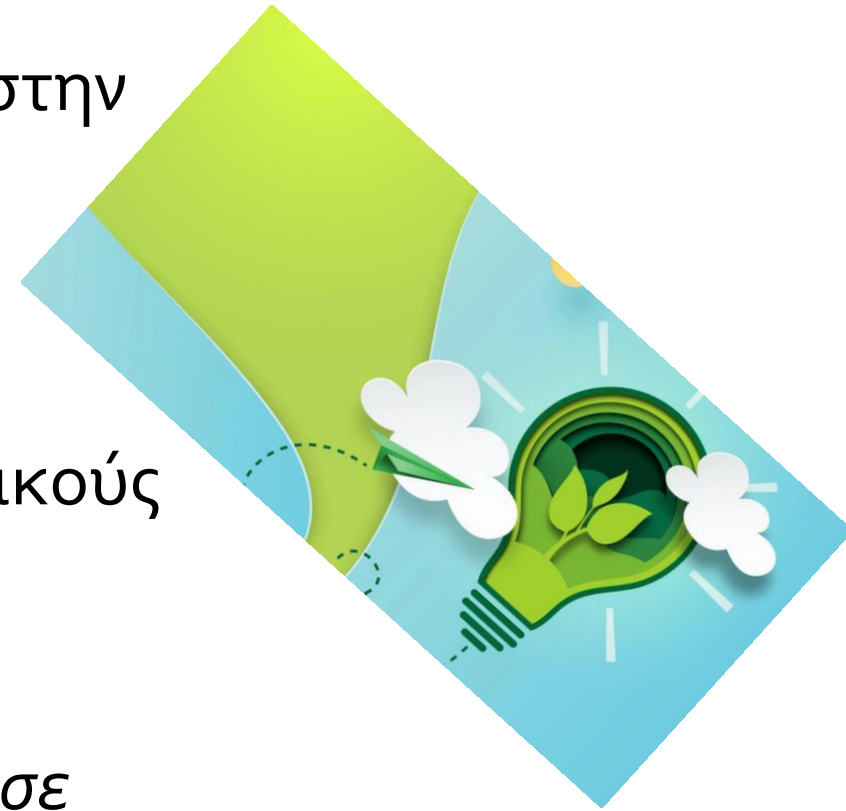
- το μειωμένο ενεργειακό κόστος
- την ενίσχυση της επιχειρηματικής φήμης, χάρη στην αυξημένη ανησυχία του κοινού σχετικά με τη βιωσιμότητα

Το **επόμενο βήμα** είναι

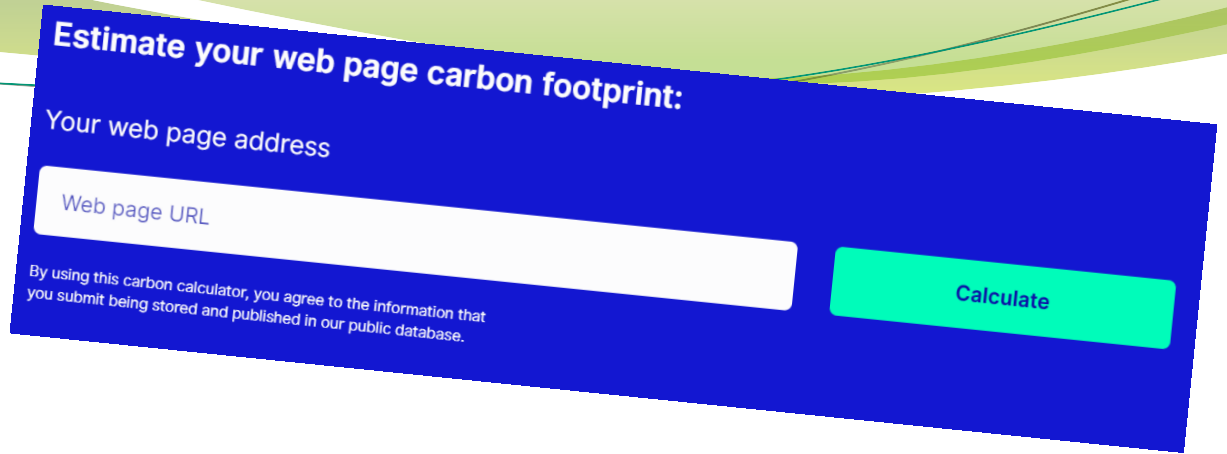
η τροφοδοσία των εμπορικών ιστότοπων από τοπικούς διακομιστές

που βασίζονται σε **ανανεώσιμες πηγές**

(χρησιμοποιούνται ήδη για την παραγωγή ενέργειας σε μικρές ή μεσαίες βιοτεχνίες)



Βιώσιμες ιστοσελίδες



Estimate your web page carbon footprint:

Your web page address

Calculate

By using this carbon calculator, you agree to the information that you submit being stored and published in our public database.

Ο ιστότοπος **Website Carbon**

είναι μια καλή πηγή για την εκτίμηση του CO₂ που παράγει ένας ιστότοπος και τι αποτύπωμα αφήνει ανάλογα με την τοποθεσία και την ταχύτητα σύνδεσης του χρήστη που τον επισκέπτεται

- κάθε χρήστης στην ιστοσελίδα της Google, της οποίας η αρχική σελίδα είναι σχετικά μινιμαλιστική παράγει μόνο περίπου **0,09 gr CO₂ ανά επίσκεψη**
- η πολύ βαριά σε εικόνες διαδικτυακή αρχική σελίδα του CNN (<https://edition.cnn.com/>) παράγει **5,49 gr CO₂ ανά επίσκεψη**

Βιώσιμες ιστοσελίδες

Οι σχεδιαστές ιστοσελίδων πρέπει να υιοθετήσουν **τον μινιμαλισμό** συμβάλλοντας στη μείωση της ενέργειας που απαιτείται για τη φόρτωση

- εικόνων
 - βίντεο
 - εξειδικευμένων γραμματοσειρών που απαιτούν επιπλέον μεγάλα αρχεία
- Αυτό βέβαια θα έκανε **μια πολύ λιγότερο ελκυστική εμπειρία** την εξερεύνηση στο Διαδίκτυο



Βιώσιμες ιστοσελίδες

Μια άλλη λύση για πιο βιώσιμη εξερεύνηση ιστοσελίδων προσφέρεται από πρωτοβουλίες όπως

- **Solar Protocol** (<http://solarprotocol.net/>)
- **Low Tech Magazine** (<https://www.lowtechmagazine.com/>)

Αυτές οι έξυπνες ιστοσελίδες τροφοδοτούνται **εξ ολοκλήρου** από ηλιακή ενέργεια

Οι στρατηγικές σχεδίασης **ιστοσελίδων με απόκριση** επιτρέπουν στους ιστότοπούς τους να λειτουργούν πιο αποτελεσματικά με βάση την **αξιολόγηση του διαθέσιμου ηλιακού φωτός σε πραγματικό χρόνο**

LOW←TECH MAGAZINE

This is a solar-powered website, which means it sometimes goes offline *

**Solar
Protocol**

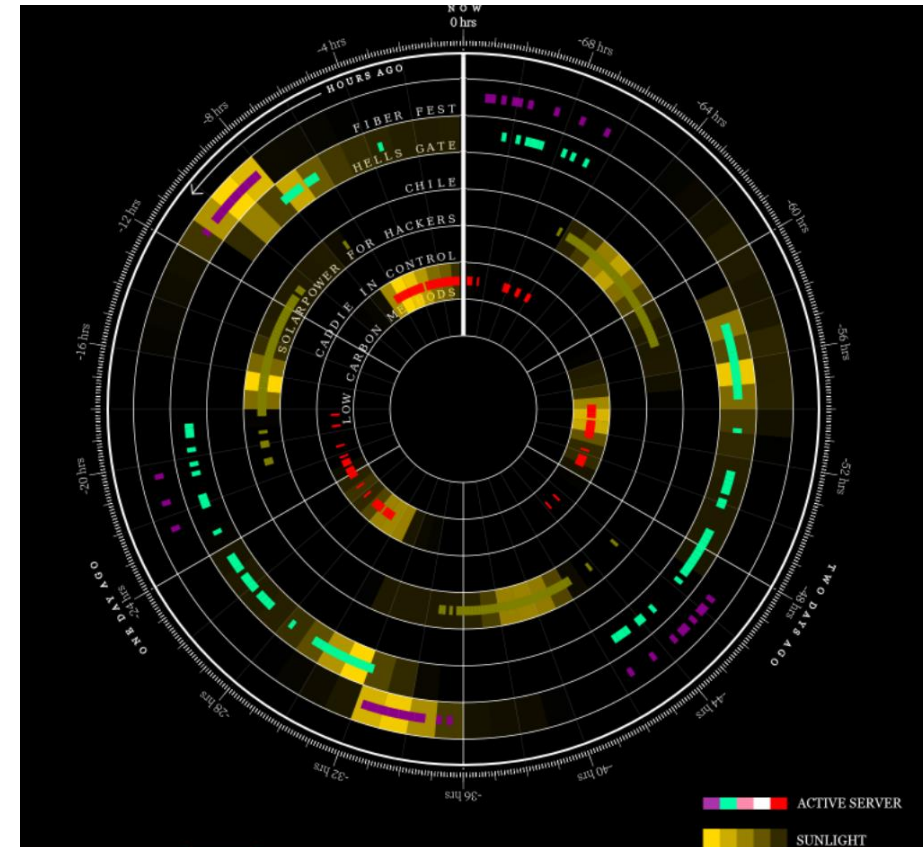
A naturally intelligent network.

This website is hosted across a network of solar powered servers and is sent to you from wherever there is the most sunshine.

Βιώσιμες ιστοσελίδες

Η Solar Protocol εκτελείται μέσω ενός δικτύου ηλιακών διακομιστών που βρίσκονται σε όλη την υδρόγειο

- Όταν ένας χρήστης επισκέπτεται τον ιστότοπο το περιεχόμενό του παραδίδεται από τον διακομιστή που λαμβάνει την περισσότερη ηλιακή ενέργεια εκείνη τη στιγμή
- Όταν η ηλιακή ενέργεια πέσει κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο (λόγω μιας συννεφιασμένης ημέρας) οι ιστότοποι γίνονται χαμηλής ανάλυσης



Βιβλιογραφία

- Debnath, B., Roychoudhuri, R., Ghosh, S. K. E-Waste Management – A Potential Route to Green Computing. *Procedia Environmental Sciences*. **2016**, 35, 669-675
- Kumar, A., Holuszko, M., Espinosa, D. C. R. E-waste: An overview on generation, collection, legislation and recycling practices. *Resources, Conservation and Recycling*. **2017**, 122, 32-42
- Holgersson, S., Steenari, B. M., Björkman, M., Cullbrand K. Analysis of the metal content of small-size Waste Electric and Electronic Equipment (WEEE) printed circuit boards—part 1: Internet routers, mobile phones and smartphones. *Resources, Conservation and Recycling*. **2018**, 133, 300-308
- Hsu, E., Barmak, K., West, A., Park, A.H. Advancements in the Treatment and Processing of Electronic Waste with Sustainability: A Review of Metal Extraction and Recovery Technologies. *Green Chemistry*. **2019**, 5
- Zeng, X., Yang, C., Chiang, J.F., Li, J. Innovating e-waste management: from macroscopic to microscopic scales. *Sci. Total Environ*. **2017**, 575, 1–5.
- Scruggs, C.E., Nimpuno, N., Moore, R.B.B. Improving information flow on chemicals in electronic products and E-waste to minimize negative consequences for health and the environment. *Resour. Conserv. Recycl*. **2016**, 113, 149–164
- Hao, J., Wang, Y., Wu, Y., Guo, F. Metal recovery from waste printed circuit boards: A review for current status and perspectives. *Resources, Conservation and Recycling*. **2020**, 157, 104787

Βιβλιογραφία

- Shyam, G. K., Manvi, S. S., Bharti, P. Smart waste management using Internet-of-Things (IoT). 2017 2nd International Conference on Computing and Communications Technologies (ICCT). **2017**, 199-203
- Wang, C., Qin, J., Qu, C., Ran, X., Liu, C., Chen, B. A smart municipal waste management system based on deep-learning and Internet of Things. Waste Management. **2021**, 135, 20-29
- Goosey, E., Goosey, M. Chapter 8 - The materials of waste electrical and electronic equipment. Editor(s): Vanessa Goodship, Ab Stevels, Jaco Huisman, In Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials, Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Handbook (Second Edition), Woodhead Publishing. **2019**, 231-262
- Adhithya Prasanna, M., Vikash Kaushal, S., Mahalakshmi, P. Survey on identification and classification of waste for efficient disposal and recycling. IJET. **2018**, 7, 520
- Toosi, A.N., Qu, C., de Assunção, M.D., Buyya, R. Renewable-aware geographical load balancing of web applications for sustainable data centers. J. Netw. Comput. Appl. **2017**, 83, 155-168
- Khalil, M.I.K., Ahmad, I., Almazroi, A.A. Energy efficient indivisible workload distribution in geographically distributed data centers IEEE Access. **2019**, 7, 82672-82680

Βιβλιογραφία

- Uchekukwu, A., Li, K., Shen, Y. Energy Consumption in Cloud Computing Data Centers, International Journal of Cloud Computing and Services Science **2014**, 3(3)
- Hintemann, R., Hinterholzer, S. Energy consumption of data centers worldwide How will the Internet become green? **2020**
- Gill, S. S., Buyya, R. A Taxonomy and Future Directions for Sustainable Cloud Computing: 360 Degree View. ACM Comput. Surv. **2019**, 51(5)
- Shaheen, Q., Shiraz, M., Khan, S., Majeed, R., Guizani, M., Khan, N., et al. Towards energy saving in computational clouds: Taxonomy, review, and open challenges. IEEE Access. **2018**, 6, 29407-29418
- Pańkowska, M., Pyszny, K., Strzelecki, A. Users' Adoption of Sustainable Cloud Computing Solutions. Sustainability. **2020**, 12(23):9930
- Energy-efficient Cloud Computing Technologies and Policies for an Eco-friendly Cloud Market, **2020**, FINAL STUDY REPORT
- Buyya, R., Gill, S. S. Sustainable Cloud Computing: Foundations and Future Directions. Business Technology & Digital Transformation Strategies, Cutter Consortium, EXECUTIVE UPDATE. **2018**, 21(6), 1-9

Βιβλιογραφία

- Rossi, F.D., Xavier, M.G., De Rose, C.A., Calheiros, R.N., Buyya, R. E-eco: performance-aware energy-efficient cloud data center orchestration J. Netw. Comput. Appl. **2017**, 78, 83-96
- Xu, Y., Zhan, Y., Xu, D. Building cost efficient cloud data centers via geographical load balancing. In 2017 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), IEEE. **2017**, 826–831
- El Kafhali, S., Salah, K. Modeling and Analysis of Performance and Energy Consumption in Cloud Data Centers. Arabian Journal for Science and Engineering. **2018**, 43, 7789–7802
- Shuja, J., Gani, A., Ahmad, R.W., Bilal, K. Shamsirband, S. Sustainable Cloud Data Centers: A survey of enabling techniques and technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews. **2016**, 62, 195-214



Σας ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας!
eriang@unipi.gr