

Η χημική βιομηχανία

1. Εισαγωγή



Σύντομη ιστορική αναδρομή

- Χημικές διεργασίες όπως η βαφή, η βυρσοδεψία του δέρματος και η παρασκευή μπίρας ήταν ήδη γνωστές στην αρχαιότητα, αλλά η σύγχρονη χημική βιομηχανία στο Ηνωμένο Βασίλειο ξεκίνησε 1800.
- Το έναυσμα δόθηκε από την βιομηχανική επανάσταση, η οποία ξεκίνησε στην Ευρώπη με τη μηχανοποίηση της κλωστοϋφαντουργίας, την ανάπτυξη των τεχνικών παραγωγής σιδήρου και της αυξημένης χρήσης εξευγενισμένου άνθρακα, και εξαπλώθηκε γρήγορα σε όλο τον κόσμο.
- Η χημική βιομηχανία γνώρισε μια συνεχή ροή διεργασιών και καινοτομίες προϊόντων, αποκτώντας έτσι ένα πολύ ευρύ φάσμα προϊόντων.

Table 2.1 Selected events in the history of the chemical industry.

Year	Event
1746	John Roebuck starts producing moderately concentrated sulfuric acid in the lead chamber process on an industrial scale.
1789	Nicholas LeBlanc develops a process for converting sodium chloride into sodium carbonate. In many ways, this process began the modern chemical industry. From its adoption in 1810, it was continually improved over the next 80 years, until it was replaced by the Solvay process.
1831	Peregrine Phillips patents the contact process for manufacturing concentrated sulfuric acid, the first mention of heterogeneous catalysis for a large-scale process. For various reasons, the process only became a success at the end of the nineteenth century.
1850	The first oil refinery, consisting of a one-barrel still, is built in Pittsburgh, Pennsylvania, USA, by Samuel Kier.
1856	Seeking to make quinine, William Henry Perkin, at the age of 18, synthesizes the first synthetic aniline dye, mauveine, from coal tar. This discovery is the foundation of the dye synthesis industry, one of the earliest successful chemical industries.
1863	Ernest Solvay perfects his method for producing sodium carbonate. This process started to replace Leblanc's process in 1873.
1864	The British government passes the "Alkali Works Act" in an effort to control environmental emissions; the first example of environmental regulation.
1874	Henry Deacon develops the Deacon process for converting hydrochloric acid into chlorine.
~1900	With the coming of large-scale electrical power generation, the chlor-alkali industry is born.
1905	Fritz Haber and Carl Bosch develop the Haber process (sometimes referred to as the Haber-Bosch process) for producing ammonia from its elements, a milestone in industrial chemistry. The process was first commercialized in 1910.
1907	Wilhelm Normann introduces the hydrogenation of fats (fat hardening).
1909	Leo Baekeland patents Bakelite, the first commercially important plastic, which was commercialized shortly after.
1920	Standard Oil Company begins large-scale industrial production of isopropanol from oil, the first large-scale process using oil as feedstock.
1923	Matthias Pier of BASF develops a high-pressure process to produce methanol. This marks the emergence of the synthesis of large-volume organic chemicals.
	Franz Fischer and Hans Tropsch develop the Fischer-Tropsch process, a method for producing synthetic liquid fuels from coal gas. The process was used widely by Germany during World War II for the production of aviation fuel.
1926	Fritz Winkler introduces a process for commercial fluidized-bed coal gasification at a BASF plant in Leuna, Germany.
1930	First commercial steam reforming plant is constructed by the Standard Oil Company.
	First commercial manufacture of polystyrene by IG Farben.
	Wallace Carothers discovers nylon, the most famous synthetic fiber. Production by DuPont began in 1938; output was immediately diverted to parachutes for the duration of World War II.
1931	Development of ethene epoxidation process for the production of ethene oxide.
1933	Polyethene ² discovered by accident at ICI by applying extremely high pressure to a mixture of ethene and benzaldehyde.
1934	First American car tire produced from a synthetic rubber, neoprene.
1936	Eugène Houdry develops a method of industrial scale catalytic cracking of oil fractions, leading to the development of the first modern oil refinery. The most important modification was the introduction of Fluid Catalytic Cracking in 1941.

²The IUPAC naming terminology has been used but some traditional names for polymers are retained in common usage, for example polyethylene (polyethene) and polypropylene (polypropene).

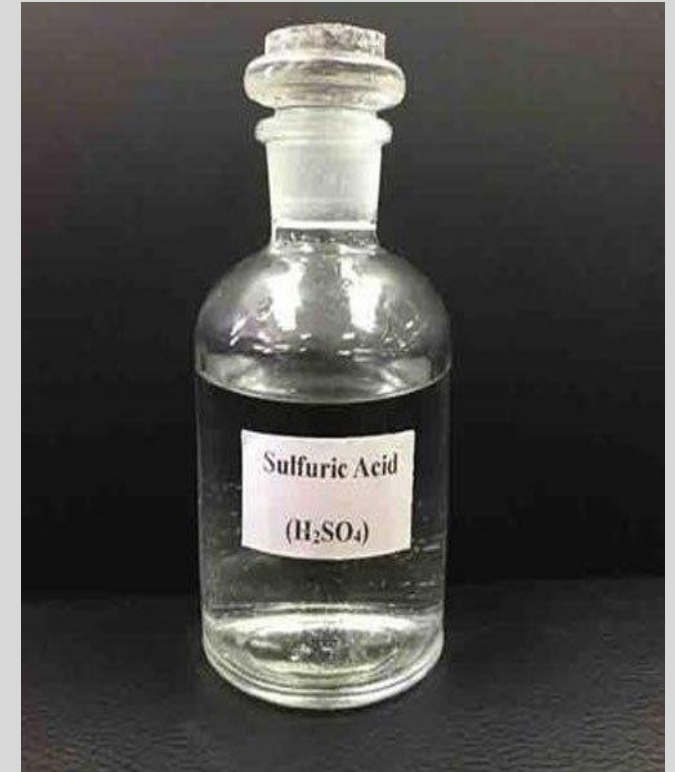
Table 2.1 Selected events in the history of the chemical industry (Continued).

Year	Event
1938	Commercialization of the alkylation process for the production of high-octane alkylate.
	Otto Roelen discovers the hydroformylation reaction for the formation of aldehydes from alkenes.
1939	Start of large-scale low-density polyethene (LDPE) production at ICI.
	Start of large-scale poly(vinyl chloride) (PVC) production in Germany and USA.
1940	Standard Oil Company develops catalytic reforming to produce higher octane gasoline.
1953	Karl Ziegler introduces the Ziegler catalyst for the production of high-density polyethene (HDPE).
1954	Introduction of chromium-based catalysts for the production of HDPE by Phillips petroleum. This process became the world's largest source of polyethene in 1956.
1955	Start of large-scale production of poly(ethene terephthalate) (PET).
1957	First commercial production of isotactic polypropene. Made possible by the development of the Ziegler catalyst.
1960	Commercialization of two industrially important processes: ethene to acetaldehyde (Wacker), and acrylonitrile production (SOHIO).
1963	BASF develops the first commercial methanol carbonylation process for the production of acetic acid based on a homogeneous cobalt catalyst. In 1970, Monsanto builds the first methanol-carbonylation plant based on a homogeneous rhodium catalyst.
1964	Many new and improved catalysts and processes are developed, for example, a zeolite catalyst for catalytic cracking (Mobil Oil) and the metathesis of alkenes.
1966	First low-pressure methanol synthesis commercialized by ICI.
1970s	Continued invention of new and improved processes and catalysts.
	Birth of environmental catalysis. Development of a catalytic converter for Otto engine exhaust gas (1974).
	Energy crises (1973 and 1979).
	Start of large-scale bioethanol production in USA and Brazil.
1980s	Several new catalytic processes are introduced. One of the most important is the selective catalytic reduction (SCR) for controlling NO _x emissions. A revolutionary development in polymerization is the development of a process for the production of linear low-density polyethene (LLDPE) by Union Carbide and Shell.
	Biotechnology emerges.
1990s	Sumio Iijima discovers a type of cylindrical fullerene known as a carbon nanotube (1991). This material is an important component in the field of nanotechnology.
	Improved NO _x abatement in exhaust gases by NO _x trap (Toyota).
2000s	Introduction of soot abatement for diesel engines by Peugeot (2000).
	Ultra-efficient production of bulk chemicals.
	Green chemistry and sustainability, including biomass conversion, become hot topics.
	New paradigms and concepts, Product Technology, Process Intensification



Ανόργανα χημικά

- Το θειικό οξύ και το ανθρακικό νάτριο ήταν μεταξύ των πρώτων βιομηχανικών χημικών προϊόντων.
- Το "βιτριόλι", όπως είναι γνωστό το **θειικό οξύ**, ήταν απαραίτητο χημικό για τους βαφείς, τους λευκαντές και τους κατασκευαστές αλκαλίων.
- Το 1746, ο John Roebuck κατόρθωσε να αυξήσει σημαντικά την κλίμακα παραγωγής θειικού οξέος αντικαθιστώντας τα σχετικά ακριβά και μικρά γυάλινα δοχεία που χρησιμοποιούνταν με μεγαλύτερους, λιγότερο δαπανηρούς θαλάμους από μόλυβδο, τη διαδικασία του θαλάμου μολύβδου.
- Το θειικό οξύ εξακολουθεί να είναι το χημικό προϊόν με τον μεγαλύτερο όγκο παραγωγής.



Η ζήτηση για **ανθρακικό νάτριο** στις βιομηχανίες γυαλιού, σαπουνιού και κλωστοϋφαντουργίας αυξήθηκε ραγδαία.

8 Household Uses for
**Sodium
Carbonate
(Soda Ash)**



- Αυτό οδήγησε τη Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, στα τέλη του δέκατου όγδοου αιώνα, να προκηρύξει διαγωνισμό για την εφεύρεση μιας μεθόδου παρασκευής φθηνού ανθρακικού νατρίου (Na_2CO_3).
- Ο Nicholas Leblanc χρειάστηκε πέντε χρόνια για να φτάσει στην ιδέα της αντίδρασης χλωριούχου νατρίου με θειικό οξύ και στη συνέχεια της μετατροπής του σχηματιζόμενου θειικού νατρίου σε ανθρακικό νάτριο. Αν και ο Leblanc δεν έλαβε ποτέ το βραβείο του, η διαδικασία του Leblanc συνδέεται συνήθως με τη γέννηση της σύγχρονης χημικής βιομηχανίας.

- Η διεργασία Haber για την παραγωγή **αμμωνίας**, η οποία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο εμπόριο το 1910, μπορεί να θεωρηθεί η σημαντικότερη χημική διεργασία όλων των εποχών.
- Απαιτούσε μια σημαντική τεχνολογική ανακάλυψη - τη δυνατότητα πραγματοποίησης μιας χημικής αντίδρασης σε πολύ υψηλή πίεση και θερμοκρασία. Απαιτούσε επίσης συστηματική έρευνα για την ανάπτυξη αποτελεσματικών καταλυτών για τη διαδικασία, μια επιστημονική επανάσταση.
- Αρχικά αναπτύχθηκε για να εφοδιάσει την Ευρώπη με ένα λίπασμα, το μεγαλύτερο μέρος της αμμωνίας εκείνη την εποχή κατέληξε σε εκρηκτικά με βάση το άζωτο στον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο.



Οργανικά Χημικά

- Το 1856, ο Άγγλος χημικός William Henry Perkin Γουίλιαμ Χένρι Πέρκιν ήταν ο πρώτος χημικός που συνέθεσε μια οργανική χημική ουσία για εμπορική χρήση, τη χρωστική ανιλίνης μοβίνη. Μέχρι τότε οι χρωστικές λαμβάνονταν από φυσικές πηγές.
- Η ανάπτυξη των συνθετικών χρωστικών και, στη συνέχεια, άλλων συνθετικών οργανικών χημικών ουσιών τις επόμενες δεκαετίες, κυρίως από Γερμανούς χημικούς, πυροδότησε τη ζήτηση για αρωματικές ουσίες, οι οποίες λαμβάνονταν κυρίως από πίσσα άνθρακα, απόβλητο προϊόν της παραγωγής αερίου της πόλης από άνθρακα.



Η εποχή του πετρελαίου

- Η χρήση του αργού πετρελαίου (και του φυσικού αερίου) ως πρώτης ύλης για την παρασκευή οργανικών χημικών προϊόντων ξεκίνησε τη δεκαετία του 1930 στις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου οι υδρογονάνθρακες που προέρχονται από το πετρέλαιο αναγνωρίστηκαν σχετικά νωρίς ως ανώτερες πρώτες ύλες για τη χημική βιομηχανία.
- Αυτή η λεγόμενη πετροχημική βιομηχανία πήρε περαιτέρω ώθηση κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο, όταν βορειοαμερικανικές εταιρείες, κατασκεύασαν εργοστάσια για την παραγωγή αρωματικών για αεροπορικά καύσιμα υψηλών οκτανίων.
- Στην Ευρώπη, η στροφή από τον άνθρακα στο αργό πετρέλαιο πραγματοποιήθηκε μόλις στο τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και στην Ιαπωνία η στροφή πραγματοποιήθηκε τη δεκαετία του 1950.



- Η εφεύρεση του αυτοκινήτου μετατόπισε τη ζήτηση στη βενζίνη και το ντίζελ, τα οποία παραμένουν και σήμερα τα κύρια προϊόντα διύλισης. Η καταλυτική πυρόλυση κλασμάτων πετρελαίου, μια διαδικασία που αναπτύχθηκε από τον Houdry το 1936, οδήγησε σε πολύ υψηλότερες αποδόσεις βενζίνης. Η διαδικασία αυτή είναι μία από τις σημαντικότερες χημικές διεργασίες που αναπτύχθηκαν ποτέ.
- Η χρήση του αργού πετρελαίου ως υποκατάστατο του άνθρακα παρείχε στη χημική βιομηχανία μια άφθονη, φθηνή πρώτη ύλη που ήταν εύκολο να μεταφερθεί. Η περίοδος από τη δεκαετία του 1930 έως τη δεκαετία του 1960 ήταν μια περίοδος πολλών καινοτομιών στη χημική βιομηχανία, με αξιοσημείωτο αριθμό επιστημονικών ανακαλύψεων.
- Αναπτύχθηκαν πολλές νέες διεργασίες, συχνά βασισμένες σε νέες εξελίξεις στην κατάλυση. Οι μονάδες παραγωγής πολλαπλασιάστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες, την Ευρώπη και την Ιαπωνία. Τα συνθετικά πολυμερή αποτέλεσαν τον κύριο τομέα ανάπτυξης κατά την περίοδο αυτή. Με την αύξηση της κατανόησης της δομής αυτών των υλικών, υπήρξε ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των πολυμερών.

Oil dependence

How much have national currency exchange rates depended on the price of oil over the past 15 years?



Major global oil exporters

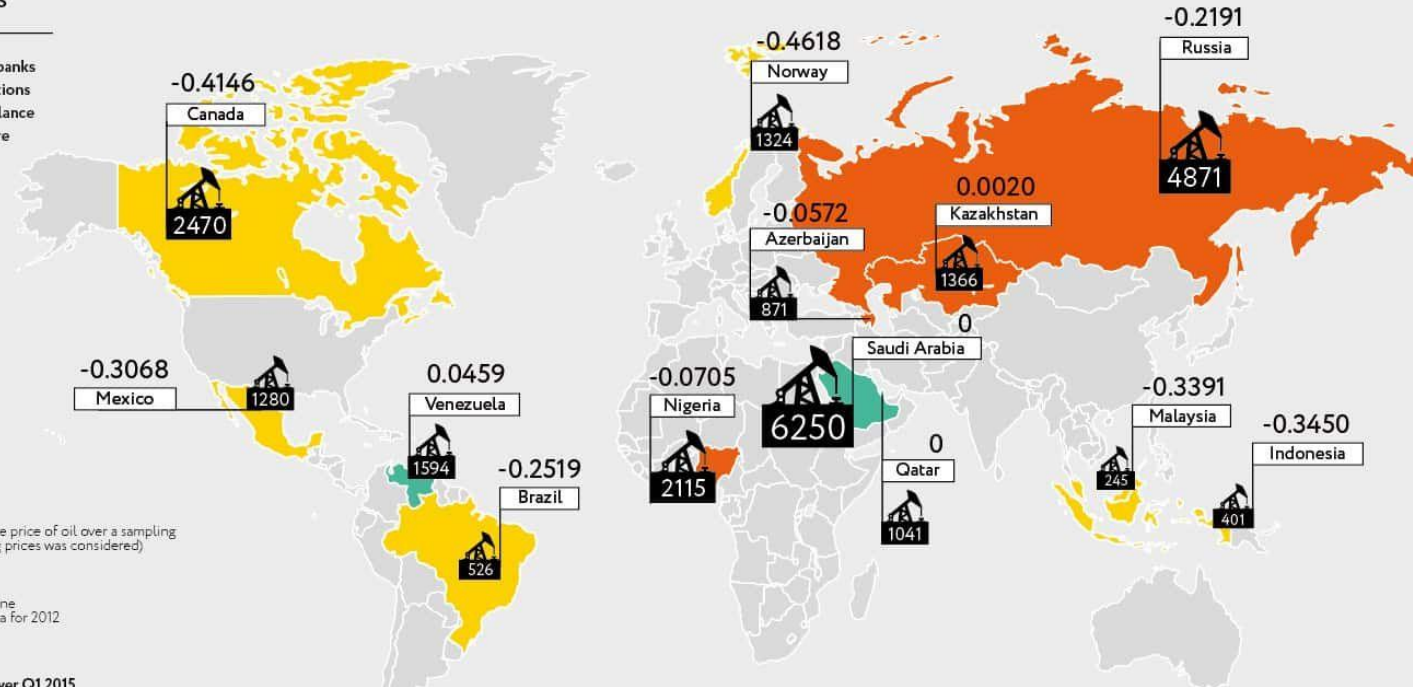
- In countries with fixed exchange rates, central banks continuously arrange various types of interventions to control the national currency as a counterbalance to countries with a floating exchange rate, where the rate is determined by supply and demand.
- Countries with a so-called "managed float" regime are an exception. In these countries the central bank only occasionally intervenes to smooth out the exchange rate.

Exchange rate regime

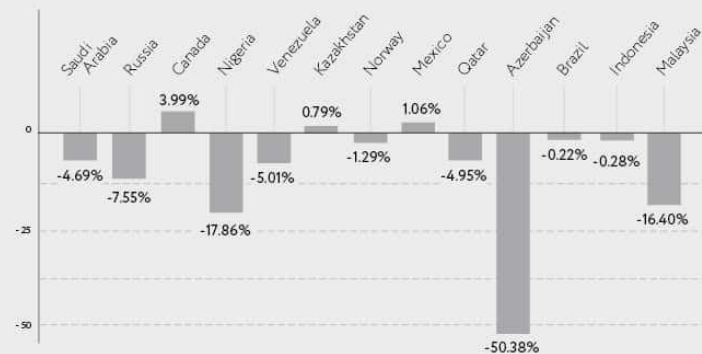
- Managed float
- Fixed exchange rate
- Floating exchange rate

-0.2519 - Correlation between a currency pair and the price of oil over a sampling of 2000-2015 (the monthly yield of closing prices was considered)

1594 - Export of crude oil, including natural gasoline (thousands of barrels per day) based on data for 2012



Changes in a country's international reserves over Q1 2015



Influence of the price of oil on national currency exchange rates over the past 15 years

Max The greatest influence

In countries where a floating exchange rate is typical, e.g. the exchange rate is minimally controlled by the central bank.

CAD, MYR, NOK, MXN, BRL, IDR, RUR

Min Minimal influence

In countries where the national currency exchange rate is smoothed out by interventions by the central bank.

SAR, NGN, VEF, KZT, QAR, AZN

Sources: Federal Reserve Bank of St. Louis, IMF, Central Bank of the Republic of Azerbaijan, U.S. Energy Information Administration, Banco Central de Venezuela

- Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές της δεκαετίας του 1970, ο κόσμος άρχισε να συνειδητοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χημικής βιομηχανίας και γεννήθηκε ο κλάδος της περιβαλλοντικής κατάλυσης. Το πιο αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι ο καταλυτικός καθαρισμός των καυσαερίων των αυτοκινήτων. Το σύστημα καταλύτη καυσαερίων είναι σήμερα ο πιο κοινός καταλυτικός αντιδραστήρας στον κόσμο.
- Στη δεκαετία του 1980, όταν οι τεχνολογικές εξελίξεις επιβραδύνθηκαν και ο διεθνής ανταγωνισμός αυξήθηκε, η χημική βιομηχανία στις ανεπτυγμένες χώρες εισήλθε σε μια πιο ώριμη φάση. Πολλές πετροχημικές διεργασίες είχαν αρχίσει να φτάνουν στα όρια της περαιτέρω βελτίωσης, οπότε η έρευνα επικεντρώθηκε περισσότερο σε χημικές ουσίες υψηλής προστιθέμενης αξίας.
- Κατά την περίοδο μεταξύ 1980 και 2000, πραγματοποιήθηκε τεράστια βιομηχανική αναδιάρθρωση, καθώς οι παραδοσιακές εταιρείες έπρεπε να αποφασίσουν αν θα παραμείνουν ή θα εγκαταλείψουν την παραγωγή ιδιαίτερα ανταγωνιστικών πετροχημικών προϊόντων και αν θα στραφούν στην παραγωγή ειδικών προϊόντων υψηλότερης αξίας.



Η εποχή της αειφορίας

- Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, η έννοια της αειφορίας έχει γίνει μια σημαντική τάση στη χημική βιομηχανία. Έχει καταστεί σαφές ότι για τις χημικές εταιρείες δεν είναι σημαντικές μόνο οι οικονομικές πτυχές (κόστος επένδυσης, κόστος πρώτων υλών κ.λπ.), αλλά και περιβαλλοντικά ζητήματα (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, απόβλητα κ.λπ.) και κοινωνικά ζητήματα (αριθμός εργαζομένων, αριθμός εργατικών ατυχημάτων, δαπάνες R&D κ.λπ.).
- Ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος των διαδικασιών παραγωγής χημικών προϊόντων πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος- όσο περισσότερα απόβλητα παράγονται τόσο λιγότερο βιώσιμη είναι η διαδικασία παραγωγής. Επιπλέον, τα απόβλητα μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο επικίνδυνα. Προφανώς, τα επικίνδυνα απόβλητα έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο στη βιωσιμότητα από τα μη επικίνδυνα απόβλητα.
- Ιδιαίτερα στις βιομηχανίες ακριβών χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων, όπου η ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται ανά ποσότητα προϊόντος είναι παραδοσιακά μεγάλη, έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος, αλλά πρέπει ακόμη να κερδηθούν πολλά από αυτή την άποψη.

THE AGE OF SUSTAINABILITY

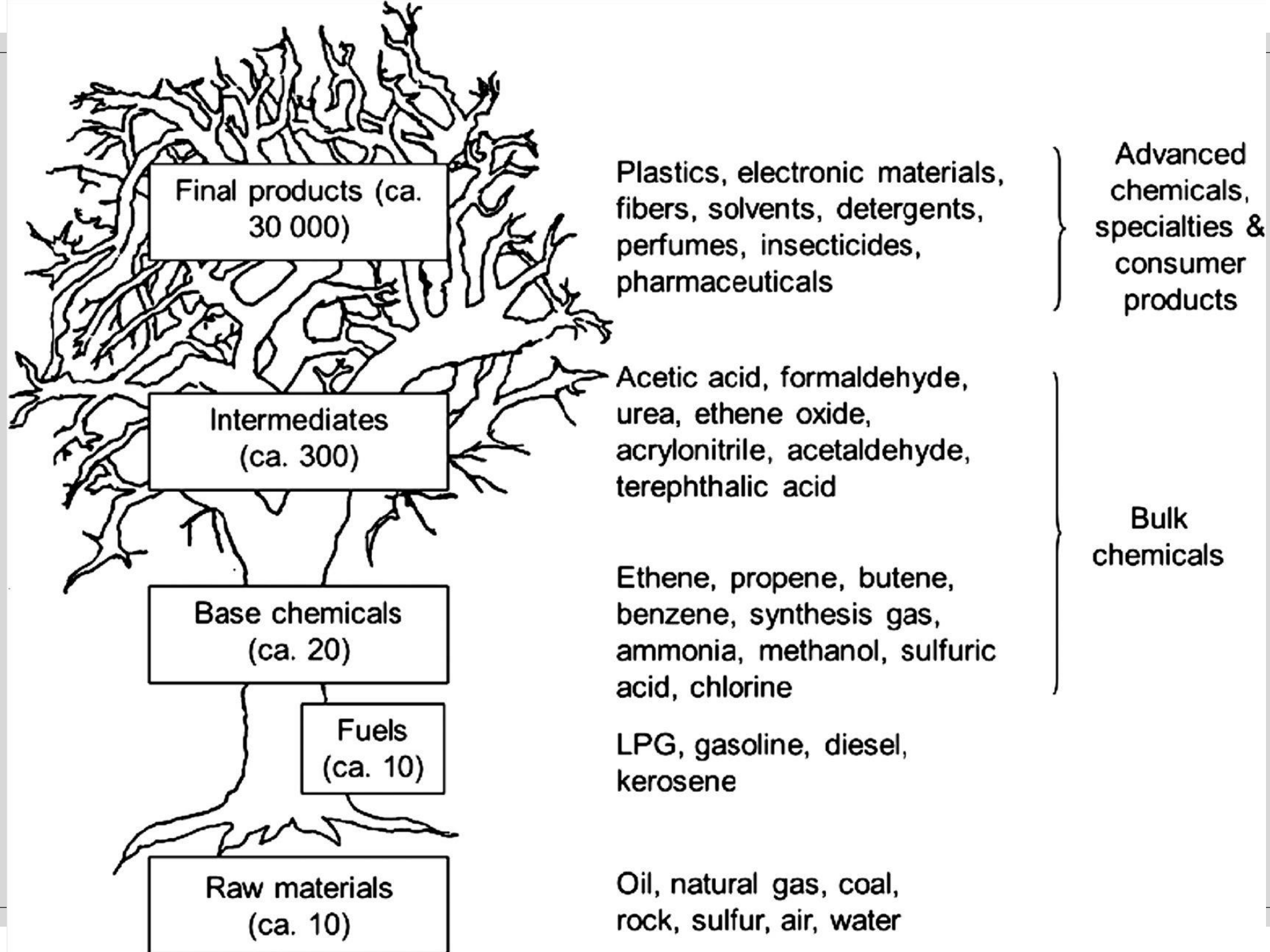
THE SPACE RACE, DISRUPTIVE INNOVATION, AND ECOSYSTEM SERVICES



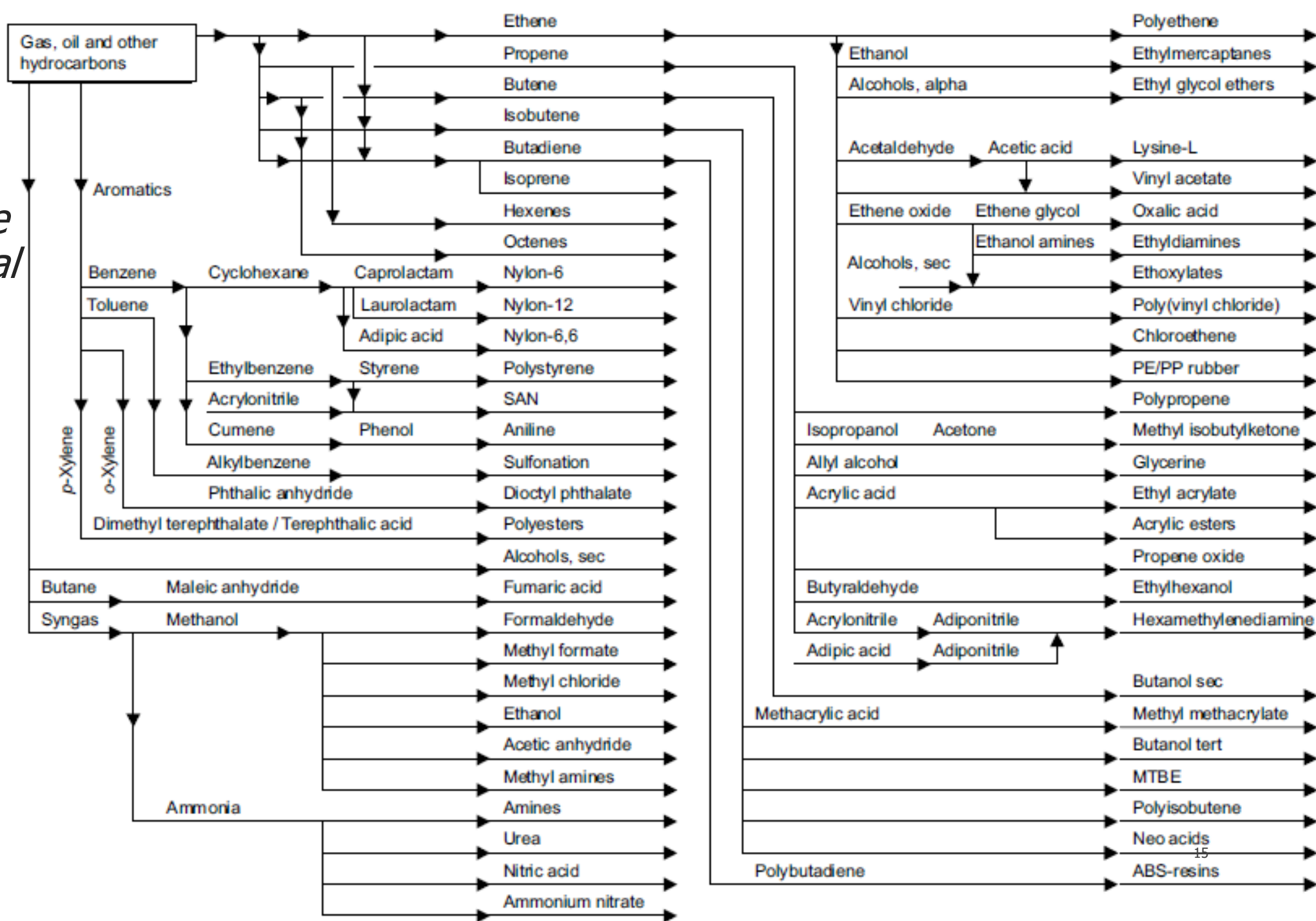
D E N I S P O M B R I A N T

Διάρθρωση της χημικής βιομηχανίας

- Το φάσμα των προϊόντων είναι τεράστιο, αλλά η συντριπτική πλειοψηφία αυτών των χημικών προϊόντων, περίπου το 85%, παράγεται από έναν πολύ περιορισμένο αριθμό απλών χημικών προϊόντων που ονομάζονται χημικά προϊόντα βάσης, τα οποία με τη σειρά τους παράγονται από δέκα μόνο πρώτες ύλες.
- Αυτές οι πρώτες ύλες μπορούν να χωριστούν σε ανόργανες και οργανικές ύλες.
- Οι ανόργανες πρώτες ύλες περιλαμβάνουν τον αέρα, το νερό και τα ορυκτά.
- Στην κατηγορία των οργανικών πρώτων υλών ανήκουν το πετρέλαιο, ο άνθρακας, το φυσικό αέριο - που μαζί ονομάζονται ορυκτά καύσιμα - και η βιομάζα.
- Η μετατροπή των βασικών χημικών ουσιών μπορεί να παράγει περίπου 300 διαφορετικά ενδιάμεσα προϊόντα, τα οποία εξακολουθούν να είναι σχετικά απλά μόρια. Τόσο οι βασικές χημικές ουσίες όσο και τα ενδιάμεσα προϊόντα μπορούν να ταξινομηθούν ως χημικές ουσίες χύδην (*bulk chemicals*).
- Μια μεγάλη ποικιλία προηγμένων χημικών προϊόντων, βιομηχανικών ειδικών χημικών προϊόντων και καταναλωτικών προϊόντων μπορούν να παραχθούν με περαιτέρω στάδια αντίδρασης.



Survey of the petrochemical industry



Το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο είναι οι κύριες πρώτες ύλες για την παραγωγή των περισσότερων χύδην οργανικών χημικών προϊόντων.

Το πρώτο στάδιο της πετροχημικής βιομηχανίας είναι η μετατροπή αυτών των πρώτων υλών σε βασικές χημικές ουσίες:

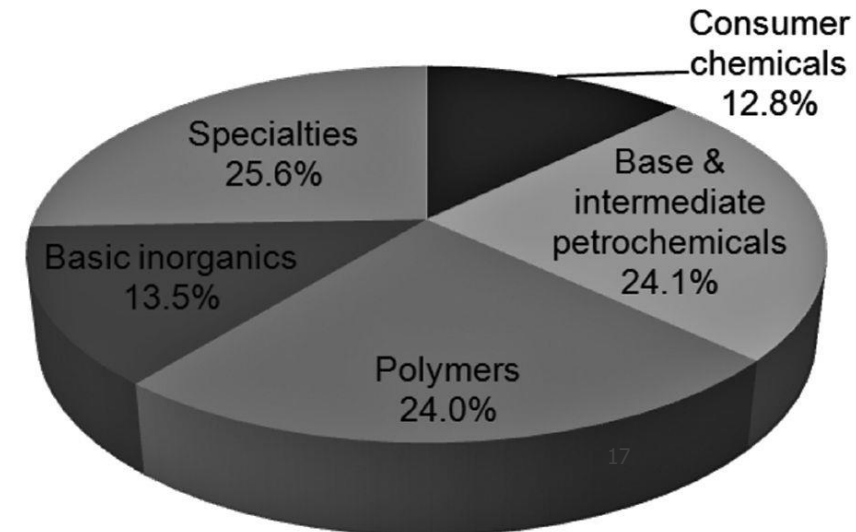
- κατώτερα αλκένια: αιθένιο, προπένιο, βουταδιένιο,
- αρωματικά: βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένια ("BTX"),
- αέριο σύνθεσης (μείγμα κυρίως υδρογόνου και μονοξειδίου του άνθρακα), αμμωνία, μεθανόλη.

Ο τομέας αυτός αντιπροσωπεύει επίσης τις σημαντικότερες διεργασίες για την παραγωγή αυτών των χημικών προϊόντων. Τα κατώτερα αλκένια παράγονται κυρίως με πυρόλυση με ατμό του αιθανίου ή νάφθας, ενώ τα αρωματικά παράγονται κυρίως κατά τη διαδικασία καταλυτικής αναμόρφωσης. Το αέριο σύνθεσης, το οποίο είναι η πρώτη ύλη για την αμμωνία και τη μεθανόλη, παράγεται κυρίως με αναμόρφωση με ατμό του φυσικού αερίου

Στο δεύτερο στάδιο, διεξάγονται διάφορες χημικές διεργασίες, συχνά με στόχο την εισαγωγή διάφορων ετεροατόμων (οξυγόνο, χλώριο, θείο κ.λπ.) στο μόριο. Αυτό οδηγεί στο σχηματισμό χημικών ενδιάμεσων προϊόντων, όπως το οξικό οξύ, η φορμαλδεΰδη και το οξείδιο του αιθενίου, και μονομερών όπως το ακρυλονιτρίλιο, τερεφθαλικό οξύ κ.ο.κ.

Μια τελική σειρά λειτουργιών - που συχνά αποτελείται από πολλά στάδια - απαιτείται για την παραγωγή προηγμένων χημικών προϊόντων, βιομηχανικών προϊόντων και καταναλωτικών προϊόντων. Αυτά τα προϊόντα περιλαμβάνουν:

- ο πλαστικά: πολυ(βινυλοχλωρίδιο) (PVC), πολυακρυλονιτρίλιο,
- ο συνθετικές ίνες: πολυεστέρες όπως το τερεφθαλικό πολυαιθέριο (PET), νάιλον-6,
- ο ελαστομερή: πολυβουταδιένιο,
- ο χρώματα και επιστρώσεις,
- ο ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα (αγροχημικά),
- ο λιπάσματα: για παράδειγμα, νιτρικό αμμώνιο,
- ο βιταμίνες,
- ο γεύσεις και αρώματα,
- ο σαπούνια, απορρυπαντικά και καλλυντικά (καταναλωτικά χημικά),
- ο φαρμακευτικά προϊόντα.



Raw Materials That Fuel THE GREEN REVOLUTION

Even though green energy comes from renewable sources like the sun and the wind – it still requires massive amounts of finite resources to make it all work.

To get off fossil fuels, we will need massive amounts of these other metals and minerals.

Because of heavy battery weight, EVs tend to use much more aluminum in their bodies than gas-powered vehicles.

Motors with permanent magnets are more common for EVs and use rare earth metals like neodymium to create powerful torque. Even the Tesla Model 3 will use a PM motor.

Wind turbines also use permanent magnets to generate electricity.

Tesla uses AC Induction motors for the Model S and Model X – they use no rare earths, but use vast amounts of copper.

Lithium-ion batteries need materials like lithium, cobalt, nickel, and graphite, but these battery metals all have important and unique supply chain limitations.

The green revolution is not possible without the ability to economically store energy.

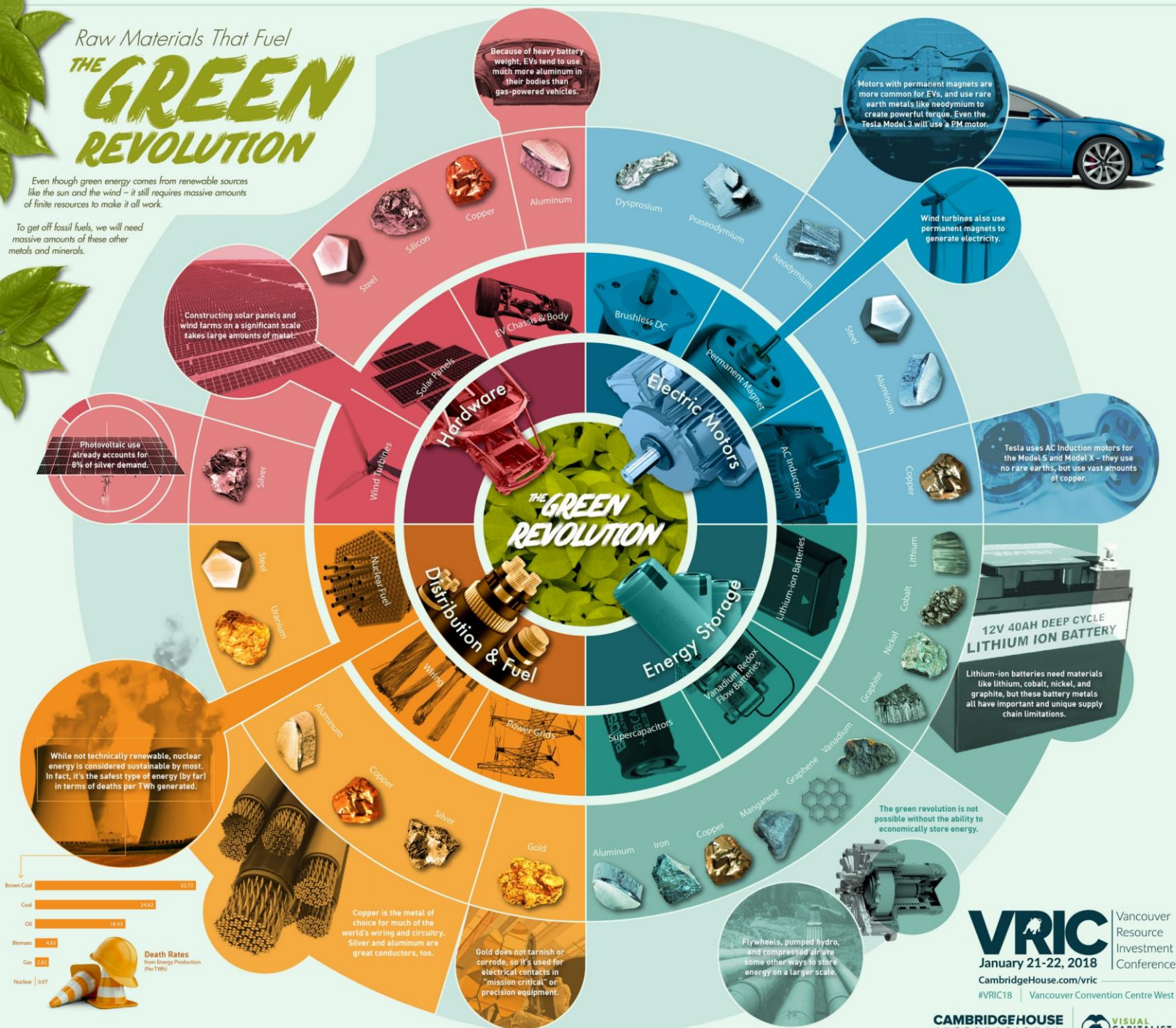
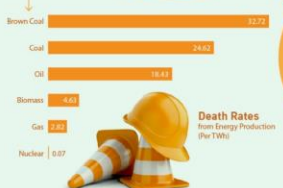
Flywheels, pumped hydro, and compressed air are some other ways to store energy on a larger scale.

Gold does not tarnish or corrode, so it's used for electrical contacts in "mission critical" or precision equipment.

Copper is the metal of choice for much of the world's wiring and circuitry. Silver and aluminum are great conductors, too.

Constructing solar panels and wind farms on a significant scale takes large amounts of metal.

Photovoltaic use already accounts for 8% of silver demand.



Πρώτες ύλες και ενέργεια

VRIC Vancouver Resource Investment Conference
January 21-22, 2018
CambridgeHouse.com/vric

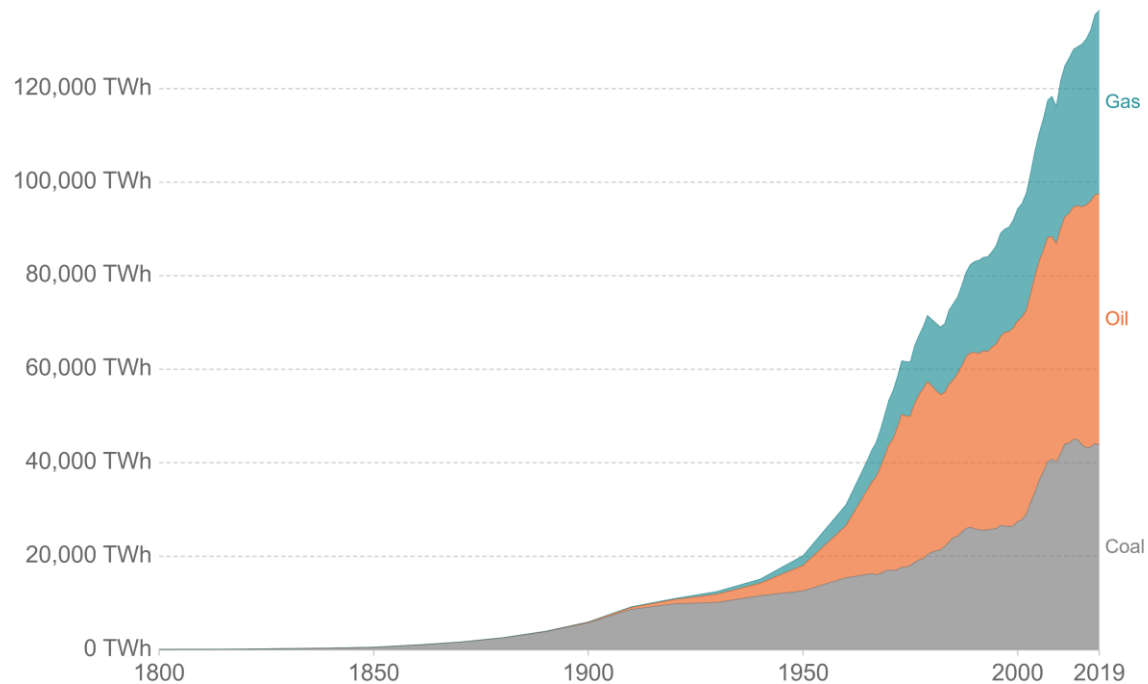
#VRIC18 | Vancouver Convention Centre West

Κατανάλωση και αποθέματα ορυκτών καυσίμων

Global fossil fuel consumption

Global primary energy consumption by fossil fuel source, measured in terawatt-hours (TWh).

Our World
in Data

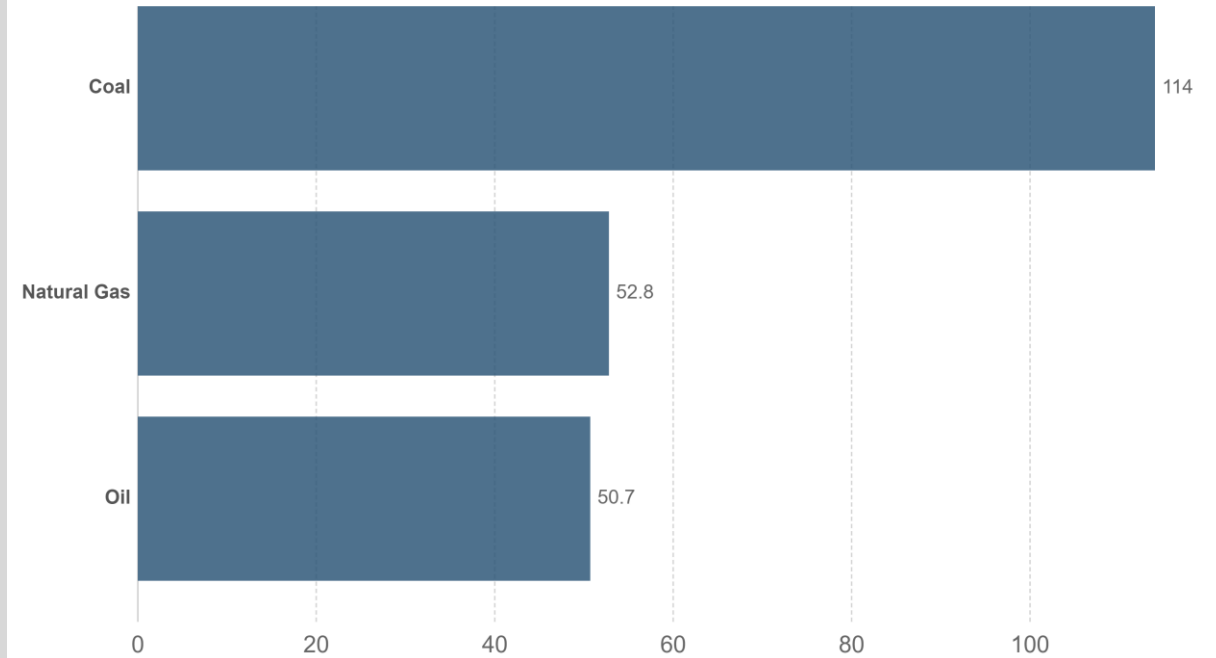


Source: Vaclav Smil (2017). Energy Transitions: Global and National Perspective & BP Statistical Review of World Energy
OurWorldInData.org/fossil-fuels/ • CC BY

Years of fossil fuel reserves left

Years of global coal, oil and natural gas left, reported as the reserves-to-product (R/P) ratio which measures the number of years of production left based on known reserves and annual production levels in 2015. Note that these values can change with time based on the discovery of new reserves, and changes in annual production

Our World
in Data



Source: BP Statistical Review of World Energy 2016

OurWorldInData.org/how-long-before-we-run-out-of-fossil-fuels/ • CC BY

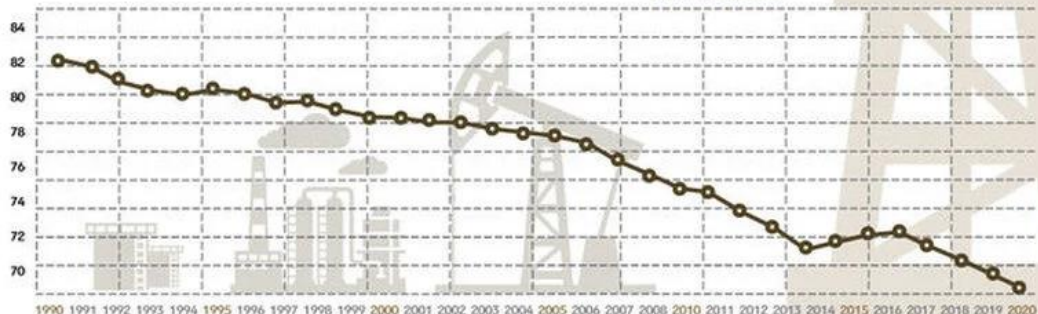
<https://www.youtube.com/watch?v=Vr6b-Wzlcyo>



ΟΡΥΚΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ Η ΕΕ ΠΑΡΑΜΕΝΕΙ ΕΞΑΡΤΗΜΕΝΗ

Μερίδιο των ορυκτών καυσίμων στην ακαθάριστη διαθέσιμη ενέργεια στην **ΕΕ**

(%, 1990-2020)



Ακαθάριστη διαθέσιμη ενέργεια

TIMELINE →

70%

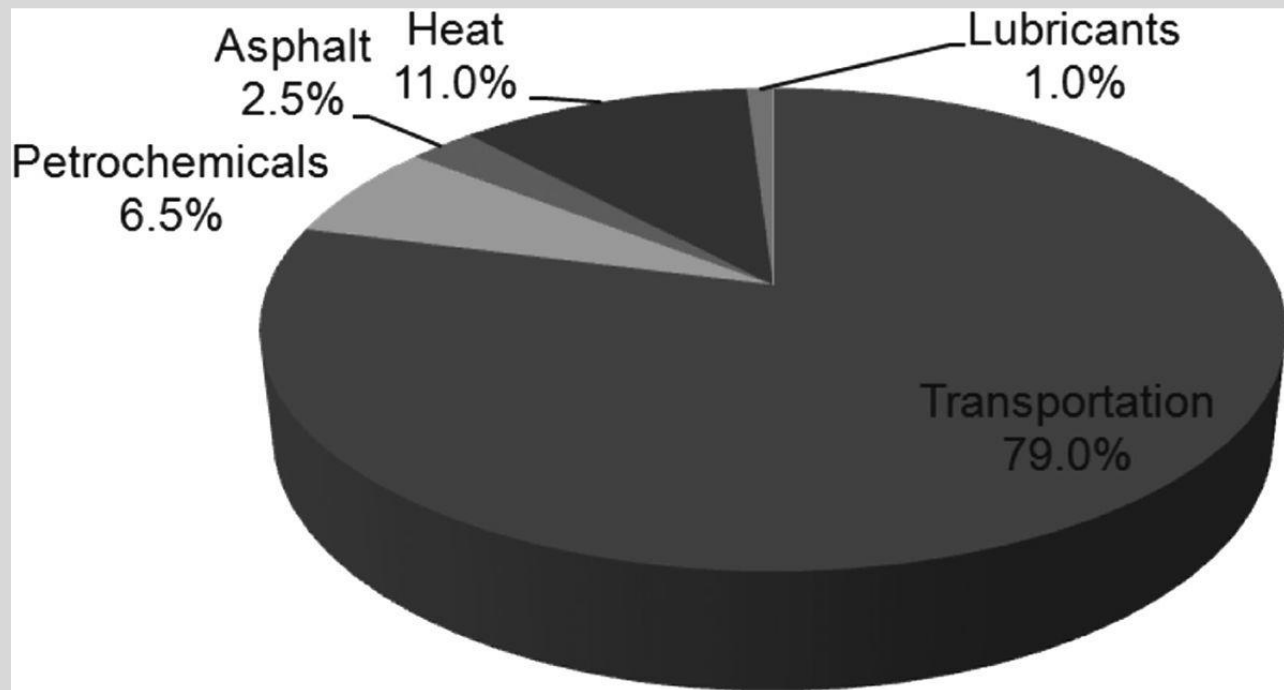
2020

2019

71%



Μερίδιο των ορυκτών καυσίμων στην ακαθάριστη διαθέσιμη ενέργεια (% , 2020)



Η βιομάζα ως εναλλακτική λύση για τα ορυκτά καύσιμα

- Η βιομάζα είναι το προϊόν της φωτοσύνθεσης. Η ροή ενέργειας του ήλιου που φτάνει στη γη είναι περίπου 1 kW/m^2 . Αυτός ο αριθμός μεταφράζεται στο τεράστιο ποσό των τεσσάρων εκατομμυρίων EJ/a (exajoules/a). Ένα ποσοστό της τάξης του 0,1% αυτών των φωτονίων συλλαμβάνεται στη φωτοσύνθεση, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας 4000 EJ/a. Είναι αυτός ο αριθμός μεγάλος; Ο αριθμός αυτός συγκρίνεται με τη σημερινή κατανάλωση ενέργειας (440 kJ/a) και τα στοιχεία κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων και τη σημερινή χρήση βιομάζας.

Table 2.2 Comparison of energy production by photosynthesis with current and future consumption. Source: IEA World Energy Outlook 2008.

	Energy flow		Remarks	Years reserve (R/P)
	TW	EJ/a		
Radiation reaching earth	125 000	4 000 000	1 kW/m^2	sustainable
Natural photosynthesis	130	4000		sustainable
Energy consumption (2005)	14	440	mainly cooking, heating	sustainable
Biomass	1.5	50		
Coal	4.4	140		190
Oil	5.2	170		42
Natural gas	3.6	110		63
Energy consumption (2050 estimate)	49	1550	3.5 times that of 2005	

- Έτσι, η σημερινή παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αντιστοιχεί περίπου στο 10% της παραγόμενης βιομάζας.
- Το έτος 2050 ο αριθμός αυτός αναμένεται να αυξηθεί στο 40%.
- Παρόμοια με τα ορυκτά καύσιμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για τη χημική βιομηχανία. Υποθέτοντας ότι η παγκόσμια χημική βιομηχανία δεν ευθύνεται για περισσότερο από το 10% της κατανάλωσης ενέργειας, είναι σαφές ότι υπάρχει άφθονη διαθέσιμη βιομάζα που μπορεί να χρησιμεύσει ως πρώτη ύλη για τη βιομηχανία αυτή.
- Οι βασικές καλλιέργειες για την παραγωγή βιομάζας μπορούν να καλλιεργηθούν ανανεώσιμα και στα περισσότερα κλίματα σε όλο τον κόσμο, γεγονός που καθιστά τη βιομάζα μια καλή εναλλακτική λύση για την παραγωγή καυσίμων και χημικών ουσιών.

Ενέργεια και χημική βιομηχανία

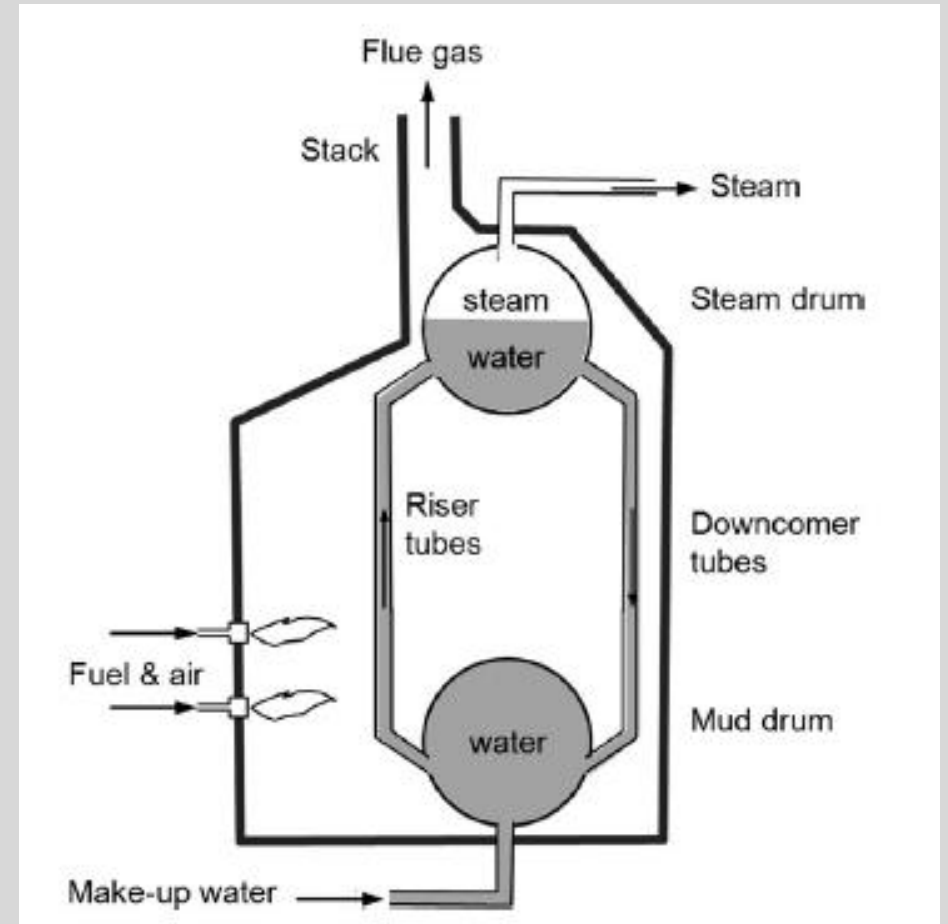
- Η χημική βιομηχανία χρησιμοποιεί πολλή ενέργεια.
- Η ποσότητα των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται για την παροχή της απαιτούμενης ενέργειας είναι της ίδιας τάξης με την ποσότητα των υδρογονανθράκων που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη.
- Τα καύσιμα χρησιμοποιούνται σε άμεσους θερμαντήρες και κλιβάνους για τη θέρμανση των ρευμάτων διεργασίας και για την παραγωγή ατμού και ηλεκτρικής ενέργειας.

Καύσιμα για άμεσους θερμαντήρες και φούρνους

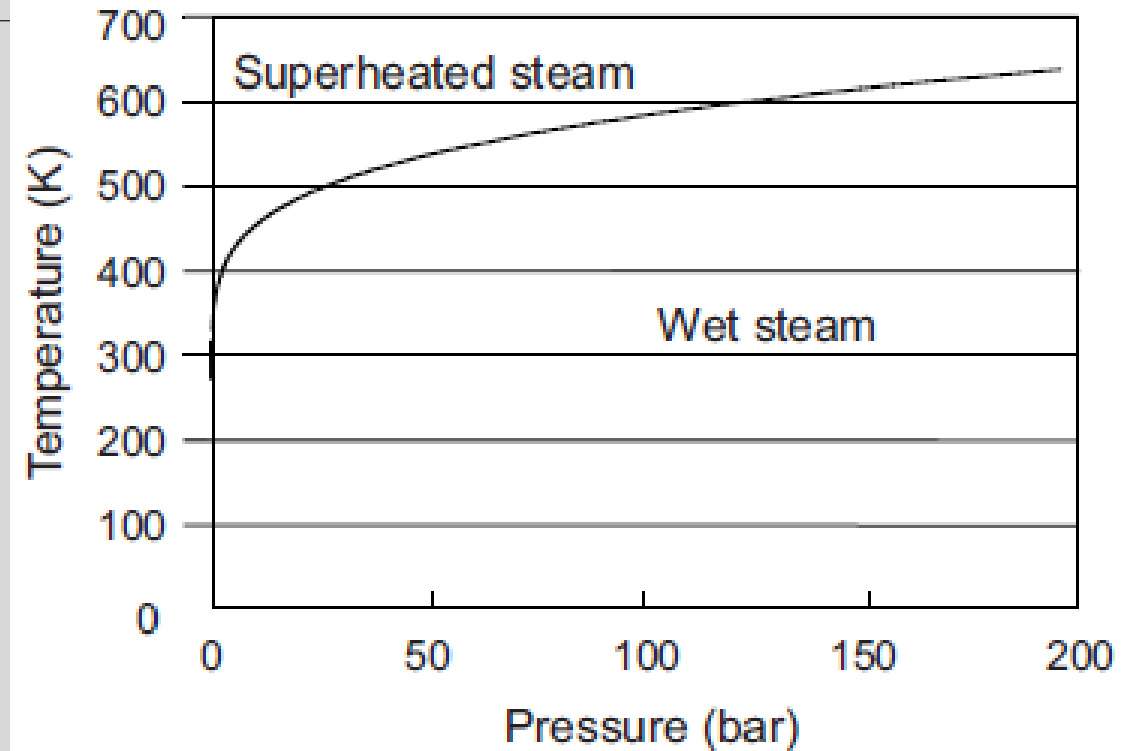
- Το καύσιμο που χρησιμοποιείται στους κλιβάνους διεργασιών είναι συχνά το ίδιο με την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για τη διεργασία. Για παράδειγμα, στην αναμόρφωση φυσικού αερίου με ατμό, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται τόσο ως πρώτη ύλη όσο και ως καύσιμο στον κλίβανο αναμόρφωσης.
- Το μαζούτ, προϊόν απόσταξης αργού πετρελαίου, το οποίο είναι λιγότερο πολύτιμο από το ίδιο το αργό πετρέλαιο, χρησιμοποιείται συχνά στα διυλιστήρια- για παράδειγμα, για την προθέρμανση της τροφοδοσίας στον κλασματοποιητή αργού πετρελαίου.

Ατμός

- Το σύστημα ατμού είναι το σημαντικότερο σύστημα κοινής ωφέλειας στις περισσότερες χημικές εγκαταστάσεις. Ο ατμός έχει διάφορες εφαρμογές, για παράδειγμα, για τη θέρμανση ροών διεργασιών, ως μέσο αντίδρασης και ως βοήθημα απόσταξης.
- Ο ατμός παράγεται και χρησιμοποιείται ως κορεσμένος, υγρός ή υπέρθερμος.
- Ο κορεσμένος ατμός δεν περιέχει υγρασία ή υπερθέρμανση, ο υγρός ατμός περιέχει υγρασία και ο υπέρθερμος ατμός δεν περιέχει υγρασία και είναι πάνω από τη θερμοκρασία κορεσμού του.
- Ατμός παράγεται συνήθως σε λέβητες υδροσωλήνων χρησιμοποιώντας το οικονομικότερο διαθέσιμο καύσιμο.



- Τα καυσαέρια που εκλύονται κατά την καύση του καυσίμου χρησιμεύουν για τη θέρμανση του νερού τροφοδοσίας του λέβητα για την παραγωγή ατμού.
- Στην αναμόρφωση φυσικού αερίου με ατμό, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται συνήθως και για θέρμανση και ο ατμός παράγεται σε έναν λεγόμενο λέβητα απορριπτόμενης θερμότητας με ανταλλαγή θερμότητας τόσο με τα καυσαέρια του κλιβάνου όσο και με το αέριο σύνθεσης που παράγεται.
- Ο ατμός χρησιμοποιείται γενικά σε τρία διαφορετικά επίπεδα πίεσης.



Typical steam pressure levels.

	Operating conditions		
	Pressure (bar)	Temperature (K)	Saturation temperature (K)
HP (high pressure) steam	40	683	523
MP (medium pressure) steam	10	493	453
LP (low pressure) steam	3	463	407

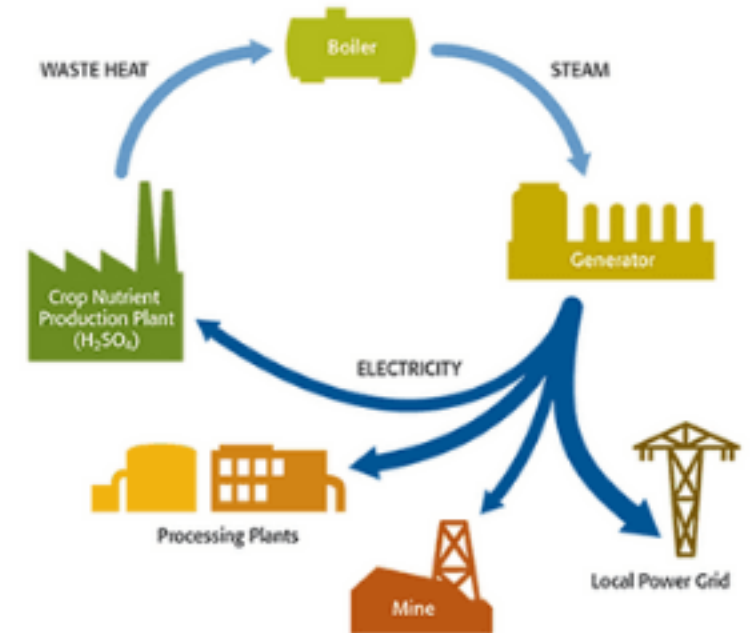
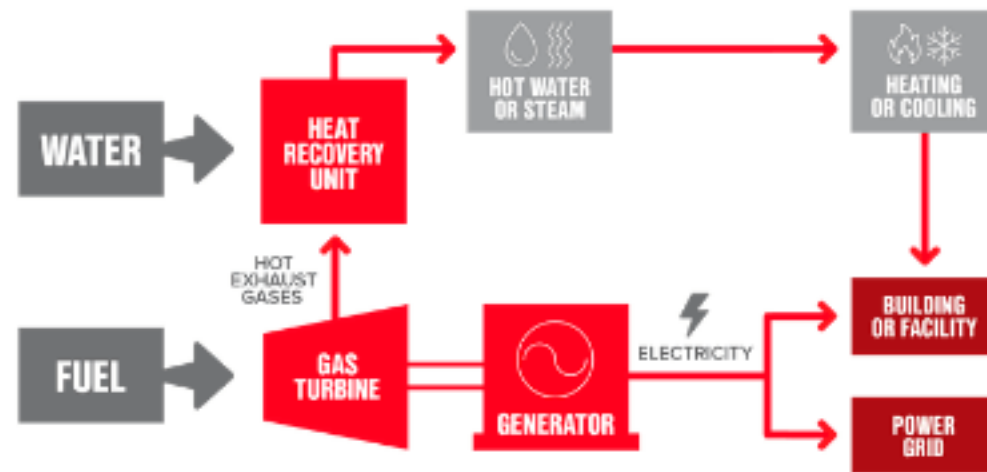
Ηλεκτρισμός

- Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί είτε να παράγεται επιτόπου σε ατμοστρόβιλους είτε να προμηθεύεται από την τοπική εταιρεία παροχής.
- Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, η μείωση του ενεργειακού κόστους είναι δυνατή εάν η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται επιτόπου σε ατμοστρόβιλους και ο ατμός των καυσαερίων από τους στρόβιλους να χρησιμοποιείται για τη θέρμανση της διαδικασίας.
- Συχνά είναι οικονομική η κίνηση μεγάλων συμπιεστών, οι οποίοι απαιτούν μεγάλη ισχύ, με ατμοστρόβιλους. Ο παραγόμενος ατμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση τοπικών διεργασιών.



- Μια πρόσφατη εξέλιξη είναι η κατασκευή των λεγόμενων μονάδων συμπαραγωγής, στις οποίες θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια παράγονται ταυτόχρονα, συνήθως ως κοινοπραξίες μεταξύ βιομηχανίας και δημόσιων οργανισμών.
- Παραδείγματα είναι οι κεντρικοί λέβητες κοινής ωφέλειας που παρέχουν ατμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και την παροχή σε ένα τοπικό σύστημα θέρμανσης και οι μονάδες συνδυασμένου κύκλου που συνδυάζουν την αεριοποίηση του άνθρακα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε αεριοστρόβιλους και ατμοστρόβιλους.

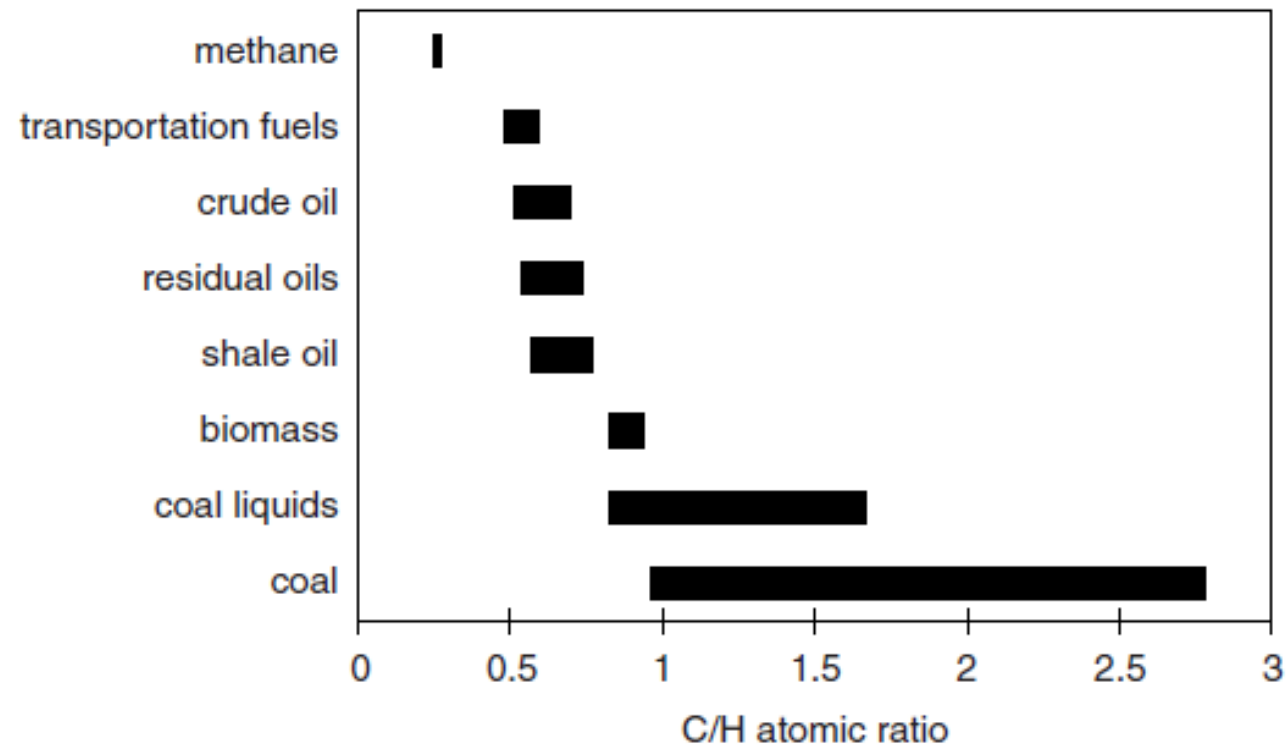
What is Cogeneration?



Σύνθεση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας

- Και τα τρία ορυκτά καύσιμα (πετρέλαιο, άνθρακας και φυσικό αέριο) έχουν κοινό χαρακτηριστικό ότι αποτελούνται κυρίως από άνθρακα και υδρογόνο, ενώ υπάρχουν και μικρές ποσότητες ετερο-ατόμων όπως άζωτο, οξυγόνο, θείο και μέταλλα.
- Ωστόσο, η αναλογία αυτών των στοιχείων είναι πολύ διαφορετική, γεγονός που εκδηλώνεται στα πολύ διαφορετικά μοριακά σύνθεση (μέγεθος, τύπος κ.λπ.) και τις φυσικές ιδιότητες.
- Εκτός από άνθρακα και υδρογόνο, η βιομάζα περιέχει μια σχετικά μεγάλη ποσότητα οξυγόνου.
- Ο λόγος C/H είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα των υδρογονανθράκων. Το επόμενο σχήμα παρουσιάζει τον λόγο C/H για τα κυριότερα ορυκτά καύσιμα, τη βιομάζα και ορισμένους άλλους υδρογονάνθρακες.

- Είναι σαφές ότι η σχετική ποσότητα άνθρακα στον κάρβουνο είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι στο αργό πετρέλαιο. Το μεθάνιο (CH_4) έχει προφανώς το χαμηλότερο λόγο C/H από όλους τους υδρογονάνθρακες.
- Ο λόγος C/H του φυσικού αερίου είναι πολύ παρόμοιος με αυτόν του μεθανίου, επειδή το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου.



C/H atomic ratios of hydrocarbon sources and some products.

Φυσικό αέριο

- Το φυσικό αέριο είναι μείγμα υδρογονανθράκων με κύριο συστατικό το μεθάνιο.
- Μπορεί να βρεθεί σε πορώδης ταμιευτήρες, είτε συνδεδεμένο με αργό πετρέλαιο ("συνδεδεμένο αέριο") είτε σε ταμιευτήρες στους οποίους δεν υπάρχει πετρέλαιο ("μη συνδεδεμένο αέριο").
- Το φυσικό αέριο έχει μεγάλη σημασία όχι μόνο ως πηγή ενέργειας, αλλά και ως πρώτη ύλη για την πετροχημική βιομηχανία.
- Εκτός από υδρογονάνθρακες, το φυσικό αέριο περιέχει συνήθως μικρές (ή μερικές φορές μεγάλες) ποσότητες αερίων που δεν περιέχουν υδρογονάνθρακες, όπως διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο και υδρόθειο.
- Το φυσικό αέριο ταξινομείται ως "ξηρό" ή "υγρό". Ο όρος "υγρό" δεν αναφέρεται στο νερό αλλά στο γεγονός ότι το υγρό φυσικό αέριο περιέχει σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου, βουτανίου και υδρογονανθράκων C5 και άνω, οι οποίοι συμπυκνώνονται κατά τη συμπίεση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σχηματίζοντας "υγρά φυσικού αερίου".
- Το ξηρό φυσικό αέριο περιέχει μόνο μικρές ποσότητες συμπυκνώσιμων υδρογονανθράκων. Το συνδεδεμένο αέριο είναι πάντοτε υγρό, ενώ το μη συνδεδεμένο αέριο είναι συνήθως ξηρό.

Table 2.4 Composition of selected non-associated natural gases (vol.%) [12, 13].

Area	Algeria	France	Holland	New Zealand	North Sea	N. Mexico	Texas	Texas	Canada
Field	Hasi-R'Mel	Lacq	Gron.	Kapuni	West Sole	Rio Arriba	Terrell	Cliffside	Olds
CH ₄	83.5	69.3	81.3	46.2	94.4	96.9	45.7	65.8	52.4
C ₂ H ₆	7.0	3.1	2.9	5.2	3.1	1.3	0.2	3.8	0.4
C ₃ H ₈	2.0	1.1	0.4	2.0	0.5	0.2	—	1.7	0.1
C ₄ H ₁₀	0.8	0.6	0.1	0.6	0.2	0.1	—	0.8	0.2
C ₅ ⁺	0.4	0.7	0.1	0.1	0.2	—	—	0.5	0.4
N ₂	6.1	0.4	14.3	1.0	1.1	0.7	0.2	26.4	2.5
CO ₂	0.2	9.6	0.9	44.9	0.5	0.8	53.9	—	8.2
H ₂ S	—	15.2	trace	—	—	—	—	—	35.8

Table 2.5 Composition of selected associated natural gases (vol.%) [12]

Area	Abu Dhabi	Iran	North Sea	North Sea	N. Mexico
Field	Zakum	Agha Jari	Forties	Brent	San Juan County
CH ₄	76.0	66.0	44.5	82.0	77.3
C ₂ H ₆	11.4	14.0	13.3	9.4	11.2
C ₃ H ₈	5.4	10.5	20.8	4.7	5.8
C ₄ H ₁₀	2.2	5.0	11.1	1.6	2.3
C ₅ ⁺	1.3	2.0	8.4	0.7	1.2
N ₂	1.1	1.0	1.3	0.9	1.4
CO ₂	2.3	1.5	0.6	0.7	0.8
H ₂ S	0.3	—	—	—	—

- Το μη συνδεδεμένο αέριο μπορεί να παραχθεί μόνο όταν υπάρχει κατάλληλη τοπική ή εξαγωγική αγορά.
- Το συνδεδεμένο φυσικό αέριο είναι συμπροϊόν του αργού πετρελαίου και, επομένως, η παραγωγή του καθορίζεται από το ρυθμό παραγωγής του συνοδευτικού πετρελαίου. Από καιρό θεωρούνταν παραπροϊόν και το μεγαλύτερο μέρος του αποτεφρωνόταν (για λόγους ασφαλείας). Με τη σημερινή ενεργειακή κατάσταση, ωστόσο, το συνδεδεμένο αέριο αποτελεί μια πρώτη ύλη και πηγή ενέργειας με μεγάλη δυνητική αξία. Επιπλέον, η αξιοποίηση, αντί για την καύση, είναι σε καλύτερη συμφωνία με τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος. Ένας αυξανόμενος αριθμός συστημάτων αναπτύσσεται για την αξιοποίηση του αερίου αυτού.

- Το φυσικό αέριο από το πηγάδι υφίσταται επεξεργασία ανάλογα με τις ενώσεις που υπάρχουν στο αέριο.
- Ένα ξηρό αέριο χρειάζεται ελάχιστη ή καθόλου επεξεργασία, εκτός από την απομάκρυνση H_2S και ενδεχομένως CO_2 , εάν οι ποσότητες είναι αξιοσημείωτες.
- Οι συμπυκνώσιμοι υδρογονάνθρακες απομακρύνονται από ένα υγρό αέριο και ένα μέρος τους μπορεί να πωληθεί ως υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG, προπάνιο, βουτάνιο) ή να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή χημικών προϊόντων (αιθάνιο). Το άλλο μέρος, $C5^+$ υδρογονάνθρακες, μπορεί να αναμιχθεί με βενζίνη.
- Έτσι, αφού το φυσικό αέριο έχει καθαριστεί και διαχωριστεί, ένα μεγάλο μέρος του αερίου είναι μία μόνο χημική ένωση, το μεθάνιο.

Αργό πετρέλαιο

- Η σύνθεση του αργού πετρελαίου είναι πολύ πιο πολύπλοκη από εκείνη του φυσικού αερίου. Το αργό πετρέλαιο δεν είναι ένα ομοιόμορφο υλικό με απλό μοριακό τύπο. Είναι ένα πολύπλοκο μείγμα αέριων, υγρών και στερεών ενώσεων υδρογονανθράκων, που απαντάται σε ιζηματογενή πετρώματα σε όλο τον κόσμο.
- Η σύνθεση του μείγματος εξαρτάται από την τοποθεσία του. Δύο γειτονικά πηγάδια μπορεί να παράγουν αρκετά διαφορετικά αργά πετρέλαια και ακόμη και μέσα σε ένα πηγάδι η σύνθεση μπορεί να διαφέρει σημαντικά με το βάθος. Παρ' όλα αυτά, η στοιχειακή σύνθεση του αργού πετρελαίου ποικίλλει σε ένα μάλλον στενό εύρος, όπως φαίνεται στον πίνακα:



Elemental composition of crude oil.

Element	Percentage range (wt%)
C	83–87
H	10–14
N	0.2–3
O	0.05–1.5
S	0.05–6
Trace metals	<0.1

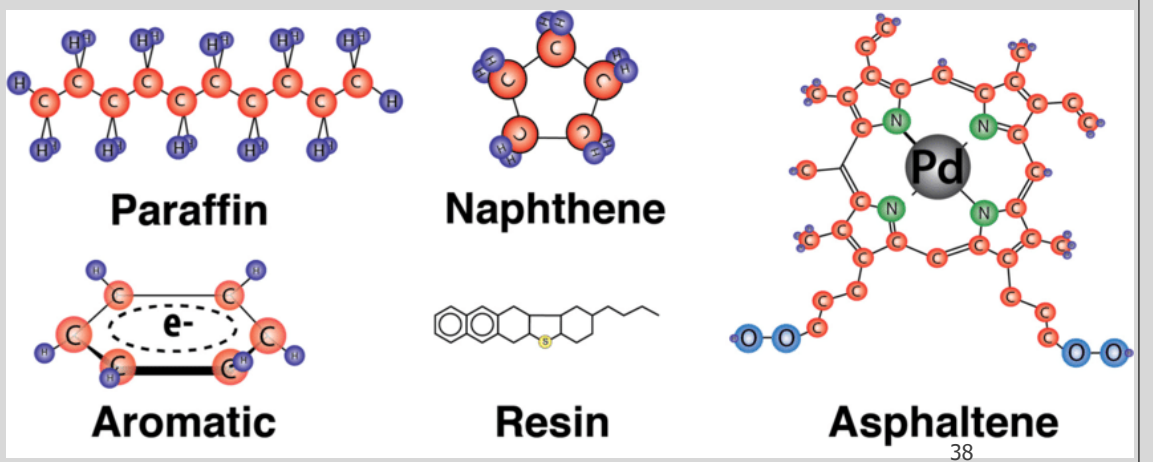
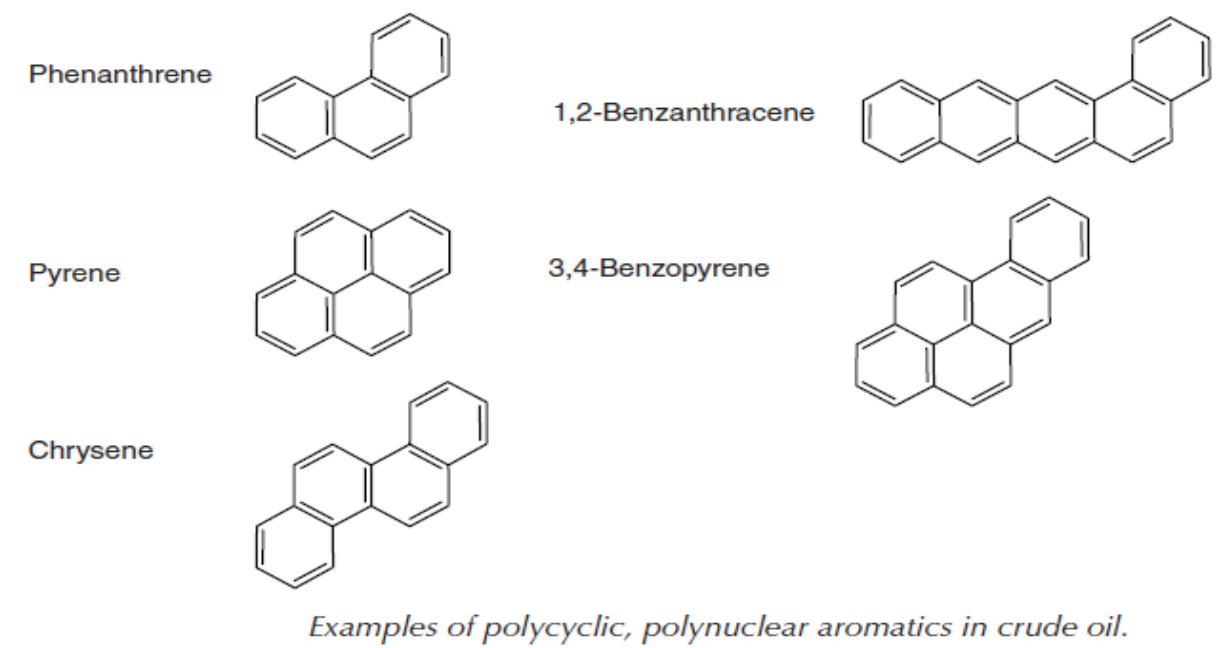
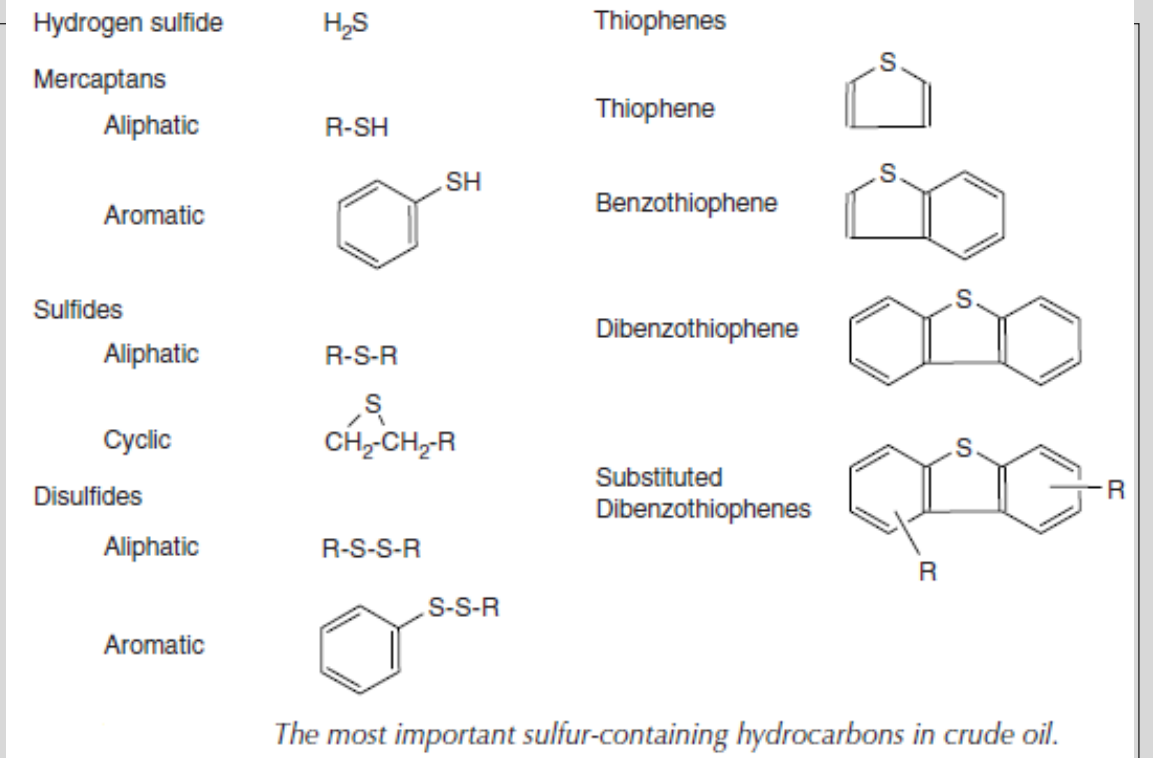
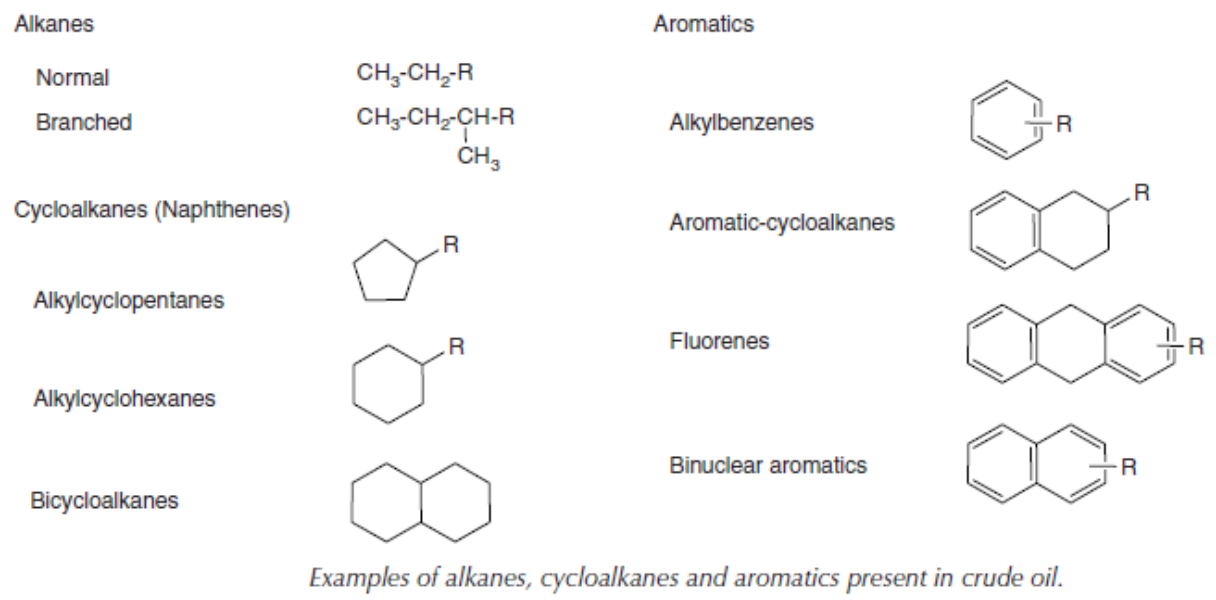
- Αν και εκ πρώτης όψεως οι διαφορές αυτές φαίνονται μικρές, τα διάφορα αργά πετρέλαια είναι εξαιρετικά διαφορετικά.
- Το υψηλό ποσοστό άνθρακα και υδρογόνου υποδηλώνει ότι το αργό πετρέλαιο αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από υδρογονάνθρακες, πράγμα που όντως ισχύει.
- Η λεπτομερής ανάλυση δείχνει ότι το αργό πετρέλαιο περιέχει αλκάνια, κυκλοαλκάνια (ναφθένια), αρωματικά, πολυκυκλικά αρωματικά και ενώσεις που περιέχουν άζωτο, οξυγόνο, θείο και μέταλλα.

- Όσο βαρύτερο είναι το αργό πετρέλαιο τόσο περισσότερες πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις θα περιέχει. Γενικά, τα βαρύτερα αργά πετρέλαια αποδίδουν μικρότερο ποσοστό χρήσιμων προϊόντων. Ένα επιπλέον μειονέκτημα των βαρύτερων αργών είναι ότι περιέχουν περισσότερες πολυπυρηνικές αρωματικές ενώσεις (PNAs), οι οποίες τείνουν να οδηγούν σε ανθρακούχες αποθέσεις ("κωκ") κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Οι επιπτώσεις του σχηματισμού κωκ παίζουν σημαντικό ρόλο.



- Τα αργά πετρέλαια δεν αποτελούνται αποκλειστικά από άνθρακα και υδρογόνο- υπάρχουν επίσης μικρές ποσότητες των λεγόμενων ετεροατόμων, τα κυριότερα από τα οποία είναι το θείο, το άζωτο και το οξυγόνο. Από αυτά, το θείο είναι εξαιρετικά ανεπιθύμητο, διότι οδηγεί σε διάβρωση, δηλητηριάζει τους καταλύτες και είναι επιβλαβές για το περιβάλλον. Επομένως, πρέπει να απομακρύνεται.





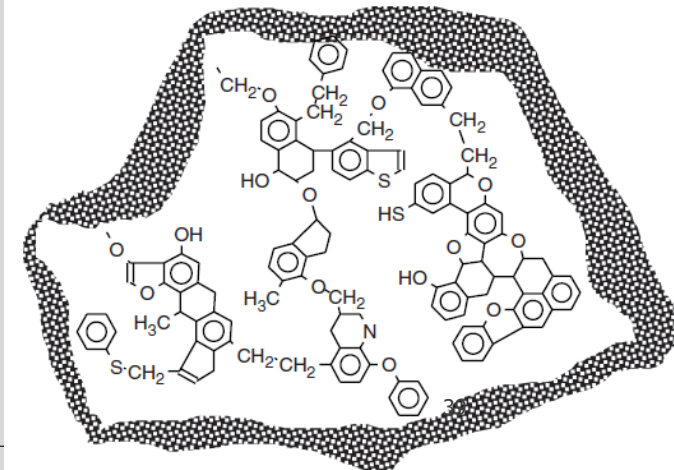
Κάρβουνο

- Σε αντίθεση με το αργό πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, η στοιχειακή σύσταση του άνθρακα ποικίλλει σε ένα ευρύ φάσμα. Το εύρος σύνθεσης βασίζεται μόνο στο οργανικό συστατικό του άνθρακα. Επιπλέον, ο άνθρακας περιέχει μια αξιοσημείωτη ποσότητα ανόργανου υλικού (ορυκτά), το οποίο σχηματίζει τέφρα κατά την καύση και την αεριοποίηση. Η ποσότητα αυτή κυμαίνεται από 1 έως πάνω από 25%.
- Επιπλέον, ο άνθρακας περιέχει νερό- η περιεκτικότητα του άνθρακα σε υγρασία κυμαίνεται από περίπου 2 έως σχεδόν 70%. Ο υψηλός λόγος C/H αντικατοπτρίζει το γεγονός ότι ένα μεγάλο μέρος του άνθρακα αποτελείται από πολύπλοκους πολυκυκλικούς αρωματικούς δακτυλίους.



Elemental composition of organic material in coal.

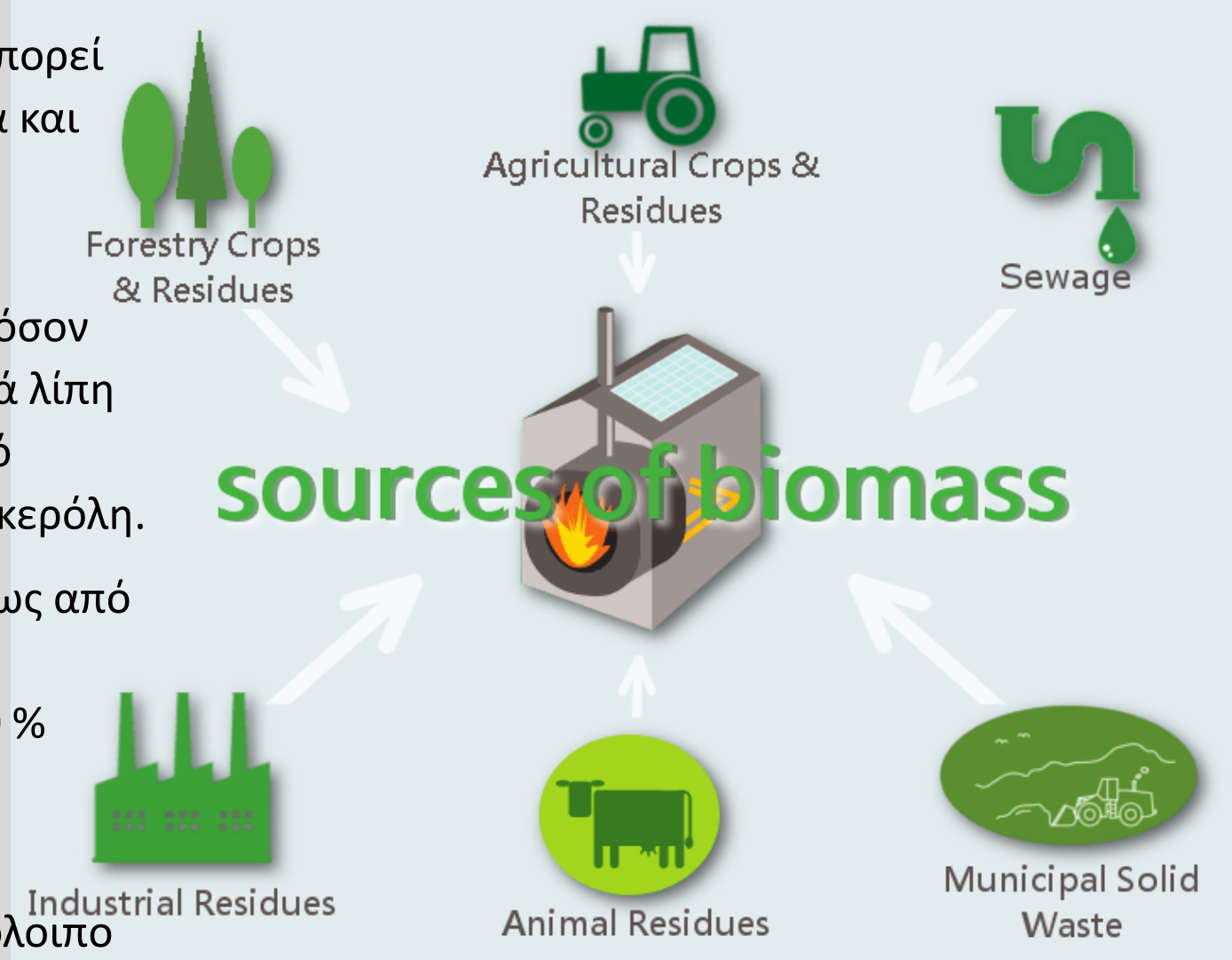
Element	Percentage range (wt%)
C	60–95
H	2–6
N	0.1–2
O	2–30
S	0.3–13



Model of a typical coal structure.

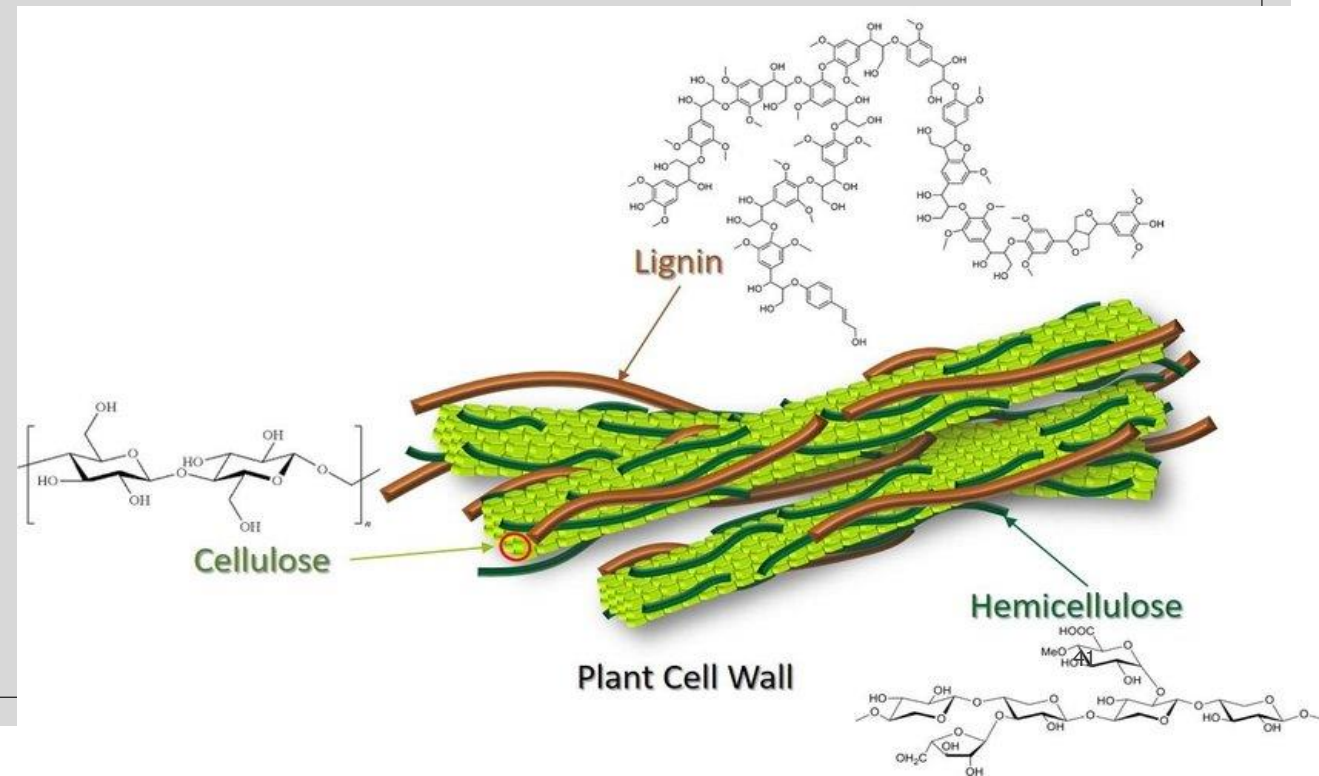
Βιομάζα

- Σε μια απλουστευμένη ανάλυση, η βιομάζα μπορεί να χωριστεί σε τρεις ομάδες, δηλαδή σε έλαια και λίπη, σάκχαρα και λιγνοκυτταρινική βιομάζα.
- Μια απλή οικονομική ανάλυση δείχνει ότι η λιγνοκυτταρινούχα είναι πιο ελκυστική, τόσο όσον αφορά τους πόρους όσο και την τιμή. Τα ζωικά λίπη και τα φυτικά έλαια αποτελούνται κυρίως από τριγλυκερίδια, εστέρες λιπαρών οξέων με γλυκερόλη.
- Η λιγνοκυτταρινική βιομάζα αποτελείται κυρίως από τρία συστατικά: κυτταρίνη (35-50 % κ.β.), ημικυτταρίνη (15-25 % κ.β.) και λιγνίνη (15-30 % κ.β.).
- Τα φυτικά έλαια, οι πρωτεΐνες, τα διάφορα εκχυλίσματα και οι στάχτες αποτελούν το υπόλοιπο της δομής της λιγνοκυτταρινούχου βιομάζας.



Η κυτταρίνη είναι το πιο άφθονο οργανικό πολυμερές στη γη και η χημική της δομή, η οποία είναι σε μεγάλο βαθμό κρυσταλλική, είναι εξαιρετικά απλή. Αποτελείται από γραμμικά πολυμερή της κυτταρίνης, ενός διμερούς της γλυκόζης. Οι πολλαπλές υδροξυλομάδες του μορίου της γλυκόζης σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου με γειτονικές αλυσίδες κυτταρίνης, δημιουργώντας μικροϊνίδια κυτταρίνης υψηλής αντοχής και κρυσταλλικότητας.

Η ημικυτταρίνη συγγενεύει χημικά με την κυτταρίνη, καθώς περιλαμβάνει έναν υδατανθρακικό κορμό. Ωστόσο, λόγω της τυχαίας και διακλαδισμένης δομής της, η ημικυτταρίνη είναι άμορφη. Η ημικυτταρίνη αποτελείται από ένα μείγμα σακχάρων πέντε ανθράκων (ξυλόζη, αραβινόζη), σακχάρων έξι ανθράκων (γλυκόζη, μαννόζη, γαλακτόζη) και ουρονικών οξέων (π.χ. γλυκουρονικό οξύ). Η ξυλόζη είναι το μονομερές που υπάρχει σε μεγαλύτερη ποσότητα.



Η λιγνίνη, το τρίτο κύριο συστατικό της λιγνοκυτταρικής βιομάζας, είναι ένα άμορφο τρισδιάστατο πολυμερές που γεμίζει τα κενά στο κυτταρικό τοίχωμα μεταξύ κυτταρίνης και ημικυτταρίνης. Είναι αρωματική και υδρόφοβη σε σύγκριση με την κυτταρίνη και την ημικυτταρίνη. Η πολυπλοκότητα και η μεταβλητότητα της σύνθεσης της λιγνίνης και η χημική της αντοχή καθιστούν αρκετά δύσκολη τη χρήση της.

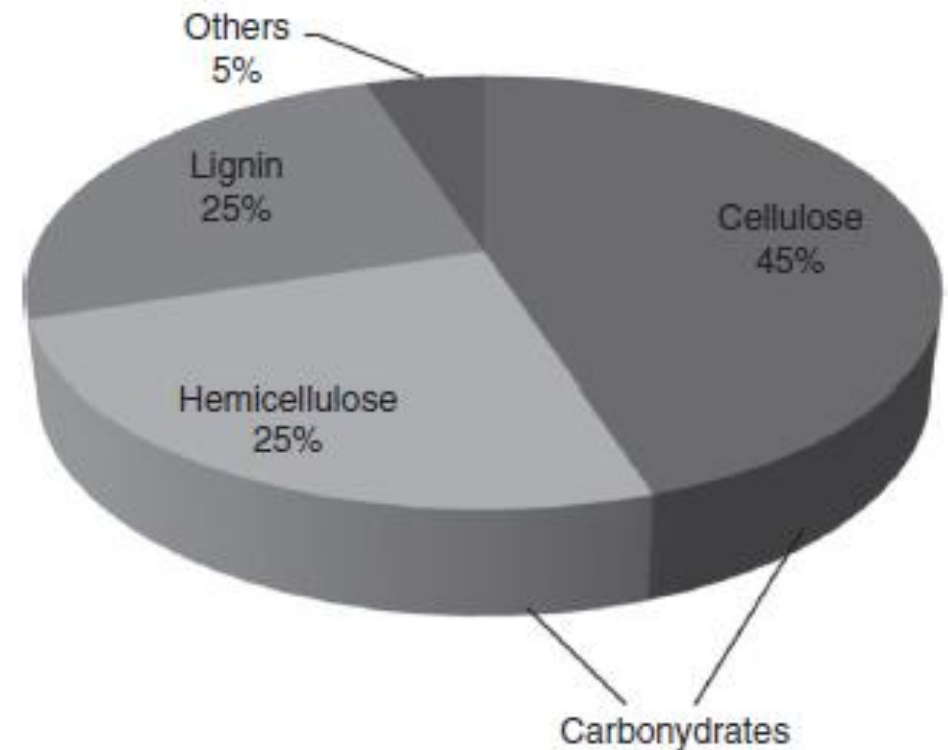
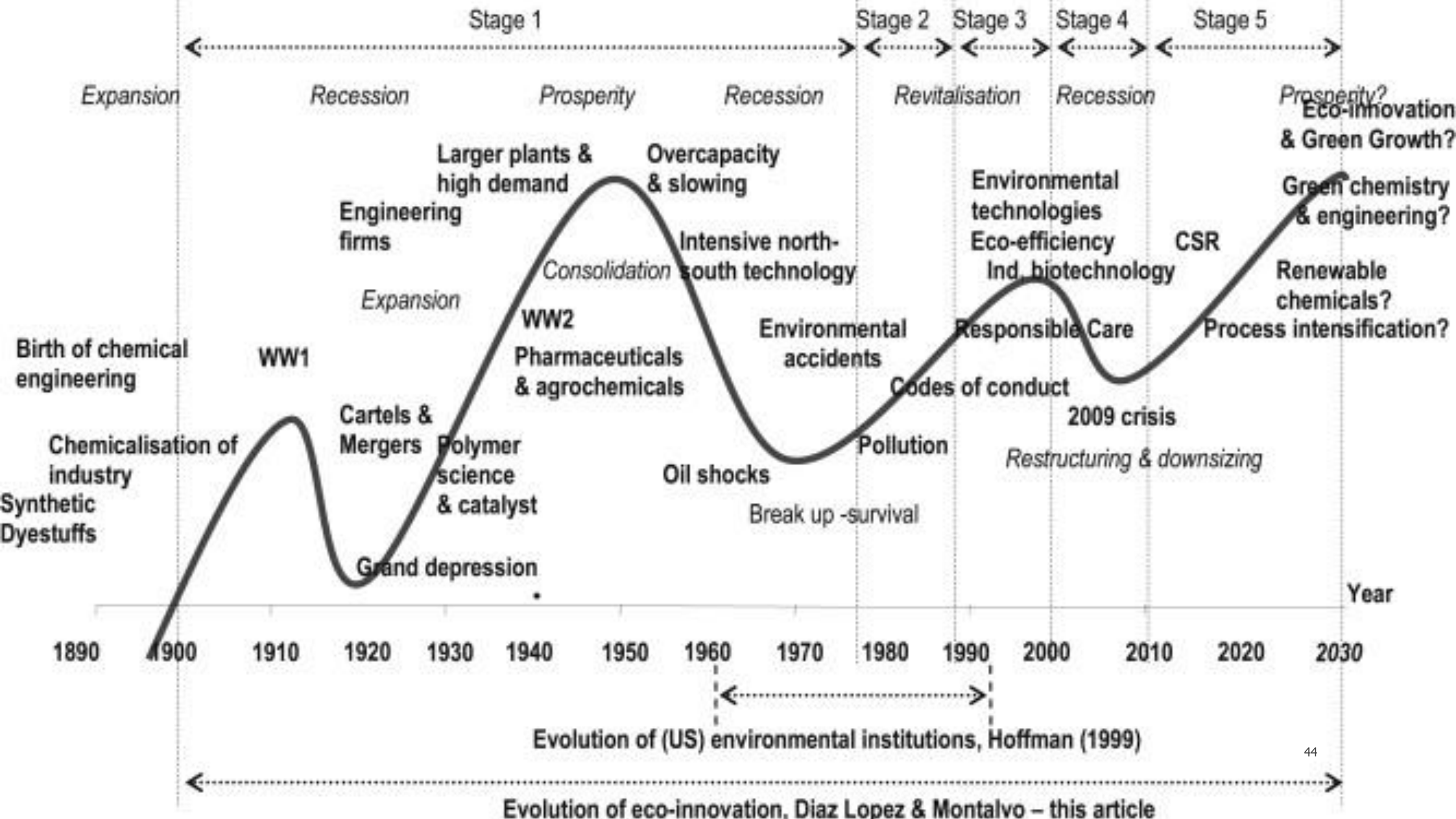


Figure 2.20 Average composition of lignocellulosic biomass.

- Από ηθική άποψη, είναι προτιμότερο να δίνεται προτεραιότητα στις εφαρμογές τροφίμων και ζωοτροφών. Τα λεγόμενα εργοστάσια δεύτερης γενιάς επεξεργάζονται φυτικά υπολείμματα όπως άχυρο και μπαγάσα (ινώδες υπόλειμμα από την παραγωγή ζάχαρης) αντί για άμυλο και ζάχαρη.
- Για παράδειγμα, στην επεξεργασία ζαχαροκάλαμου, τα πρώτα σάκχαρα αφαιρούνται στα ζαχαουργεία και η εναπομένουσα βαγάση χρησιμοποιείται ως κύρια πηγή καυσίμου για την παροχή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας που χρησιμοποιείται στα εργοστάσια.





EVOLUTION OF CHEMICAL PRODUCTION

1976

The Toxic Substances Control Act is passed

The Environmental Protection Agency (EPA) regulates the introduction of chemical substances & mixtures



1978

Polychlorinated Biphenyls (PCBs)

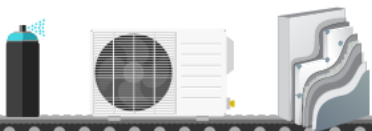
- ⊖ Toxic to humans, animals, & some plants
- ⚠ Electrical equipment, transformers, & hydraulics



1978

Fully Halogenated Chlorofluoroalkanes

- ⊖ Depletes ozone layer
- ⚠ Aerosol sprays, AC units, refrigeration, & insulation



1980

Dioxins

- ⊖ Causes cancer
- ⚠ Herbicide



1984

Nitrates mixed with:

Mixed mono & diamides of organic acid
Triethanolamine salts of substituted organic acid
Triethanolamine salt of tricarboxylic acid
Tricarboxylic acid

- ⊖ Causes cancer
- ⚠ Metalworking fluids



1989

Asbestos

- ⊖ Risk factor for mesothelioma
- ⚠ Insulation, & in the construction of cars & ships



1990

Hexavalent Chromium

- ⊖ Causes cancer
- ⚠ Paint for many cars, boats, & planes



GROWING DANGERS OF CHEMICALS

More than 80,000 chemicals in the U.S.

Approximately 2,500 "high production volume" (HPV) chemicals

Manufactured at a rate of more than 1 million pounds annually

About 2,000 new chemicals are introduced into commerce annually
(7 new chemicals per day)

Only about 1% of these chemicals have been tested for safety

Αρχή των κανονισμών
στη χημική βιομηχανία

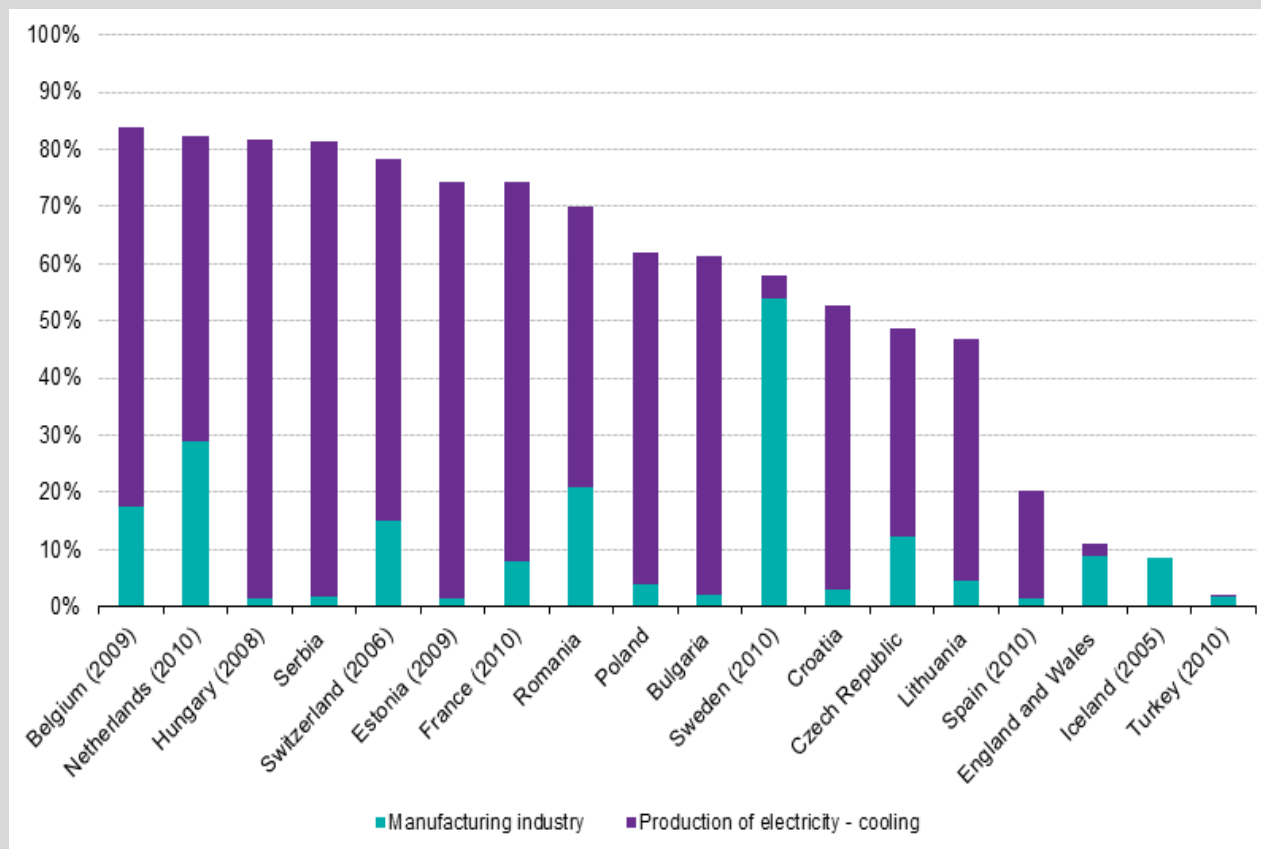
Χρήση νερού στη βιομηχανία

https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Water_use_in_industry

- Η βιομηχανία είναι ένας από τους κύριους χρήστες νερού στην Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 40 % των συνολικών απολήψεων νερού.
- Το νερό χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία (π.χ. για σκοπούς ψύξης, για καθαρισμό/πλύσιμο καθώς και για χρήση από τους εργαζόμενους) και παρέχεται είτε από δημόσιο προμηθευτή είτε από ιδιωτικές γεωτρήσεις.
- Επιπλέον, ο βιομηχανικός τομέας αποτελεί σημαντικό ρυπαντή του νερού, καθώς μόνο το 60 % (τιμή βάσει στοιχείων από οκτώ χώρες) των βιομηχανικών λυμάτων υφίσταται επεξεργασία πριν από τη διάθεσή τους στο περιβάλλον.

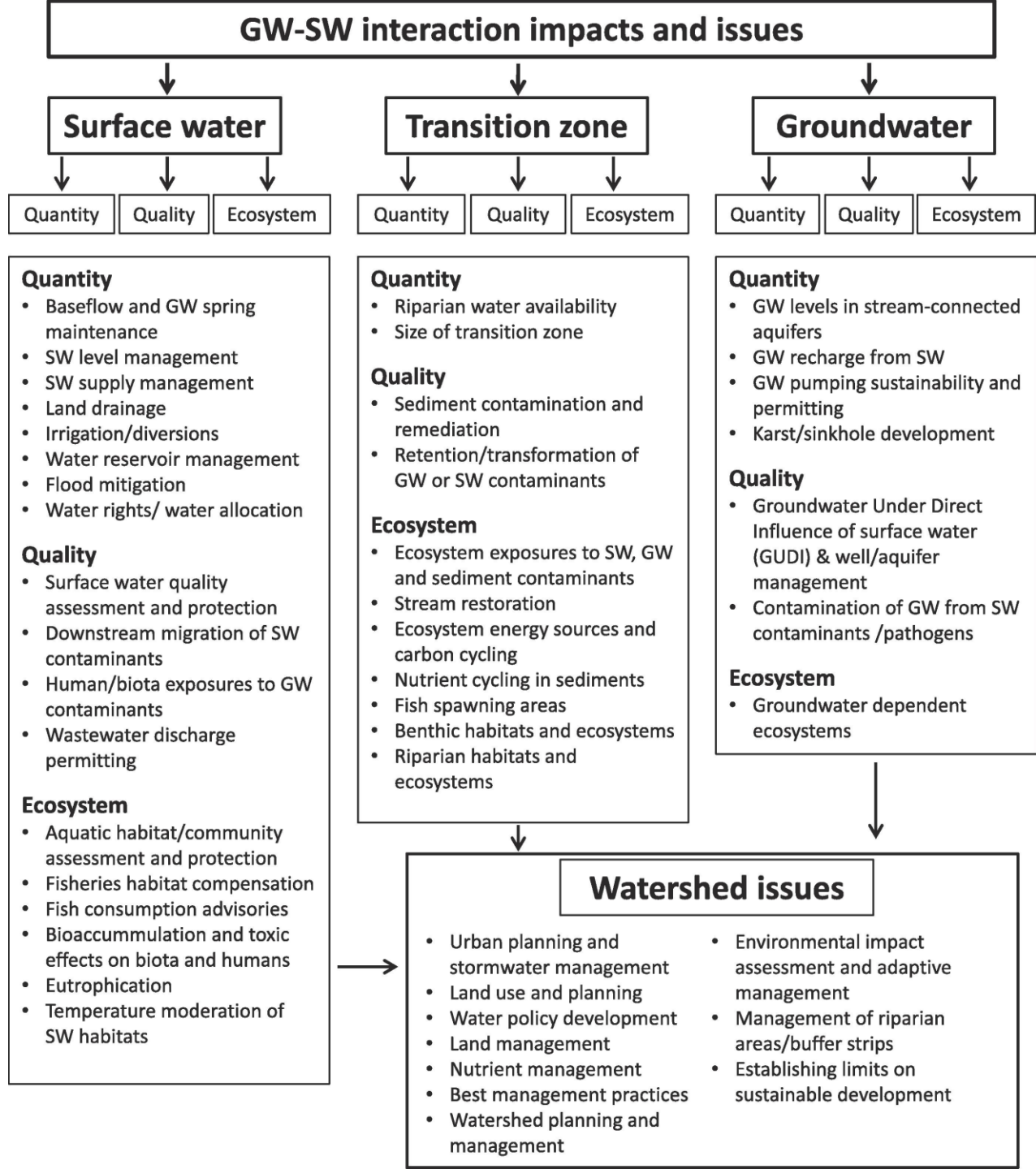
Απολήψεις νερού

- Η Eurostat συλλέγει δεδομένα σχετικά με την απόληψη νερού για τέσσερις κύριους βιομηχανικούς τομείς: (i) εξόρυξη και λατομεία, ii) μεταποίηση, iii) παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και iv) κατασκευές και άλλες βιομηχανικές δραστηριότητες.
- Οι απολήψεις για τη μεταποιητική βιομηχανία (συμπεριλαμβανομένης της ψύξης) και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (κυρίως νερό ψύξης) αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 50 % των συνολικών ακαθάριστων απολήψεων στις περισσότερες χώρες.



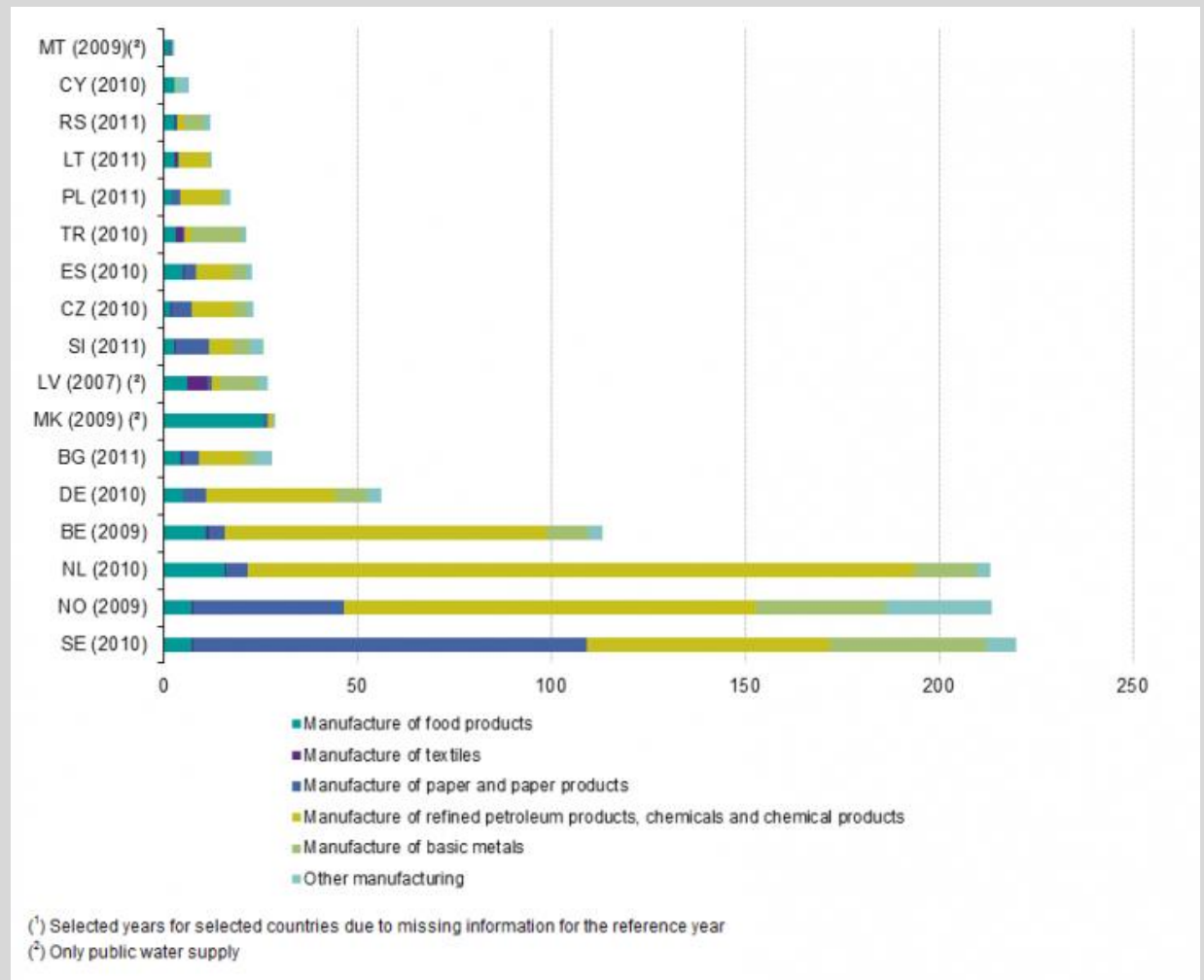
Μερίδιο των συνολικών απολήψεων για τη μεταποιητική βιομηχανία και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (κυρίως ψύξη), 2011 (%)

Source: Eurostat ([env wat abs](#))



Συγκριτικός πίνακας μεταξύ επιφανειακών και υπόγειων υδάτων

Χρήσεις νερού στη βιομηχανία



(¹) Selected years for selected countries due to missing information for the reference year

(²) Only public water supply

Χρήσεις νερού στη μεταποιητική βιομηχανία ανά δραστηριότητα, 2011 (m³ ανά κάτοικο)

Source: Eurostat ([env_wat_ind](#)) ([tps00001](#))

Water use in manufacturing industry

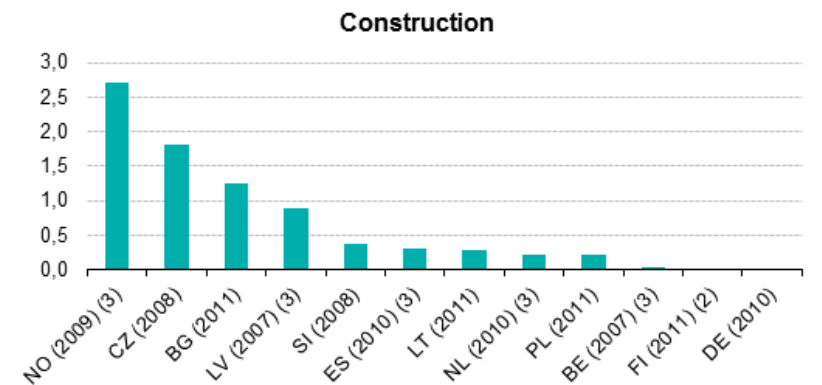
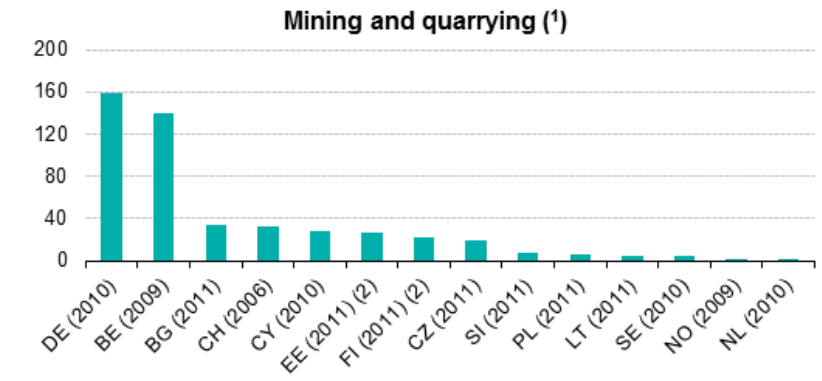
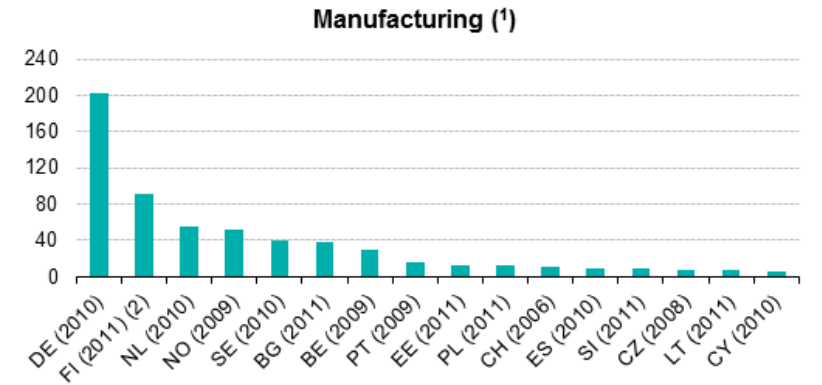
- **In most countries, the main water-using industry is the ' Manufacture of refined petroleum products, chemicals and chemical products '.**
- However, the manufacture of **basic metals** is the main water-using industry in Latvia, Serbia and Turkey, water use for the manufacture of **food products** prevails in Malta and the former Yugoslav Republic of Macedonia, while the manufacture of **paper and paper products** is the main water-using industry in Slovenia and Sweden.



Intensity of water use in main industrial sectors

- Η ένταση της χρήσης νερού σε έναν συγκεκριμένο οικονομικό τομέα ορίζεται ως ο όγκος νερού που χρησιμοποιείται ανά μονάδα ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας (GVA) και μετρά την πίεση της οικονομίας στους υδάτινους πόρους σε σχέση με τον οικονομικό αντίκτυπό της, ένας σχετικός δείκτης για τις πολιτικές βιώσιμης ανάπτυξης και αποδοτικότητας των πόρων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως για πολιτικές κατανομής του νερού μεταξύ των διαφόρων τομέων της οικονομίας, δεδομένου ότι σε περιοχές με έλλειψη νερού, όπου υπάρχει ανταγωνισμός για το νερό μεταξύ διαφόρων χρήσεων, το νερό είναι πιθανό να κατανεμηθεί στη λιγότερο εντατική χρήση. Το αντίστροφο της έντασης χρήσης νερού είναι η "παραγωγικότητα χρήσης νερού", η οποία μετρά την προστιθέμενη αξία που παράγεται από μία μονάδα νερού που χρησιμοποιείται.

Ένταση της χρήσης νερού στους κύριους βιομηχανικούς τομείς (ακαθάριστη προστιθέμενη αξία σε βασικές τιμές- m³ συνολικής χρήσης νερού ανά χίλια ευρώ GVA στον τομέα) Source: Eurostat (env_wat_cat) (nama_nace21_c)



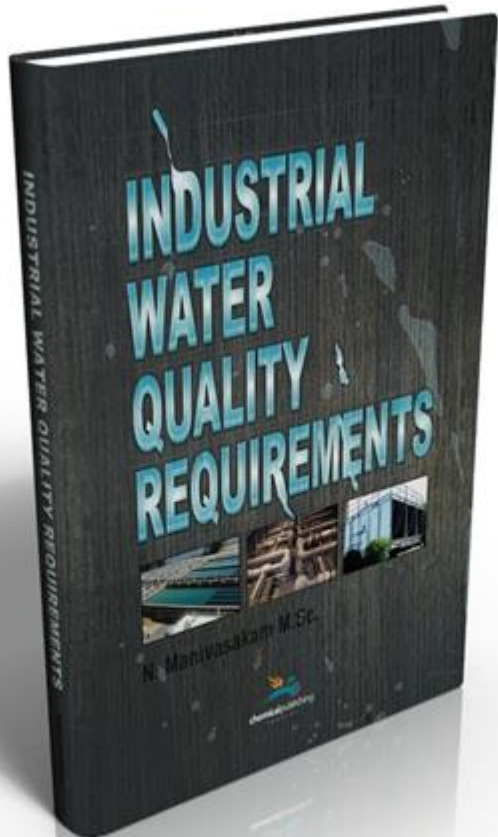
(1) Excluding countries without data for self and other water supply
(2) only data for self and other water supply
(3) only data for public water supply

Water quality standard for Industrial use

Table 6. Quality requirements of different industries

Industry	Turbidity (TU)	Color (color units)	Hardness (as CaCo ₃ , mg/l)	Alkalinity (as CaCo ₃ , mg/l)	Fe+Mn mg/l	Total solids mg/l	Remark
Food products							
Backed goods	10	10	+	-	0.2	-	A
Beer	10	-	-	75-150	0.1	500-1000	A,b
Canned goods	10	-	25-75	-	0.2	-	A
Confectionary	-	-	-	-	0.2	100	A
Ice	5	5	-	30-50	0.2	300	A,C
Laundering	-	-	50	-	0.2	-	-
Manufactured products							
Leather	20	10-100	50-135	135	0.4	-	-
Paper	5	5	50	-	0.1	200	D
Paper pulp	15-50	10-20	100-180	-	0.1-1.0	200-300	E
Plastics, clear	2	2	-	-	0.02	200	-
Textiles, dyeing	5	5-20	20	-	0.25	-	F
Textile,general	5	20	20	-	0.5	-	-

Note: + some hardness is desirable; A = must conform to standards of potable water; B = NaCl not more than 275 mg/l; C = SiO₂ not more than 10 mg/l, Ca and Mg bicarbonates troublesome, sulphates and chlorides of Na, Ca and Mg each not more than 300 mg/l; D = no slime formation; E = non corrosive; F = constant composition; residual alumina not more than 0.5 mg/l



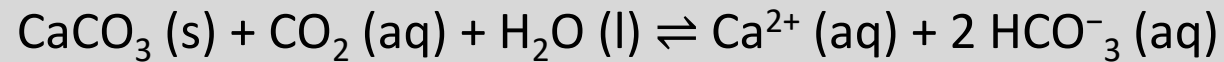
Σκληρότητα νερού

- Ο απλός ορισμός της σκληρότητας του νερού είναι η ποσότητα του διαλυμένου ασβεστίου και μαγνησίου στο νερό. Το σκληρό νερό έχει υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένα μέταλλα, κυρίως ασβέστιο και μαγνήσιο. Μπορεί να έχετε νιώσει τις επιπτώσεις του σκληρού νερού, κυριολεκτικά, την τελευταία φορά που πλύνετε τα χέρια σας. Ανάλογα με τη σκληρότητα του νερού σας, αφού χρησιμοποιήσατε σαπούνι για να πλυθείτε, μπορεί να νιώσατε σαν να είχε μείνει ένα φιλμ υπολειμμάτων στα χέρια σας. Στο σκληρό νερό, το σαπούνι αντιδρά με το ασβέστιο (το οποίο είναι σχετικά υψηλό στο σκληρό νερό) και σχηματίζει "αφρούς σαπουνιού". Όταν χρησιμοποιείτε σκληρό νερό, χρειάζεται περισσότερο σαπούνι ή απορρυπαντικό για να καθαρίσετε τα πράγματα, είτε πρόκειται για τα χέρια σας, είτε για τα μαλλιά σας, είτε για τα ρούχα σας.

Classification	hardness in mg- CaCO ₃ /L	hardness in mmol/L	hardness in dGH/°dH	hardness in gpg	hardness in ppm
Soft	0–60	0–0.60	0–3.37	0–3.50	0–60
Moderately hard	61–120	0.61–1.20	3.38–6.74	3.56–7.01	61–120
Hard	121–180	1.21–1.80	6.75–10.11	7.06–10.51	121–180
Very hard	≥ 181	≥ 1.81	≥ 10.12	≥ 10.57	≥ 181

- Η σκληρότητα του νερού καθορίζεται από τη συγκέντρωση των πολυδύναμων κατιόντων στο νερό. Τα πολυδύναμα κατιόντα είναι θετικά φορτισμένα μεταλλικά σύμπλοκα με φορτίο μεγαλύτερο από 1^+ . Συνήθως, τα κατιόντα έχουν φορτίο 2^+ .
- Τα συνήθη κατιόντα που απαντώνται στο σκληρό νερό περιλαμβάνουν το Ca^{2+} και το Mg^{2+} . Αυτά τα ιόντα εισέρχονται σε ένα ταμιευτήρα παροχή νερού με έκπλυση από τα ορυκτά μέσα σε έναν υδροφόρο ορίζοντα.
- Συνήθη ορυκτά που περιέχουν ασβέστιο είναι ο ασβεστίτης και ο γύψος. Ένα κοινό ορυκτό μαγνησίου είναι ο δολομίτης (που περιέχει επίσης ασβέστιο).
- Το νερό της βροχής και το αποσταγμένο νερό είναι μαλακά, επειδή περιέχουν λίγα ιόντα.

- Η ακόλουθη αντίδραση ισορροπίας περιγράφει τη διάλυση και το σχηματισμό του ανθρακικού ασβεστίου και του διττανθρακικού ασβεστίου (στα δεξιά):



- Η αντίδραση μπορεί να κινηθεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.
- Η βροχή που περιέχει διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να αντιδράσει με το ανθρακικό ασβέστιο και να παρασύρει μαζί της ιόντα ασβεστίου. Το ανθρακικό ασβέστιο μπορεί να εναποτεθεί εκ νέου ως ασβεστίτης καθώς το διοξείδιο του άνθρακα χάνεται στην ατμόσφαιρα, σχηματίζοντας μερικές φορές σταλακτίτες και σταλαγμίτες.
- Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου μπορούν μερικές φορές να απομακρυνθούν με αποσκληρυντές νερού.

Μόνιμη σκληρότητα

- Η μόνιμη σκληρότητα (περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα) είναι γενικά δύσκολο να αφαιρεθεί με βρασμό.
- Εάν συμβεί αυτό, οφείλεται συνήθως στην παρουσία θειικού ασβεστίου/χλωριούχου ασβεστίου ή/και θειικού μαγνησίου/χλωριούχου μαγνησίου στο νερό, τα οποία δεν καθιζάνουν καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία.
- Τα ιόντα που προκαλούν μόνιμη σκληρότητα του νερού μπορούν να απομακρυνθούν με τη χρήση αποσκληρυντή νερού, ή στήλης ανταλλαγής ιόντων.

μόνιμη σκληρότητα = μόνιμη σκληρότητα ασβεστίου + μόνιμη σκληρότητα μαγνησίου

Προσωρινή σκληρότητα

- Η προσωρινή σκληρότητα είναι ένας τύπος σκληρότητας του νερού που προκαλείται από την παρουσία διαλυμένων διττανθρακικών ορυκτών (διττανθρακικό ασβέστιο και διττανθρακικό μαγνήσιο). Όταν διαλύονται, αυτού του είδους τα ορυκτά δίνουν κατιόντα ασβεστίου και μαγνησίου (Ca^{2+} , Mg^{2+}) και ανθρακικά και διττανθρακικά ανιόντα (CO_3^{2-} and HCO_3^-).
- Η παρουσία των μεταλλικών κατιόντων καθιστά το νερό σκληρό. Ωστόσο, σε αντίθεση με τη μόνιμη σκληρότητα που προκαλείται από τις θειικές και χλωριούχες ενώσεις, αυτή η "προσωρινή" σκληρότητα μπορεί να μειωθεί είτε με το βράσιμο του νερού, είτε με την προσθήκη ασβέστη (υδροξείδιο του ασβεστίου) μέσω της διαδικασίας αποσκλήρυνσης με ασβέστη.
- Ο βρασμός προάγει το σχηματισμό ανθρακικών από τα διττανθρακικά και καθιζάνει το ανθρακικό ασβέστιο από το διάλυμα, αφήνοντας νερό που είναι πιο μαλακό κατά την ψύξη.

- Όταν το σκληρό νερό θερμαίνεται, όπως σε έναν οικιακό θερμοσίφωνα, μπορεί να σχηματιστούν στερεές εναποθέσεις ανθρακικού ασβεστίου. Αυτή η αλάτωση μπορεί να μειώσει τη διάρκεια ζωής του εξοπλισμού, να αυξήσει το κόστος θέρμανσης του νερού, να μειώσει την απόδοση των ηλεκτρικών θερμοσιφώνων και να φράξει τους σωλήνες.

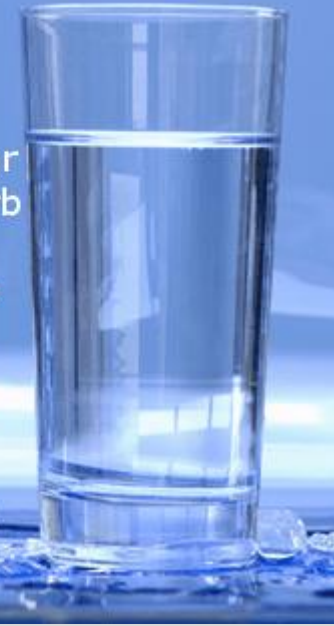
- Η συσσώρευση ορυκτών θα εμφανιστεί και στην οικιακή σας καφετιέρα, γι' αυτό και ορισμένοι άνθρωποι τρέχουν περιστασιακά ξύδι (ένα οξύ) μέσα από την καφετιέρα. Η οξύτητα του ξιδιού βοηθά στη διάλυση των σωματιδίων των ορυκτών καθιστώντας τα φορτισμένα. Αυτά τα πρόσφατα φορτισμένα σωματίδια έλκονται από τα θετικά και αρνητικά φορτία του νερού και μπορούν να ξεπλυθούν εύκολα.



- Αλλά το σκληρό νερό μπορεί να έχει και κάποια οφέλη. Οι άνθρωποι χρειάζονται μέταλλα για να παραμείνουν υγιείς και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) αναφέρει ότι το πόσιμο νερό μπορεί να συμβάλλει στην πρόσληψη ασβεστίου και μαγνησίου στη διατροφή και θα μπορούσε να είναι σημαντικό για όσους έχουν οριακή πρόσληψη ασβεστίου και μαγνησίου.

Hard Water - Good for Health

Calcium and magnesium are 30% easier for your body to absorb from water than they are from food



Possible Effects of Using Hard Water

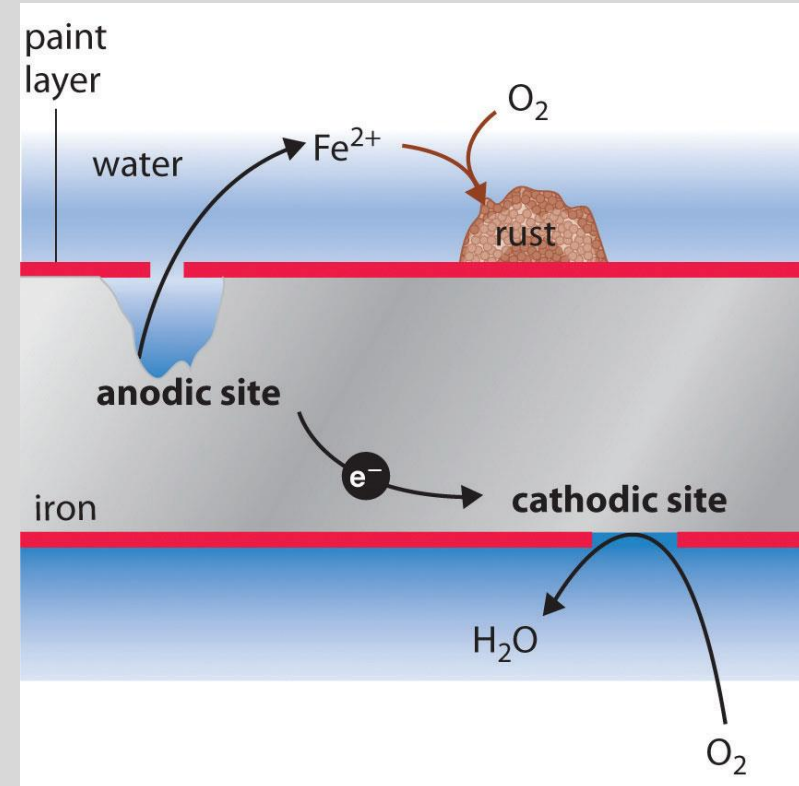


Μέτρα για τη σκληρότητα του νερού

- Τα συστήματα ύδρευσης που χρησιμοποιούν τα υπόγεια ύδατα ως πηγή ανησυχούν για τη σκληρότητα του νερού, καθώς το νερό που κινείται μέσα στο έδαφος και τα πετρώματα διαλύει μικρές ποσότητες ορυκτών που υπάρχουν στη φύση και τα μεταφέρει στην παροχή υπόγειων υδάτων.
- Το νερό είναι ένας μεγάλος διαλύτης για το ασβέστιο και το μαγνήσιο, οπότε αν τα ορυκτά αυτά υπάρχουν στο έδαφος γύρω από ένα πηγάδι υδροδότησης, μπορεί να παραδοθεί σκληρό νερό στα σπίτια.
- Σε περιοχές της χώρας όπου το νερό είναι σχετικά σκληρό, οι βιομηχανίες μπορεί να χρειαστεί να δαπανήσουν χρήματα για να μαλακώσουν το νερό τους, καθώς το σκληρό νερό μπορεί να προκαλέσει ζημιά στον εξοπλισμό.

Διάβρωση

- Η διάβρωση είναι μια φυσική διαδικασία που μετατρέπει ένα εξευγενισμένο μέταλλο σε μια χημικά πιο σταθερή μορφή, όπως οξείδιο, υδροξείδιο ή σουλφίδιο.
- Είναι η σταδιακή καταστροφή υλικών (συνήθως ενός μετάλλου) μέσω χημικής ή/και ηλεκτροχημικής αντίδρασης με το περιβάλλον τους.
- Η μηχανική της διάβρωσης είναι ο τομέας που ασχολείται με τον έλεγχο και την πρόληψη της διάβρωσης.
- Στην πιο συνηθισμένη χρήση της λέξης, αυτό σημαίνει ηλεκτροχημική οξείδωση του μετάλλου σε αντίδραση με ένα οξειδωτικό όπως το οξυγόνο ή τα θειικά άλατα.



- Η σκουριά, ο σχηματισμός οξειδίων του σιδήρου, είναι ένα γνωστό παράδειγμα ηλεκτροχημικής διάβρωσης.
- Αυτός ο τύπος βλάβης παράγει συνήθως οξείδιο(α) ή άλας(τα) του αρχικού μετάλλου και έχει ως αποτέλεσμα έναν χαρακτηριστικό πορτοκαλί χρωματισμό.
- Η διάβρωση μπορεί επίσης να συμβεί και σε άλλα υλικά εκτός από τα μέταλλα, όπως κεραμικά ή πολυμερή, αν και σε αυτό το πλαίσιο, ο όρος "υποβάθμιση" είναι πιο συνηθισμένος.
- Η διάβρωση υποβαθμίζει τις χρήσιμες ιδιότητες των υλικών και των κατασκευών, συμπεριλαμβανομένης της αντοχής, της εμφάνισης και της διαπερατότητας σε υγρά και αέρια.

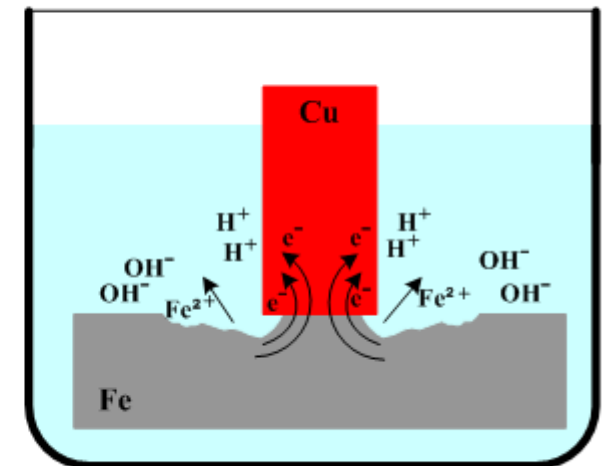
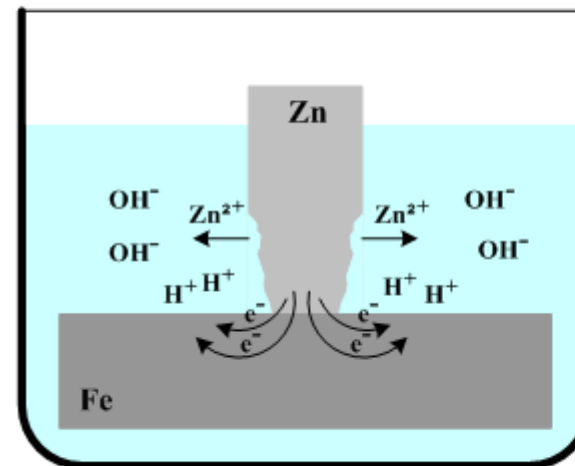


Η διάβρωση ξεκινά από την επιφάνεια ενός υλικού και κινείται προς τα μέσα. Η διάβρωση του σιδήρου ή του χάλυβα ονομάζεται συνήθως σκουριά.

- Ένας αριθμός παραγόντων επιταχύνει τη διάβρωση, μεταξύ των οποίων:
- Οξύτητα (χαμηλό pH)
- Υψηλές συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών
- Ηλεκτρόλυση με αδέσποτο ρεύμα
- Γαλβανική διάβρωση που προκαλείται από ανόμοια μέταλλα
- Περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο
- Θερμοκρασίες νερού



Galvanic corrosion



Η επεξεργασία νερού μπορεί να βελτιώσει τα προβλήματα διάβρωσης

Συνιστώνται οι ακόλουθοι τύποι λύσεων επεξεργασίας νερού:

- Φίλτρα ασβεστολιθικών τεμαχιδίων
- Τροφοδοσία με σόδα
- Τροφοδοσία με φωσφορικό διάλυμα
- Τροφοδοσία πυριτικού διαλύματος
- Απορροφητές οξυγόνου
- Επικαλύψεις
- Μονωτικές ενώσεις