

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

στην  
ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Η ΕΠΟΧΙΚΟΤΗΤΑ ΣΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΟΥ  
ΑΝΘΡΑΚΑ, ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ  
ΚΑΙ ΤΟΥ ΧΡΥΣΟΥ

Δαμιανού Χριστίνα

Διπλωματική Εργασία  
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών  
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των  
απαιτήσεων για την απόκτηση του μεταπτυχιακού  
Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία

Πειραιάς

Οκτώβριος 2014

Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες, χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής είναι:

- ...Μερίκας Ανδρέας... (Επιβλέπων)
- ...Θαλασσινός Ελευθέριος...
- ...Βλάχος Γεώργιος...

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία αποτελεί μια μελέτη της πιθανής σχέσης που ενδέχεται να υπάρχει στην περιοδικότητα της τιμής τεσσάρων αγαθών:

1. Του άνθρακα
2. Του πετρελαίου
3. Του χαλκού
4. Του χρυσού

και κάποια μελλοντική πρόβλεψη για τις τιμές των αγαθών αυτών.

## 2. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μου δίνεται η ευκαιρία με την περάτωση της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας να σημειώσω ότι είναι ιδιαίτερα δύσκολο και κοπιαστικό να ολοκληρωθεί ένα έργο – εργασία όταν υπάρχουν ταυτόχρονα και άλλες υποχρεώσεις. Παρόλο τον κόπο όμως, το τελικό αποτέλεσμα είναι αυτό που προσφέρει τη μεγαλύτερη ψυχική ικανοποίηση.

Γι' αυτό το λόγο θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κο Μερικά Ανδρέα, για την υποστήριξη και συμπαράστασή του, όπως και για την πολύτιμη καθοδήγησή του προκειμένου να ολοκληρωθεί αυτό το έργο.

Παράλληλα πρέπει να ευχαριστήσω τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής κους Θαλασσινό Ελευθέριο και Βλάχο Γεώργιο για τις υποδείξεις και παρατηρήσεις τους στη διάρκεια εκπόνησης της παρούσης εργασίας.

Τέλος, ιδιαίτερα πρέπει να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξη και τη συμπαράστασή τους σε όλη την μέχρι σήμερα πορεία μου και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Αθήνα, Οκτώβριος 2014

Χριστίνα Δαμιανού



### 3. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
2	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
3	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
4	ΠΙΝΑΚΕΣ	6
5	ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ	23
6	ΠΕΡΙΛΗΨΗ	32
7	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	33
8	ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΑΚΑ	34
9	ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	55
10	ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ	76
11	ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΥΣΟ	93
12	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	104
13	ΑΝΑΛΥΣΗ	108
A	ΑΝΘΡΑΚΑΣ	109
B	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ	110
C	ΧΑΛΥΒΑΣ	111
D	ΧΡΥΣΟΣ	112
14	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	113
15	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	114
16	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	145

#### 4. ΠΙΝΑΚΕΣ

	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994
<b>Ιανουάριος</b>	27.46	29.70	34.95	22.78	26.50	27.50	34.57	34.75	34.00	25.91
<b>Φεβρουάριος</b>	27.00	28.95	34.35	23.62	26.38	26.76	33.80	34.25	34.50	24.16
<b>Μάρτιος</b>	25.75	28.35	35.50	24.40	25.05	26.74	33.40	32.92	34.75	24.36
<b>Απρίλιος</b>	23.83	26.83	35.53	24.94	25.05	27.35	32.99	33.67	35.00	23.81
<b>Μάιος</b>	23.65	25.75	34.75	26.05	25.05	27.63	32.53	33.28	35.00	22.36
<b>Ιούνιος</b>	26.75	24.38	34.75	27.00	25.25	27.33	32.28	32.40	34.89	23.57
<b>Ιούλιος</b>	29.50	22.73	34.35	27.00	23.78	26.55	31.27	32.10	36.15	25.56
<b>Αύγουστος</b>	30.19	21.25	34.15	27.00	23.14	26.30	31.03	32.03	35.70	28.50
<b>Σεπτέμβριος</b>	34.14	23.08	33.06	27.00	22.50	26.43	29.88	33.38	35.93	29.00
<b>Οκτώβριος</b>	36.69	27.35	33.03	28.18	22.50	26.08	29.00	34.25	35.75	30.75
<b>Νοέμβριος</b>	39.19	26.98	31.50	26.17	23.50	26.70	27.69	34.14	36.07	30.50
<b>Δεκέμβριος</b>	38.69	26.94	30.45	34.70	22.58	26.70	27.75	35.04	35.01	32.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Τιμές του Άνθρακα (1994-2003)

	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
Ιανουάριος	82.90	86.13	106.26	122.62	86.94	76.40	100.62	50.14	44.66	51.42	41.25
Φεβρουάριος	77.60	85.13	105.30	117.74	83.36	69.06	115.00	51.64	49.40	46.63	42.25
Μάρτιος	74.60	82.77	103.43	121.00	82.96	58.56	111.00	53.48	54.50	45.30	42.50
Απρίλιος	75.06	82.02	101.33	124.03	88.70	62.88	108.75	51.36	54.88	46.25	47.25
Μάιος	75.78	81.79	93.77	120.46	90.94	58.03	120.70	50.25	50.40	45.88	52.56
Ιούνιος	74.09	77.29	85.31	119.01	92.81	60.20	142.38	56.78	52.38	49.13	62.55
Ιούλιος	71.44	72.64	87.33	116.27	90.61	61.10	167.75	58.06	51.68	51.31	68.50
Αύγουστος	63.68	72.91	89.11	118.27	87.90	64.25	156.90	60.18	53.59	49.50	63.63
Σεπτέμβριος		73.10	85.82	115.62	85.82	61.13	147.75	62.81	48.75	46.63	61.00
Οκτώβριος		80.65	82.80	110.88	90.99	64.35	109.70	73.12	49.21	43.25	59.69
Νοέμβριος		83.82	85.74	105.47	103.20	66.44	89.38	89.75	48.20	38.08	60.75
Δεκέμβριος		84.62	88.84	104.19	115.24	73.80	77.25	94.25	50.69	41.00	54.29

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Τιμές του Άνθρακα (2004-2014)

	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994
<b>Ιανουάριος</b>	30.77	19.15	25.95	25.21	11.32	15.07	23.29	17.79	16.88	14.17
<b>Φεβρουάριος</b>	32.88	19.98	27.24	27.15	10.75	14.18	20.54	17.69	17.44	13.75
<b>Μάρτιος</b>	30.36	23.64	25.02	27.49	12.86	13.24	19.42	19.46	17.35	13.69
<b>Απρίλιος</b>	25.49	25.43	25.66	23.45	15.73	13.39	17.98	20.78	18.77	15.15
<b>Μάιος</b>	26.06	25.69	27.55	27.23	16.12	13.97	19.47	19.12	18.43	16.43
<b>Ιούνιος</b>	27.91	24.49	26.97	29.62	16.24	12.48	18.02	18.56	17.33	17.23
<b>Ιούλιος</b>	28.59	25.75	24.80	28.16	18.75	12.72	18.45	19.56	16.06	18.04
<b>Αύγουστος</b>	29.68	26.78	25.81	29.41	20.21	12.49	18.79	20.19	16.49	16.98
<b>Σεπτέμβριος</b>	26.88	28.28	25.03	32.08	22.37	13.80	18.73	22.14	16.77	16.13
<b>Οκτώβριος</b>	29.01	27.53	20.73	31.40	22.19	13.26	20.12	23.43	16.18	16.48
<b>Νοέμβριος</b>	29.12	24.79	18.69	32.33	24.22	11.88	19.16	22.25	16.82	17.20
<b>Δεκέμβριος</b>	29.95	27.89	18.52	25.28	25.01	10.41	17.24	23.51	17.93	16.13

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : Τιμές του Πετρελαίου (1994-2003)**

	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
<b>Ιανουάριος</b>	102.25	105.04	106.89	92.66	77.12	43.91	90.82	53.40	62.36	42.89	31.40
<b>Φεβρουάριος</b>	104.82	107.66	112.70	97.73	74.72	41.76	93.75	57.58	59.71	44.56	31.32
<b>Μάρτιος</b>	104.04	102.61	117.79	108.65	79.30	46.95	101.84	60.60	60.93	50.93	33.67
<b>Απρίλιος</b>	104.94	98.85	113.75	116.32	84.14	50.28	109.05	65.10	68.00	50.64	33.71
<b>Μάιος</b>	105.73	99.35	104.16	108.18	75.54	58.10	122.77	65.10	68.61	47.81	37.63
<b>Ιούνιος</b>	108.37	99.74	90.73	105.85	74.73	69.13	131.52	68.19	68.29	53.89	35.54
<b>Ιούλιος</b>	105.22	105.21	96.75	107.88	74.52	64.65	132.55	73.67	72.51	56.37	37.93
<b>Αύγουστος</b>	99.93	108.06	105.28	100.45	75.88	71.63	114.57	70.13	71.81	61.87	42.08
<b>Σεπτέμβριος</b>		108.78	106.32	100.83	76.11	68.38	99.29	76.91	61.97	61.65	41.65
<b>Οκτώβριος</b>		105.46	103.39	99.92	81.72	74.08	72.69	82.15	57.95	58.19	46.87
<b>Νοέμβριος</b>		102.58	101.17	105.36	84.53	77.56	54.04	91.27	58.13	54.98	42.23
<b>Δεκέμβριος</b>		105.49	101.17	104.26	90.07	74.88	41.53	89.43	61.00	56.47	39.09

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : Τιμές του Πετρελαίου (2004-2014)**

	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994
<b>Ιανουάριος</b>	410.00	305.00	330.00	430.00	370.00	425.00	490.00	440.00	555.00	505.00
<b>Φεβρουάριος</b>	410.00	315.00	335.00	435.00	360.00	420.00	500.00	430.00	555.00	510.00
<b>Μάρτιος</b>	405.00	360.00	335.00	440.00	360.00	420.00	510.00	430.00	540.00	515.00
<b>Απρίλιος</b>	400.00	390.00	335.00	440.00	375.00	425.00	510.00	450.00	540.00	520.00
<b>Μάιος</b>	385.00	410.00	330.00	440.00	380.00	435.00	500.00	455.00	515.00	530.00
<b>Ιούνιος</b>	360.00	440.00	330.00	430.00	385.00	430.00	480.00	470.00	495.00	530.00
<b>Ιούλιος</b>	360.00	500.00	325.00	420.00	390.00	420.00	480.00	475.00	475.00	540.00
<b>Αύγουστος</b>	355.00	500.00	325.00	395.00	400.00	410.00	475.00	475.00	470.00	560.00
<b>Σεπτέμβριος</b>	365.00	490.00	315.00	375.00	405.00	405.00	445.00	480.00	470.00	570.00
<b>Οκτώβριος</b>	375.00	490.00	305.00	360.00	405.00	400.00	440.00	490.00	470.00	555.00
<b>Νοέμβριος</b>	385.00	460.00	290.00	360.00	405.00	385.00	440.00	490.00	485.00	540.00
<b>Δεκέμβριος</b>	395.00	410.00	290.00	345.00	410.00	380.00	435.00	490.00	475.00	540.00

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : Τιμές του Χάλυβα (1994-2003)**

	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
<b>Ιανουάριος</b>	726.00	727.00	838.00	865.00	691.00	609.00	695.00	600.00	635.00	720.00	425.00
<b>Φεβρουάριος</b>	719.00	715.00	820.00	926.00	731.00	592.00	790.00	600.00	630.00	715.00	515.00
<b>Μάρτιος</b>	713.00	715.00	791.00	978.00	776.00	555.00	870.00	630.00	640.00	700.00	615.00
<b>Απρίλιος</b>	713.00	691.00	791.00	963.00	803.00	507.00	1000.00	640.00	650.00	680.00	670.00
<b>Μάιος</b>	720.00	676.00	757.00	901.00	814.00	473.00	1120.00	635.00	665.00	635.00	690.00
<b>Ιούνιος</b>	714.00	699.00	713.00	843.00	770.00	453.00	1150.00	610.00	710.00	600.00	730.00
<b>Ιούλιος</b>	711.00	741.00	714.00	811.00	709.00	565.00	1150.00	610.00	730.00	540.00	745.00
<b>Αύγουστος</b>	704.00	751.00	766.00	776.00	682.00	614.00	1145.00	590.00	725.00	530.00	775.00
<b>Σεπτέμβριος</b>		703.00	743.00	799.00	700.00	656.00	1045.00	590.00	710.00	580.00	790.00
<b>Οκτώβριος</b>		714.00	706.00	775.00	666.00	655.00	975.00	610.00	690.00	620.00	780.00
<b>Νοέμβριος</b>		710.00	733.00	750.00	659.00	623.00	785.00	615.00	675.00	635.00	760.00
<b>Δεκέμβριος</b>		716.00	740.00	798.00	768.00	644.00	655.00	640.00	625.00	635.00	700.00

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6 : Τιμές του Χάλυβα (2004-2014)**

	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994
<b>Ιανουάριος</b>	356.86	281.51	265.49	284.32	287.08	289.10	355.11	399.45	378.55	386.88
<b>Φεβρουάριος</b>	358.97	295.50	261.87	299.86	287.33	297.49	346.58	404.76	376.64	381.91
<b>Μάρτιος</b>	340.55	294.06	263.03	286.39	285.96	295.94	351.81	396.21	382.12	384.13
<b>Απρίλιος</b>	328.18	302.68	260.48	279.69	282.62	308.29	344.47	392.85	391.03	377.27
<b>Μάιος</b>	355.68	314.49	272.36	275.19	276.44	299.10	343.84	391.93	385.22	381.43
<b>Ιούνιος</b>	356.35	321.18	270.23	285.73	261.31	292.32	340.76	385.27	387.56	385.64
<b>Ιούλιος</b>	351.02	313.29	267.53	281.59	256.08	292.87	324.10	383.47	386.23	385.49
<b>Αύγουστος</b>	359.77	310.26	272.39	274.47	256.69	284.11	324.01	387.35	383.67	380.36
<b>Σεπτέμβριος</b>	378.95	319.14	283.42	273.68	264.74	288.98	322.82	383.14	383.06	391.58
<b>Οκτώβριος</b>	378.92	316.56	283.06	270.00	310.72	295.93	324.87	381.07	383.14	389.77
<b>Νοέμβριος</b>	389.91	319.07	276.16	266.01	293.18	294.12	306.04	377.85	385.31	384.39
<b>Δεκέμβριος</b>	406.95	331.92	275.85	271.45	283.07	291.68	288.74	369.00	387.44	379.29

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7 : Τιμές του Χρυσού (1994-2003)**



	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004
<b>Ιανουάριος</b>	1244.27	1671.85	1652.21	1356.40	1117.96	858.69	889.60	631.17	549.86	424.03	413.79
<b>Φεβρουάριος</b>	1299.58	1627.57	1742.14	1372.73	1095.41	943.00	922.30	664.75	555.00	423.35	404.88
<b>Μάρτιος</b>	1336.08	1593.09	1673.77	1424.00	1113.34	924.27	968.43	654.90	557.09	433.85	406.67
<b>Απρίλιος</b>	1298.45	1487.86	1649.69	1479.76	1148.69	890.20	909.71	679.37	610.65	429.23	403.26
<b>Μάιος</b>	1288.74	1414.03	1591.19	1512.60	1205.43	928.65	888.66	667.31	675.39	421.87	383.78
<b>Ιούνιος</b>	1279.10	1343.35	1598.76	1528.66	1232.92	945.67	889.49	655.66	596.15	430.66	392.37
<b>Ιούλιος</b>	1310.59	1285.52	1589.90	1572.21	1192.97	934.23	939.77	665.38	633.71	424.48	398.09
<b>Αύγουστος</b>	1386.80	1351.74	1630.31	1757.21	1215.81	949.38	839.03	665.41	632.59	437.93	400.51
<b>Σεπτέμβριος</b>		1348.60	1744.81	1770.95	1270.98	996.59	829.93	712.65	598.19	456.05	405.28
<b>Οκτώβριος</b>		1316.58	1746.58	1665.21	1342.02	1043.16	806.62	754.60	585.78	469.90	420.46
<b>Νοέμβριος</b>		1275.86	1721.64	1738.11	1369.89	1127.04	760.86	806.25	627.83	476.67	439.38
<b>Δεκέμβριος</b>		1221.51	1684.76	1641.84	1390.55	1134.72	816.09	803.20	629.79	510.10	442.08

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8 : Τιμές του Χρυσού (2004-2014)**

Γερμανική Ταξινόμηση	Όνομασία	Αγγλική Ονομασία	Πτητικά (%)	Κάρβουνο (%)	Υδρογόνο (%)	Οξυγόνο (%)	Θείο (%)	Περιεκτικότητα θερμότητας kJ / kg
<i>Braunkohle</i>	Λιγνίτης (λιγνίτης)	Lignite (brown coal)	45-65	60-75	6.0-5.8	34-17	0,5-3	<28470
<i>Flammkohle</i>	Φλόγα άνθρακα	Flame coal	40-45	75-82	6.0-5.8	> 9.8	~ 1	<32870
<i>Gasflammkohle</i>	Άνθρακα φλόγα αερίου	Gas flame coal	35-40	82-85	05/08 - 05/06	09.08 - 07.03	~ 1	<33910
<i>Gaskohle</i>	Γαϊάνθρακα ς φωταερίου	Gas coal	28-35	85 - 87,5	5,6-5,0	07.03 - 04.05	~ 1	<34960
<i>Fettkohle</i>	Λίπος άνθρακα	Fat coal	19-28	87,5 - 89,5	5,0 - 4,5	04.05 - 03.02	~ 1	<35380
<i>Esskohle</i>	Forge άνθρακα	Forge coal	14-19	89,5 - 90,5	4.5-4.0	3,2-2,8	~ 1	<35380
<i>Magerkohle</i>	Nonbaking άνθρακα	Nonbaking coal	10-14	90,5-91,5	4,0 - 3,75	2.8-3.5	~ 1	35380
<i>Anthrazit</i>	Ανθρακίτης	Anthracite	7-12	> 91,5	<3,75	<2.5	~ 1	<35.300
Σημείωση: τα ποσοστά είναι αναλογία με τη μάζα των στοιχείων που αναφέρονται								

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9 : Ταξινόμηση του Άνθρακα**

Χώρα	Ανθρακίτης και Ασφαλτούχος Άνθρακας	Υπο-Ασφαλτούχος Άνθρακας	Λιγνίτης	Σύνολο	Ποσοστό του Παγκόσμιου Συνόλου
Ηνωμένες Πολιτείες	108,501	98,618	30,176	237,295	22.6
Ρωσία	49,088	97,472	10,450	157,010	14.4
China	62,200	33,700	18,600	114,500	12.6
Αυστραλία	37,100	2,100	37,200	76,400	8.9
Ινδία	56,100	0	4,500	60,600	7.0
Γερμανία	99	0	40,600	40,699	4.7
Καζακστάν	21,500	0	12,100	33,600	3.9
Ουκρανία	15,351	16,577	1,945	33,873	3.9
Νότια Αφρική	30,156	0	0	30,156	3.5
Σερβία	9	361	13,400	13,770	1.6
Καναδάς	3,474	872	2,236	6,528	0.8
Κολομβία	6,366	380	0	6,746	0.8
Πολωνία	4,338	0	1,371	5,709	0.7
Ινδονησία	1,520	2,904	1,105	5,529	0.6
Βραζιλία	0	4,559	0	4,559	0.5
Ελλάδα	0	0	3,020	3,020	0.4
Βοσνία - Ερζεγοβίνη	484	0	2,369	2,853	0.3
Βουλγαρία	2	190	2,174	2,366	0.3
Μογγολία	1,170	0	1,350	2,520	0.3
Πακιστάν	0	166	1,904	2,070	0.3
Τουρκία	529	0	1,814	2,343	0.3
Ουγγαρία	13	439	1,208	1,660	0.2
Ουζμπεκιστάν	47	0	1,853	1,900	0.2
Αλβανία	0	0	794	794	0.1
Αργεντινή	0	0	500	500	0.1
Τσεχική Δημοκρατία	192	0	908	1,100	0.1
Ιράν	1,203	0	0	1,203	0.1
Κιργιστάν	0	0	812	812	0.1
Λάος	4	0	499	503	0.1
Μεξικό	860	300	51	1,211	0.1
Νέα Ζηλανδία	33	205	333-7,000	571-	0.1
Βόρεια Κορέα	300	300	0	600	0.1
Ισπανία	200	300	30	530	0.1
Ταϊλάνδη	0	0	1,239	1,239	0.1
Ζιμπάμπουε	502	0	0	502	0.1
Άλλες Χώρες	3,421	1,346	846	5,613	0.7
<b>Συνολικά στον</b>	<b>404,762</b>	<b>260,789</b>	<b>195,387</b>	<b>860,938</b>	<b>100</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 10 : Βεβαιωμένα αποθέματα άνθρακα στο τέλος του 2008 (εκατ. τόνοι (teragrams))**

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Συμμετοχή στο Παγκόσμιο Σύνολο	Ζωή Αποθεματικού (έτη)
Κίνα	1834,9	2122,6	2349,5	2528,6	2691,6	2802,0	2973,0	3235,0	3520,0	49,5%	35
Ηνωμένες Πολιτείες	972,3	1008,9	1026,5	1054,8	1040,2	1063,0	975,2	983,7	992,8	14,1%	239
Ινδία	375,4	407,7	428,4	449,2	478,4	515,9	556,0	573,8	588,5	5,6%	103
Ευρωπαϊκή Ένωση	637,2	627,6	607,4	595,1	592,3	563,6	538,4	535,7	576,1	4,2%	97
Αυστραλία	350,4	364,3	375,4	382,2	392,7	399,2	413,2	424,0	415,5	5,8%	184
Ρωσία	276,7	281,7	298,3	309,9	313,5	328,6	301,3	321,6	333,5	4,0%	471
Ινδονησία	114,3	132,4	152,7	193,8	216,9	240,2	256,2	275,2	324,9	5,1%	17
Νότια Αφρική	237,9	243,4	244,4	244,8	247,7	252,6	250,6	254,3	255,1	3,6%	118
Γερμανία	204,9	207,8	202,8	197,1	201,9	192,4	183,7	182,3	188,6	1,1%	216
Πολωνία	163,8	162,4	159,5	156,1	145,9	144,0	135,2	133,2	139,2	1,4%	41
Καζακστάν	84,9	86,9	86,6	96,2	97,8	111,1	100,9	110,9	115,9	1,5%	290
<b>Παγκόσμιο σύνολο</b>	<b>5,301.3</b>	<b>5,716.0</b>	<b>6,035.3</b>	<b>6,342.0</b>	<b>6,573.3</b>	<b>6,795.0</b>	<b>6,880.8</b>	<b>7,254.6</b>	<b>7,695.4</b>	<b>100%</b>	<b>112</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 11 : Η παραγωγή του Άνθρακα ανά χώρα ανά έτος (σε εκατομμύρια τόνους)**

Χώρα	2008	2009	2010	2011	Συμμετοχή στο Παγκόσμιο Σύνολο
Κίνα	2.966	3.188	3695	4053	50,7%
Ηνωμένες Πολιτείες	1.121	997	1.048	1.003	12,5%
Ινδία	641	705	722	788	9,9%
Ρωσία	250	204	256	262	3,3%
Γερμανία	268	248	256	256	3,3%
Νότια Αφρική	215	204	206	210	2,6%
Ιαπωνία	204	181	206	202	2,5%
Πολωνία	149	151	149	162	2,0%
<b>Παγκόσμιο σύνολο</b>	<b>7327</b>	<b>7318</b>	<b>7994</b>	<b>N / A</b>	<b>100%</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 12 : Η κατανάλωση Άνθρακα ανά χώρα ανά έτος (σε εκατ. short tones)**

Χώρα	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Συμμετοχή στο Παγκόσμιο Σύνολο
Αυστραλία	238,1	247,6	255,0	255,0	268,5	278,0	288,5	328,1	27,1%
Ινδονησία	107,8	131,4	142,0	192,2	221,9	228,2	261,4	316,2	26,1%
Ρωσία	41,0	55,7	98,6	103,4	112,2	115,4	130,9	122,1	10,1%
Ηνωμένες Πολιτείες	43,0	48,0	51,7	51,2	60,6	83,5	60,4	83,2	6,9%
Νότια Αφρική	78,7	74,9	78,8	75,8	72,6	68,2	73,8	76,7	6,3%
Κολομβία	50,4	56,4	59,2	68,3	74,5	74,7	75,7	76,4	6,3%
Καναδάς	27,7	28,8	31,2	31,2	33,4	36,5	31,9	36,9	3,0%
Καζακστάν	30,3	27,4	28,3	30,5	32,8	47,6	33,0	36,3	3,0%
Βιετνάμ	6,9	11,7	19,8	23,5	35,1	21,3	28,2	24,7	2,0%
Κίνα	103,4	95,5	93,1	85,6	75,4	68,8	25,2	22,7	1,9%
Μογγολία	0,5	1,7	2,3	2,5	3,4	4,4	7,7	18,3	1,5%
Πολωνία	28,0	27,5	26,5	25,4	20,1	16,1	14,6	18,1	1,5%
<b>Σύνολο</b>	<b>713,9</b>	<b>764,0</b>	<b>936,0</b>	<b>1,000,6</b>	<b>1,073,4</b>	<b>1,087,3</b>	<b>1,090,8</b>	<b>1,212,8</b>	<b>100%</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 13 : Οι εξαγωγές άνθρακα ανά Χώρα ανά έτος (σε εκατομμύρια μικρών τόνων)**

Χώρα	2006	2007	2008	2009	2010	Συμμετοχή στο Παγκόσμιο Σύνολο
Ιαπωνία	199,7	209,0	206,0	182,1	206,7	17,5%
Κίνα	42,0	56,2	44,5	151,9	195,1	16,6%
Νότια Κορέα	84,1	94,1	107,1	109,9	125,8	10,7%
Ινδία	52,7	29,6	70,9	76,7	101,6	8,6%
Ταϊβάν	69,1	72,5	70,9	64,6	71,1	6,0%
Γερμανία	50,6	56,2	55,7	45,9	55,1	4,7%
Τουρκία	22,9	25,8	21,7	22,7	30,0	2,5%
Βρετανία	56,8	48,9	49,2	42,2	29,3	2,5%
Ιταλία	27,9	28,0	27,9	20,9	23,7	1,9%
Ολλανδία	25,7	29,3	23,5	22,1	22,8	1,9%
Ρωσία	28,8	26,3	34,6	26,8	21,8	1,9%
Γαλλία	24,1	22,1	24,9	18,3	20,8	1,8%
Ηνωμένες Πολιτείες	40,3	38,8	37,8	23,1	20,6	1,8%
<b>Σύνολο</b>	<b>991,8</b>	<b>1,056,5</b>	<b>1,063,2</b>	<b>1,039,8</b>	<b>1,178,1</b>	<b>100%</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 14 : Οι εισαγωγές άνθρακα ανά Χώρα ανά έτος (σε εκατ. short tones)**

Έθνος	(1000 bbl/ημέρα)	(1000 m <sup>3</sup> /ημέρα)	πληθυσμός σε εκατομμύρια	bbl/έτος ανά κάτοικο	m <sup>3</sup> /έτος ανά κάτοικο	εθνική παραγωγή/κατανάλωση
Ηνωμένες Πολιτείες	18,835.5	2,994.6	314	21.8	3.47	0.51
Κίνα	9,790.0	1,556.5	1345	2.7	0,43	0.41
Ιαπωνία	4,464.1	709,7	127	12.8	2.04	0.03
Ινδία	3,292.2	523,4	1198	1	0,16	0.26
Ρωσία	3,145.1	500.0	140	8.1	1.29	3.35
Σαουδική Αραβία (ΟΠΧ)	2,817.5	447,9	27	40	6.4	3.64
Βραζιλία	2,594.2	412,4	193	4.9	0.78	0.99
Γερμανία	2,400.1	381,6	82	10.7	1.70	0.06
Καναδάς	2,259.1	359,2	33	24.6	3.91	1.54
Νότια Κορέα	2,230.2	354,6	48	16.8	2.67	0.02
Μεξικό	2,132.7	339.1	109	7.1	1.13	1.39
Γαλλία	1,791.5	284,8	62	10.5	1.67	0.03
Ιράν (ΟΠΧ)	1,694.4	269.4	74	8.3	1.32	2.54
Ηνωμένο Βασίλειο	1,607.9	255,6	61	9.5	1.51	0.93
Ιταλία	1,453.6	231,1	60	8.9	1.41	0.10

**ΠΙΝΑΚΑΣ 15 : Η κατανάλωση Πετρελαίου το 2011 σε χιλιάδες βαρέλια (bbl 1000) ανά ημέρα και σε χιλιάδες κυβικά μέτρα (1000 m<sup>3</sup>) ανά ημέρα**

Έθνος	10 <sup>3</sup> bbl/d (2006)	10 <sup>3</sup> bbl/d (2007)	10 <sup>3</sup> bbl/d (2008)	10 <sup>3</sup> bbl/d (2009)
Σαουδική Αραβία (ΟΠΧ)	10665	10234	10782	9760
Ρωσία	9677	9876	9789	9934
Ηνωμένες Πολιτείες	8.331	8481	8.514	9141
Ιράν (ΟΠΧ)	4.148	4.043	4.174	4.177
Κίνα	3.846	3.901	3.973	3996
Καναδάς	3288	3.358	3.350	3.294
Μεξικό	3.707	3.501	3.185	3.001
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (ΟΠΧ)	2.945	2.948	3046	2.795
Κουβέιτ (ΟΠΧ)	2.675	2.613	2.742	2.496

Έθνος	10 <sup>3</sup> bbl/d (2006)	10 <sup>3</sup> bbl/d (2007)	10 <sup>3</sup> bbl/d (2008)	10 <sup>3</sup> bbl/d (2009)
Βενεζουέλα (ΟΠΧ)	2.803	2.667	2643	2.471
Νορβηγία	2,786	2.565	2.466	2.350
Βραζιλία	2.166	2.279	2.401	2.577
Ιράκ (ΟΠΧ)	2.008	2.094	2.385	2.400
Αλγερία (ΟΠΧ)	2.122	2.173	2.179	2.126
Νιγηρία (ΟΠΧ)	2.443	2.352	2.169	2.211
Αγκόλα (ΟΠΧ)	1.435	1.769	2.014	1.948
Λιβύη (ΟΠΧ)	1.809	1.845	1.875	1.789
Βρετανία	1,689	1.690	1.584	1.422
Καζακστάν	1.388	1.445	1,429	1.540
Κατάρ (ΟΠΧ)	1.141	1.136	1.207	1.213
Ινδονησία	1.102	1.044	1.051	1.023
Ινδία	854	881	884	877
Αζερμπαϊτζάν	648	850	875	1.012
Αργεντινή	802	791	792	794
Ομάν	743	714	761	816
Μαλαισία	729	703	727	693
Αίγυπτος	667	664	631	678
Κολομβία	544	543	601	686
Αυστραλία	552	595	586	588
Εκουαδόρ (ΟΠΧ)	536	512	505	485
Σουδάν	380	466	480	486
Συρία	449	446	426	400
Ισημερινή Γουινέα	386	400	359	346
Ταϊλάνδη	334	349	361	339
Βιετνάμ	362	352	314	346
Υεμένη	377	361	300	287
Δανία	344	314	289	262
Γκαμπόν	237	244	248	242
Νότια Αφρική	204	199	195	192
Τουρκμενιστάν	Δεν υπάρχουν δεδομένα	180	189	198
Τρινιδάδ και Τομπάγκο	181	179	176	174

**ΠΙΝΑΚΑΣ 16 : Η παραγωγή Πετρελαίου το 2006-2009**

Εξαγωγή Έθνος	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2011)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2011)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2009)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2009)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2006)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2006)
Σαουδική Αραβία(ΟΠΧ)	8.336	1.325	7322	1.164	8651	1.376
Ρωσία	7083	1.126	7194	1.144	6565	1.044
Ιράν (ΟΠΕΚ)	2.540	403	2.486	395	2.519	401
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα (ΟΠΧ)	2.524	401	2.303	366	2.515	400
Κουβέιτ (ΟΠΧ)	2,343	373	2.124	338	2.150	342
Νιγηρία (ΟΠΧ)	2.257	359	1.939	308	2.146	341
Ιράκ (ΟΠΧ)	1.915	304	1.764	280	1.438	229
Αγκόλα (ΟΠΧ)	1.760	280	1.878	299	1.363	217
Νορβηγία	1.752	279	2.132	339	2.542	404
Βενεζουέλα (ΟΠΧ)	1.715	273	1.748	278	2203	350
Αλγερία (ΟΠΧ)	1.568	249	1.767	281	1.847	297
Κατάρ (ΟΠΧ)	1.468	233	1.066	169	-	-
Καναδάς	1.405	223	1.168	187	1.071	170
Καζακστάν	1.396	222	1.299	207	1.114	177
Αζερμπαϊτζάν	836	133	912	145	532	85
Τρινιδάδ και Τομπάγκο	177	112	167	160	155	199

**ΠΙΝΑΚΑΣ 17 : Η Εξαγωγή Πετρελαίου**



Έθνος	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2011)	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> / ημέρα (2011)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2009)	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> / ημέρα (2009)	10 <sup>3</sup> bbl/ ημέρα (2006)	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> / ημέρα (2006)
Ηνωμένες Πολιτείες	8728	1.388	9631	1.531	12220	1.943
Κίνα	5.487	872	4.328	688	3438	547
Ιαπωνία	4.329	688	4.235	673	5,097	810
Ινδία	2.349	373	2.233	355	1.687	268
Γερμανία	2.235	355	2.323	369	2.483	395
Νότια Κορέα	2.170	345	2.139	340	2.150	342
Γαλλία	1.697	270	1.749	278	1.893	301
Ισπανία	1.346	214	1.439	229	1.555	247
Ιταλία	1.292	205	1.381	220	1.558	248
Σιγκαπούρη	1.172	186	916	146	787	125
Δημοκρατία της Κίνας (Ταϊβάν)	1.009	160	944	150	942	150
Ολλανδία	948	151	973	155	936	149
Τουρκία	650	103	650	103	576	92
Βέλγιο	634	101	597	95	546	87
Ταϊλάνδη	592	94	538	86	606	96

**ΠΙΝΑΚΑΣ 18 : Οι Εισαγωγές Πετρελαίου**

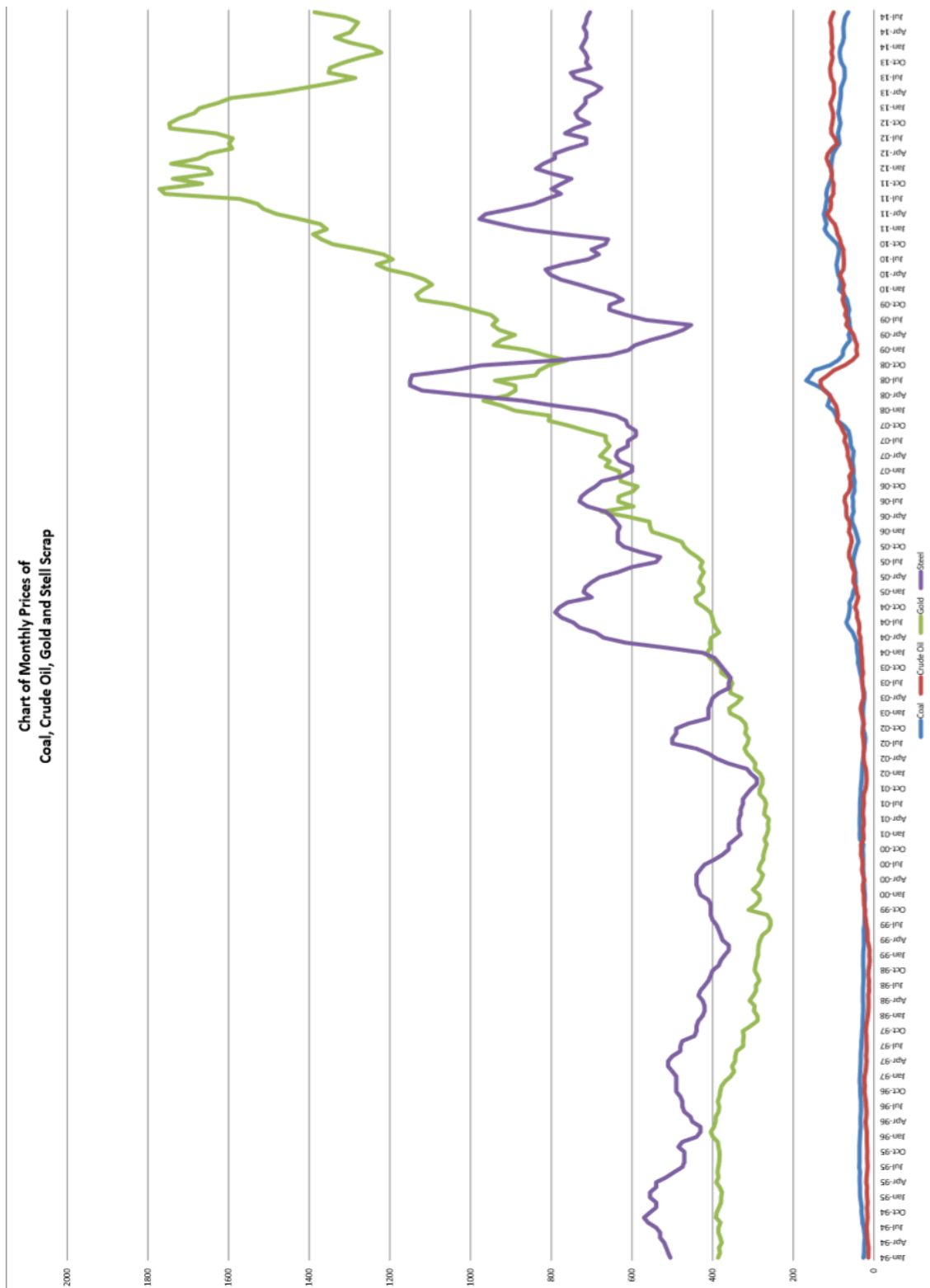
Έθνος	(Bbl / ημέρα)	(M <sup>3</sup> / ημέρα)
Ιαπωνία	5578000	886831
Γερμανία	2677000	425609
Νότια Κορέα	2061000	327673
Γαλλία	2060000	327514
Ιταλία	1874000	297942
Ισπανία	1537000	244363
Ολλανδία	946700	150513
Τουρκία	575011	91663

**ΠΙΝΑΚΑΣ 19 : Οι χώρες των οποίων η παραγωγή πετρελαίου είναι 10% ή μικρότερη της κατανάλωσης τους**

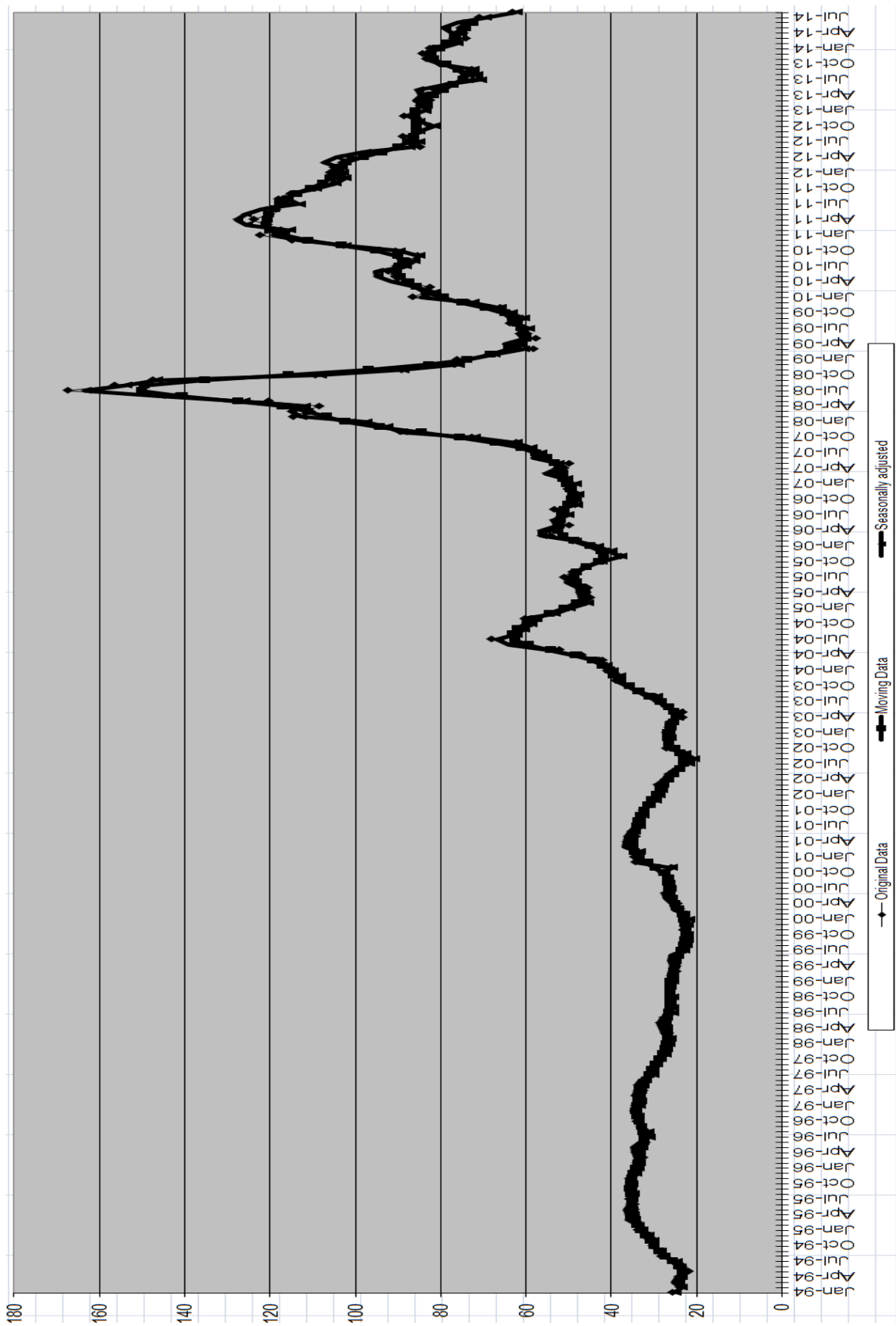
<b>Χώρα</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Ινδία	442,37	745,70	986,3	864	974
Ευρύτερη Κίνα	376,96	428,00	921,5	817,5	1120,1
Ηνωμένες Πολιτείες	150,28	128,61	199,5	161	190
Τουρκία	75,16	74,07	143	118	175,2
Σαουδική Αραβία	77,75	72,95	69,1	58,5	72,2
Ρωσία	60,12	67,50	76,7	81,9	73,3
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	67,60	63,37	60,9	58,1	77,1
Αίγυπτος	56,68	53,43	36	47,8	57,3
Ινδονησία	41,00	32,75	55	52,3	68
Βρετανία	31,75	27,35	22,6	21,1	23,4
Άλλα χώρες του Περσικού Κόλπου	24,10	21,97	22	19,9	24,6
Ιαπωνία	21,85	18,50	-30,1	7,6	21,3
Νότια Κορέα	18,83	15,87	15,5	12,1	17,5
Βιετνάμ	15,08	14,36	100,8	77	92,2
Ταϊλάνδη	7,33	6,28	107,4	80,9	140,1
<b>Σύνολο</b>	<b>1,508.70</b>	<b>1,805.60</b>			
<i>Άλλες χώρες</i>	<i>251,6</i>	<i>254,0</i>	<i>390,4</i>	<i>393,5</i>	<i>450,7</i>
<b>Παγκόσμιο σύνολο</b>	<b>1760.3</b>	<b>2059.6</b>	<b>3487.5</b>	<b>3163.6</b>	<b>3863.5</b>

**ΠΙΝΑΚΑΣ 20 : Κατασκευή Χρυσών κοσμημάτων ανά χώρα σε τόνους**

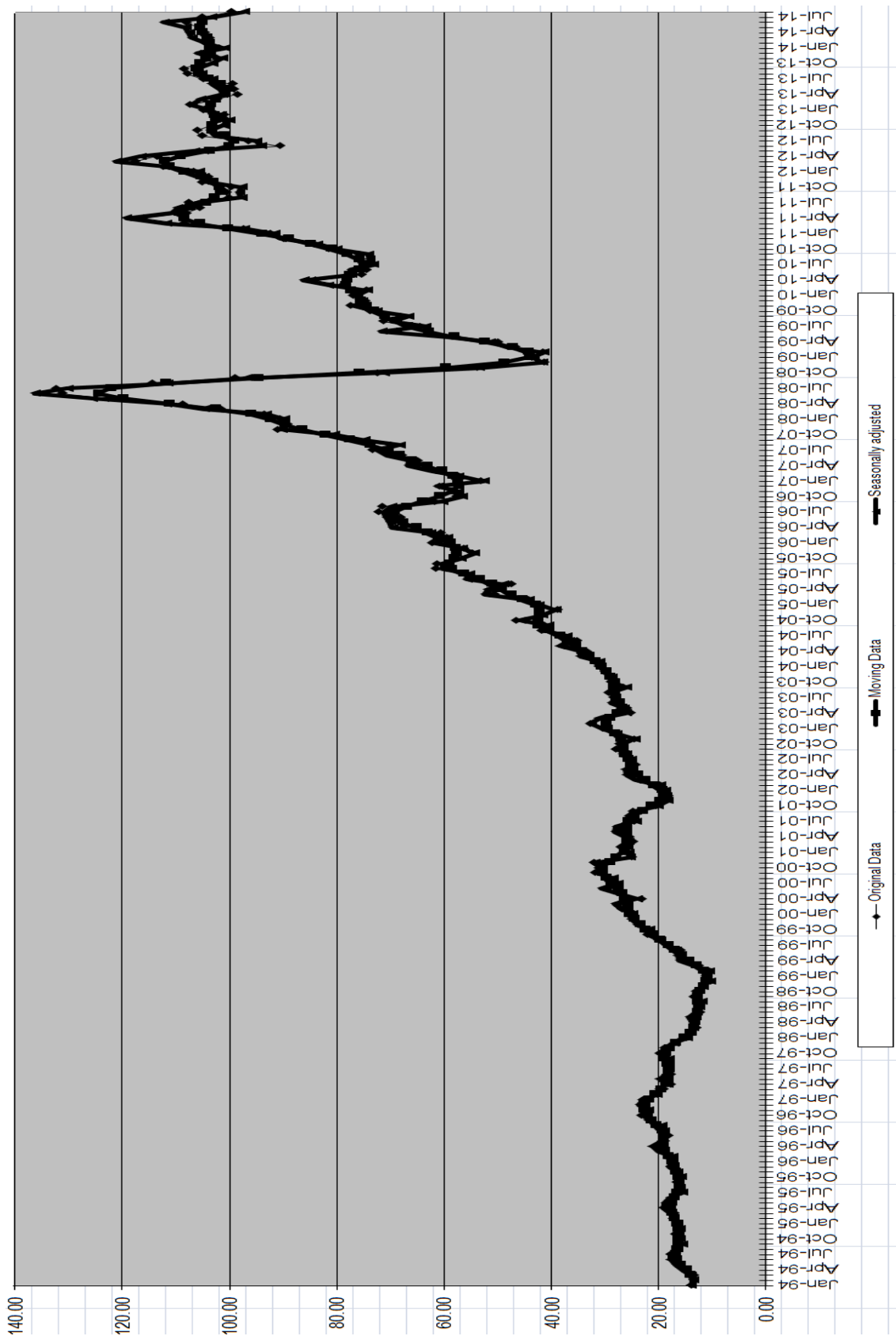
## 5. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ



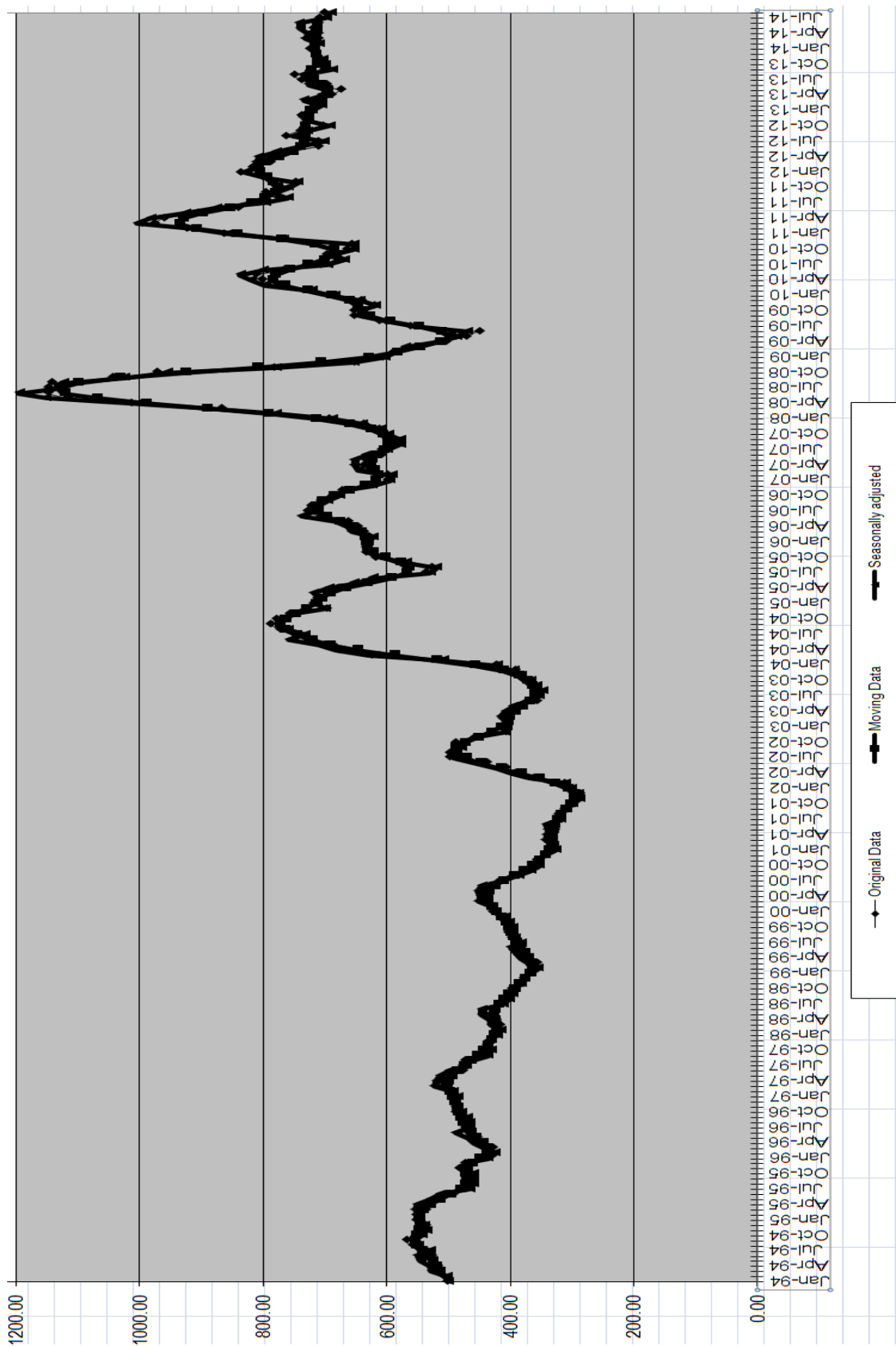
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (1) Οι τιμές των υλικών (άνθρακας, πετρέλαιο, χάλυβα και χρυσός) από τον Ιανουάριο του 1994 μέχρι και τον Αύγουστο του 2014**



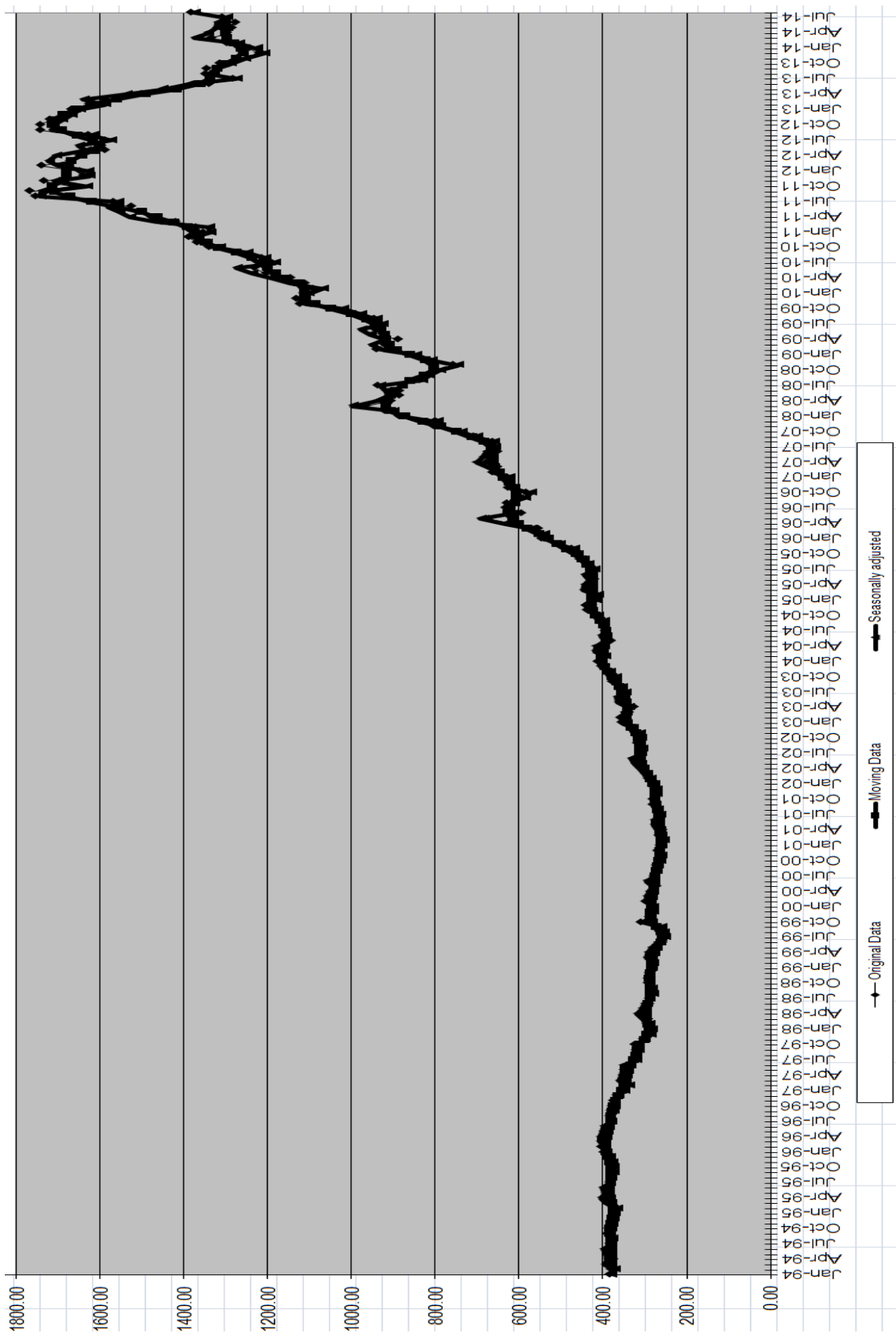
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (2) Γράφημα των τιμών, των κινητών μέσων όρων και των εποχικά διορθωμένων δεδομένων για τον Άνθρακα**



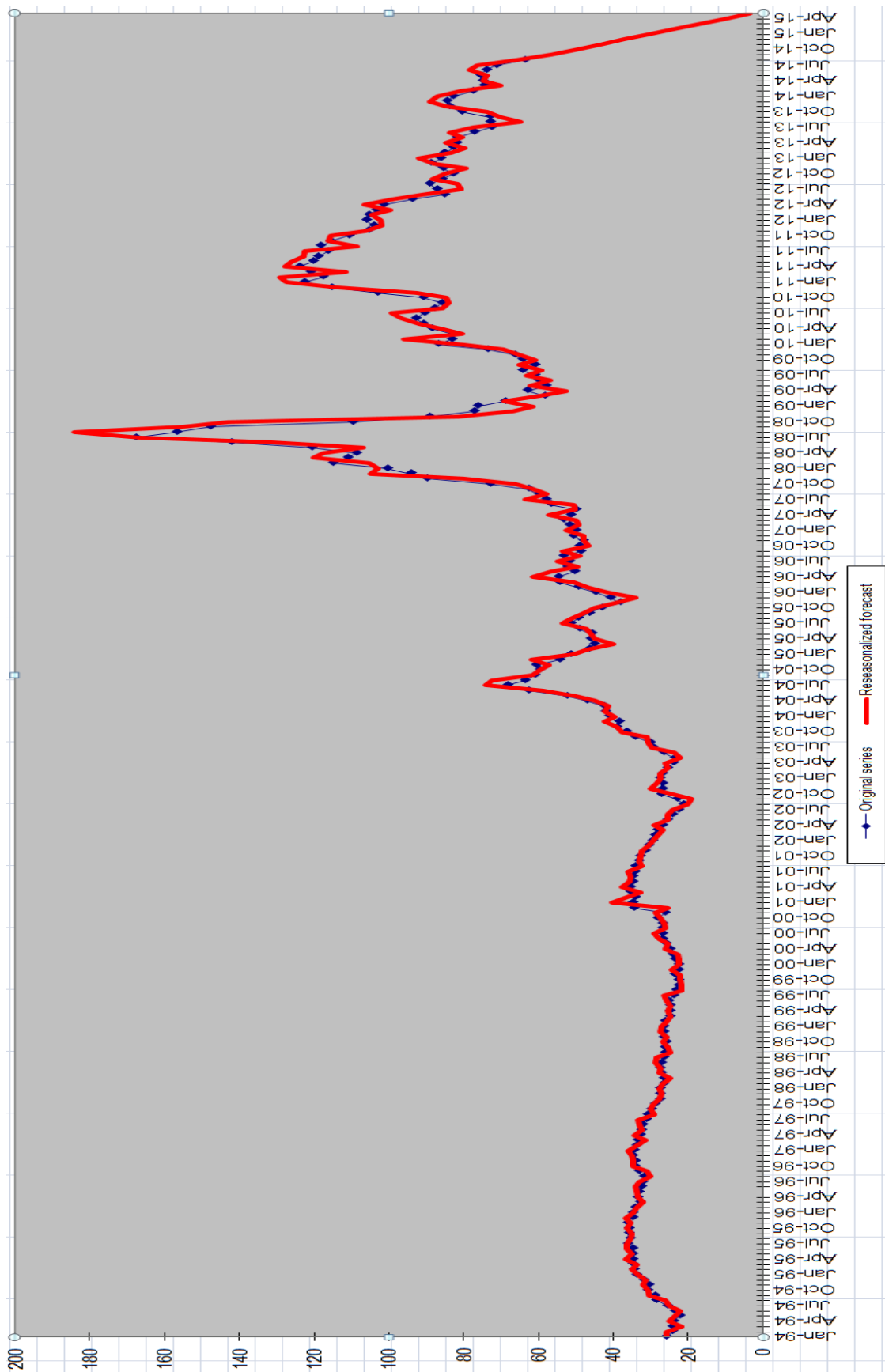
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (3) Γράφημα των τιμών, των κινητών μέσων όρων και των εποχικά διορθωμένων δεδομένων για το Πετρέλαιου**



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (4) Γράφημα των τιμών, των κινητών μέσων όρων και των εποχικά διορθωμένων δεδομένων για τον Χάλυβα**

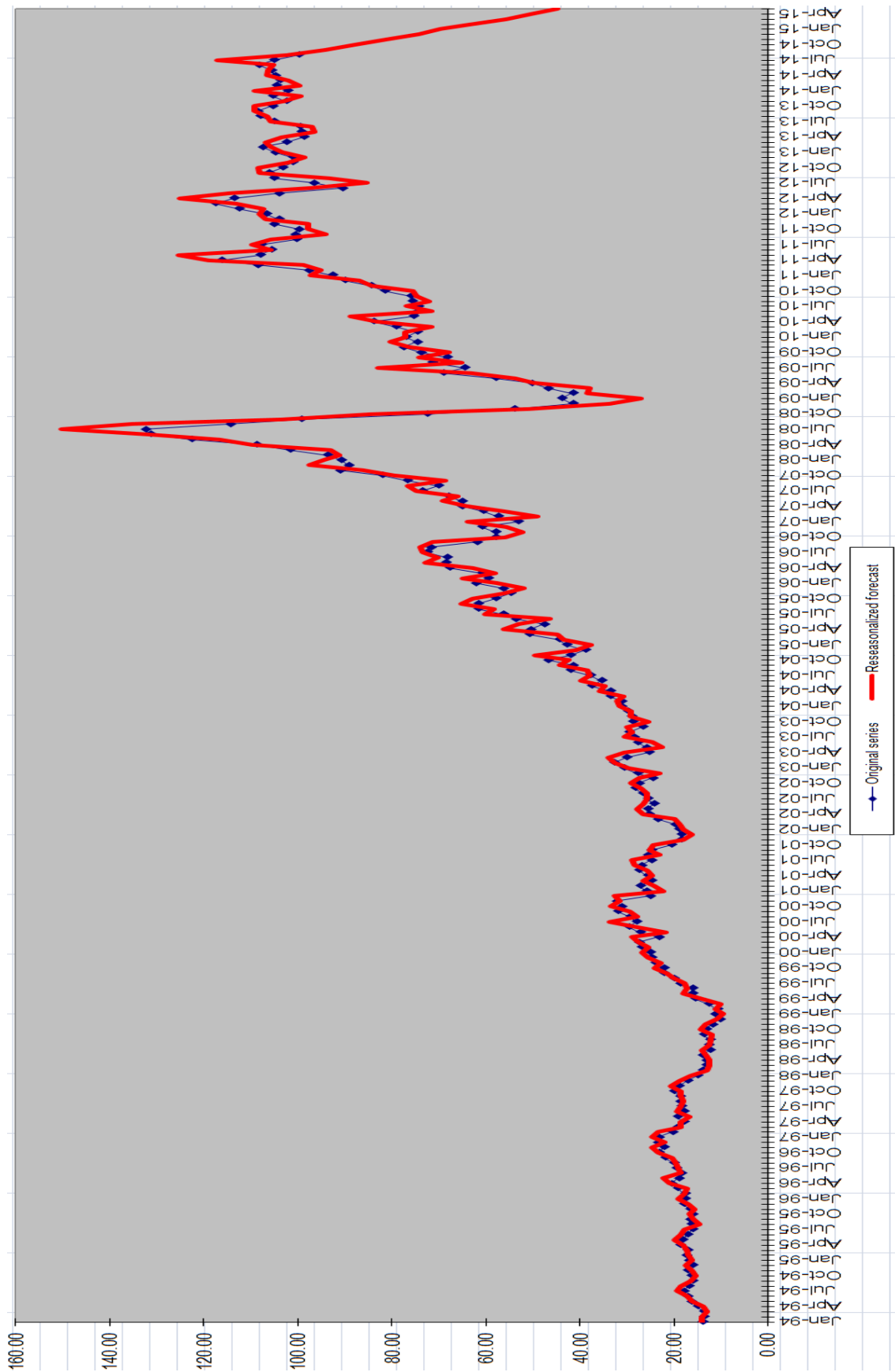


**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (5) Γράφημα των τιμών, των κινητών μέσων όρων και των εποχικά διορθωμένων δεδομένων για τον Χρυσού**

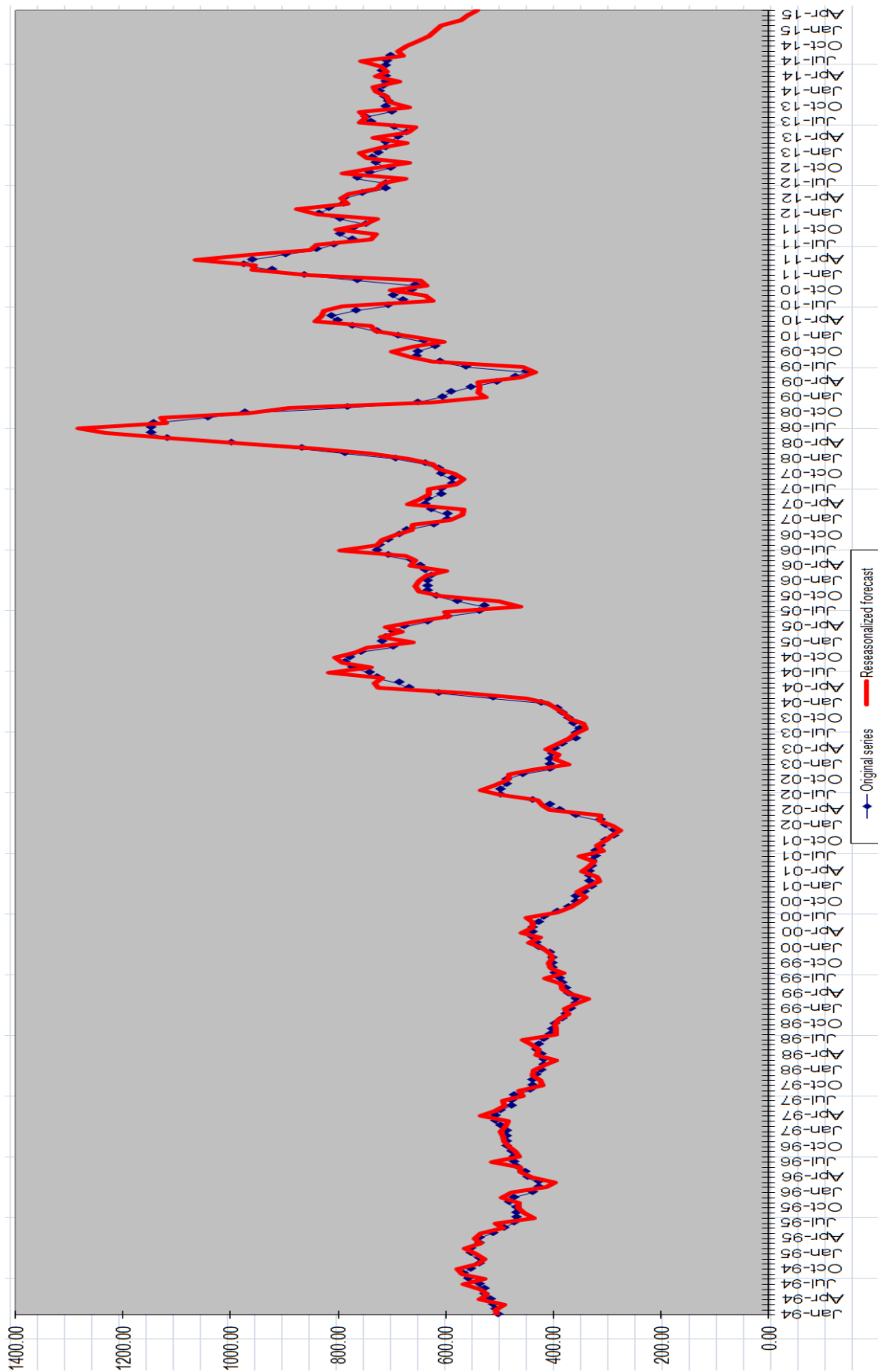


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (6) Πρόβλεψη για τις τιμές του Άνθρακα

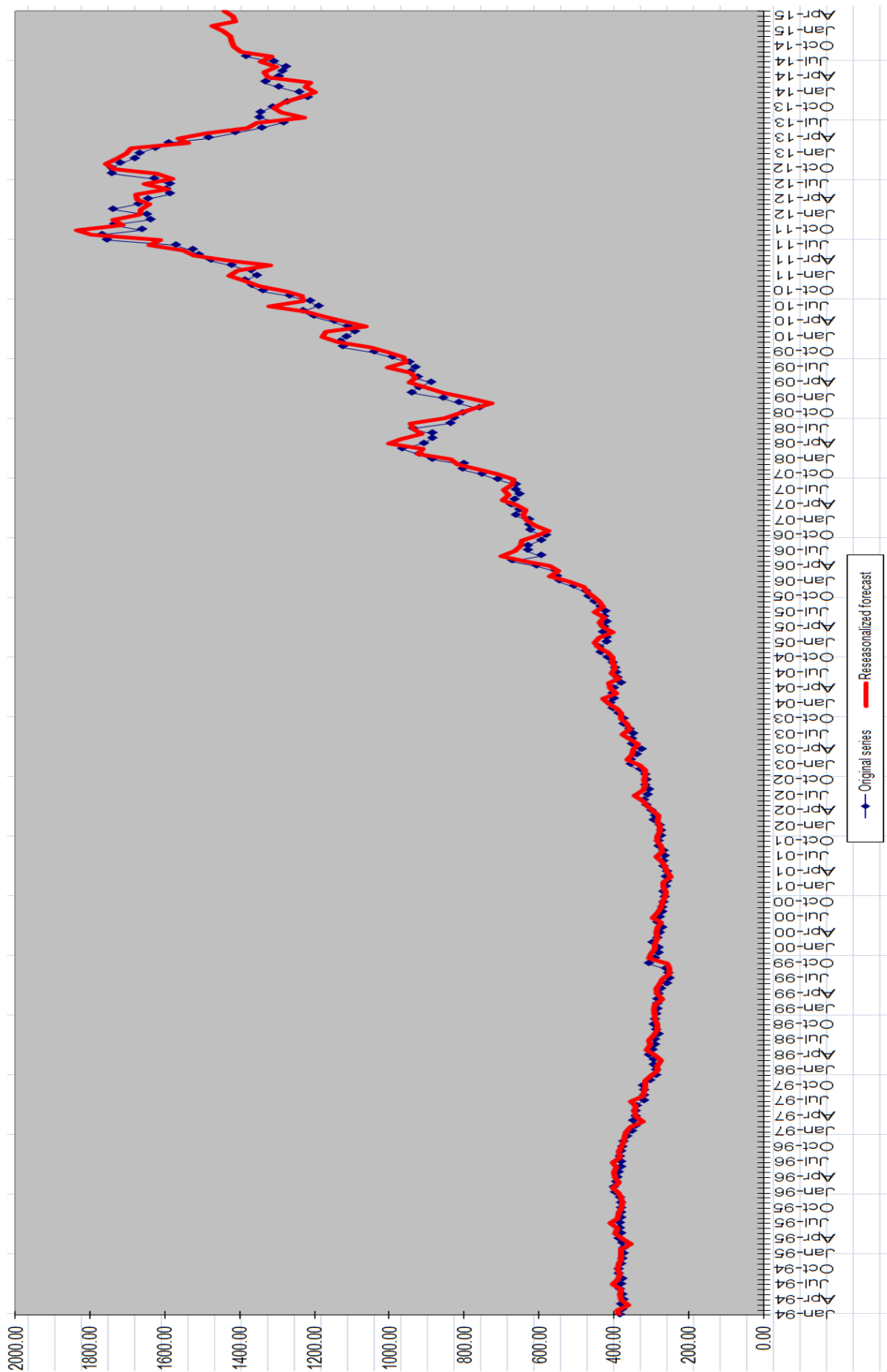




ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (7) Πρόβλεψη για τις τιμές του Πετρελαίου



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (8) Πρόβλεψη για τις τιμές του Χάλοβα



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ (9) Πρόβλεψη για τις τιμές του Χρυσού

## 6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αρχικά θα γίνει μια μελέτη όσον αφορά την περιοδικότητα που ενδεχομένως παρουσιάζουν οι τιμές καθενός από τα τέσσερα αγαθά που ακολουθούν:

1. Άνθρακας
2. Πετρέλαιο
3. Χάλυβας
4. Χρυσός

Τελικό στάδιο στην έρευνα μας θα είναι να κάνουμε πρόβλεψη για τον τρόπο που αναμένεται να κινηθούν οι τιμές των αγαθών αυτών στο μέλλον.

Λέξεις Κλειδιά: Άνθρακας, Πετρέλαιο, Χάλυβας, Χρυσός, Πρόβλεψη, Εποχικότητα

### ABSTRACT

Purpose of this study is to present the seasonality of the prices of the commodities listed below, if there is any type of seasonality. The commodities that will be studied are:

1. Coal
2. Oil
3. Steel
4. Gold

Finally, we will try to calculate-predict the future values of the prices of the commodities we study.

Keywords: Coal, Oil, Steel, Gold, Prediction, Seasonality

## 7. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Σχετικές μελέτες έχουν γίνει κατά καιρούς, όπως αυτές που αναφέρονται πιο κάτω:

- a. Μια μελέτη που έχει γίνει έχει τίτλο " Stochastic Volatility and Seasonality in Commodity Futures and Options: The Case of Soybeans". Η μελέτη αυτή έχει γίνει από τους Martin Richter και Carsten Sorensen το Φεβρουάριο του 2003.
- b. Μια άλλη μελέτη έχει τίτλο " ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΕΙΡΩΝ: 'ΠΡΟΒΛΕΠΟΝΤΑΣ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ, ΚΑΤΑΝΟΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ' " και έχει γίνει από τον Καρβέλη Χαράλαμπο το 2008.
- c. Μια μελέτη με τίτλο "Seasonality and the Valuation of Commodity Options" έγινε τον Οκτώβριο του 2009 και τροποποιήθηκε το Νοέμβριο του ίδιου έτους από τους Janis Back, Marcel Prokopczyk και Markus Rudolf και αφορά στη μελέτη της μεταβλητότητας της εποχικότητας σε βασικά προϊόντα. Για τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν σαν δεδομένα οι τιμές της σόγιας και του πετρελαίου θέρμανσης και το αποτέλεσμα είναι ότι πρέπει η μεταβλητότητα στην εποχικότητα βασικών προϊόντων είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην διαμόρφωση των τιμών τους.

Μελετώντας και συνδυάζοντας τις παραπάνω μελέτες δημιουργούνται ερωτήματα και ενδιαφέρον για τη μελέτη της συμπεριφοράς τεσσάρων προϊόντων που σχετίζονται άμεσα με τη ναυτιλία, προκειμένου να δοθούν μέθοδοι για την διευκόλυνση στη λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με τα προϊόντα αυτά.

## 8. ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΑΚΑ

**Άνθρακας** (κάρβουνο: coal που προέρχεται από τον παλαιότερο αγγλικό όρο col, που σήμαινε από τον 13ο αιώνα "ορυκτό του απολιθωμένου άνθρακα") είναι ένα καύσιμο μαύρο ή καφέ-μαύρο ιζηματογενή πετρώματα που εμφανίζεται συνήθως σε στρώματα ή φλέβες. Οι σκληρότερες μορφές, όπως ο ανθρακίτης, μπορούν να θεωρηθούν ως μεταμορφωμένα πετρώματα εξαιτίας της μετέπειτα έκθεσης σε αυξημένη θερμοκρασία και πίεση. Ο άνθρακας (κάρβουνο - coal) αποτελείται κυρίως από άνθρακα (carbon), μαζί με μεταβλητές ποσότητες άλλων στοιχείων, κυρίως υδρογόνου, θείου, οξυγόνου και αζώτου.

Από το παρελθόν μέχρι και σήμερα, ο άνθρακας έχει χρησιμοποιηθεί ως πηγή ενέργειας, κυρίως καίγεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και / ή θερμότητας, και χρησιμοποιείται για βιομηχανικούς σκοπούς, όπως μέταλλα εξευγενισμού. Μία μορφή του άνθρακα είναι η τύρφη (που παράγεται από νεκρή φυτική ύλη), η οποία με τη σειρά της μετατρέπεται σε λιγνίτη, έπειτα σε υπο-ασφαλτούχο άνθρακα, σε ασφαλτούχο άνθρακα και τέλος σε ανθρακίτη. Αυτή η σειρά βιολογικών και γεωλογικών διεργασιών απαιτεί μεγάλο χρονικό διάστημα για να ολοκληρωθεί. Ο "Energy Information Administration" εκτιμά αυτή τη στιγμή τα αποθέματα του άνθρακα σε  $948 \times 10^9$  short tons (860 Gt). Μια εκτίμηση για τους πόρους είναι 18000 Gt.

Ο άνθρακας είναι η μεγαλύτερη πηγή ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλο τον κόσμο, καθώς και μία από τις μεγαλύτερες σε παγκόσμιο επίπεδο ανθρωπογενείς πηγές διοξειδίου του άνθρακα. Το 1999, οι παγκόσμιες ακαθάριστες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από τη χρήση άνθρακα ήταν 8,666 εκατομμύρια τόνους. Το 2011, αντίστοιχα ήταν 14.416 εκατομμύρια τόνοι. Από τους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκπέμπονται περίπου 2.000 κιλά διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μεγαβατώρα που παράγεται, το οποίο είναι σχεδόν διπλάσιο από τα περίπου 1100 κιλά διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται από ένα φυσικό ηλεκτρικό εργοστάσιο αερίου ανά μεγαβατώρα που παράγεται. Λόγω αυτού κάποιες αγορές έχουν μειώσει την παραγωγή ενέργειας με χρήση άνθρακα και έχουν αυξήσει την παραγωγή από φυσικό αέριο και επομένως οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έχουν μειωθεί. Οι μετρήσεις το πρώτο τρίμηνο του 2012 ήταν οι χαμηλότερες κάθε καταγραφής για το πρώτο τρίμηνο κάθε έτους από το

1992. Το 2013, ο επικεφαλής της κλιματολογικής υπηρεσίας του ΟΗΕ ενημέρωσε ότι τα υπάρχοντα αποθέματα άνθρακα θα πρέπει να μείνουν στο έδαφος για αποφυγή της καταστροφικής υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Ο άνθρακας εξάγεται από το έδαφος, είτε υπόγεια, ή από το επίπεδο του εδάφους. Από το 1983 η παγκόσμια κορυφαία παραγωγή άνθρακα γίνεται στην Κίνα. Το 2011, η Κίνα παράγαγε 3,520 εκατομμύρια τόνους άνθρακα - 49,5% της παγκόσμιας παραγωγής. Το 2011 οι υπόλοιποι μεγάλοι παραγωγοί ήταν οι Ηνωμένες Πολιτείες (993 εκατ. τόνοι), η Ινδία (589), την Ευρωπαϊκή Ένωση (576) και η Αυστραλία (416). Το 2010 οι μεγαλύτεροι εξαγωγείς ήταν η Αυστραλία με 328 εκατ. τόνους (27,1% της παγκόσμιας εξαγωγής) και η Ινδονησία με 316 εκατομμύρια τόνους (26,1%), ενώ οι μεγαλύτεροι εισαγωγείς ήταν η Ιαπωνία με 207 εκατ. τόνους (17,5% της παγκόσμιας εισαγωγής), η Κίνα με 195 εκατ. τόνους (16,6%) και τη Νότια Κορέα με 126 εκατ. τόνους (10,7%).

### **Τα Είδη του Άνθρακα**

Με τις κατάλληλες γεωλογικές διεργασίες και εφαρμόζοντας πίεση σε νεκρό βιοτικών υλικό, αυτό με την πάροδο του χρόνου, κάτω από κατάλληλες συνθήκες, μετατρέπεται διαδοχικά σε:

- Τύρφη: περιέχει κάτω από 50% καθαρό άνθρακα. Θεωρείται πρόδρομος του άνθρακα. Έχει βιομηχανική σημασία ως καύσιμο σε ορισμένες περιοχές, όπως η Ιρλανδία και η Φινλανδία. Σε αφυδατωμένη μορφή, η τύρφη είναι ένα εξαιρετικά αποτελεσματικό απορροφητικό για τα καύσιμα και το πετρέλαιο, όταν υπάρχουν διαρροές στο έδαφος και το νερό. Χρησιμοποιείται επίσης ως βελτιωτικό εδάφους για να διατηρείτε εκεί περισσότερο χρόνο και να απελευθερώνεται πιο αργά το νερό.
- Λιγνίτης: περιέχει 50-65% καθαρό άνθρακα. Είναι η χαμηλότερη βαθμίδα του άνθρακα και χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά ως καύσιμο, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το Jet είναι μια συμπαγής μορφή του λιγνίτη. Είναι μερικές φορές γυαλισμένο και έχει χρησιμοποιηθεί ως διακοσμητική πέτρα από την Παλαιότερη Παλαιολιθική εποχή.
- Υπο-ασφαλτούχος άνθρακας: οι ιδιότητες του κυμαίνονται από εκείνες του λιγνίτη με εκείνες του ασφαλτούχου άνθρακα. Χρησιμοποιείται κυρίως ως καύσιμο για την ατμό-ηλεκτρική παραγωγή ενέργειας και είναι μια σημαντική

πηγή απαλών αρωματικών υδρογονανθράκων για την βιομηχανία σύνθεσης χημικών..

- Ασφαλτούχος άνθρακας (Λιθάνθρακας): περιέχει 80-92% καθαρό άνθρακα. Είναι ένα πυκνό ιζηματογενές πέτρωμα, συνήθως μαύρο, αλλά μερικές φορές εμφανίζεται και σε σκούρο καφέ χρώμα, συχνά με σαφώς καθορισμένες φωτεινές και θαμπές ζώνες. Χρησιμοποιείται κυρίως ως καύσιμο σε ατμό-ηλεκτρική παραγωγή ενέργειας, αλλά σημαντικές ποσότητες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας στον τομέα της μεταποίησης και στην παραγωγή κοκ .
- "Steam Coal": είναι ένα υλικό μεταξύ ασφαλτούχου άνθρακα και του ανθρακίτη. Χρησιμοποιείται ευρέως ως καύσιμο για τις ατμομηχανές ατμού . Έτσι είναι μερικές φορές γνωστός και ως "sea-coal" στις ΗΠΑ. Μικρά κομμάτια "steam-coal" (ξηρά μικρά κομμάτια σε μέγεθος καρυδιού ή DSSN) χρησιμοποιήθηκαν ως καύσιμο για οικιακή θέρμανση νερού.
- Ανθρακίτης: περιέχει 92-96% καθαρό άνθρακα. Είναι ο υψηλότερος στην κατάταξη άνθρακας. Είναι ένα πιο σκληρό, γυαλιστερό μαύρο είδος άνθρακα που χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση χώρου . Μπορεί να διαιρεθεί περαιτέρω σε μεταμορφικά μεταβλημένο ασφαλτούχο άνθρακα και «απολιθωμένο πετρέλαιο», όπως τα αποθέματα στην Πενσυλβανία.
- Γραφίτης: περιέχει 96-98% καθαρό άνθρακα. Τεχνικά είναι ο υψηλότερος στην κατάταξη άνθρακας. Είναι δύσκολο να αναφλεγεί και δεν χρησιμοποιείται συνήθως ως καύσιμο. Κυρίως χρησιμοποιείται σε μολύβια και σε μορφή σκόνης σαν λιπαντικό .

Η κατάταξη του άνθρακα είναι γενικά βασίζεται στην περιεκτικότητα που έχει σε πτητικές ουσίες. Ωστόσο, η ακριβής κατάταξη ποικίλλει ανάλογα τη χώρα. Σύμφωνα με τη γερμανική κατάταξη, η ταξινόμηση του άνθρακας εμφανίζεται στον πίνακα 9.

- Για την αγγλική κατάταξη, τα μεσαία έξι στοιχεία στον πίνακα αντιπροσωπεύουν τη σταδιακή μετάβαση από υπο-ασφαλτούχο σε ασφαλτούχο άνθρακα, ενώ η τελευταία κατηγορία είναι κατά προσέγγιση ισοδύναμη με ανθρακίτη, αλλά πιο περιεκτική (ο ανθρακίτης στις ΗΠΑ έχει <6% πτητικές ουσίες).



- Το "Cannel-coal" (μερικές φορές ονομάζεται "candle-coal") είναι ένας υψηλής-κατάταξης άνθρακας, σε λεπτούς κόκκους, με σημαντική περιεκτικότητα σε υδρογόνο. Αποτελείται κατά κύριο λόγο από μια μίξη απολιθωμένης γύρης λουλουδιών και πετρελαίου και ονομάζεται ακριβέστερα λεπτινίτης.
- Ο Νόμος του Hilt: Είναι ένας γεωλογικός όρος που αναφέρει ότι, σε μια μικρή περιοχή, όσο πιο βαθιά βρίσκεται ο άνθρακας, τόσο υψηλότερη η κατάταξη (βαθμό) του. Ο νόμος ισχύει αν η θερμική κλίση είναι εντελώς κάθετη, αλλά ο μεταμορφισμός μπορεί να προκαλέσει πλευρικές αλλαγές στον βαθμό, ανεξάρτητα από το βάθος.
- Ο άνθρακας μπορεί να περιέχει: Υδράργυρο, Αρσενικό ή και Σελήνιο

### **Η εξόρυξη του Άνθρακα**

Υπάρχουν δύο τρόποι εξόρυξης γαιανθράκων, ανάλογα με το βάθος στο οποίο απαντάται το κοίτασμα:

- Επιφανειακή εξόρυξη: Γίνεται με τη βοήθεια κλασικών εκσκαπτικών μηχανημάτων είτε για να απομακρυνθεί απλά το επιφανειακό λεπτό στρώμα ασύνδετων υλικών που καλύπτουν το κοίτασμα, είτε για την απευθείας εκσκαφή του κοιτάσματος. Είναι οικονομικός τρόπος εξόρυξης, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για επιφανειακά κοιτάσματα.
- Ανθρακωρυχεία: Στις περιπτώσεις που το κοίτασμα βρίσκεται σε βάθος, απαιτείται η διάνοιξη στοών για την εξόρυξη των γαιανθράκων, που σχηματίζουν το ανθρακωρυχείο. Αρχικά διανοίγεται ένα κατακόρυφο φρέαρ, από το οποίο ξεκινούν παράλληλες, οριζόντιες στοές, από τις οποίες εξορύσσονται οι γαιάνθρακες. Τα περισσότερα ευρωπαϊκά κοιτάσματα, ιδιαίτερα των λιθανθράκων και των ανθρακίτων, είναι υπόγεια και απαιτούν την κατασκευή ανθρακωρυχείων για την εξόρυξή τους. Η εργασία είναι δαπανηρή αλλά και επικίνδυνη, λόγω διαρροής αερίων (αναφλέξιμων ή δηλητηριωδών) στις στοές. Συχνή είναι, επίσης, η πτώση των τοιχωμάτων των στοών (παρά το ότι κατασκευάζονται κατάλληλα υποστυλώματα), λόγω διαβρώσεων.

## **Η Ιστορία του Άνθρακα - Η Χρήση του σαν Καύσιμο**

Άνθρακας από το ορυχείο Fushun στη βορειοανατολική Κίνα χρησιμοποιούταν για το λιώσιμο του χαλκού ήδη από το 1000 π. Χ. Ο Marco Polo , ιταλός που ταξίδεψε στην Κίνα τον 13ο αιώνα, περιγράφει τον άνθρακα ως «μαύρες πέτρες ... που καίνε σαν κούτσουρα", και είπε ότι ο άνθρακας ήταν τόσο άφθονος, που οι άνθρωποι θα μπορούσαν να κάνουν τρία καυτά λουτρά την εβδομάδα. Στην Ευρώπη, η πρώτη αναφορά για χρήση του άνθρακα σαν καύσιμο είναι από τη γεωλογική διατριβή "Στις πέτρες" (παρ. 16) του έλληνα επιστήμονα Θεόφραστου (περίπου 371-287 π. Χ.):

*"Μεταξύ των υλικών, που είναι σκαμμένα επειδή είναι χρήσιμα, αυτά που είναι γνωστά ως άνθρακες είναι κατασκευασμένα από χώμα και από τη στιγμή που πάρουν φωτιά, καίγονται όπως το κάρβουνο. Βρίσκονται στη Λιγουρία... και στην Ηλεία όπως πλησιάζει κανείς την Ολυμπία από τον ορεινό δρόμο και χρησιμοποιούνται από εκείνους που εργάζονται σε μέταλλα."*

- Θεόφραστος, Στις πέτρες (16)

Άνθρακας από την επιφάνεια της γης χρησιμοποιήθηκε στη Βρετανία κατά τη διάρκεια της Εποχής του Χαλκού (3000-2000 π. Χ.), στις πυρές κηδείας. Στη Ρωμαϊκή Βρετανία , με την εξαίρεση των δύο σύγχρονες περιόδους, οι Ρωμαίοι εκμεταλλευόταν τα κάρβουνα σε όλες τις μεγάλες εξορύξεις λιθάνθρακα στη Αγγλία και την Ουαλία από το τέλος του δεύτερου μ. Χ. αιώνα. Στοιχεία για εμπόριο άνθρακα εμφανίζονται γύρω στο 200 μ. Χ., στο ρωμαϊκό οικισμό στο Heronbridge , κοντά στο Τσέστερ , και στο Fenlands στην Ανατολική Αγγλία, που άνθρακας από το Midlands μεταφέρθηκε για να χρησιμοποιηθεί στην ξήρανση του σιταριού. Στάχτες άνθρακα έχουν βρεθεί στις εστίες από βίλες και ρωμαϊκά οχυρά, ιδιαίτερα στο Northumberland , περίπου το 400 μ. Χ. Στα δυτικά της Αγγλίας, σύγχρονοι συγγραφείς περιγράφουν την συνεχή ύπαρξη μαγκαλιού πάνω σε άνθρακα στο βωμό της Αθηνάς στην Aquae Sulis (σύγχρονη μπανιέρα), αν και στην πραγματικότητα άνθρακας στην επιφάνεια της γής που ήταν εύκολα προσβάσιμος στην περιοχή Somerset χρησιμοποιούταν αρκετά και στα σπίτια. Επίσης έχουν βρεθεί στοιχεία για τη χρήση άνθρακα σε σιδηρικές εργασίες στην πόλη κατά τη ρωμαϊκή περίοδο. Στο Eschweiler της Rhineland,

ποσότητες ασφαλούχου άνθρακα χρησιμοποιήθηκαν από τους Ρωμαίους για την τήξη του σιδηρομεταλλεύματος.

Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι ο άνθρακας έχει ιδιαίτερη χρήση στη Βρετανία πριν το Μεσαίωνα, περίπου μετά το 1000 μ. Χ. Όπως αναφέρεται, ορυκτός άνθρακας ήρθε σαν "sea coal" τον 13ο αιώνα. Η προβλήτα, από όπου το υλικό έφτασε στο Λονδίνο είναι γνωστή σαν "Sea Coal Lane" όπως φαίνεται από έναν χάρτη του βασιλιά Ερρίκου III που χρονολογείται το 1253. Αρχικά, το όνομα αυτό δόθηκε γιατί βρέθηκε πολύ κάρβουνο στην ακτή, το οποίο έγιναν υποθέσεις ότι προερχόταν από τις εκτεθειμένες φλέβες άνθρακα στα βράχια ή ξεβράστηκε από υποβρύχια κοιτάσματα άνθρακα, αλλά μετά τον Ερρίκο, έγινε κατανοητό ότι έφτασε στο Λονδίνο από τη θάλασσα. Το 1257-1259, άνθρακας από το Newcastle μέσω του Tyne έφτασε στο Λονδίνο για τους καυστήρες Smiths-and-lime στο Αβαείο του Westminster. Οι προβλήτες Sea Coal και Newcastle, όπου ο άνθρακας εκφορτώθηκε σε αποβάθρες κατά μήκος του ποταμού Fleet, εξακολουθούν να υπάρχουν.

Οι εύκολα προσβάσιμες πηγές έχουν εξαντληθεί σε μεγάλο βαθμό (ή δεν μπορούσαν να ανταποκριθούν στη συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση) από τον 13ο αιώνα, οπότε άρχισε η υπόγεια εξόρυξη. Η εναλλακτική ονομασία του ήταν "pitcoal", επειδή προερχόταν από τα ορυχεία. Η Βιομηχανική Επανάσταση, όμως οδήγησε στην μεγάλης κλίμακας χρήση του άνθρακα, παίρνοντας τη σκυτάλη από την ατμομηχανή. Το 1700, τα πέντε έκτα του παγκόσμιου άνθρακα εξορύσσονταν στη Βρετανία. Στη Βρετανία θα είχαν εξαντληθεί οι κατάλληλοι χώροι για νερόμυλους από τη δεκαετία του 1830, αν ο άνθρακας δεν ήταν διαθέσιμο ως πηγή ενέργειας. Το 1947 υπήρχαν περίπου 750.000 ανθρακωρύχοι στη Βρετανία, αλλά από το 2004, το νούμερο αυτό συρρικνώθηκε σε περίπου 5.000 ανθρακωρύχους που εργάζονται σε περίπου 20 ανθρακωρυχεία.

## **Ο Άνθρακας Σήμερα**

- Ο Άνθρακας σαν Καύσιμο

Ο άνθρακας χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σαν στερεό καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας μέσω της καύσης. Η παγκόσμια κατανάλωση άνθρακα ήταν περίπου 7.250 εκατ. τόνους το 2010 (7.990 εκατ. short tones) και αναμένεται να αυξηθεί κατά 48% δηλαδή σε 9050 εκατ. τόνους (9.980 εκατ. short tones) από το 2030. Η Κίνα παράγαγε 3.470 εκατ. τόνους (3.830 εκατ. short tones) το

2011. Η Ινδία το ίδιο έτος παράγαγε περίπου σε 578 εκατ. τόνους (637,1 εκατ. short tones). Το 68,7% της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας προέρχεται από τον άνθρακα. Οι ΗΠΑ κατανάλωσαν περίπου το 13% του παγκόσμιου συνόλου το 2010, δηλαδή 951 εκατομμύρια τόνους (1.050 εκατ. short tones), χρησιμοποιώντας 93% αυτής της ποσότητας για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 46% της συνολικής ενέργειας που παράγεται στις ΗΠΑ γίνεται με τη χρήση άνθρακα.

Όταν ο άνθρακας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, συνήθως κονιοποιείται και στη συνέχεια καίγεται σε ένα καμίνι με τη χρήση ενός λέβητα (boiler). Η θερμότητα από το καμίνι μετατρέπει το νερό του λέβητα με ατμό, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την περιστροφή στροβίλων που επιτρέπουν τη δημιουργία της ηλεκτρικής ενέργειας. Η θερμοδυναμική απόδοση αυτής της διαδικασίας έχει βελτιωθεί με την πάροδο του χρόνου. Παλαιότερα οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα είχαν θερμοτικές αποδόσεις της τάξης του 25%, ενώ οι νεότερες τουρμπίνες, που λειτουργούν σε θερμοκρασίες άνω των 600° C και πιέσεις άνω των 27 MPa (πάνω από 3900 psi), μπορεί να επιτύχουν θερμοτικές αποδόσεις άνω του 45% (βάση LHV) χρησιμοποιώντας ανθρακίτη σαν καύσιμο, ή απόδοση περίπου 43% (βάση LHV), όταν χρησιμοποιούν σαν καύσιμο χαμηλότερης ποιότητας λιγνίτη. Μπορούν ακόμα να επιτευχθούν περαιτέρω βελτιώσεις στη θερμική απόδοση με βελτιωμένες τεχνολογίες προ-ξήρανσης (κυρίως σε καύσιμα υψηλής υγρασίας όπως ο λιγνίτης ή βιομάζα) και ψύξης.

Μια άλλη προσέγγιση χρήσης του άνθρακα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με βελτιωμένη απόδοση είναι οι ολοκληρωμένες αεριοποίησης συνδυασμένου κύκλου (IGCC) μονάδες παραγωγής ενέργειας. Αντί να γίνεται κονιορτοποίηση του άνθρακα και το άμεσο κάψιμο ως καύσιμο σε λέβητα παραγωγής ατμού, ο άνθρακας μετατρέπεται πρώτα σε αέριο (αεριοποίηση του άνθρακα) για τη δημιουργία αέριου σύνθεσης (syngas), το οποίο έπειτα καίγεται σε ένα στρόβιλο αερίου και έτσι επιτυγχάνεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (όπως ακριβώς το φυσικό αέριο καίγεται σε μια τουρμπίνα). Τα καυτά καυσαέρια από τον στρόβιλο χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τον ατμό σε μια ατμογεννήτρια ανάκτησης θερμότητας που τροφοδοτεί ένα συμπληρωματικό ατμοστρόβιλο. Οι θερμοτικές αποδόσεις των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής IGCC κυμαίνονται μεταξύ 39-42% (βάση HHV) ή περίπου 42-45% (βάση LHV) για τον ασφαλούχο άνθρακα αξιοποιώντας τις πιο διαδεδομένες

τεχνολογίες αεριοποίησης (Shell, GE Gasifier, CB&I). Οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής IGCC έχουν καλύτερη απόδοση από τις συμβατικά μονάδων κονιοποιημένου άνθρακα στο θέμα εκπομπής ρύπων και επιτρέπουν την σχετικά εύκολη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα.

Τουλάχιστον το 40% της παγκόσμιας ηλεκτρικής ενέργειας προέρχεται από τον άνθρακα. Το 2012 περίπου το ένα τρίτο της ηλεκτρικής ενέργειας των Ηνωμένων Πολιτειών προήρθε από τον άνθρακα, κάτω περίπου το 49% το 2008. Από το 2012 στις Ηνωμένες Πολιτείες, η χρήση του άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μειώθηκε, λόγω της προμήθειας μεγάλης ποσότητας φυσικού αερίου που λαμβάνεται με την υδραυλική δημιουργία ρηγμάτων των σφιστών σχηματισμών του σχιστόλιθου και το οποίο έγινε διαθέσιμο σε χαμηλές τιμές.

Στη Δανία, έχει πραγματοποιηθεί καθαρή ηλεκτρική απόδοση > 47% κατά την καύση άνθρακα στη μονάδα συμπαραγωγής Nordjyllandsværket και συνολική απόδοση έως και 91% με συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και τηλεθέρμανσης. Η πολλαπλής-καύσης μονάδα συμπαραγωγής Avedøreværket, λίγο έξω από την Κοπεγχάγη, μπορεί να επιτύχει καθαρή ηλεκτρική απόδοση της τάξης του 49%. Η συνολική απόδοση σε ένα εργοστάσιο συμπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τηλεθέρμανσης μπορεί να φθάσει έως και 94%.

Μια εναλλακτική μορφή της καύσης του άνθρακα είναι σαν πολτός άνθρακα-νερού (CWS), η οποία αναπτύχθηκε στην Σοβιετική Ένωση. Το CWS μειώνει σημαντικά τις εκπομπές και συμβάλλει στη βελτίωση της θερμογόνου αξίας του άνθρακα. Άλλοι τρόποι για να χρησιμοποιηθεί ο άνθρακας είναι με συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας συμπαραγωγής και ένα MHD το οποίο ολοκληρώνει τον κύκλο.

Τα συνολικά γνωστά κοιτάσματα άνθρακα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τις τρέχουσες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που περιέχουν ιδιαίτερα ρυπογόνους τύπους και αυτών των τύπων άνθρακα που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ενέργεια (δηλαδή του λιγνίτη, του ασφαλτούχου άνθρακα), είναι επαρκής για πολλά χρόνια. Ωστόσο, η αύξηση της κατανάλωσης και η μέγιστη παραγωγή θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσα στις επόμενες δεκαετίες. Από την άλλη πλευρά, αρκετή ποσότητα άνθρακα πρέπει να μείνει στο έδαφος για να αποφευχθεί η αλλαγή του κλίματος.

- Ο Λιθάνθρακας (coking coke) και η Χρήση του κοκ (coke)

Το κοκ είναι ένα στερεό ανθρακούχο υπόλειμμα που προέρχεται από χαμηλής τέφρας, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο ασφαλτούχο άνθρακα. Τα πτητικά συστατικά απομακρύνονται με ψήσιμο σε φούρνο χωρίς οξυγόνο σε θερμοκρασίες της τάξης των 1000° C (1832° F), ώστε ο σταθερός άνθρακα και η υπολειμματική τέφρα συντήκονται. Το μεταλλουργικό κοκ χρησιμοποιείται ως καύσιμο και ως αναγωγικό μέσο στην τήξη του σιδηρομεταλλεύματος σε υψικάμινο. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι ο χυτοσίδηρος (pig iron), ο οποίος είναι πολύ πλούσιος σε διαλυμένο άνθρακα, και πρέπει να υποβληθεί σε περαιτέρω επεξεργασία για να μετατραπεί σε χάλυβα. Ο λιθάνθρακας θα πρέπει να έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο και φώσφορο, ώστε αυτά να μην μεταφέρονται στο μέταλλο.

Ο λιθάνθρακας πρέπει να είναι αρκετά ισχυρός για να αντισταθεί στην υπερφόρτωση μέσα στην υψικάμινο. Αυτή η ιδιότητά του είναι ο λόγος που ο λιθάνθρακας είναι τόσο σημαντικός στην παραγωγή του χάλυβα με χρήση της συμβατικής οδού. Η εναλλακτική οδός είναι η άμεση μείωση του σιδήρου (direct reduced iron), όπου οποιοδήποτε ανθρακούχο καύσιμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να τη δημιουργία σπογγοειδούς σιδήρου ή βόλων σιδήρου (sponge or pelletised iron). Το κοκ άνθρακα είναι γκρι, σκληρό και πορώδες και έχει θερμαντική αξία 24,8 εκατ. Btu/τόνο (29,6 MJ/kg). Ορισμένες διαδικασίες παρασκευής κοκ παράγουν πολύτιμα υποπροϊόντα, συμπεριλαμβανομένων της πίσσα άνθρακα, της αμμωνίας, ελαφρών ελαίων και φωταερίου.

Ο λιθάνθρακας πετρελαίου είναι το στερεό υπόλειμμα που λαμβάνεται σε δύλιση του πετρελαίου, ο οποίος μοιάζει με κοκ, αλλά περιέχει πάρα πολλές ακαθαρσίες να είναι χρήσιμος σε μεταλλουργικές εφαρμογές.

- Αεριοποίηση του Άνθρακα

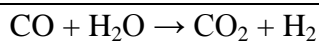
Ο άνθρακας από αεριοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αερίου σύνθεσης (syngas), ένα αέριο μείγμα μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και υδρογόνου (H<sub>2</sub>). Συχνά αέριο σύνθεσης χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των τουρμπίνων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά η ευελιξία του αερίου σύνθεσης επιτρέπει τη μετατροπή του σε καύσιμο (μέσω της διαδικασίας Fischer-Tropsch) για τις μεταφορές, όπως χρησιμοποιείται η βενζίνη και το ντίζελ. Εναλλακτικά, το αέριο σύνθεσης μπορεί



να μετατραπεί σε μεθανόλη , η οποία μπορεί να αναμιχθεί άμεσα με καύσιμα ή να μετατρέψει σε βενζίνη. Η αεριοποίηση σε συνδυασμό με την τεχνολογία Fischer-Tropsch χρησιμοποιείται επί του παρόντος από την εταιρεία χημικών Sasol στη Νότια Αφρική για τη δημιουργία καύσιμων για τα οχήματα από άνθρακα και φυσικό αέριο. Εναλλακτικά, το υδρογόνο που απελευθερώνεται από την αεριοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως την ενδυνάμωση της οικονομίας του υδρογόνου, για τη δημιουργία αμμωνία, ή την αναβάθμιση ορυκτών καύσιμων. Κατά τη διάρκεια της αεριοποίησης, ο άνθρακας αναμιγνύεται με οξυγόνο και ατμό, ενώ ταυτόχρονα θερμαίνεται και βρίσκεται υπό πίεση. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης, τα μόρια του οξυγόνου και του νερού οξειδώνουν τον άνθρακα σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και απελευθερώνει αέριο υδρογόνο (H<sub>2</sub>). Αυτή η διαδικασία διεξάγεται σε υπόγεια ορυχεία άνθρακα και στην παραγωγή αερίου για τις πόλεις .



Αν το διωλιστήριο θέλει να παράγει βενζίνη, το αέριο σύνθεσης συλλέγεται σε αυτή την κατάσταση και παραπέμπεται στις κατάλληλες εγκαταστάσεις προκειμένου να γίνει η αντίδραση Fischer-Tropsch. Εάν το τελικό ζητούμενο είναι υδρογόνο, το αέριο σύνθεσης παραπέμπεται στις κατάλληλες εγκαταστάσεις προκειμένου να γίνει η αντίδραση εναλλαγής του νερού με αέριο , όπου απελευθερώνεται περισσότερο υδρογόνο.



Στο παρελθόν, ο άνθρακας μετατρεπόταν σε αέριο άνθρακα (αέριο πόλης), το οποίο ήταν διαθέσιμο στους πελάτες για φωτισμό, θέρμανση και μαγείρεμα.

- Υγροποίηση του Άνθρακα

Ο άνθρακας μπορεί επίσης να μετατραπεί σε συνθετικά καύσιμα ισοδύναμα της βενζίνης ή του ντίζελ, χρησιμοποιώντας αρκετές διαφορετικές μεθόδους (οι οποίες δεν απαιτούν αεριοποίηση ή έμμεση μετατροπή). Στις μεθόδους άμεσης υγροποίησης,

το κάρβουνο είναι είτε υδρογονωμένο ή ανθρακοποιημένο. Γνωστές διεργασίες υδρογόνωσης είναι η διαδικασία Bergius, οι διεργασίες SRC-I και SRC-II (Διαλύτης Εξευγενισμένου άνθρακα) και η διαδικασία υδρογόνωσης NUS Corporation και διάφορες άλλες διαδικασίες ενός ή και δύο σταδίων. Κατά τη διαδικασία απανθράκωσης σε χαμηλή θερμοκρασία, ο άνθρακας μετατρέπεται σε κοκ σε θερμοκρασίες μεταξύ 360 και 750° C (680 και 1380° F). Σε αυτές τις θερμοκρασίες βελτιστοποιείτε η παραγωγή πισσών άνθρακα πλουσιότερων σε ελαφρύτερους υδρογονάνθρακες σε σχέση με την κανονική λιθανθρακόπισσα. Η πίσσα άνθρακα στη συνέχεια μετατρέπεται σε καύσιμα.

Με την υγροποίηση του άνθρακα απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>).

- Εκλεπτυσμένος άνθρακας

Ο εκλεπτυσμένος άνθρακας είναι το προϊόν μιας τεχνολογίας αναβάθμισης του άνθρακα που αφαιρεί την υγρασία και ορισμένους ρύπους από κάρβουνα χαμηλότερων βαθμίδων, όπως υπο-ασφαλτούχα κάρβουνα και λιγνίτη (καφέ). Είναι μία μορφή πολλών αλλαγών και διεργασιών πριν την καύση του άνθρακα, που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά του. Οι στόχοι των τεχνολογιών αυτών είναι η αύξηση της αποτελεσματικότητας και η μείωση των εκπομπών κατά την καύση του άνθρακα. Ανάλογα με την κατάσταση, οι τεχνολογίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση ή ως συμπλήρωμα των τεχνολογιών που εφαρμόζονται μετά την καύση του άνθρακα, για τον έλεγχο των εκπομπών στους λέβητες που χρησιμοποιούν το κάρβουνο ως καύσιμο.

- Βιομηχανικές διεργασίες

Ο αλεσμένος ασφαλτούχος άνθρακας (sea coal) είναι ένα συστατικό της άμμου των χυτηρίων. Ενώ το τηγμένο μέταλλο βρίσκεται μέσα στο καλούπι, ο άνθρακας καίγεται αργά, απελευθερώνοντας αναγωγικά αέρια υπό πίεση, και έτσι εμποδίζεται η διείσδυση του μετάλλου στους πόρους της άμμου. Περιέχεται, επίσης στο "mould wash", μια πάστα ή υγρό που εφαρμόζεται στο καλούπι πριν από τη χύτευση. Το Sea coal μπορεί να αναμιχθεί με την επένδυση αργίλου ("bod") που χρησιμοποιείται για το κάτω μέρος του τρούλου στους κλίβανους. Όταν θερμαίνεται, ο άνθρακας αποσυντίθεται και η



επένδυση αργίλου γίνεται ελαφρώς εύθρυπτη, διευκολύνοντας τη διαδικασία διάνοιξης οπών για να έξοδο του λιωμένου μετάλλου.

- Παραγωγή χημικών ουσιών

Ο άνθρακας είναι μια σημαντική πρώτη ύλη στην παραγωγή ενός ευρέος φάσματος χημικών λιπασμάτων και άλλων χημικών προϊόντων. Ο βασικός τρόπος για την παραγωγή των προϊόντων αυτών είναι η αεριοποίηση του άνθρακα για την παραγωγή αερίου σύνθεσης. Πρωτογενείς χημικές ουσίες που παράγονται απευθείας από το αέριο σύνθεσης είναι η μεθανόλη, το υδρογόνο και το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οποία είναι τα δομικά στοιχεία για την κατασκευή ενός ολόκληρου φάσματος χημικών παραγώγων, συμπεριλαμβανομένων της ολεφίνης, του οξικό οξέως, της φορμαλδεΰδης, της αμμωνίας, της ουρίας και άλλων. Η ευελιξία του αερίου σύνθεσης ως προπομπός για πρωτογενή χημικά και υψηλής αξίας παράγωγα προϊόντα παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σχετικά φθηνός άνθρακας για την παραγωγή ενός μεγάλου φάσματος πολύτιμων αγαθών.

Ιστορικά, η παραγωγή χημικών ουσιών από τον άνθρακα χρησιμοποιείται από το 1950 και έχει καθιερωθεί στην αγορά. Σύμφωνα με την Worldwide Gasification Database του 2010, μια έρευνα των τρεχόντων και προγραμματισμένων αεριοποιήτων, από το 2004 μέχρι το 2007 η χημική παραγωγή αύξησε το αεριοποιημένο προϊόν της από 37% σε 45%. Από το 2008 έως το 2010, 22% περισσότεροι αεριοποιητές ήταν διαθέσιμοι για την παραγωγή χημικών προϊόντων.

Επειδή η λίστα των χημικών προϊόντων που μπορούν να γίνουν μέσω της αεριοποίησης άνθρακα μπορεί σε γενικές γραμμές να χρησιμοποιούν επίσης πρώτες ύλες που προέρχονται από το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, η χημική βιομηχανία τείνει να χρησιμοποιήσει όποια από τις πρώτες ύλες είναι πιο αποδοτική. Ως εκ τούτου, το ενδιαφέρον για τη χρήση του άνθρακα τείνει να αυξάνεται, όσο γίνονται υψηλότερες οι τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου και σε περιόδους υψηλής παγκόσμιας οικονομικής ανάπτυξης, που μπορεί να καταπονηθεί η παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Επίσης, η παραγωγή των χημικών ουσιών από τον άνθρακα παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον σε χώρες όπως η Νότια Αφρική, την Κίνα, την Ινδία και τις Ηνωμένες Πολιτείες, όπου υπάρχουν άφθονες πηγές άνθρακα. Η αφθονία του άνθρακα, σε συνδυασμό με την έλλειψη πόρων φυσικού αερίου στην Κίνα είναι

ισχυρό κίνητρο για τη χρήση του άνθρακα στη χημική βιομηχανία. Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το καλύτερο παράδειγμα είναι η εταιρεία Eastman Chemical, η οποία λειτουργεί με επιτυχία μια μονάδα μετατροπής άνθρακα σε χημικές ουσίες με χρήση φυτών στο Kingsport του Τέννεση, στην ίδια θέση από το 1983. Ομοίως, η Sasol έχει κατασκευάσει και έχει σε λειτουργία εγκαταστάσεις μετατροπής άνθρακα σε χημικά στη Νότια Αφρική.

Η διεργασία μετατροπής του άνθρακα σε χημικά απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού. Από το 2013 το μεγαλύτερο μέρος μετατροπής του άνθρακα σε χημικά προϊόντα γίνεται στη Λαϊκή Δημοκρατία της Κίνας, όπου οι περιβαλλοντικές ρυθμίσεις και η διαχείριση των υδάτων ήταν αδύναμη.

### **Πολιτιστική χρήση**

Ο άνθρακας είναι το επίσημο κρατικό ορυκτό του Κεντάκι και ο επίσημος κρατικός βράχος της Γιούτα. Και οι δύο αυτές Πολιτείες έχουν μια ιστορική σύνδεση με την εξόρυξη άνθρακα.

Μερικοί πολιτισμοί θεωρούν ότι τα παιδιά που δεν συμπεριφέρονται σωστά, θα λάβουν μόνο ένα κομμάτι άνθρακα από τον Άγιο Βασίλη τα Χριστούγεννα στις Χριστουγεννιάτικες κάλτσες τους, αντί για δώρα.

Είναι επίσης σύνηθες και θεωρείται τυχερό στη Σκωτία και τη Βόρεια Αγγλία για να δώσει κανείς άνθρακα ως δώρο για την Πρωτοχρονιά. Αυτό συμβαίνει ως μέρος του ποδαρικού και αντιπροσωπεύει τη ζεστασιά για το επόμενο έτος.

### **Ο Άνθρακας σαν εμπορεύσιμο αγαθό**

Στη Βόρεια Αμερική, στην Κεντρική Απαλάχια, διαπραγματεύονται στο New York Mercantile Exchange (εμπορικό σύμβολο *QL*) συμβόλαια άνθρακα μελλοντικής εκπλήρωσης. Η μονάδα διαπραγμάτευσης είναι 1.550 short tones (1.410 τόνοι) ανά σύμβαση, και η τιμή τους μετριέται σε σεντς ανά τόνο (δολάρια ΗΠΑ). Επειδή ο άνθρακας είναι το κύριο καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα συμβόλαια άνθρακα μελλοντικής εκπλήρωσης παρέχουν στους παραγωγούς άνθρακα και την ηλεκτρική βιομηχανία ενέργειας ένα σημαντικό εργαλείο για την αντιστάθμιση των κινδύνων και τη διαχείριση αυτού.

Εκτός από το δείκτη NYMEX, το Intercontinental Exchange (ICE) έχει Ευρώπης (Rotterdam) και της Νότιας Αφρικής (Richards Bay), παρέχει επίσης συμβόλαια άνθρακα μελλοντικής εκπλήρωσης διαθέσιμα για εμπορική εκμετάλλευση. Η μονάδα διαπραγμάτευσης για τις συμβάσεις αυτές είναι 5.000 τόνοι (5.500 short tones), και η τιμή τους μετριέται επίσης σε σεντς ανά τόνο.

Η τιμή του άνθρακα αυξήθηκε από περίπου \$30,00 ανά short tone το 2000, σε περίπου \$150,00 ανά short tone τον Σεπτέμβριο του 2008. Από τον Οκτώβριο του 2008, η τιμή ανά short tone είχε μειωθεί σε \$111,50. Οι τιμές μειώθηκαν περισσότερο (σε \$71,25) τον Οκτώβριο του 2010.

### **Περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Υπάρχει μια σειρά από αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, και στο περιβάλλον από την καύση του άνθρακα, ιδίως σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και σε σταθμούς εξόρυξης άνθρακα, συμπεριλαμβανομένων:

- Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν με καύση του άνθρακα προκαλούν σχεδόν 24.000 πρόωρους θανάτους ετησίως στις Ηνωμένες Πολιτείες, συμπεριλαμβανομένων 2.800 από καρκίνο του πνεύμονα. Το ετήσιο κόστος για την υγεία στην Ευρώπη από τη χρήση του άνθρακα για παραγωγή ηλεκτρισμού είναι €42,8 δισεκατομμύρια, ή \$55 δισεκατομμύρια.
- Η δημιουργία εκατοντάδων εκατομμύριων τόνων αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένης της ιπτάμενης τέφρας, της τέφρας πυθμένα και των καυσαερίων αποθειωμένης λάσπης, που περιέχουν υδράργυρο, ουράνιο, θόριο, αρσενικό και άλλα βαρέα μέταλλα
- Η όξινη βροχή με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα
- Παρεμβολή με υπόγεια ύδατα και τον υδροφόρο ορίζοντα λόγω της εξόρυξης
- Η μόλυνση του εδάφους και των υδάτινων οδών και η καταστροφή σπιτιών από διαρροές τέφρας. όπως στο Kingston η ιπτάμενη τέφρα από τη διαρροή πολλού ορυκτών φυτών
- Οι επιπτώσεις στη χρήση του νερού στις ροές των ποταμών και οι επακόλουθες επιπτώσεις στις άλλες χρήσεις της γης
- Η ενόχληση που προκαλείται από τη σκόνη

- Η εναπόθεση πάνω στις σήραγγες που μερικές φορές μπορεί να πλήξει τις υποδομές
- Η ανεξέλεγκτη πυρκαγιά σε ορυχείο που μπορεί να καίει για δεκαετίες ή και αιώνες
- Η καύση του άνθρακα στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς την ύπαρξη αποτελεσματικών συστημάτων συλλογής της ιπτάμενη τέφρα είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που προκαλούνται από τον άνθρωπο στο περιβάλλον.
- Από την καύση του άνθρακα στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκπέμπεται υδράργυρος, σελήνιο και αρσενικό, τα οποία είναι επιβλαβή για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον.
- Η απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα, είναι ένα αέριο που βοηθά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και προκαλεί αλλαγή στο κλίμα και υπερθέρμανση του πλανήτη, σύμφωνα με την IPCC και την EPA. Ο άνθρακας προκαλεί μεγαλύτερη αύξηση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα από ότι ο άνθρωπος.
- Περίπου 75 Tg/S διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) απελευθερώνονται από την καύση άνθρακα ετησίως. Μετά την απελευθέρωση, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται σε αέριο H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> που διασκορπίζει την ηλιακή ακτινοβολία. Ο διασκορπισμός αυτός έχει επίδραση στο κλίμα και προκαλεί αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου. Η απελευθέρωση του SO<sub>2</sub> συμβάλλει ακόμα στην ευρεία αύξηση της οξύτητας των οικοσυστημάτων.

### **Βιοαποκατάσταση**

Ο λευκής σήψης μύκητας *C. versicolor* μπορεί να αναπτυχθεί και να μεταβολίσει φυσικά τον άνθρακα. Τα βακτήρια [Diplococcus](#) βρέθηκε ότι αποικοδομούν τον άνθρακα, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του.

### **Οικονομικές Πτυχές**

Ο άνθρακας (με τεχνολογία υγροποίησης) είναι ένας από τους πόρους που θα μπορούσαν να περιορίσουν την κλιμάκωση των τιμών του πετρελαίου και την άμβλυνση των συνεπειών της έλλειψης ενέργειας που θα συμβεί από την εξάντληση του πετρελαίου. Αυτό εξαρτάται από την ικανότητα παραγωγής υγροποιημένου

άνθρακα, αν δηλαδή αυτή γίνει αρκετά μεγάλη για να καλύψει την πολύ μεγάλη και αυξανόμενη ζήτηση για πετρέλαιο. Οι εκτιμήσεις του κόστους για την παραγωγή υγρών καυσίμων από άνθρακα στις ΗΠΑ δείχνουν ότι η εγχώρια παραγωγή καυσίμων από άνθρακα είναι οικονομικά ανταγωνιστική για τιμές πετρελαίου περίπου \$35 ανά βαρέλι, έτσι τα \$35 είναι το νεκρό κόστος. Με τιμές πετρελαίου τόσο χαμηλά (περίπου \$40 ανά βαρέλι) στις ΗΠΑ το Δεκέμβριο του 2008, ο υγρός άνθρακας έχασε μέρος της οικονομικής γοητεία του στις ΗΠΑ, αλλά κατά πάσα πιθανότητα αυτό θα αλλάξει πάλι, όπως είχε γίνει και με τα έργα για το αμμώδες πετρέλαιο, όταν η τιμή του πετρελαίου ήταν περίπου 70 δολάρια ανά βαρέλι.

Στην Κίνα, λόγω της αυξανόμενης ανάγκης για υγρά ενέργειας στον τομέα των μεταφορών, δόθηκε υψηλή προτεραιότητα στα έργα υδροποίησης του άνθρακα, ακόμη και κατά τη διάρκεια των περιόδων που οι τιμές του πετρελαίου είναι κάτω από \$40 ανά βαρέλι. Αυτό συμβαίνει πιθανώς επειδή η Κίνα προτιμά να μην εξαρτάται από το ξένο πετρέλαιο, αλλά προτιμάει να χρησιμοποιεί τα τεράστια εγχώρια αποθέματα άνθρακα. Καθώς οι τιμές του πετρελαίου αυξήθηκαν το πρώτο εξάμηνο του 2009, τα έργα υδροποίησης του άνθρακα στην Κίνα ενισχύθηκαν περισσότερο. Αυτό συμβαίνει και επειδή τα έργα υδροποίησης του άνθρακα είναι κερδοφόρα ακόμα και με τις τιμές του πετρελαίου στα \$40 ανά βαρέλι.

Η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός άνθρακα στον κόσμο. Πρόκειται, επίσης, για τη χώρα με τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας στον κόσμο και βασίζεται στον άνθρακα για την κάλυψη του 69% των ενεργειακών αναγκών της. Περίπου 5 εκατομμύρια άνθρωποι εργάστηκαν στη βιομηχανία εξόρυξης άνθρακα στην Κίνα το 2007.

Το κόστος της ρύπανσης από τον άνθρακα, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, είναι €43 δισεκατομμύρια ετησίως. Κάποια μέτρα για τη μείωση της ρύπανσης του αέρα ενδεχομένως θα έχουν ευεργετικές μακροπρόθεσμες οικονομικές επιπτώσεις για καθένα.

### **Η Πυκνότητα της Ενέργειας και οι Επιπτώσεις του Άνθρακα**

Η ενεργειακή πυκνότητα του άνθρακα, δηλαδή της τιμής θέρμανσης, είναι περίπου 24 megajoules ανά χιλιόγραμμο (περίπου 6,7 κιλοβατώρες ανά κιλό). Μια μονάδα

ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα και απόδοση 40%, χρησιμοποιεί περίπου 325 kg (717 lb) άνθρακα για να τροφοδοτήσει μια λάμπα 100 W για ένα έτος.

Από το 2006, η μέση απόδοση των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας είναι 31%. Το 2002, ο άνθρακας προσέφερε περίπου το 23% της συνολικής παγκόσμιας ενεργειακής, που ισοδυναμεί με 3,4 δισεκατομμύρια τόνους άνθρακα, εκ των οποίων τα 2,8 δισεκατομμύρια τόνοι χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η έκθεση του US Energy Information Agency το 1999 για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> από την παραγωγή ενέργειας προσδιορίζει συντελεστή εκπομπών 0.963 kg CO<sub>2</sub>/kWh για παραγωγή ενέργειας με καύση άνθρακα, σε σύγκριση με 0.881 kg CO<sub>2</sub>/kWh για παραγωγή ενέργειας από το πετρέλαιο, ή 0.569 kg CO<sub>2</sub>/kWh για τη χρήση φυσικού αερίου για παραγωγή ενέργειας.

### **Οι Υπόγειες Πυρκαγιές**

Από την καύση του άνθρακα προκαλούνται πολλές πυρκαγιές σε ολόκληρο τον κόσμο. Όταν η πυρκαγιά είναι υπόγεια μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστεί και πολλές φορές δεν μπορεί να σβήσει. Οι πυρκαγιές μπορεί να προκαλέσουν υποχώρηση του εδάφους. Τα αέρια της καύσης αυτής είναι επικίνδυνα για τη ζωή, και αν βγουν στην επιφάνεια της γης μπορεί να προκαλέσουν και επιφανειακές πυρκαγιές. Οι φλέβες άνθρακα μπορεί να πάρουν φωτιά από αυτανάφλεξη ή από την επαφή με κάποια φωτιά σε ορυχείο ή επιφανειακή πυρκαγιά. Ακόμα οι κεραυνοί αποτελούν σημαντικό λόγο ανάφλεξης. Ο άνθρακας συνεχίζει να καίγεται σιγά-σιγά στη φλέβα μέχρι να τελειώσει το διαθέσιμο οξυγόνο (αέρας). Μια πυρκαγιά σε ένα τμήμα με άνθρακα μπορεί να εξαπλωθεί σε δεκάδες κοιτάσματα άνθρακα. Στις αναφλέξεις άνθρακα στην Κίνα εκτιμάται ότι καίγονται 120 εκατομμύρια τόνοι άνθρακα ετησίως και γίνεται εκπομπή 360 εκατομμύρια τόνων CO<sub>2</sub> (2- 3% των ετήσιων παγκόσμιων εκπομπών CO<sub>2</sub> από τα ορυκτά καύσιμα). Στην Centralia της Πενσυλβανία (μια περιοχή που βρίσκεται στην Περιφέρεια του άνθρακα στις Ηνωμένες Πολιτείες), μια εκτεθειμένη φλέβα ανθρακίτη αναφλέγει το 1962 από μια φωτιά σε ένα κάδο απορριμμάτων στη χωματερή της περιοχής, που βρισκόταν σε ένα εγκαταλελειμμένο ορυχείο ανθρακίτη. Οι προσπάθειες για την κατάσβεση της πυρκαγιάς ήταν ανεπιτυχείς, και αυτή συνέχιζε να καίει υπόγεια ολόκληρη εκείνη την ημέρα. Το Burning Mountain στην Αυστραλία



αρχικά πιστεύεται ότι ήταν ηφαιστειο, αλλά ο καπνός και η τέφρα του προέρχεται από μια πυρκαγιά άνθρακα που καίει για περίπου 6.000 χρόνια.

Στο Kuh i Malik στο Yagnob Valley του Tajikistan, κοιτάσματα άνθρακα καίγονται για χιλιάδες χρόνια, δημιουργώντας τεράστιους υπόγειους λαβύρινθους γεμάτους μοναδικά ορυκτά, μερικά από τα οποία είναι πολύ όμορφα. Οι ντόπιοι χρησιμοποιούσαν κάποτε αυτή τη μέθοδο για να εξορύξουν αμμωνία. Αυτή η περιοχή ήταν γνωστή από την εποχή του Ηροδότου, αν και οι ευρωπαίοι γεωγράφοι είχαν παρερμηνεύσει τις Αρχαίες Ελληνικές περιγραφές που επιδείκνυαν ένα ενεργό ηφαιστειο στο Τουρκεστάν (μέχρι τον 19ο αιώνα που ο ρωσικός στρατός εισέβαλε στην περιοχή).

Ο βράχος κοκκινωπού ιλυόλιθου που καλύπτει πολλές κορυφογραμμές και λόφους στο Powder River Basin στο Wyoming και τη δυτική περιοχή της Βόρειας Ντακότα ονομάζεται πορσελανίτης (porcelanite) και μοιάζει με το κλίνκερ (clinker - απόβλητο που παράγεται από την καύση του άνθρακα) ή με ηφαιστειακή «σκωρία». Το κλίνκερ είναι ένα πέτρωμα που έχει λιώσει από τη φυσικό καύση του άνθρακα. Στο Powder River Basin έχουν καεί περίπου 27 με 54.000.000.000 τόνοι άνθρακα μέσα στα τελευταία τρία εκατομμύρια χρόνια. Από την αποστολή Lewis και Clark καθώς και από εξερευνητές και άποικους της περιοχής έχουν αναφερθεί μεγάλες πυρκαγιές άνθρακα στην περιοχή.

### **Οι τάσεις στην Παραγωγή**

Το 2006, η Κίνα ήταν η κορυφαία χώρα παραγωγής άνθρακα, με μερίδιο 38%, ακολουθούμενη από τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ινδία, σύμφωνα με την Βρετανική Γεωλογική Υπηρεσία (British Geological Survey). Από το 2012 η παραγωγή άνθρακα στις Ηνωμένες Πολιτείες άρχισε να πέφτει με ποσοστό 7% ετησίως αναγκάζοντας έτσι πολλές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν άνθρακα να κλείσουν ή να μετατραπούν ώστε να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο. Ωστόσο, ένα μέρος της μειωμένης εγχώριας ζήτησης αντισταθμίστηκε από την αύξηση των εξαγωγών, με πέντε τερματικούς σταθμούς εξαγωγής άνθρακα στο Βορειοδυτικό Ειρηνικό να εξάγουν άνθρακα στη Powder River Basin της Κίνα και άλλες ασιατικές αγορές. Ένας άλλος λόγος αύξησης των εξαγωγών από το 2013, είναι η αύξηση των αντιδράσεων σχετικά με το περιβαλλοντικά θέματα. Ο άνθρακας υψηλής περιεκτικότητας σε θείο που εξορύσσεται στο Ιλινόις δεν μπορεί να πωληθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες και βρήκε

μια έτοιμη αγορά στην Ασία με αποτέλεσμα οι εξαγωγές να φτάσουν τα 13 εκατ. τόνους το 2012.

### **Παγκόσμια αποθέματα άνθρακα**

Η Energy Information Administration υπολογίζει ότι υπάρχουν 948 δισ. short tones άνθρακα που μπορούν να εξορυχτούν και ισοδυναμούν με περίπου 4.196 BBOE (δισεκατομμύρια βαρέλια ισοδύναμου πετρελαίου). Η ποσότητα άνθρακα που κάηκε κατά τη διάρκεια του 2007 εκτιμάται σε 7.075 εκατ. short tones, ή 133.179 τετράκις BTU. Αυτό είναι κατά μέσο όρο 18,8 εκατ. BTU ανά short tone. Όσον αφορά το περιεχόμενο της θερμότητας, αυτό είναι περίπου 57 εκατομμύρια βαρέλια ισοδύναμου πετρελαίου (9,1 εκατομμύρια m<sup>3</sup>) την ημέρα. Συγκριτικά, το 2007, το φυσικού αερίου παρείχε 51 εκατ. βαρέλια ισοδύναμου πετρελαίου (8,1 εκατομμύρια m<sup>3</sup>) την ημέρα, ενώ το πετρέλαιο παρείχε 85,8 εκατ. βαρέλια (13.640.000 m<sup>3</sup>) ανά ημέρα.

Η British Petroleum, στην έκθεσή της το 2007, εκτίμησε στο τέλος του 2006 ότι υπήρχε αναλογία 147 χρόνων αποθέματα-προς-παραγωγή σύμφωνα με τα αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα παγκοσμίως. Το ποσό αυτό περιλαμβάνει μόνο τα αποθεματικά που ταξινομούνται ως αποδεδειγμένα. Τα εξερευνητικά προγράμματα με γεωτρήσεις από τις εταιρείες εξόρυξης, ιδιαίτερα στο χαμηλότερες ανεξερεύνητες περιοχές ανακαλύπτουν συνεχώς νέα αποθεμάτων. Σε πολλές περιπτώσεις, οι εταιρείες γνωρίζουν κοιτάσματα άνθρακα που δεν έχουν ερευνηθεί επαρκώς, όμως χαρακτηρίζονται ως αποδεδειγμένα. Επίσης να σημειωθεί ότι ορισμένα έθνη δεν έχουν κοινοποιήσει νέες πληροφορίες και τα δεδομένα για τα αποθέματα τους παραμένουν στα ίδια επίπεδα ακόμη και μετά τη χρήση κάποιον από αυτά.

Από τα τρία ορυκτά καύσιμα, ο άνθρακας έχει τα πιο ευρέως καταναμημένα αποθέματα. Ο άνθρακας εξορύσσεται σε πάνω από 100 χώρες, καθώς και σε όλες τις ηπείρους εκτός από την Ανταρκτική. Τα μεγαλύτερα αποθέματα βρίσκονται στις Ηνωμένες Πολιτείες, τη Ρωσία, την Κίνα, την Αυστραλία και την Ινδία .

Τα βεβαιωμένα αποθέματα άνθρακα στο τέλος του 2008 (εκατ. τόνοι (teragrams)) παρουσιάζονται στον πίνακα 10

Η παραγωγή του Άνθρακα ανά χώρα και έτος (σε εκατομμύρια τόνους) παρουσιάζεται στον πίνακα 11



Η κατανάλωση Άνθρακα ανά χώρα και έτος (σε εκατ. short tones) παρουσιάζεται στον πίνακα 12

Οι εξαγωγές άνθρακα από ανά Χώρα ανά έτος (σε εκατομμύρια μικρών τόνων) παρουσιάζονται στον πίνακα 13

Οι εισαγωγές άνθρακα ανά Χώρα ανά έτος (σε εκατ. short tones) παρουσιάζονται στον πίνακα 14

### **Άνθρακας και Ναυτιλία**

Ο άνθρακας αποτελεί μια παγκόσμια βιομηχανία. Εξορύσσεται σε περισσότερες από 50 χώρες και χρησιμοποιείται σε πάνω από 70. Είναι άμεσα διαθέσιμος από μια ευρεία ποικιλία των πηγών σε μία καλά εφοδιασμένη παγκόσμια αγορά. Ο άνθρακας μπορεί να μεταφερθεί στα κέντρα ζήτησης γρήγορα, εύκολα και με ασφάλεια με πλοίο και σιδηροδρομικές μεταφορές. Ο μεγάλος αριθμός των προμηθευτών που δραστηριοποιείται στη διεθνή αγορά άνθρακα, εξασφαλίζει μια ανταγωνιστική και αποδοτική αγορά.

Ο τρόπος που ο άνθρακας μεταφέρεται στο σημείο που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την απόσταση που πρέπει να καλυφθεί. Για μικρές αποστάσεις η μεταφορά γίνεται από το μεταφορέα ή με χρήση φορτηγού. Για μεγαλύτερες εγχώριες μεταφορές χρησιμοποιούνται τρένα και φορτηγίδες. Εναλλακτικά ο άνθρακας μπορεί να αναμιχθεί με νερό για σχηματισμό ενός πολτού άνθρακα και μεταφέρεται μέσω ενός αγωγού.

Για τις διεθνείς μεταφορές γίνεται συνήθως χρήση πλοίων. Τα μεγέθη τους κυμαίνονται από:

- **Handysize**: Τα πλοία αυτού του τύπου έχουν χωρητικότητα μέχρι 39.999 dwt. Μεταφέρουν κυρίως minor bulks και επιχειρούν σε τοπικές διαδρομές. Τα πλοία τύπου Handysize είναι ευέλικτα καθώς μπορούν να προσεγγίσουν λιμάνια με περιορισμούς στο βάθος και στο μήκος. Φέρουν εξοπλισμό φορτοεκφόρτωσης και μπορούν να προσεγγίζουν λιμάνια με περιορισμένες υποδομές.
- **Panamax**: Τα πλοία αυτού του τύπου έχουν χωρητικότητα από 60.000 έως 79.999 dwt. Μεταφέρουν άνθρακα, σιδηρομεταλλεύματα, σιτηρά και σε μικρότερο βαθμό προϊόντα γάλβα, τσιμέντο και λιπάσματα. Μπορούν να διασχίσουν τη διώρυγα του Παναμά έχοντας πλεονέκτημα σε σχέση με άλλου τύπου πλοία. Τα περισσότερα πλοία τύπου Panamax και Post-Panamax δεν διαθέτουν εξοπλισμό

φορτοεκφόρτωσης και εξαρτώνται από τις εγκαταστάσεις των λιμανιών στα οποία δένουν. Υπάρχει ένα μικρός αριθμός πλοίων που φέρουν γεραμούς και μπορούν να προσεγγίζουν λιμάνια με περιορισμένες φορτοεκφορτωτικές υποδομές

- Capesize: Έχουν χωρητικότητα από 110.000 έως 199.999 dwt. Μόνο τα μεγαλύτερα λιμάνια του κόσμου έχουν την υποδομή να φιλοξενήσουν πλοία αυτού του μεγέθους. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την μεταφορά σιδηρομεταλλευμάτων ή άνθρακα και σε μικρότερο βαθμό δημητριακών προϊόντων σε δρομολόγια μακρινών αποστάσεων

Ο άνθρακας είναι αντικείμενο διαπραγμάτευσης σε όλο τον κόσμο. Ο άνθρακας διανύει τεράστιες αποστάσεις από τη θάλασσα προκειμένου να φτάσει στον τελικό παραλήπτη του.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων είκοσι ετών:

- θαλάσσιου εμπορίου άνθρακα ατμού (steam coal) έχει αυξηθεί κατά μέσο όρο κατά περίπου 7% ετησίως
- θαλάσσιο εμπόριο κοκ (coke) αυξήθηκε κατά 1,6% ετησίως.

Συνολικά, το διεθνές εμπόριο άνθρακα έφτασε τα 1.142 εκατ. τόνους το 2011. Αυτό είναι μια σημαντική ποσότητα άνθρακα που, όμως αντιπροσωπεύει μόνο περίπου το 16% του συνολικού άνθρακα που καταναλώνεται. Οι μεγαλύτερες ποσότητες άνθρακα χρησιμοποιούνται στη χώρα στην οποία παράγονται.

Τα έξοδα μεταφοράς αποτελούν ένα μεγάλο μερίδιο της συνολικής τιμής παράδοσης του άνθρακα. Γι' αυτό το λόγο και το διεθνές εμπόριο steam coal χωρίζεται ουσιαστικά σε δύο περιφερειακές αγορές

- η αγορά του Ατλαντικού, που απαρτίζεται από χώρες που εισάγουν στη Δυτική Ευρώπη, όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, η Γερμανία και η Ισπανία.
- η αγορά του Ειρηνικού, που αποτελείται από αναπτυσσόμενους και OECD ασιάτες εισαγωγείς, κυρίως την Ιαπωνία, την Κορέα και την κινεζική Ταϊπέι. Η αγορά Ειρηνικού αντιπροσωπεύει σήμερα περίπου το 57% του παγκόσμιου θαλάσσιου εμπορίου steam coal.

Η Ινδονησία έχει ξεπεράσει την Αυστραλία ως ο μεγαλύτερος παγκόσμιος εξαγωγέας άνθρακα. Μόνο το 2011 έγινε εξαγωγή πάνω 300εκατ. τόνων άνθρακα. Η Αυστραλία παραμένει ο μεγαλύτερος προμηθευτής κοκ, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 50% των παγκόσμιων εξαγωγών.

## 9. ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Το πετρέλαιο (η λέξη προέρχεται από τα ελληνικά "πέτρα" και "έλαιο", "λάδι της πέτρας" / λατινικά *petroleum*), που μερικές φορές στην καθημερινή γλώσσα αποκαλείται και μαύρος χρυσός ή τσάι του Τέξας, είναι παχύρρευστο, μαύρο ή βαθύ καφετί ή **πρασινωπό υγρό πέτρωμα**, που αποτελεί τη σπουδαιότερη φυσική πηγή ενέργειας στις μέρες μας. Ο όρος (στην ορθογραφία "*petroleum*") εμφανίζεται το 10ο αιώνα σε παλιές αγγλικές πηγές. Χρησιμοποιήθηκε στην πραγματεία *De Natura Fossilium*, που δημοσιεύθηκε το 1546 από το γερμανικό μεταλλειολόγο Georg Bauer, γνωστή επίσης ως "*Gorgeous Agricola*".

Το 19ο αιώνα, ο όρος "πετρέλαιο" συχνά χρησιμοποιείται για να δηλώσει τα πετρελαιοειδή και τα εξευγενισμένα έλαια που παράγονται με απόσταξη από εξορυγμένα οργανικά στερεά (όπως ο άνθρακας και αργότερα ο σχιστόλιθος πετρελαίου (*shale oil*)) στο Ηνωμένο Βασίλειο, την αποθήκευση (και αργότερα μεταφορά) αυτών των πετρελαιοειδών, όπως αυτές οι διαδικασίες ορίζονται από την *Petroleum Act* από το 1863 και μετά.

### Η Ιστορία του Πετρελαίου - Το Παρελθόν

Πετρέλαιο, στη μία ή την άλλη μορφή του, έχει χρησιμοποιείται από τους αρχαίους χρόνους, και είναι πλέον σημαντικό σε πολλούς τομείς της κοινωνία, συμπεριλαμβανομένων της οικονομίας, της πολιτικής και της τεχνολογίας. Η αύξηση της σημασίας του οφείλεται στην εφεύρεση του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Επίσης παρουσιάστηκε αύξηση στην σημασία του στην εμπορική αεροπλοΐα και τη βιομηχανική οργανική χημεία, ιδιαίτερα για τη σύνθεση πλαστικών, λιπασμάτων, διαλυτών, κολλών και τα φυτοφάρμακων.

Σύμφωνα με τον Ηρόδοτο και τον Διόδωρο Σικελιώτη (περισσότερα από 4000 χρόνια πριν) χρησιμοποιήθηκε ασφαλτος στην κατασκευή των τειχών και των πύργων της Βαβυλώνας (υπήρχαν λάκκοι πετρελαίου κοντά *Ardericca* (κοντά στη Βαβυλώνα)), και μια μικρή ποσότητα στη Ζάκυνθο. Μεγάλες ποσότητες βρέθηκαν στις όχθες του ποταμού Ισού, (παραποτάμιος του Ευφράτη). Αναφορές σε αρχαία Περσικά κείμενα δείχνουν χρήσεις του πετρελαίου σε φάρμακα και στο φωτισμού στα ανώτερα κοινωνικά επίπεδα. Το 347 μ. Χ., το πετρέλαιο εξορύσσεται με γεωτρήσεις από μπαμπού στην Κίνα. Παλιοί Βρετανοί εξερευνητές στο Myanmar περιγράφουν μια

ακμάζουσα βιομηχανία εξόρυξης πετρελαίου στο Yenangyaung το 1795. Εκεί υπήρχαν εκατοντάδες πηγάδια για εξόρυξη με τα χέρια στο στάδιο της παραγωγής. Οι μυθολογικές προελεύσεις των κοιτασμάτων πετρελαίου στο Yenangyaung και ο κληρονομικός μονοπωλιακός έλεγχος από 24 οικογένειες, δείχνουν την πολύ αρχαία προέλευση.

### **Η Ιστορία του Πετρελαίου - Η σύγχρονη ιστορία**

Το 1847 ο James Young εφεύρε τη διαδικασία για την απόσταξη κηροζίνης από το πετρέλαιο. Παρατήρησε μια φυσικό διαρροή πετρελαίου στο ανθρακωρυχείο Riddings στην Alfreton του Derbyshire από την οποία αποσταζόταν ένα ελαφρύ λεπτό λάδι κατάλληλο για χρήση ως φωτιστικό πετρέλαιο, ταυτόχρονα δημιουργούταν και ένα παχύτερο λάδι κατάλληλο για τη λίπανση μηχανημάτων. Το 1848 ο Young δημιούργησε μια μικρή επιχείρηση διύλισης του αργού πετρελαίου.

Ο Young τελικά πέτυχε με απόσταξη του cannel coal σε χαμηλή θερμότητα τη δημιουργία ενός υγρού που μοιάζει με το πετρέλαιο, το οποίο όταν κατεργαζόταν με τον ίδιο τρόπο όπως το διαρρέον πετρέλαιο έδινε παρόμοια προϊόντα. Ο Young διαπίστωσε ότι με βραδεία απόσταξη μπορούσε να λάβει έναν αριθμό χρήσιμων υγρών από αυτό, ένα από τα οποία ονόμασε "παραφινέλαιο", επειδή σε χαμηλές θερμοκρασίες, έπηξε σε μια ουσία που μοιάζει με κερι παραφίνης.

Η παραγωγή αυτών των ελαίων και στερεών κεριών παραφίνης από τον άνθρακα αποτέλεσε το αντικείμενο του διπλώματος ευρεσιτεχνίας του με ημερομηνία 17 Οκτωβρίου 1850. Το 1850 οι Young & Meldrum και Edward William Binney έκαναν συνεργασίες με τίτλους "EW Binney & Co." στο Bathgate του West Lothian και "E. Meldrum & Co." στη Γλασκώβη. Οι εργασίες στο Bathgate ολοκληρώθηκαν το 1851 και ήταν οι πρώτες εργασίες εμπορικής εκμετάλλευσης του πετρελαίου στον κόσμο, με το πρώτο σύγχρονο διυλιστήριο πετρελαίου. Χρησιμοποιούταν έλαια που παραγόταν από τορμπανίτη (torbanite), ο οποίος εξορυσσόταν τοπικά, από σχιστόλιθο, και από ασφαλτούχο άνθρακα. Η παραγωγή τους ήταν νέφτι και λιπαντικά έλαια. Η παραφίνη για χρήση σε καύσιμα και η στερεά παραφίνη δεν πωλήθηκαν μέχρι το 1856.

Ένα άλλο πρώιμο διυλιστήριο χτίστηκε από τον Ignacy Łukasiewicz, παρέχοντας μια φθηνότερη λύση, εναλλακτική των ελαίων από φάλανα. Η ζήτηση για το πετρέλαιο ως καύσιμο το φωτισμό στη Βόρεια Αμερική και σε όλο τον κόσμο αυξήθηκε γρήγορα. Οι

εγκαταστάσεις άντλησης του Edwin Drake το 1859 κοντά στο Titusville της Πενσυλβανία θεωρούνται η πρώτη γεώτρηση. Αυτή ξεχώρισε πιθανώς επειδή έγινε άντληση και δεν έσκαβαν, επειδή χρησιμοποιήθηκε μια ατμομηχανή, επειδή υπήρχε μια εταιρεία που συνδεόταν με αυτό και επειδή πυροδοτήθηκε μια μεγάλη έκρηξη. Ωστόσο, υπήρχε σημαντική δραστηριότητα και πριν τον Drake σε διάφορα μέρη του κόσμου, στα μέσα του 19ου αιώνα. Μια ομάδα που κατευθυνόταν από τον Major Alexeyev της Bakinskii Corps of Mining Engineers έκαναν γεώτρηση με το χέρι στην περιοχή Μπακού το 1848. Την ίδια χρονιά που έδρασε ο Drake, υπήρχαν κινητήρα για γεωτρήσεις και στη Δυτική Βιρτζίνια. Μια από τις πρώτες εμπορικές γεωτρήσεις που έγινε με το χέρι ήταν στην Πολωνία το 1853, και μία άλλη στην κοντινή Ρουμανία το 1857. Τον ίδιο καιρό άνοιξε και το πρώτο στον κόσμο μικρό διυλιστήριο πετρελαίου στο Jaslo στην Πολωνία και ένα μεγαλύτερο στο Ploiești της Ρουμανίας λίγο μετά. Η Ρουμανία είναι η πρώτη χώρα στον κόσμο με ετήσια παραγωγή αργού πετρελαίου που έχει καταγραφεί επίσημα σε διεθνείς στατιστικές: 275 τόνοι το 1857.

Η πρώτη εμπορική πετρελαιοπηγή στον Καναδά άρχισε να λειτουργεί το 1858 στο Oil Springs του, Οντάριο (τότε Καναδική Δύση). Ο επιχειρηματίας James Miller Williams έκανε αρκετές γεωτρήσεις μεταξύ 1855 και 1858, πριν την ανακάλυψη ενός πλούσιου αποθέματος πετρελαίου τέσσερα μέτρα κάτω από το έδαφος. Ο Williams εξήγαγε 1,5 εκατ. λίτρα αργού πετρελαίου το 1860, διυλίζοντας μεγάλο μέρος του σε λάδι για λάμπες κηροζίνης. Η γεώτρηση του Williams έγινε εμπορικά διαθέσιμη ένα χρόνο πριν από τη λειτουργία των εγκαταστάσεων του Drake στην Πενσυλβανία και θα μπορούσε να πει κάποιος ότι είναι η πρώτη εμπορική γεώτρηση πετρελαίου στη Βόρεια Αμερική.

[ 22 ] Η ανακάλυψη στην Oil Springs έφερε εκατοντάδες κερδοσκόπων και εργαζομένων στην περιοχή. Οι γεωτρήσεις συνεχίστηκαν και το 1862 όταν ο τοπικός εξορύχος Shaw φθάσει σε βάθος 62 μέτρων, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο γεώτρησης "spring-pole". Στις 16 Ιανουαρίου του 1862, μετά από μια έκρηξη φυσικού αερίου το πρώτο πηγάδι πετρελαίου του Καναδά τέθηκε σε παραγωγή, παράγοντας 3.000 βαρέλια την ημέρα. Μέχρι το τέλος του 19ου αιώνα η Ρωσική Αυτοκρατορία, ιδιαίτερα η εταιρεία Branobel στο Αζερμπαϊτζάν είχε το προβάδισμα στην παραγωγή.

Η πρόσβαση στο πετρέλαιο ήταν και εξακολουθεί να είναι ένας σημαντικός παράγοντας πολλών στρατιωτικών συγκρούσεων του εικοστού αιώνα, συμπεριλαμβανομένου του Β 'Παγκοσμίου Πολέμου, κατά τη διάρκεια του οποίου οι εγκαταστάσεις πετρελαίου ήταν

ένα σημαντικό στρατηγικό πλεονέκτημα και βομβαρδίστηκαν εκτεταμένα. Η γερμανική εισβολή στη Σοβιετική Ένωση περιελάμβανε σα στόχος την κατοχή των πετρελαιοπηγών του Μπακού, οι οποίες θα παρείχαν τις αναγκαία προμήθειες πετρελαίου για το γερμανικό στρατό, ο οποίος έπασχε από τους αποκλεισμούς. Η εξερεύνηση του πετρελαίου στη Βόρεια Αμερική στις αρχές του 20ου αιώνα έκανε τις ΗΠΑ το μεγαλύτερο παραγωγό από τα μέσα του αιώνα. Καθώς η παραγωγή πετρελαίου στις ΗΠΑ κορυφώθηκε κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960, οι Ηνωμένες Πολιτείες ξεπέρασαν τη Σαουδική Αραβία και τη Σοβιετική Ένωση. Σήμερα, περίπου το 90% των αναγκών σε καύσιμα για τα οχήματα καλύπτονται από το πετρέλαιο. Το πετρέλαιο αποτελεί το 40% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες, αλλά είναι υπεύθυνο μόνο για το 1% της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Το πετρέλαιο σαν φορητή, πυκνή πηγή ενέργειας (που τροφοδοτεί τη συντριπτική πλειονότητα των οχημάτων) και ως βάση για πολλές βιομηχανικές χημικές ουσίες, είναι ένα από τα σημαντικότερα εμπορεύματα του κόσμου. Η βιωσιμότητα του πετρελαίου σαν εμπόρευμα ελέγχεται από πολλές σημαντικές παραμέτρους, όπως ο αριθμός των οχημάτων στον κόσμο, που ανταγωνίζονται για τα καύσιμα, η ποσότητα του πετρελαίου που εξάγεται στην παγκόσμια αγορά (Export Land Model), το καθαρό ενεργειακό κέρδος (οικονομικά ωφέλιμη ενέργεια που παρέχεται μείον την ενέργεια που καταναλώνεται), η πολιτική σταθερότητα των εθνών που κάνουν εξαγωγή πετρελαίου και η ικανότητα για να υπερασπιστούν τις γραμμές εφοδιασμού με πετρέλαιο.

Οι τρεις πρώτες χώρες που παράγουν πετρέλαιο είναι η Ρωσία, η Σαουδική Αραβία και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Περίπου το 80% του εύκολα προσβάσιμου αποθέματος στον κόσμο βρίσκονται στη Μέση Ανατολή, με 62,5% να προέρχεται από τη Σαουδική Αραβία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, το Ιράκ, το Κατάρ και το Κουβέιτ. Ένα μεγάλο μέρος του συνολικού πετρελαίου στον κόσμο υπάρχει σε μη συμβατικές πηγές, όπως η άσφαλτος (bitumen) στον Καναδά και έξτρα βαρύ πετρέλαιο (extra heavy oil) στη Βενεζουέλα. Ενώ σημαντικές ποσότητες πετρελαίου εξάγονται από άμμο πετρελαίου (oil sands), ιδιαίτερα στον Καναδά, παραμένουν κάποια διοικητικά και τεχνικά εμπόδια, όπως ότι η εξόρυξη πετρελαίου απαιτεί μεγάλα ποσά θερμότητας και νερού, καθιστώντας το καθαρό ενεργειακό περιεχόμενο του αρκετά χαμηλό σε σχέση



με το συμβατικό αργό πετρέλαιο. Έτσι, η άμμος πετρελαίου του Καναδά δεν μπορεί να παράγει περισσότερα από μερικά εκατ. βαρέλια την ημέρα στο εγγύς μέλλον.

### **Η Χημική Σύσταση του Πετρελαίου**

Με τη στενή έννοια, το πετρέλαιο περιλαμβάνει μόνο το αργό πετρέλαιο, αλλά στην καθημερινή χρήση του περιλαμβάνει όλους τους υγρούς, αέριους και στερεούς υδρογονάνθρακες. Το πετρέλαιο εμφανίζεται μέσα σε πορώδη πετρώματα στα ανώτερα στρώματα μερικών περιοχών του φλοιού της Γης. Κάτω, λοιπόν, από την επιφάνεια της γης και υπό συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, ελαφρύτεροι υδρογονάνθρακες όπως το μεθάνιο, το αιθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο εμφανίζονται ως αέρια, ενώ το πεντάνιο και βαρύτερα από αυτό είναι σε υγρή ή στερεή μορφή. Οι αναλογίες των αερίων, υγρών και στερεών υδρογονανθράκων εξαρτάτε από τις συνθήκες κάτω από την επιφάνεια και τη κατάσταση του μίγματος πετρελαίου.

Κάθε πετρελαιοπηγή παράγει κυρίως αργό πετρέλαιο, με κάποιο φυσικό αέριο διαλυμένο σε αυτό. Επειδή η πίεση είναι χαμηλότερη στην επιφάνεια της γης σε σχέση με τις υπόγειες περιοχές, κάποιο μέρος του αερίου θα απελευθερωθεί από το διάλυμα και θα καεί. Μια γεώτρηση αερίου παράγει κυρίως φυσικό αέριο. Επειδή η υπόγεια θερμοκρασία και πίεση είναι υψηλότερες από ότι οι αντίστοιχες στην επιφάνεια, το αέριο μπορεί να περιέχει βαρύτερους υδρογονάνθρακες όπως πεντάνιο, εξάνιο και επτάνιο σε αέρια κατάσταση. Στις συνθήκες της επιφάνειας αυτά θα συμπυκνωθούν από το αέριο για να σχηματιστεί συμπυκνωμένο φυσικό αέριο, το οποίο αναφέρεται συχνά σαν συμπύκνωμα. Το συμπύκνωμα μοιάζει με βενζίνη στην εμφάνιση και έχει παρόμοιο σύνθεση με κάποια ελαφρά πτητικά έλαια αργού πετρελαίου.

Το ποσοστό των ελαφρών υδρογονανθράκων στο μίγμα του πετρελαίου ποικίλλει σημαντικά μεταξύ των διαφόρων περιοχών του πετρελαίου και κυμαίνεται από 97% του βάρους στα φωτιστικά έλαια μέχρι 50% του βάρους στα βαρύτερα έλαια και τις πίσσες. Οι υδρογονάνθρακες στο αργό πετρέλαιο είναι κυρίως αλκάνια, κυκλοαλκάνια και διάφοροι αρωματικοί υδρογονάνθρακες. Περιέχονται επίσης άλλες οργανικές ενώσεις, όπως άζωτο, οξυγόνο και θείο, και ίχνη μετάλλων όπως σίδηρος, νικέλιο, το χαλκό και βανάδιο. Η ακριβής μοριακή σύνθεση ποικίλλει από σχηματισμό σε σχηματισμό, αλλά η αναλογία των χημικών στοιχείων δεν παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις. Η περιεκτικότητα στα χημικά στοιχεία έχει ως εξής:

- Ανθρακας 83 έως 85%
- Υδρογόνο 10 έως 14%
- Άζωτο 0,1 έως 2%
- Οξυγόνο 0,05 έως 1,5%
- Θείο 0,05 έως 6,0%
- Μέταλλα <0,1%

Οι διαφορετικοί τύποι υδρογονανθράκων που εμφανίζονται στο αργό πετρέλαιο είναι τέσσερις. Το ποσοστό καθενός από αυτούς διαφέρει από πετρέλαιο σε πετρέλαιο, καθορίζοντας, έτσι τις ιδιότητες κάθε ελαίου. Τα ποσοστά των υδρογονανθράκων έχουν ως εξής:

- Αλκάνια (παραφίνες) Μέσος Όρος: 30% Κλίμακα: 15 έως 60%
- Ναφθένια Μέσος Όρος: 49% Κλίμακα: 30 έως 60%
- Αρωματικά Μέσος Όρος: 15% Κλίμακα: 3 έως 30%
- Ασφαλτικά Μέσος Όρος: 6% Κλίμακα: υπόλοιπο

Το αργό πετρέλαιο ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό στην εμφάνιση του ανάλογα με τη σύνθεσή του. Είναι συνήθως μαύρο ή σκούρο καφέ (αν και μπορεί να είναι κιτρινωπό, κοκκινωπό, ή ακόμα και πρασινωπό). Στη δεξαμενή που βρίσκεται συνήθως συνδυασμένο με το φυσικό αέριο, το οποίο είναι ελαφρύτερο σχηματίζεται ένα καπάκι αερίου πάνω από το πετρέλαιο, και το αλατούχο νερό το οποίο, είναι βαρύτερο από τις περισσότερες μορφές του αργού πετρελαίου, γενικά βυθίζεται κάτω από αυτό. Το ακατέργαστο πετρέλαιο μπορεί επίσης να βρεθεί σε ημι-στερεά μορφή αναμεμιγμένο με άμμο και νερό, όπως στην Athabasca στον Καναδά, που συνήθως αναφέρεται ως ακατέργαστη πίσσα. Στον Καναδά, η ακατέργαστη αυτή πίσσα είναι κολλώδης, μαύρη, και μοιάζει με πίσσα, είναι όμως τόσο παχιά και βαριά που πρέπει να θερμανθεί ή να αραιωθεί για να μπορεί να ρέει. Η Βενεζουέλα έχει επίσης μεγάλες ποσότητες ελαίων στο Orinoco. Εκεί οι υδρογονάνθρακες που έχουν παγιδευτεί είναι σε πιο ρευστή μορφή από ότι στον Καναδά και ονομάζονται συνήθως πολύ βαρύ πετρέλαιο (extra heavy oil). Αυτό το είδος άμμου πετρελαίου ονομάζεται και μη συμβατικό πετρέλαιο για να διακρίνεται από το πετρέλαιο που μπορεί να εξαχθεί χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους. Στον Καναδά και τη Βενεζουέλα εκτιμάται ότι υπάρχουν 3,6



τρισεκατομμύρια βαρέλια ( $570 \times 10^9 \text{ m}^3$ ) από ακατέργαστη πίσσα και έξτρα βαρύ πετρέλαιο, δηλαδή περίπου το διπλάσιο του όγκου των παγκόσμιων αποθεμάτων συμβατικού πετρελαίου.

Το αργό πετρέλαιο χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή πετρελαίου και βενζίνης. Και τα δύο αυτά υλικά αποτελούν σημαντικές πηγές πρωτογενούς ενέργειας. Το 84% του όγκου των υδρογονανθράκων που υπάρχουν στο πετρέλαιο μετατρέπεται σε πλούσια σε ενέργεια καύσιμα, συμπεριλαμβανομένης της βενζίνης, του ντίζελ, του τζετ, του πετρελαίου θέρμανσης, άλλων πετρελαίων και του υγραερίου. Τα ελαφρά κλάσματα του αργού πετρελαίου παράγουν τα προϊόντων με καλύτερες επιδόσεις, αλλά τα αποθέματα του κόσμου σε ελαφρά και μεσαίου βάρους πετρέλαια εξαντλούνται, αναγκάζοντας τα διυλιστήρια ολοένα και περισσότερο να χρειάζεται να επεξεργαστούν το βαρύ πετρέλαιο και την πίσσα. Αυτό απαιτεί πιο πολύπλοκες και δαπανηρές μεθόδους για την παραγωγή των προϊόντων που απαιτούνται. Επειδή το βαρύτερο αργό πετρέλαιο έχει πάρα πολύ άνθρακα και όχι αρκετό υδρογόνο, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται έχουν σαν αποτέλεσμα την αφαίρεση του άνθρακα ή της προσθήκης υδρογόνου στα μόρια του, και χρησιμοποιείται η ρευστή καταλυτική πυρόλυση (fluid catalytic cracking) για τη μετατροπή των πολύπλοκων μορίων σε μικρότερα, απλούστερα σαν αυτά των καυσίμων.

Λόγω της υψηλής της ενεργειακής πυκνότητας, της εύκολης μεταφοράς και της σχετικής αφθονίας του, το πετρέλαιο έχει γίνει η πιο σημαντική πηγή ενέργειας στον κόσμο από τα μέσα της δεκαετίας του 1950. Το πετρέλαιο είναι επίσης η πρώτη ύλη για πολλά χημικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων φαρμακευτικών προϊόντων, διαλυτών, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και πλαστικών. Το 16% του πετρελαίου, που δεν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας μετατρέπεται υπόλοιπα υλικά που αναφέρθηκαν. Το πετρέλαιο βρίσκεται σε πορώδη πετρώματα στα ανωτέρα στρώματα ορισμένων περιοχών του φλοιού της Γης. Υπάρχει επίσης πετρελαίου σε μορφή άμμου. Τα γνωστά τα αποθέματα πετρελαίου εκτιμάτε να είναι περίπου  $190 \text{ km}^3$  (1.2 τρισεκατομμύρια βαρέλια), χωρίς τα αποθέματα άμμου πετρελαίου, ή  $595 \text{ km}^3$  (3,74 τρισεκατομμύρια βαρέλια) συμπεριλαμβανομένης της άμμου πετρελαίου. Η κατανάλωση είναι σήμερα περίπου 84 εκατ. βαρέλια ( $13,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) ανά ημέρα, ή  $4,9 \text{ km}^3$  ανά έτος. Αυτά τα νούμερα με τη σειρά τους δίνουν ένα υπόλοιπο προσφοράς πετρελαίου μόνο 120 χρόνια ακόμα, εάν η τρέχουσα ζήτηση παραμείνει στατική.

## Η Ταξινόμηση του Πετρελαίου

Η βιομηχανία πετρελαίου κατατάσσει γενικά το αργό πετρέλαιο σύμφωνα με τη γεωγραφική τοποθεσία από όπου παράγεται (π.χ. West Texas Intermediate, Brent ή Ομάν ), από τη βαρύτητα API (ένα μέτρο πυκνότητας της βιομηχανίας πετρελαίου) και την περιεκτικότητά του σε θείο. Το αργό πετρέλαιο μπορεί να θεωρηθεί ως ελαφρύ εάν έχει χαμηλή πυκνότητα ή βαρύ εάν έχει υψηλή πυκνότητα. Μπορεί να αναφέρεται ως γλυκό εάν περιέχει σχετικά λίγο θείο ή ξινό αν περιέχει σημαντικές ποσότητες θείου. Η γεωγραφική θέση του είναι σημαντική, διότι επηρεάζει το κόστος μεταφοράς στο διυλιστήριο. Το ελαφρύ αργό πετρέλαιο είναι πιο επιθυμητό από το βαρύ πετρέλαιο, δεδομένου ότι παράγει υψηλότερης απόδοσης βενζίνη, ενώ το γλυκό πετρέλαιο πωλείται σε υψηλότερη τιμή από ότι το ξινό επειδή προκαλεί λιγότερα προβλήματα στο περιβάλλον και απαιτεί λιγότερη διύλιση για να ανταποκριθεί στα πρότυπα που επιβάλλονται στα καύσιμα σχετικά με το θείο στις χώρες που το χρησιμοποιούν. Κάθε ακάθαρτο πετρέλαιο έχει μοναδικά μοριακά χαρακτηριστικά που γίνονται γνωστά από την ανάλυσή του σε εργαστήρια.

Τα μοριακά χαρακτηριστικά του αργού πετρελαίου σε κάθε περιοχή έχουν καθοριστεί και τα διάφορα πετρέλαια από όλο τον κόσμο έχουν ταξινομηθεί χρησιμοποιώντας τιμές αναφοράς. Μερικά κοινά είδη αργών πετρελαίων είναι:

- Το West Texas Intermediate (WTI) είναι ένα πολύ υψηλής ποιότητας, γλυκό, ελαφρύ πετρέλαιο που παράγεται στο Cushing της Οκλαχόμα στη Βόρεια Αμερική.
- Το Brent Blend περιλαμβάνει 15 διαφορετικά είδη λαδιού από τις πεδιάδες Brent και Ninian που βρίσκονται στο East Shetland Basin της Βόρειας Θάλασσας . Το πετρέλαιο φορτώνεται στο Sullom Voe στο τερματικό Shetland . Η παραγωγή πετρελαίου από την Ευρώπη, την Αφρική και τη Μέση Ανατολή που ρέει προς τη Δύση τείνει να τιμολογείται με βάση αυτό το πετρέλαιο, το οποίο αποτελεί και σημείο αναφοράς.
- Το Dubai-Oman χρησιμοποιούνται ως σημείο αναφοράς για τη Μέση Ανατολή και είναι ένα ξινό αργό πετρέλαιο που ρέει προς την περιοχή της Ασίας-Ειρηνικού.

- Το Tapis (από τη Μαλαισία. Χρησιμοποιούνται ως σημείο αναφοράς για το ελαφρύ πετρέλαιο της Άπω Ανατολής)
- Το Minas (από την Ινδονησία. Χρησιμοποιείται ως σημείο αναφοράς για τα βαρέα πετρέλαια της Άπω Ανατολής)
- Το OPEC Reference Basket, ένας σταθμισμένος μέσος όρος των μειγμάτων πετρελαίου από διάφορες χώρες που συμμετέχουν στον ΟΠΧ (Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών).
- Το Midway Sunset Heavy, το οποίο είναι το βαρύ πετρέλαιο σύμφωνα με το οποίο τιμολογείται το πετρέλαιο στην Καλιφόρνια.

Γενικά παρατηρείται μια μείωση των ποσοτήτων των πετρελαίων αναφοράς που παράγονται κάθε χρόνο, έτσι χρησιμοποιούνται τελικά άλλα είδη πετρελαίων που είναι πιο κοινά.

### Η Προέλευση του Πετρελαίου

Για τον τρόπο δημιουργίας του πετρελαίου υπάρχουν πολλές (και μάλιστα αλληλοσυγκρουόμενες) θεωρίες. Οι κυριότερες είναι:

- Παλαιότερα οι χημικοί και οι γεωλόγοι που ερευνούσαν το αντικείμενο παραδέχονταν ότι το πετρέλαιο σχηματίστηκε από ανθρακομεταλλικές ενώσεις, τα λεγόμενα καρβίδια, όπως ακριβώς σχηματίζεται και το μεθάνιο από το ανθρακαργίλιο, το ακετυλένιο από το ανθρακασβέστιο, και άλλοι κατώτεροι υδρογονάνθρακες (όπως αυτοί που συναντάμε στο πετρέλαιο) από άλλα καρβίδια. Η θεωρία αυτή ανάγει στη δημιουργία του πετρελαίου σε ανόργανες πρώτες ύλες, είναι πράγματι ευφυής, αλλά σήμερα έχει εγκαταλειφθεί.
- Δύο λόγοι που αποτελούν και τα ισχυρά επιχειρήματα υπέρ της ακολουθούμενης σύγχρονης θεωρίας είναι αφενός η παρουσία αζωτούχων ενώσεων, και αφετέρου η εμφάνιση οπτικής στροφικής ικανότητας ορισμένων πετρελαίων. Η δεύτερη θεωρία, που είναι και γενικότερα παραδεκτή ανάγει την δημιουργία του πετρελαίου σε φυτικές και ζωικές πρώτες ύλες. Από τους πρώτους που άρχισε να δέχεται αυτή τη δεύτερη θεωρία ήταν ο γεωλόγος Ποτονιέ (το πετρέλαιο είναι προϊόν αποσύνθεσης ζωικών και φυτικών οργανισμών που εγκλείστηκαν μέσα στα πετρώματα σε μεγάλο βάθος στη Γη). Οπαδοί αυτής της θεωρίας δέχονται επίσης πως οι εν λόγω οργανισμοί ήταν κυρίως θαλάσσιοι, ανάλογοι με εκείνους που αποτελούν

το πλαγκτόν. Τα λείψανα αυτών των οργανισμών παρασύρθηκαν από θαλάσσια ρεύματα και ανέμους και συγκεντρώθηκαν κατά μεγάλες ποσότητες στους πυθμένες θαλασσίων λεκανών (κόλπων, λιμνοθαλασσών κ.τ.λ.). Οι λεκάνες αυτές στη συνέχεια από διάφορες ανακατατάξεις της επιφάνειας της Γης αποκλείστηκαν και καταχώθηκαν. Από αυτό το αποκλεισμένο οργανικό υλικό προέκυψε με αποσύνθεση και υπό την επίδραση αναεροβίων βακτηρίων, το πετρέλαιο. Η θεωρία αυτή βασίστηκε επίσης στο γεγονός ότι στα διάφορα πετρέλαια βρέθηκαν επίσης ίχνη χλωροφύλλης και αιμίνης. Η ύπαρξη αυτών των ενώσεων αποδεικνύει τη φυτική και ζωική προέλευση του πετρελαίου, όπως επίσης και ότι η δημιουργία του έγινε κάτω από ήπια βιολογική δράση, δεδομένου ότι οι ενώσεις αυτές αποσυντίθενται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 250 βαθμών. Η θεωρία αυτή ενισχύεται ακόμη περισσότερο από το γεγονός ότι τα πετρέλαια σήμερα εντοπίζονται πάντα σε τυπικά ιζηματογενή πετρώματα, ενώ στη βάση των πετρελαϊκών κοιτασμάτων ανευρίσκεται, σχεδόν πάντα, αλμυρό νερό.

### **Ενδείξεις Κοιτάσματος Πετρελαίου**

Η παρουσία πετρελαϊκού κοιτάσματος στο υπέδαφος δεν αποκαλύπτεται πάντα από επιφανειακές ενδείξεις. Συνεπώς η ανακάλυψη τέτοιων κοιτασμάτων μπορεί να γίνει τελείως συμπτωματικά. Τέτοια περίπτωση ήταν στην Αργεντινή το 1908 όταν σε μια γεώτρηση για πόσιμο νερό ανακαλύφθηκε πετρέλαιο.

Επιφανειακές ενδείξεις μπορούν να θεωρηθούν οι ακόλουθες:

- Εκτεταμένη γυμνή όψη της επιφάνειας (δεν παρατηρείται βλάστηση).
- Ύπαρξη πηγών αλμυρών ή θειούχων θερμών υδάτων.
- Εξερχόμενα αέρια από το υπέδαφος. Αυτά αποτελούν σοβαρή εξωτερική εκδήλωση πετρελαϊκού κοιτάσματος.
- Τα ιλυώδη ή βορβορώδη ηφαίστεια βρίσκονται κοντά σε κοιτάσματα πετρελαίου, όπως στην περίπτωση του Καυκάσου.
- Η κύρια επιφανειακή εκδήλωση ύπαρξης κοιτάσματος είναι οι αναβλύσεις πετρελαίου ή πίσσας. Από αυτή την παρατήρηση, όμως, είναι αδύνατον να εξαχθούν συμπεράσματα επί της οικονομικής εκμετάλλευσης του τυχόν υπάρχοντος κοιτάσματος.

## Μέθοδοι Εντοπισμού Κοιτασμάτων

Ανεξάρτητα όμως με τα παραπάνω, οι γεωλόγοι ερευνητές αναγκάζονται να ακολουθήσουν διάφορες μεθόδους για την εξαγωγή σαφέστερων συμπερασμάτων, όπως τη σεισμική, την ηλεκτρική, τη σταθμική, τη ραδιενεργή μέθοδο, καθώς και τους δύο τρόπους γεώτρησης (τύπου "κέιμπ τουλ" και η τύπου "ρόταρυ"). Στην πράξη, σπάνια χρησιμοποιείται μόνο μία μέθοδος. Συνήθως χρησιμοποιείται (ανάλογα με την θέση της έρευνας) συνδυασμός περισσότερων μεθόδων.

- Σεισμική μέθοδος: αυτή η μέθοδος βασίζεται κυρίως στην ταχύτητα μετάδοσης των δονήσεων ενός τεχνητού σεισμού, ο οποίος προκαλείται, συνήθως, με χρήση εκρηκτικών. Πραγματοποιείται με δύο τρόπους: Είτε με διάθλαση, είτε με ανάκλαση των σεισμικών κυμάτων και με χρήση αντίστοιχων σεισμικών οργάνων, δεδομένου ότι τα σεισμικά κύματα δεν διέρχονται εξ ολοκλήρου από υγρά. Η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι αντί πετρελαϊκού κοιτάσματος μπορεί να εντοπίσει και μεγάλες ποσότητες υπόγειων υδάτων.
- Ηλεκτρική μέθοδος: αυτή η μέθοδος βασίζεται κυρίως στο γεγονός ότι ο φλοιός της Γης έχει ορισμένες ηλεκτρικές σταθερές, μία εκ των οποίων είναι και η αντίσταση διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι, με δεδομένο ότι το πετρέλαιο δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, η ένδειξη μεγαλύτερης σχετικής αντίστασης μπορεί να θεωρηθεί ένδειξη παρουσίας πετρελαϊκού κοιτάσματος.
- Ηλεκτρομαγνητική μέθοδος: αυτή βασίζεται σε ευαίσθητα όργανα, τα καλούμενα μαγνητόμετρα, που μπορούν να μετρήσουν με σχετικά μεγάλη ακρίβεια την ένταση του μαγνητικού πεδίου της Γης από τόπο σε τόπο.
- Σταθμική ή βαρυτομετρική μέθοδος: αυτή βασίζεται στην μέτρηση της έντασης του πεδίου βαρύτητας στα διάφορα σημεία της επιφάνειας της Γης.
- Ραδιενεργή μέθοδος. Η μέθοδος αυτή κρίνεται πολύ αξιόπιστη και εφαρμόζεται με επιτυχία σε τοποθεσίες με ήπιο ανάγλυφο.

Παρά την επικρατούσα άποψη, το πετρέλαιο δεν είναι και τόσο σπάνιο πέτρωμα, αφού δεν υπάρχει σχεδόν καμία χώρα που να μην έχει ίχνη πετρελαίου ή ασφάλτου ή φυσικών γήινων αερίων. Αυτό που προσδιορίζει τη σπανιότητα είναι η δυνατότητα εκμετάλλευσης των πετρωμάτων αυτών (υφιστάμενη ποσότητα και κόστος εξόρυξης).

## Η Μορφή και η Σύνθεση του Πετρελαίου

Το ορυκτό (ή αργό) πετρέλαιο μπορεί να ποικίλει στην εμφάνιση, τη σύνθεση, και την καθαρότητα του. Λαμβάνοντας υπόψη τη σύνθεση των πετρελαίων, αυτά κατατάσσονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Παραφινικά πετρέλαια: αυτά περιέχουν στερεή παραφίνη και κατά την απόσταξη δίνουν σημαντική αναλογία ελαφρών κλασμάτων που αποτελούνται αποκλειστικά από κεκορεσμένους υδρογονάνθρακες της αλειφατικής σειράς. Τα πρώτα κλάσματα της αλειφατικής σειράς είναι το μεθάνιο, το αιθάνιο, το προπάνιο, και το βουτάνιο και παρατηρούνται και στα αέρια που συνοδεύουν το πετρέλαιο στην εξόρυξή του.
- Ασφαλτικά πετρέλαια: αυτά δίνουν περισσότερο βαρέα κλάσματα όπως μαζούτ και ορυκτέλαια. Τα ελαφρά κλάσματα των πετρελαίων αυτών αποτελούνται κυρίως από κεκορεσμένους κυκλικούς υδρογονάνθρακες (ναφθένια) της πολυμεθυλενικής σειράς.
- Ασφαλτοπαραφινικά πετρέλαια: αυτά αποτελούν μίξη των παραπάνω κατηγοριών όπου η μία σειρά δεν υπερτερεί της άλλης.

## Η Άντληση του Πετρελαίου

Η άντληση του πετρελαίου γίνεται από ειδικές πυργωτές εγκαταστάσεις, που εγκαθίστανται πάνω στις λεγόμενες πετρελαιοπηγές. Το πετρέλαιο λαμβάνεται μετά από διάτρηση του εδάφους (γεώτρηση) με τη μορφή αρτεσιανού φρέατος, όπου το πετρέλαιο, σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω των υφιστάμενων πιέσεων, αναβλύζει υπό μορφή πίδακα ύψους πολλών μέτρων. Συνηθέστερα όμως εξάγεται με άντληση αφού πρώτα προκληθεί πίεσης νερού (το πετρέλαιο επιπλέει στο νερό).

Συνεπώς, υπάρχουν πολλές μέθοδοι για την αύξηση της παραγωγής πετρελαίου από τις πηγές όπως με εξακόντιση νιτρογλυκερίνης ή με εισαγωγή υδροχλωρικού οξέος υπό πίεση ή ακόμα μετά από διαβίβαση αερίων υπό πίεση.

Γενικά το πετρέλαιο έρχεται αναμεμιγμένο με αέρια, νερό και μικρές ποσότητες άμμου από τις πετρελαιοπηγές. Τα αέρια αποχωρίζονται μέσω ενός διαχωριστή και χρησιμοποιούνται είτε για επανεισαγωγή στις πηγές ή οδηγούνται προς το εμπόριο ως φυσικά αέρια, ή διαβιβάζονται μέσα σε απορροφητικό έλαιο. Το νερό διαχωρίζεται από το πετρέλαιο και παραμένει σε δεξαμενές. Το ίδιο διαχωρίζεται και η άμμος



(με καθίζηση). Αν, όμως, έχει αναμιχθεί το πετρέλαιο με το νερό ως γαλάκτωμα, τότε είναι απαραίτητο να ακολουθηθούν ιδιαίτερες διεργασίες θέρμανσης, όπως επίσης και χημικές ή ηλεκτρικές μέθοδοι διαχωρισμού.

Το καθαρό ακατέργαστο πετρέλαιο συλλέγεται σε δοχεία ορισμένης χωρητικότητας από τα οποία οδηγείται σε μεγάλες δεξαμενές στις οποίες θα γίνει και η περαιτέρω κατεργασία του (διύλιση ή κλασματική απόσταξη).

### **Οι Χρήσεις του Πετρελαίου**

Το πετρέλαιο χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή καυσίμων για μηχανές εσωτερικής καύσης (διαχωρίζεται εύκολα με απόσταξη και παράγεται η βενζίνη και η κηροζίνη)

Είναι, επίσης, η πρώτη ύλη για πολλά χημικά και φαρμακευτικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των διαλυτών, των λιπασμάτων, των φυτοφαρμάκων. Επίσης χρησιμοποιείται και σε συνθετικά προϊόντα όπως τα πλαστικά, τα απορρυπαντικά ή και ορισμένες εκρηκτικές ύλες. Τα προϊόντα που προέρχονται από το πετρέλαιο λέγονται πετροχημικά (retrochemicals) και ο κλάδος της Χημείας που ασχολείται με την ανάπτυξή τους Πετροχημεία.

Ορισμένοι τύποι του υδρογονανθράκων που παράγονται και μπορούν να αναμιχθούν με άλλα στοιχεία μη-υδρογονάνθρακες, για τη δημιουργία άλλων τελικών προϊόντων είναι:

- Αλκένια (ολεφίνες)
- Λιπαντικά
- Κερί
- Θείο ή θειικό οξύ
- Bulk tar
- Ασφαλτος
- Λιθάνθρακας πετρελαίου
- Παραφίνη
- Αρωματικά πετροχημικών

Εκτιμάται ότι ο κόσμος καταναλώνει περίπου 90 εκατ. βαρέλια την ημέρα.

Το πετρέλαιο (υγρό καύσιμο), μαζί με τους γαιάνθρακες (στερεό καύσιμο) και το φυσικό αέριο (αέριο καύσιμο), αποτελούν τα ορυκτά καύσιμα.

Η χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει αρνητικό αντίκτυπο στην βίοςφαιρα της Γης, ακόμα απελευθερώνονται ρύποι και αέρια που επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Επίσης παρουσιάζονται καταστροφές σε οικοσυστήματα μέσω φαινομένων όπως οι πετρελαιοκηλίδες Διαπιστώνεται ακόμα ανησυχία για την εξάντληση των αποθεμάτων στη γης, καθώς και την επίδραση που αυτό θα έχει στις κοινωνίες που εξαρτώνται από αυτό. Αυτή η έννοια είναι γνωστή σαν κορύφωση της παραγωγής του πετρελαίου

### **Η Βιομηχανία του Πετρελαίου**

Η βιομηχανία του πετρελαίου συμμετέχει σε όλες τις παγκόσμιες διαδικασίες εξερεύνησης, εξόρυξης, τη διύλιση, τη μεταφορά (συχνά με πετρελαιοφόρα και αγωγούς ) και την εμπορία των πετρελαιοειδών. Ο μεγαλύτερος όγκος προϊόντων της βιομηχανίας αυτής είναι βενζίνη και καύσιμα. Το πετρέλαιο είναι, όμως, η πρώτη ύλη για πολλά χημικά προϊόντα , συμπεριλαμβανομένων φαρμακευτικών προϊόντων, διαλυτών, λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και πλαστικών. Η βιομηχανία συνήθως υποδιαιρείται σε τρεις βασικές κατηγορίες: την ανώτερη, τη μέση και την κατώτερη . Οι επιχειρήσεις της μέσης κατηγορίας συνήθως περιλαμβάνονται στην κατώτατη.

Το πετρέλαιο είναι ζωτικής σημασίας για πολλές βιομηχανίες, και είναι σημαντικό για τη διατήρηση των βιομηχανικών πολιτισμών, ως εκ τούτου είναι ένα κρίσιμο θέμα για πολλές χώρες. Το πετρέλαιο κατέχει ένα μεγάλο ποσοστό στην παραγωγή ενέργεια για κατανάλωση από τον κόσμο και κυμαίνεται από 32% για την Ευρώπη και την Ασία, έως 53% για τη Μέση Ανατολή, 44% για τη Νότια και Κεντρική Αμερική, 41% για την Αφρική και 40% για τη Βόρεια Αμερική. Ο κόσμος καταναλώνει 30 δισεκατομμύρια βαρέλια (4,8 km<sup>3</sup>) πετρελαίου ανά έτος, και οι κορυφαίοι καταναλωτές πετρελαίου είναι σε μεγάλο βαθμό οι ανεπτυγμένες χώρες. Στην πραγματικότητα το 24% του πετρελαίου που καταναλώθηκε το 2004 πήγε μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες, αν και μέχρι το 2007 αυτό το ποσοστό είχε πέσει στο 21% του πετρελαίου που καταναλώνεται παγκόσμια. Στις ΗΠΑ, στις πολιτείες Αριζόνα , Καλιφόρνια, Χαβάη, Νεβάδα , Όρεγκον και Ουάσιγκτον, η Western States Petroleum Association (WSPA) αντιπροσωπεύει εταιρείες που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή, τη διανομή, τη διύλιση, τη μεταφορά



και την εμπορία πετρελαιοειδών. Αυτή η μη-κερδοσκοπική εμπορική ένωση ιδρύθηκε το 1907 και είναι η παλαιότερη εμπορική ένωση πετρελαίου στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Η κατανάλωση Πετρελαίου το 2011 σε χιλιάδες βαρέλια (bbl 1000) ανά ημέρα και σε χιλιάδες κυβικά μέτρα (1000 m<sup>3</sup>) ανά ημέρα παρουσιάζεται στον πίνακα 15

Η παραγωγή Πετρελαίου το 2006-2009 παρουσιάζεται στον πίνακα 16

Η Εξαγωγή Πετρελαίου παρουσιάζεται στον πίνακα 17

Οι Εισαγωγές Πετρελαίου παρουσιάζονται στον πίνακα 18

Οι χώρες των οποίων η παραγωγή πετρελαίου είναι 10% ή μικρότερη της κατανάλωσης τους παρουσιάζονται στον πίνακα 19

### **Η Μεταφορά του Πετρελαίου**

Στη δεκαετία του 1950 τα έξοδα μεταφοράς αποτελούσαν το 33% της τιμής του πετρελαίου που μεταφερόταν από τον Περσικό Κόλπο στις ΗΠΑ, αλλά λόγω της ανάπτυξης των supertankers στη δεκαετία του 1970, το κόστος της ναυτιλίας μειώθηκε σε μόνο 5% της τιμής του για τη μεταφορά από τον Περσικό Κόλπο στις ΗΠΑ. Λόγω της αύξησης της τιμής του αργού πετρελαίου τα τελευταία 30 έτη, το μερίδιο του κόστους ναυτιλίας στο τελικό κόστος του παραδιδόμενου εμπορεύματος ήταν λιγότερο από το 3% το 2010. Για παράδειγμα, το 2010 το κόστος αποστολής από τον Περσικό Κόλπο στις ΗΠΑ ήταν της τάξης των 20 \$/t και το κόστος του παρεχόμενου αργού πετρελαίου ήταν περίπου 800 \$/τόνο

### **Η Τιμή του Πετρελαίου**

Μετά την κατάρρευση το 1985 του ΟΠΧ (Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγών Χωρών)-διαχειριζόμενου συστήματος τιμολόγησης, και ένα σύντομο πείραμα με netback τιμολόγηση, οι χώρες που εξάγουν πετρέλαιο υιοθέτησαν έναν μηχανισμό τιμολόγησης σχετιζόμενο με την αγορά. Πρώτα υιοθετήθηκε από την PEMEX το 1986 και αργότερα έγινε ευρέως αποδεκτός και από το 1988 έγινε και εξακολουθεί να είναι η κύρια μέθοδος τιμολόγησης του αργού πετρελαίου στις διεθνείς συναλλαγές. [ 58 ] Η σημερινές αναφορές, ή δείκτες τιμολόγησης είναι το Brent, το WTI , και το Dubai/Oman.

## Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του Πετρελαίου

Επειδή το πετρέλαιο είναι μια φυσική ουσία, η παρουσία του στο περιβάλλον είναι αναμενόμενη. Η παρουσία του δεν είναι απαραίτητα αποτέλεσμα ανθρώπινων αιτιών, όπως τα ατυχήματα και δραστηριότητες ρουτίνας (σεισμική εξερεύνηση, γεωτρήσεις, εξόρυξη, διύλιση και καύση). Φαινόμενα όπως η διαρροή και οι λάκκοι πίσσας είναι παραδείγματα τομέων που εμφανίζεται πετρέλαιο χωρίς την εμπλοκή του ανθρώπου. Ανεξάρτητα από την πηγή, τα αποτελέσματα της ύπαρξης πετρελαίου στο περιβάλλον είναι παρόμοια:

- Η όξυνση των ωκεανών

Η όξυνση των ωκεανών είναι η αύξηση της οξύτητας των ωκεανών της Γης που προκαλείται από την πρόσληψη του διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ) από την ατμόσφαιρα. Αυτή η αύξηση της οξύτητας αναστέλλει τη ζωή.

- Η υπερθέρμανση του πλανήτη

Όταν καίγεται, πετρελαίου εκλύει διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό είναι ένα από τα αέρια που παρουσιάζεται και εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η καύση του άνθρακα και του πετρελαίου συμβάλουν στην αύξηση του ατμοσφαιρικού  $CO_2$ . Το ατμοσφαιρικό  $CO_2$  αυξάνεται σταθερά από την βιομηχανική επανάσταση. Τα σημερινά επίπεδα είναι της τάξης των 390 ppmv, από 180-300 ppmv που ήταν το επίπεδο πριν 800.000 χρόνια. Η αύξηση αυτή οδηγεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η ανεξέλεγκτη χρήση του πετρελαίου θα μπορούσε δυνητικά να προκαλέσει μια ανεξέλεγκτη εμφάνιση του φαινομένου του θερμοκηπίου στη Γη. Η χρήση του πετρελαίου ως πηγή ενέργειας έχει προκαλέσει αύξηση στη θερμοκρασία της Γης κατά περίπου ένα βαθμό Κελσίου. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας έχει μειώσει το κάλυμμα πάγου της Αρκτικής σε 1.100.000 τετραγωνικά μίλια (2.800.000 km<sup>2</sup>), αυτή είναι η μικρότερη τιμή που έχει καταγραφεί ποτέ. Λόγω αυτής της τήξης, περισσότερα αποθέματα πετρελαίου έχουν αποκαλυφθεί. Εκτιμάται από τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Agency) ότι περίπου 13% το μη ανακαλυφθέντος πετρελαίου στον κόσμο βρίσκεται στην Αρκτική.

- Εξαγωγή

Η εξόρυξη του πετρελαίου είναι απλά η απομάκρυνση του πετρελαίου από τη δεξαμενή (πισίνα ελαίου). Τα έλαια συχνά ανακτώνται ως ένα γαλάκτωμα νερού-ελαίου, και τα χημικά προϊόντα που χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμού του νερού από το έλαιο

ονομάζεται απογαλακτωματοποιητές. Η εξόρυξη του πετρελαίου είναι δαπανηρή και μερικές φορές επιζήμια για το περιβάλλον. Ο Δρ John Hunt του Ωκεανογραφικού Ινστιτούτου Woods Hole επισήμανε σε ένα έγγραφο του το 1981 ότι πάνω από το 70% των αποθεμάτων στον κόσμο, έγιναν γνωστά λόγω διαρροών και πολλά κοιτάσματα πετρελαίου βρίσκονται λόγω φυσικών διαρροών. Η υπεράκτια εξερεύνηση και η εξόρυξη πετρελαίου διαταράσσει το θαλάσσιο περιβάλλον.

- Οι διαρροές πετρελαίου

Από διαρροές αργού πετρελαίου και διυλισμένων καυσίμων από ατυχήματα σε δεξαμενόπλοια έχουν καταστραφεί τα φυσικά οικοσυστήματα στην Αλάσκα, τον Κόλπο του Μεξικού, τα νησιά Γκαλαπάγκος, τη Γαλλία και πολλά άλλα μέρη.

Η ποσότητα πετρελαίου που διέρρευσε κατά τη διάρκεια ατυχημάτων έχει κυμανθεί από μερικές εκατοντάδες τόνους σε αρκετές εκατοντάδες χιλιάδες. Ακόμα και οι μικρότερες διαρροές έχει αποδειχθεί ότι έχουν μεγάλο αντίκτυπο στα οικοσυστήματα. Οι διαρροές πετρελαίου στη θάλασσα είναι γενικά πολύ πιο καταστροφικές από εκείνες στη γη, δεδομένου ότι η πετρελαιοκηλίδα μπορεί να εξαπλωθεί σε εκατοντάδες ναυτικά μίλια σε ένα λεπτό και να καλύψει τις παραλίες με ένα λεπτό στρώμα λαδιού. Αυτό μπορεί να σκοτώσει τα θαλάσσια πτηνά, τα θηλαστικά, τα οστρακοειδή και άλλους οργανισμούς που καλύπτονται. Οι πετρελαιοκηλίδες στη γη είναι πιο εύκολο να περιοριστούν εάν υπάρχει ένα αυτοσχέδιο φράγμα στη γη, το οποίο μπορεί γρήγορα να ισοπεδώσει το χώρο γύρω από τη διαρροή πριν αυτή να έχει περισσότερες επιδράσεις, καθώς τα ζώα της γης μπορούν να αποφύγουν το λάδι έτσι πιο εύκολα.

Ο έλεγχος των πετρελαιοκηλίδων είναι δύσκολος και απαιτεί ad hoc μεθόδους, και συχνά ένα μεγάλο ποσό ανθρώπινου δυναμικού. Η ρίψη βομβών και οι εμπρηστικοί μηχανισμοί από αεροσκάφος στο ναυάγιο SS Torrey Canyon είχαν φτωχά αποτελέσματα. Πιο σύγχρονες μέθοδοι θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν την άντληση του πετρελαίου από το ναυάγιο, όπως στην πετρελαιοκηλίδα του Prestige ή του Erika. Αν και το αργό πετρέλαιο αποτελείται κυρίως από διάφορους υδρογονάνθρακες, περιέχει και ορισμένες ετεροκυκλικές ενώσεις αζώτου, όπως πυριδίνη, πικολίνη και κινολίνη, οι οποίες αναφέρονται ως ρυπαντές που σχετίζονται με αργό πετρέλαιο. Επίσης κοντά σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας σχιστόλιθικού πετρελαίου ή άνθρακα έχουν επίσης επισημανθεί ενώσεις του αζώτου ότι ρυπαίνουν την ξυλεία - δάση γύρω από τους χώρους επεξεργασίας. Αυτές οι ενώσεις έχουν πολύ υψηλή διαλυτότητα στο

νερό, και έτσι τείνουν να διαλύονται και να μεταφέρονται με το νερό στις γύρω περιοχές. Ορισμένα φυσικώς απαντώμενα βακτήρια, όπως το *Micrococcus*, το *Arthrobacter* και το *Rhodococcus* έχει αποδειχθεί ότι αποικοδομούν τις προσμείξεις αυτές.

- Tarballs

Ένα tarball είναι μια σταγόνα του αργού πετρελαίου (δεν πρέπει να συγχέεται με την πίσσα, η οποία είναι ένα τεχνητό προϊόν που προέρχεται από πεύκα ή εξάχθηκε από το πετρέλαιο), η οποία έχει διαβρωθεί αφότου επέπλευσε στον ωκεανό. Τα tarballs είναι ένα υδάτινο ρύποι στα περισσότερα περιβάλλοντα, αν και μπορεί να προκληθούν και με φυσικό τρόπο, όπως για παράδειγμα στο Κανάλι της Σάντα Μπάρμπαρα στην Καλιφόρνια ή στον Κόλπο του Μεξικού στο Τέξας. Η συγκέντρωση και τα χαρακτηριστικά τους χρησιμοποιούνται για να γίνει εκτίμηση της έκτασης των πετρελαιοκηλίδων. Η σύνθεσή τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εντοπιστούν οι πηγές προέλευσής τους αφού μπορούν να μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις με βαθιά θαλάσσια ρεύματα. Τα tarballs αποσυντίθενται αργά από βακτήρια, συμπεριλαμβανομένων των *Chromobacterium violaceum*, *Cladosporium resinae*, *Bacillus submarinus*, *Micrococcus varians*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida marina* και *Saccharomyces estuari*.

- Οι φάλαινες

Ο James S. Robbins υποστήριξε ότι η εξόρυξη εξευγενισμένης κηροζίνης από το πετρέλαιο βοήθησε στο να σωθούν ορισμένα είδη μεγάλων φαλαινών που βρίσκονταν υπό εξαφάνιση. Αυτό γιατί η εξευγενισμένη κηροζίνη αποτέλεσε ένα φθινό υποκατάστατο για το λάδι φάλαινας, εξαλείφοντας έτσι την επιτακτική ανάγκη για ανοιχτή φαλινοθηρία.

### **Εναλλακτικές λύσεις για το πετρέλαιο**

Στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2007, περίπου το 70% του πετρελαίου χρησιμοποιούταν για τη μεταφορά (π.χ. βενζίνη, ντίζελ, καύσιμα αεριοθουμένων), 24% από τη βιομηχανία (π.χ. παραγωγή των πλαστικών), 5% για τις οικιστικές και εμπορικές χρήσεις και 2% για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε περιοχές εκτός των ΗΠΑ το ποσοστό του πετρελαίου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερο.

- Εναλλακτικές λύσεις για τα καύσιμα των οχημάτων με βάση το πετρέλαιο  
Στη Βραζιλία τα πρατήρια υγρών καυσίμων έχουν τέσσερα εναλλακτικά καύσιμα προς πώληση: ντίζελ (B3), gasohol (E25), σκέτο αιθανόλη (E100) και συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG).  
Τα οχήματα που λειτουργούν με εναλλακτικά καύσιμα είναι δύο ειδών:  
1. Τα οχήματα που χρησιμοποιούν εναλλακτικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στο πρότυπο ή τροποποιημένες μηχανές εσωτερικής καύσης, όπως τα οχήματα φυσικού αερίου, τακτοποιημένο οχήματα αιθανόλης, οχημάτων ευέλικτων καυσίμων, το βιοντίζελ -Powered οχήματα και τα οχήματα υδρογόνου.  
2. Τα οχήματα με προηγμένα συστήματα πρόωσης που μειώνουν ή υποκαθιστούν τη χρήση πετρελαίου, όπως τα ηλεκτρικά οχήματα μπαταρίας, τα plug-in υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, τα υβριδικά ηλεκτρικά οχήματα, και τα οχήματα με κυψέλες υδρογόνου σαν καύσιμο.
- Εναλλακτικές λύσεις για τη χρήση του πετρελαίου στη βιομηχανία  
Χρήση άλλων βιολογικών πρώτων υλών για βιομηχανικές χρήσεις, όπως το βιοπλαστικό.
- Εναλλακτικές λύσεις για την καύση πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας  
Κατά την παραγωγή πετρελαίου σε χώρες με μικρή ικανότητα διύλισης, πετρέλαιο μερικές φορές καίγεται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Οι τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια, η μικρουδροηλεκτρική, η βιομάζα και τα βιοκαύσιμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά οι κύριες εναλλακτικές λύσεις παραμένουν η παραγωγή με χρήση μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικής ενέργειας, με χρήση πυρηνική ενέργειας και η παραγωγή με καύση άνθρακα.

### **Το Μέλλον στην Παραγωγή Πετρελαίου**

Η κατανάλωση τον εικοστό και τον εικοστό πρώτο αιώνα έχει αυξηθεί από την ανάπτυξη της αυτοκινητοβιομηχανίας. Το 2008, η οικονομική κρίση φαίνεται να είχε κάποιες επιπτώσεις στις πωλήσεις των οχημάτων, όμως η κατανάλωση πετρελαίου παρουσίασε μικρή αύξηση. Τον Δεκέμβριο του 2009 η Κίνα ήταν πρώτη στην αγορά των αυτοκινήτων. Οι προοπτικές για το άμεσο μέλλον δείχνουν αύξηση στην

κατανάλωση. Σε μακροπρόθεσμη βάση, όμως, οι αβεβαιότητες είναι πολλές. Ο ΟΠΧ πιστεύει ότι κάποιες χώρες θα προωθήσουν πολιτικές χαμηλής κατανάλωσης στο μέλλον. Όταν συμβεί αυτό, θα περιοριστούν σίγουρα και οι πωλήσεις πετρελαίου. Τα προϊόντα πετρελαίου είναι όλο και σε περισσότερο ανταγωνισμό με τις εναλλακτικές πηγές ενέργειας, κυρίως με τον άνθρακα και το φυσικό αέριο, που είναι οι δύο φθηνότερες πηγές. Η παραγωγή θα αντιμετωπίζει μια όλο και πιο περίπλοκη κατάσταση, ενώ οι χώρες του ΟΠΧ εξακολουθούν να έχουν μεγάλα αποθέματα σε χαμηλές τιμές παραγωγής, κάποια κοιτάσματα που βρέθηκαν πρόσφατα συχνά οδηγούν σε υψηλότερες τιμές. Υπεράκτιοι γίγαντες όπως η Τουρί, η Γουάρα και η Τίβερ απαιτούν υψηλές επενδύσεις και συνεχώς αυξανόμενες τεχνολογικές ικανότητες. Κοιτάσματα όπως η Τουρί ήταν άγνωστα στον εικοστό αιώνα, κυρίως επειδή η βιομηχανία δεν ήταν σε θέση να τα εξετάσει. Η αύξηση των τεχνικών ανάκτησης πετρελαίου θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση του ανακτήσιμου πετρελαίου στον κόσμο.

- Peak oil

Το Peak oil είναι η προβολή της παραγωγής πετρελαίου στο μέλλον (είτε πρόκειται για μεμονωμένες πετρελαιοπηγές, ολόκληρα κοιτάσματα πετρελαίου, ολόκληρες χώρες ή παγκόσμια παραγωγή), η οποία θα κορυφωθεί και στη συνέχεια μειωθεί με παρόμοιο ποσοστό, όπως το ποσοστό της αύξησης πριν από την κορυφή, μέχρι τα αποθεματικά να εξαντληθούν. Η κορυφή του ανακαλύπτει πετρελαίου ήταν το 1965, και η παραγωγή πετρελαίου ανά έτος ξεπερνάει τις ανακαλύψεις πετρελαίου κάθε χρόνο από το 1980.

Ο Hubert στη θεωρία του προέβλεψε με ακρίβεια την κορυφή της παραγωγής αμερικανικού συμβατικού πετρελαίου μεταξύ 1966 και 1970. Αυτή η πρόβλεψη έγινε με βάση τα διαθέσιμα αποθέματα κατά το χρόνο δημοσίευσής της, το 1956. Στο ίδιο έγγραφο, ο Hubert προβλέπει παγκόσμια κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου σε "μισό αιώνα" μετά τη δημοσίευσή, το οποίο είναι το 2006.

Είναι δύσκολο να προβλέψει κανείς την κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου σε κάθε συγκεκριμένη περιοχή, λόγω της έλλειψης γνώσεων ή / και τη διαφάνεια στον τομέα της λογιστικής των παγκόσμιων αποθεμάτων πετρελαίου. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία παραγωγής, οι υποστηρικτές είχαν προβλέψει την κορυφή για τον κόσμο να είναι τα έτη 1989, 1995 ή 1995 - 2000. Μερικές από αυτές τις προβλέψεις



χρονολογούνται πριν από την ύφεση των αρχών της δεκαετίας του 1980. Η συνακόλουθη μείωση της παγκόσμιας κατανάλωσης είχε ως αποτέλεσμα να καθυστερήσει η ημερομηνία της κάθε κορυφής για αρκετά χρόνια. Ακριβώς όπως η κορυφή της παραγωγής πετρελαίου στις ΗΠΑ το 1971 ήταν σαφώς αναγνωρίσιμη μετά το γεγονός, έτσι και μια κορυφή στην παγκόσμια παραγωγή θα είναι δύσκολο να γίνει διακριτή μέχρις ότου η παραγωγή αρχίσει σαφώς να πέφτει. Η κορυφή είναι επίσης ένας κινούμενος στόχος, εφόσον μετριούνται τώρα τα υγρά, τα οποία περιλαμβάνουν μόνο τα συνθετικά καύσιμα, και όχι το συμβατικό πετρελαίο.

Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (IEA), δήλωσε το 2010 ότι η παραγωγή του συμβατικού αργού πετρελαίου είχε κορυφωθεί το 2006 στα 70 MBBL/ημέρα, και ισοπέδωθηκε στη συνέχεια. Δεδομένου ότι σχεδόν όλοι οι τομείς της οικονομίας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το πετρέλαιο, η κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου, αν επρόκειτο να συμβεί, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια "μερική ή ολική κατάρρευση των αγορών".

- Αντισυμβατική Παραγωγή

Οι υπολογισμοί για την κορύφωση της παραγωγής πετρελαίου έχει αλλάξει με την εισαγωγή των μη συμβατικών μεθόδων παραγωγής. Ειδικότερα, ο συνδυασμός των οριζόντιων γεωτρήσεων και της υδραυλικής ρωγμάτωσης οδήγησε σε μια σημαντική αύξηση της παραγωγής σε σχέση με προηγούμενες αντιοικονομικές μεθόδους.

Ορισμένα στρώματα περιέχουν υδρογονάνθρακες, αλλά έχουν χαμηλή διαπερατότητα και δεν είναι παχιά από μία κατακόρυφη προοπτική. Οι συμβατικές κάθετες γεωτρήσεις δε θα ήταν σε θέση να εξορύξουν οικονομικά τους υδρογονάνθρακες αυτούς. Με την οριζόντια διάτρηση, που εκτείνεται οριζόντια στα στρώματων, επιτρέπεται στη γεώτρηση να αποκτήσει πρόσβαση σε πολύ μεγαλύτερο όγκο στρωμάτων. Η υδραυλική ρωγμάτωση δημιουργεί μεγαλύτερη διαπερατότητα και αυξάνει την ροή των υδρογονανθράκων στη γεώτρηση.

## 10. ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΛΥΒΑ

Ο χάλυβας είναι ένα κράμα σιδήρου και άνθρακα που χρησιμοποιείται ευρέως στις κατασκευές και άλλες εφαρμογές, λόγω της υψηλής του αντοχής του στον εφελκυσμό και του χαμηλού κόστους του. Ο άνθρακα και άλλα στοιχεία, εγκλείσματα στο σίδηρο, όπως σκληρυντικοί παράγοντες, που υπάρχουν φυσικά στο άτομο του σιδήρου δημιουργούν κρυστάλλινα πλέγματα .

Ο άνθρακας σε τυπικά κράματα χάλυβα μπορεί να αποτελεί έως και το 2,1% του βάρους του. Μεταβάλλοντας την ποσότητα των στοιχείων του κράματος επιτυγχάνεται ο έλεγχος των ιδιοτήτων του όπως η σκληρότητα, η ολκιμότητα και η αντοχή του σε εφελκυσμό. Η αντοχή του χάλυβα σε σύγκριση με καθαρό σίδηρο επιτυγχάνεται μόνο εις βάρος της ολκιμότητας , την οποία ο σίδηρος έχει περίσσεια.

Ο χάλυβας παραγόταν σε φρεατώδη καμίνια - κλιβάνους για χιλιάδες χρόνια. Όταν η χρήση του χάλυβα, επεκτάθηκε σε μεγαλύτερο βαθμό επινοήθηκαν και πιο αποτελεσματικές μέθοδοι παραγωγής (μέσα του 17ου αιώνα). Με την εφεύρεση της διαδικασίας Bessemer στα μέσα του 19ου αιώνα, ξεκίνησε μια νέα εποχή της μαζικής παραγωγής χάλυβα. Αυτό ακολουθήθηκε από τη διαδικασία Siemens-Martin και κατόπιν από τη διαδικασία Gilchrist-Θωμά που εξευγένισε την ποιότητα του χάλυβα. Με την εισήγηση αυτών των διαδικασιών, ο μαλακός χάλυβας αντικαταστάθηκε από σφυρήλατο σίδηρο .

Περαιτέρω βελτιώσεις στη διαδικασία, όπως τη βασική χαλυβουργία οξυγόνου (BOS), αντικατέστησαν σε μεγάλο βαθμό προηγούμενες μεθόδους, επιφέροντας και περαιτέρω μείωση του κόστους παραγωγής και αύξηση της ποιότητας του μετάλλου. Σήμερα, ο χάλυβας είναι ένα από τα πλέον κοινά υλικά στον κόσμο, με πάνω από 1,3 δισεκατομμύρια τόνοι παραγωγής ετησίως. Είναι ένα σημαντικό συστατικό σε κτίρια, υποδομές, εργαλεία, πλοία, αυτοκίνητα , μηχανές, συσκευές και όπλα. Ο σύγχρονος χάλυβας γενικά προσδιορίζονται από διάφορες ποιότητες που ορίζονται από διάφορα πρότυπα οργανισμών.

### Ορισμοί και συναφή υλικά

Η περιεκτικότητα σε άνθρακα του χάλυβα είναι μεταξύ 0,002% και 2,1% κατά βάρος για απλό κράματα σιδήρου-άνθρακα. Αυτές οι τιμές ποικίλουν ανάλογα με τα στοιχεία κραματοποίησης όπως το μαγγάνιο, το χρώμιο, το νικέλιο και ούτω καθεξής. Ο



χάλυβας είναι ένα όχι εύτηκτο κράμα σιδήρου-άνθρακα. Σε αντίθεση, ο χυτοσίδηρος είναι εύτηκτος . Ο (καθαρός) σίδηρος που περιέχει μικρές ποσότητες άνθρακα είναι αρκετά μαλακός, όλκιμος και αδύναμος. Κράματα με περιεκτικότητα σε άνθρακα υψηλότερη από εκείνη του χάλυβα ονομάζονται pig iron, που είναι πιο εύθραυστος και δεν είναι εύπλαστος. Τα κράματα χάλυβα είναι χάλυβας στον οποίο έχουν προστεθεί επιπλέον στοιχεία ώστε να τροποποιηθούν τα χαρακτηριστικά του χάλυβα. Κοινά στοιχεία κραματοποίησης είναι: το μαγγάνιο, το νικέλιο, το χρώμιο, το μολυβδαίνιο, το βόριο, το τιτάνιο, το βανάδιο και το νιόβιο. Άλλα στοιχεία που μπορούν να βρίσκονται στον χάλυβα είναι: το μαγγάνιο, ο φώσφορος, το θείο, το πυρίτιο και ίχνη οξυγόνου, αζώτου και αργιλίου .

Κράματα με περιεκτικότητα άνθρακα μεγαλύτερη από 2,1% (ανάλογα με τα υπόλοιπα περιεχόμενα στοιχεία και την επεξεργασία που τους έχει γίνει) είναι γνωστά ως cast iron. Το cast iron δεν είναι εύπλαστο, ακόμη και όταν είναι ζεστό, αλλά μπορεί να διαμορφωθεί με χύτευση, καθώς έχει χαμηλότερο σημείο τήξης από το ατσάλι και καλές χυτευτικές ιδιότητες. Ο χάλυβας είναι επίσης διαχωρίζεται από τον σφυρήλατο σίδηρο (wrought iron), ο οποίος είναι πλέον σε μεγάλο βαθμό ξεπερασμένος και μπορεί να περιέχει μικρή ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα, και μεγάλες ποσότητες σκωρίας . Σημειώστε ότι τα ποσοστά του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων στοιχείων που αναφέρονται είναι σε βάση βάρους.

### **Οι ιδιότητες του Χάλυβα**

Ο σίδηρος βρίσκεται συνήθως στο φλοιό της Γης με τη μορφή μεταλλεύματος, συνήθως σαν οξείδιο του σιδήρου, όπως μαγνητίτης , αιματίτης κ.λπ. Ο σίδηρος εκχυλίζεται από τα σιδηρομεταλλεύματα αφαιρώντας το οξυγόνο μέσω του συνδυασμού κάποιο χημικό στοιχείο, όπως ο άνθρακας και χάνεται στην ατμόσφαιρα σαν διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η διαδικασία, γνωστή ως σύντηξη, πρώτη φορά εφαρμόστηκε σε μέταλλα με χαμηλότερα σημεία τήξης, όπως κασσίτερος, ο οποίος τήκεται στους περίπου 250°C (482°F) και ο χαλκός , ο οποίος τήκεται περίπου στους περίπου 1100°C (2010°F). Σε σύγκριση, το cast iron λιώνει σε περίπου 1.375°C (2.507°F).

Αυτές οι θερμοκρασίες μπορούσε να επιτευχθούν με αρχαίες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν από την Εποχή του Χαλκού. Δεδομένου ότι ο ρυθμός οξειδωσης του σιδήρου αυξάνεται ταχύτατα πέραν των 800°C (1470°F), είναι σημαντικό όταν η

σύντηξη λαμβάνει χώρα να υπάρχουν στο περιβάλλον μικρές ποσότητες οξυγόνου. Σε αντίθεση με το χαλκό και τον κασσίτερο, ο υγρός ή στερεός σίδηρος διαλύει τον άνθρακα αρκετά εύκολα. Το αποτέλεσμα της τήξης είναι ένα κράμα (χυτοσιδήρου), που περιέχει πολύ άνθρακα να ονομάζεται χάλυβας. Ο παραπάνω άνθρακας και άλλες προσμίξεις απομακρύνονται σε μετέπειτα στάδιο.

Στο μίγμα σιδήρου / άνθρακα προστίθενται και άλλα υλικά για την παραγωγή χάλυβα με τις επιθυμητές ιδιότητες. Το νικέλιο και το μαγγάνιο προσθέτουν στη αντοχή εφελκυσμού και κάνουν το διάλυμα σιδήρου-άνθρακα πιο σταθερό. Το χρώμιο αυξάνει την σκληρότητα και τη θερμοκρασία τήξης. Το βανάδιο επίσης αυξάνει τη σκληρότητα, ενώ καθιστά λιγότερο επιρρεπείς σε κοπώσεις το μέταλλο. Για την αναστολή της διάβρωσης, προστίθεται στο χάλυβα τουλάχιστον 11% χρώμιο, ώστε να σχηματιστεί ένα σκληρό οξειδίο πάνω στη μεταλλική επιφάνεια. Αυτός είναι γνωστό ως ανοξείδωτος χάλυβας.

Η πυκνότητα του χάλυβα ποικίλει ανάλογα με τα συστατικά του κράματος, αλλά συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 7.750 και 8.050 kg/m<sup>3</sup> (484 και 503 lb/κυβικό πόδι), ή 7,75 και 8,05 g/cm<sup>3</sup> (4,48 και 4,65 oz/cu in).

Ακόμη και σε μία στενή περιοχή συγκεντρώσεων μιγμάτων άνθρακα και σιδήρου, από τα οποία παράγεται χάλυβας, δημιουργείται ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών μεταλλουργικών δομών, με πολύ διαφορετικές ιδιότητες. Η κατανόηση αυτών των ιδιοτήτων είναι σημαντική για τη βελτίωση της ποιότητας του χάλυβα. Σε θερμοκρασία δωματίου, η πιο σταθερή μορφή καθαρού σιδήρου είναι η δομή body-centered cubic (BCC) που ονομάζεται φερρίτης ή α-iron. Είναι μια αρκετά μαλακό μέταλλο που μπορεί να διαλυθεί μόνο μια μικρή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (όχι περισσότερο από 0,005% στους 0°C (32°F) και 0.021% κατά βάρος στους 723°C (1333°F)). Στους 910°C ο καθαρός σίδηρος μεταμορφώνεται στη δομή face-centered cubic (FCC), που ονομάζεται ωστενίτης ή γ-iron. Η δομή FCC του ωστενίτη μπορεί να διαλυθεί με 2,1% διοξείδιο του άνθρακα (38 φορές εκείνη του φερρίτη) στους 1148°C (2098°F), η οποία αντανακλά την υψηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα και πέρα από το σημείο αυτό δημιουργείται cast iron.

Ίσως η πιο σημαντική πολυμορφική μορφή χάλυβα είναι ο μαρτενσίτης, μια μετασταθής φάση η οποία είναι σημαντικά ισχυρότερη από τις άλλες φάσεις χάλυβα.

Όταν ο χάλυβας είναι σε μία ωστενιτική φάση και μετά σβηστεί γρήγορα,

μετασχηματίζεται σε μαρτενσίτη, καθώς τα άτομα παγώνουν στη θέση τους όταν η δομή των κυττάρων αλλάζει από FCC σε μια διαστρεβλωμένη μορφή του BCC τα άτομα δεν έχουν αρκετό χρόνο να μεταναστεύσουν και αποτελούν την ένωση σεμεντίτη. Ανάλογα με την περιεκτικότητα του άνθρακα, η μαρτενσιτική φάση λαμβάνει διάφορες μορφές. Για επίπεδα άνθρακα κάτω από περίπου 0,2%, δημιουργείται α- φερρίτης. Για υψηλότερες περιεκτικότητες άνθρακα δημιουργείται μια δομή που ονομάζεται body-centered tetragonal (BCT). Δεν υπάρχει θερμική ενέργεια ενεργοποίησης για τη μετατροπή από ωστενίτη σε μαρτενσίτη. Επιπλέον, δεν υπάρχει καμία αλλαγή στη σύσταση.

Ο μαρτενσίτης έχει χαμηλότερη πυκνότητα από ότι ο ωστενίτης, έτσι ο μετασχηματισμός μεταξύ τους οδηγεί σε μεταβολή του όγκου. Σε αυτή την περίπτωση γίνεται επέκταση. Οι εσωτερικές τάσεις από την επέκταση αυτή εμφανίζονται με μορφή συμπίεσως επί των κρυστάλλων του μαρτενσίτη και ένταση επί του εναπομένουτος φερρίτη, με μια εύλογη ποσότητα διάτμησης μεταξύ των δύο συστατικών. Εάν η απόσβεση δεν γίνει σωστά, οι εσωτερικές τάσεις μπορούν να προκαλέσουν σύντριψη καθώς δροσίζεται το υλικό. Αυτό θα προκαλέσει τουλάχιστον εσωτερική σκλήρυνση και άλλες μικροσκοπικές ατέλειες. Είναι συνηθισμένο να δημιουργούνται ρωγμές σβέσης όταν ο χάλυβας σβήνει με νερό, αν και μπορεί να μην είναι πάντα ορατές.

## **Η Παραγωγή Χάλυβα**

Όταν ο σίδηρος λιώνει από μεταλλεύματα, περιέχει περισσότερο άνθρακα από το επιθυμητό. Για να γίνει ο χάλυβας θα πρέπει να υποστεί επανεπεξεργασία και να μειωθεί τον άνθρακα στο σωστό ύψος, οπότε μπορούν να προστεθούν και τα άλλα στοιχεία. Στις σύγχρονες εγκαταστάσεις από το παραγόμενο υγρό στη συνέχεια δημιουργούνται μεγάλες πλάκες ή ράβδοι . Περίπου το 96% του χάλυβα συνεχίζει και τοποθετείται σε καλούπια, ενώ μόνο το 4% παράγεται σε ράβδους.

Οι ράβδοι στη συνέχεια θερμαίνονται σε ένα λάκκο και μετατρέπεται σε πλάκες, χελώνες ή πρίσματα. Οι πλάκες είναι ζεστής ή κρύας έλασης σε μορφή λαμαρίνας ή πλάκας. Οι χελώνες είναι θερμής ή ψυχρής έλασης και εμφανίζονται σε μορφή ράβδων και σύρματος. Τα πρίσματα είναι θερμής ή ψυχρής έλασης και αποτελούν το δομικό χάλυβα, σε μορφές όπως I-δοκοί και σιδηροτροχιές . Στους σύγχρονους μύλους χάλυβα οι διαδικασίες αυτές συμβαίνουν συχνά σε μια γραμμή συναρμολόγησης. Έτσι

παρέχεται στη γραμμή το μέταλλευμα και το προϊόν είναι ο τελικός χάλυβας. Μερικές φορές, στο τέλος γίνεται θερμική επεξεργασία του χάλυβα για ενδυνάμωση, όμως αυτό είναι σχετικά σπάνιο.

## **Η Ιστορία της Χαλυβουργίας**

Ο χάλυβας ήταν γνωστός στην αρχαιότητα. Η παλαιότερη γνωστή παραγωγή χάλυβα είναι ένα κομμάτι που έχει ανασκαφεί στον αρχαιολογικό χώρο στην Ανατολία (Kaman-Kalehoçuk) και είναι περίπου 4.000 ετών. Άλλοι αρχαίοι χάλυβες προέρχεται από την Ανατολική Αφρική και χρονολογούνται από το 1400 π.Χ.. Τον 4ο αιώνα π.Χ. όπλα από χάλυβα, όπως το falcata παρήχθησαν στην Ιβηρική Χερσόνησο, ενώ Nordic χάλυβα χρησιμοποιήθηκε από το ρωμαϊκό στρατό.

Χάλυβας επίσης παραγόταν σε μεγάλες ποσότητες στην Σπάρτη γύρω στο 650 π.Χ. Οι Κινέζοι της περιόδου Warring States (403-221 π.Χ.) είχε χάλυβα quench-hardened, ενώ οι Κινέζοι της δυναστείας των Χαν (202 π.Χ. - 220 μ.Χ.), δημιούργησαν από την τήξη του χάλυβα σε συνδυασμό σφυρήλατο σίδηρο με χυτοσίδηρο, κερδίζοντας ένα τελικό προϊόν μεταξύ άνθρακα και ενδιάμεσου χάλυβα από τον 1ο αιώνα μ.Χ.. Οι Haya άνθρωποι της Ανατολικής Αφρικής είχαν εφεύρει ένα είδος φούρνου που χρησιμοποιούταν για τη δημιουργία carbon steel στους 1.802°C (3.276°F) περίπου 2.000 χρόνια πριν.

- Χάλυβας Wootz και Χάλυβας της Δαμασκού

Αποδεικτικά στοιχεία για την πρώτη παραγωγή του χάλυβα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα βρέθηκαν στην ινδική υποήπειρο στην περιοχή Samanalawewa της Σρι Λάνκα. Ο Wootz χάλυβας παρήχθη στην Ινδία περίπου το 300 π.Χ. Ωστόσο, ο χάλυβας ήταν μια παλιά τεχνολογία στην Ινδία (ο Πώρος παρουσίασε ένα ατσάλινο σπαθί του στον αυτοκράτορα Αλέξανδρο το 326 π.Χ.) Η τεχνολογία χάλυβα υπήρχε πριν το 326 π.Χ. Ο χάλυβας εξαγόταν προς τον αραβικό κόσμο την εποχή εκείνη. Δεδομένου ότι η τεχνολογία έχει αποκτηθεί από τις Tamilians της Νότιας Ινδίας, η προέλευση της τεχνολογίας χάλυβα στην Ινδία εκτιμάται στο 400-500 π.Χ.

Μαζί με τις μεθόδους δημιουργίας σφυρηλατημένου χάλυβα, οι Κινέζοι είχαν μεθόδους παραγωγής χάλυβα Wootz, μια ιδέα που έγινε εισαγωγή στην Κίνα από την Ινδία από τον 5ο μ.Χ. αιώνα. Στη Σρι Λάνκα, η πρόιμη αυτή μέθοδος παραγωγής χάλυβα

χρησιμοποιούσε ένα καμίνι ανέμου, που λειτουργούσε από τους ανέμους των μουσώνων, ικανό να παράγει χάλυβα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα.

Ο Wootz είναι επίσης γνωστός ως χάλυβας της Δαμασκού, φημίζεται για την αντοχή και την ικανότητα να κρατάει μέχρι την άκρη του. Δημιουργήθηκε αρχικά από έναν αριθμό διαφορετικών υλικών, συμπεριλαμβανομένων διαφόρων ιχνοστοιχείων. Ήταν ουσιαστικά ένα πολύπλοκο κράμα με κύριο συστατικό το σίδηρο. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι νανοσωλήνες άνθρακα συμπεριλήφθηκαν στη δομή του, γεγονός το οποίο θα μπορούσε να εξηγήσει μερικά από τα πιο χαρακτηριστικά του, αν και δεδομένης της τεχνολογίας της εποχής, οι ποιότητες παρήχθησαν κατά τύχη και όχι με συγκεκριμένο σχεδιασμό. Ο φυσικός άνεμος και το ξύλο χρησιμοποιήθηκε για τη θέρμανση του μείγματος σιδήρου-χώματος. Οι αρχαίοι Σινχαλέζοι κατάφεραν να αποσπάσουν έναν τόνο χάλυβα από κάθε 2 τόνους χώματος. Αυτό ήταν ένα αξιοσημείωτο επίτευγμα για τον καιρό εκείνο. Ένας κλίβανος βρέθηκε στο Samanalawewa και αρχαιολόγοι μπόρεσαν εκεί να παράγουν χάλυβα, όπως το έκαναν και οι αρχαίοι.

Ο Crucible χάλυβας σχηματίζεται μετά από αργή θέρμανση και ψύξη καθαρού σιδήρου και άνθρακα σε ένα χωνευτήριο. Παρήχθη στο Mein από τον 9ο έως τον 10ο αιώνα μ.Χ.. Κατά τον 11ο αιώνα, υπάρχουν ενδείξεις για την παραγωγή χάλυβα στην Κίνα της δυναστείας Song, χρησιμοποιώντας δύο τεχνικές: τη μέθοδο "berganesque" και ένα πρόδρομο της σύγχρονη διαδικασία Τόμας.

### **Η Σύγχρονη Παραγωγή Χάλυβα**

Από τον 17ο αιώνα το πρώτο βήμα για την ευρωπαϊκή παραγωγή χάλυβα έγινε με την τήξη του μεταλλεύματος σιδήρου σε χυτοσίδηρο σε μια υψικάμνο. Αρχικά χρησιμοποιώντας κάρβουνο. Οι σύγχρονες μέθοδοι χρησιμοποιούν οπτάνθρακα, που έχει αποδειχθεί πιο οικονομικός

- Διαδικασίες που αρχίζουν από bar iron

Σε αυτές τις διαδικασίες παράγονται ράβδοι σιδήρου (σφυρήλατο σίδηρο), το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται στην παραγωγή χάλυβα.

Η παραγωγή χάλυβα από τη διαδικασία αυτή περιγράφεται σε μια πραγματεία που δημοσιεύτηκε στην Πράγα το 1574 και χρησιμοποιούταν στη Νυρεμβέργη από το 1601.



Μια παρόμοια διαδικασία με αυτή της σκλήρυνσης της πανοπλία που περιγράφεται σε ένα βιβλίο που δημοσιεύθηκε στην Νάπολη το 1589. Η διαδικασία ήταν εισήχθη στην Αγγλία περίπου το 1614 και χρησιμοποιείται για την παραγωγή χάλυβα, από τον Sir Basil Brooke στο Coalbrookdale κατά τη διάρκεια του 1610.

Η πρώτη ύλη για αυτή τη διαδικασία ήταν μπάρες από σφυρήλατο σίδηρο. Κατά τη διάρκεια του 17ου αιώνα, έγινε αντιληπτό ότι το καλύτερο ατσάλι προερχόταν από μεταλλεύματα σιδήρου από μια περιοχή βόρεια της Στοκχόλμης στη, Σουηδία. Αυτό ήταν η συνήθης πηγή πρώτων υλών ακόμα και κατά τον 19ο αιώνα, σχεδόν δηλαδή όσο χρησιμοποιούταν η διαδικασία.

Ο Crucible χάλυβας, που έχει λιώσει σε ένα χωνευτήριο, σφυρηλατούταν με αποτέλεσμα να είναι πιο ομοιογενής. Οι περισσότεροι από τους προηγούμενες κλιβάνους δεν μπορούσαν να φθάσει αρκετά υψηλές θερμοκρασίες για να λιώσει ο χάλυβας. Η πρώιμη σύγχρονη βιομηχανία χάλυβα προέκυψε από την εφεύρεση του Benjamin Huntsman το 1740.

- Διαδικασίες που αρχίζουν από pig iron

Η σύγχρονη εποχή στην παραγωγή χάλυβα άρχισε με την εισαγωγή από τον Henry Tomas της διαδικασίας Τόμας το 1855, η πρώτη ύλη για την οποία ήταν pig iron. Η μέθοδός του επέτρεπε να παράγεται ο χάλυβας φθηνά σε μεγάλες ποσότητες, έτσι, ο ήπιος χάλυβα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί περισσότερο από ότι ο σφυρήλατος σίδηρος χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν. Η διαδικασία Gilchrist-Thomas (ή βασική διαδικασία του Τόμας) ήταν μια βελτίωση στη διαδικασία Τόμας.

Μια άλλη διαδικασία παραγωγής χάλυβα του 19ου αιώνα ήταν η διαδικασία της Siemens-Martin, η οποία συμπληρώνει τη διαδικασία Τόμας. Αποτελούνταν από σύντηξη ράβδων σιδήρου (ή θραύσματος σιδήρου και χάλυβα) με pig iron.

Αυτές οι μέθοδοι παραγωγής χάλυβα κατέστησαν άνευ αντικειμένου τη διαδικασία Linz-Donawitz της βασικής χαλυβουργίας οξυγόνου (BOS), που αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1950, και άλλες μεθόδους κατασκευής χάλυβα με οξυγόνο. Οι βασικές μέθοδοι χαλυβουργίας οξυγόνου είναι ανώτερες από τις προηγούμενες μεθόδους παραγωγής χάλυβα. Σήμερα τα καμίνια ηλεκτρικού τόξου (electric arc furnaces - EAF) είναι μια κοινή μέθοδος επανεπεξεργασίας παλιοσίδηρων για τη δημιουργία νέου χάλυβα. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή pig iron σε χάλυβα, αλλά απαιτούν μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας (περίπου 440 kWh ανά μετρικό

τόνο) και επομένως χρησιμοποιούνται μόνο όταν υπάρχει άφθονη προσφορά φθηνής ηλεκτρικής ενέργειας.

Στις μέρες μας ο χάλυβας παράγεται με τρεις βασικές μεθόδους:

1. με αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινο για την παραγωγή χυτοσιδήρου, και την μετατροπή του χυτοσιδήρου σε χάλυβα μέσα σε μεταλλάκτη με εμφύσηση οξυγόνου·
2. με την άμεση αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων (δηλ. αναγωγή σε στερεά κατάσταση) σε φρεατώδη κάμινο για την παραγωγή σπογγώδους σιδήρου (αγγλ., \\Direct reduced iron\ ή DRI), και την μετατροπή του σπογγώδους σιδήρου σε χάλυβα μέσα σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου· και
3. με την ανάτηξη παλαιοσιδήρου (σκραπ) σε κάμινο (κλίβανο) ηλεκτρικού τόξου (Electric Arc Furnace - EAF).

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 2005, το 65,4% της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα προέρχεται από τις δύο πρώτες καθετοποιημένες μεθόδους και το 31,7% από την ανάτηξη παλαιοσιδήρων και σπογγώδους σιδήρου σε κλιβάνους ηλεκτρικού τόξου. Ένα μικρό ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής χάλυβα (2,9% για το 2005) προέρχεται από την μετατροπή χυτοσιδήρου σε κάμινους ανοικτής εστίας ή άλλες μεθόδους. Στην Ελλάδα, όλη η παραγωγή χάλυβα (περίπου 2,5 εκατ. τόνοι ετησίως) προέρχεται από την ανάτηξη παλαιοσιδήρου και προορίζεται κυρίως για την παραγωγή μπετόβεργας.

### **Ποιότητες του χάλυβα**

Απόχυση τηγμένου χάλυβα από κάμινο ηλεκτρικού τόξου σε αμερικανικό χαλυβουργείο (περί το 1941).

Ο χάλυβας δεν είναι ένα μοναδικό προϊόν. Σήμερα υπάρχουν περισσότερα από 3.500 διαφορετικά είδη χαλύβων με πολύ διαφορετικές φυσικές, χημικές και περιβαλλοντικές ιδιότητες. Περίπου τα τρία τέταρτα των ειδών των χαλύβων δημιουργήθηκαν μόλις τα τελευταία είκοσι χρόνια. Οι σύγχρονοι χάλυβες είναι πολύ πιο ανθεκτικοί σε σύγκριση με παλιότερες ποιότητες χαλύβων. Αν χτιζόταν σήμερα ο Πύργος του Άιφελ στο Παρίσι, θα χρειαζόταν το ένα τρίτο της ποσότητας χάλυβα. Ένα σύγχρονο αυτοκίνητο χρειάζεται 25% λιγότερο χάλυβα από ό,τι χρειαζόταν ένα αυτοκίνητο πριν από δυο με τρεις δεκαετίες.

Οι χάλυβες διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες (αγγλ. grades), ανάλογα με την χημική τους σύσταση, την περαιτέρω κατεργασία τους, την κρυσταλλική τους δομή ή και την τελική τους χρήση.

Ως προς την χημική τους σύσταση, οι χάλυβες ταξινομούνται ως εξής:

- Κοινοί ή ανθρακούχοι χάλυβες (αγγλ. carbon steels). Περιέχουν άνθρακα (έως 2,06%) και μικρό ποσοστό μαγγανίου (έως 1,65%), πυριτίου (έως 0,6%) και χαλκού (έως 0,6%). Χρησιμοποιούνται πολύ και συγκολλούνται εύκολα. Με βάση τον περιεχόμενο άνθρακα, οι κοινοί χάλυβες διακρίνονται στις εξής υποκατηγορίες:
  - χάλυβες χαμηλού άνθρακα ή μαλακοί χάλυβες (αγγλ. mild steels·  $C < 0,30\%$ ),
  - χάλυβες μέτριου άνθρακα (αγγλ. medium carbon steels·  $0,30\% < C < 0,60\%$ ),
  - χάλυβες υψηλού άνθρακα (αγγλ. high carbon steels·  $0,60\% < C < 1,00\%$ ), και
  - χάλυβες πολύ υψηλού άνθρακα (αγγλ. ultra-high carbon steels·  $1,00\% < C < 2,00\%$ ).
- Κραματωμένοι χάλυβες (αγγλ. alloy steels), δηλ. κράματα σιδήρου με άλλα μέταλλα σε σημαντική περιεκτικότητα. Τέτοιοι είναι οι
  - ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες ή χάλυβες χαμηλής κραμάτωσης, που περιέχουν συνήθως χρώμιο, μολυβδαίνιο, βανάδιο, νικέλιο κ.λπ. σε συνολικό ποσοστό που δεν ξεπερνά το 10 % κ.β., όπως π.χ. οι εργαλειοχάλυβες ( $0,7\% < C < 1,4\%$ ,  $Mn < 0,3\%$ ), και οι
  - ισχυρά κραματωμένοι χάλυβες ή χάλυβες υψηλής κραμάτωσης, όπως οι ανοξειδωτοί χάλυβες ( $Cr > 10,5\%$ ), οι ταχυχάλυβες ( $C \sim 0,7\%$ ,  $Cr \sim 4,0\%$ ,  $5,0\% < Mo < 10\%$ ,  $1,5\% < W < 18,0\%$ ,  $0\% < Co < 8,0\%$ ), κ.λπ.

Ανάλογα με την περαιτέρω κατεργασία τους, οι χάλυβες διακρίνονται σε:

- χάλυβες διαμόρφωσης, που υφίστανται περαιτέρω μηχανική κατεργασία (έλαση, διέλαση, κ.λπ.), και
- χυτοχάλυβες, που παράγονται απευθείας με χύτευση υπό μορφή πλινθωμάτων («χελωνών») και επαναχυτεύονται για την κατασκευή διαφόρων εξαρτημάτων.

Τέλος, συχνά γίνεται λόγος για φερριτικούς, περλιτικούς, μαρτενσιτικούς, μαινιτικούς κ.λ.π. χάλυβες ανάλογα με την κύρια κρυσταλλική φάση τους.

Η ονοματολογία των χαλύβων γίνεται σύμφωνα με διάφορα συστήματα τυποποίησης όπως DIN, ASTM, ΕΛΟΤ κ.λπ. Συχνά υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στο όνομα μιας κατηγορίας χάλυβα και την αντοχή της συγκεκριμένης κατηγορίας χάλυβα σε



εφελκυσμό. Για παράδειγμα, το πρότυπο ΕΛΟΤ 1421-3 ορίζει ότι ο χάλυβας B500C πρέπει να έχει όριο διαρροής μεγαλύτερο από 500 MPa (500 N/mm<sup>2</sup>).

### **Η Βιομηχανία του Χάλυβα**

Είναι συνηθισμένο σήμερα να μιλάμε για "τη βιομηχανία σιδήρου και του χάλυβα" σαν να ήταν μια ενιαία οντότητα, αλλά ιστορικά ήταν ξεχωριστά προϊόντα. Η χαλυβουργία θεωρείται δείκτης της οικονομικής προόδου, λόγω του κρίσιμου ρόλου του χάλυβα σε υποδομές και τη συνολική οικονομική ανάπτυξη.

Το 1980, υπήρχαν περισσότεροι από 500.000 εργάτες της χαλυβουργίας των ΗΠΑ. Μέχρι το 2000, ο αριθμός των Χαλυβουργών μειώθηκε σε 224.000.

Η οικονομική άνθηση στην Κίνα και την Ινδία έχει προκαλέσει τεράστια αύξηση της ζήτησης για χάλυβα τα τελευταία χρόνια. Μεταξύ του 2000 και του 2005, η ζήτηση χάλυβα παγκοσμίως αυξήθηκε κατά 6%. Από το 2000, πολλές ινδικές και κινέζικες επιχειρήσεις χάλυβα έχουν έρθει στο προσκήνιο, όπως η Tata Steel (που αγόρασε την Corus Group το 2007), η Shanghai Baosteel Group Corporation και ο όμιλος Shagang Group. Η ArcelorMittal είναι ωστόσο παγκοσμίως η μεγαλύτερη παραγωγός χάλυβα. Το 2005, η Βρετανική Γεωλογική Υπηρεσία ανέφερε ότι η Κίνα ήταν η κορυφαία παραγωγός χάλυβα με περίπου το ένα τρίτο του παγκόσμιου μεριδίου. Η Ιαπωνία, η Ρωσία και οι ΗΠΑ ακολούθησαν αντίστοιχα.

Το 2008, ο χάλυβας άρχισε να γίνεται μέρος συναλλαγών ως εμπόρευμα στο Χρηματιστήριο Μετάλλων του Λονδίνου. Στο τέλος του 2008, η χαλυβουργία αντιμετώπισε μια απότομη ύφεση που οδήγησε σε πολλές περικοπές.

Η παγκόσμια βιομηχανία χάλυβα κορυφώθηκε το 2007. Εκείνη τη χρονιά, η ThyssenKrupp ξόδεψε 12 δισεκατομμύρια δολάρια για την κατασκευή των δύο πιο σύγχρονων εργοστασίων στον κόσμο, στην Calvert της Αλαμπάμα και στη Seretiba του Ρίο ντε Τζανέιρο στη Βραζιλία. Η παγκόσμια Μεγάλη Ύφεση αρχής γενομένης από το 2008, ωστόσο, μείωσε απότομα τη ζήτηση και τις νέες κατασκευές, και έτσι οι τιμές μειώθηκαν. Η ThyssenKrupp έχασε 11 δισεκατομμύρια δολάρια στις δύο νέες μονάδες της και πούλησε χάλυβα κάτω από το κόστος παραγωγής. Τέλος, το 2013, η ThyssenKrupp προσέφερε τις εγκαταστάσεις της προς πώληση με τιμή κάτω από 4 δις δολάρια.

## **Η βιομηχανία του Χάλυβα στην Ελλάδα**

Η πρώτη ελληνική βιομηχανία χάλυβα, που έφερε τον τίτλο «Ελληνική Χαλυβουργία», ιδρύθηκε από την οικογένεια Σταύρου Σαλαπάτα στην οδό Πειραιώς στην Αθήνα το 1937, ο οποίος προηγουμένως είχε ιδρύσει την εταιρεία «Ελληνικά Συρματοουργεία» (1932). Το 1951, το εργοστάσιο της Ελληνικής Χαλυβουργίας μετακόμισε στον Ασπρόπυργο Αττικής, όπου λειτουργεί ακόμα ως μία από τις δύο μονάδες της «Χαλυβουργίας Ελλάδος» με ετήσια παραγωγική δυναμικότητα 400.000 τόνους χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου.

Η δεύτερη ελληνική χαλυβουργία ήταν η «Χαλυβουργική» της οικογένειας Θεόδωρου Αγγελόπουλου. Η εταιρεία αυτή ξεκίνησε ως βιομηχανία καρφιών το 1932 για να εξελιχθεί σε μικρό χαλυβουργείο επί της οδού Πειραιώς στην Αθήνα το 1938. Το 1953 η εταιρεία έθεσε σε λειτουργία νέες καμίνους ηλεκτρικού τόξου στην Ελευσίνα, που σύντομα μεταβλήθηκαν σε πλήρως καθετοποιημένη σιδηρουργία-χαλυβουργία. Το 1958, η «Χαλυβουργική» απέκτησε κάμινο ανοικτής εστίας τύπου Siemens-Martin, και το 1963 έθεσε σε λειτουργία την πρώτη υψικάμινο στον ελλαδικό χώρο, καθώς και μεταλλάκτες τύπου LD. Το 1975, η εταιρεία έθεσε σε λειτουργία και δεύτερη υψικάμινο ανεβάζοντας έτσι την παραγωγική της δυναμικότητα σε 2,5 εκατ. τόνους χάλυβα ετησίως. Έκτοτε όμως η εταιρεία άρχισε να φθίνει και το 1981 διέκοψε την λειτουργία των υψικαμίνων. Συνέχισε ωστόσο την παραγωγή πλατέων και επιμηκών προϊόντων με ανάτηξη παλαιοσιδήρων σε καμίνους ηλεκτρικού τόξου. Σήμερα η εταιρεία συνεχίζει να παράγει επιμήκη προϊόντα στην Ελευσίνα, σε σύγχρονες εγκαταστάσεις δυναμικότητας 500.000 τόνων, υπό την διεύθυνση του Κωνσταντίνου Π. Αγγελόπουλου και των γιων του.

Το 1962, η οικογένεια Στασινόπουλου ίδρυσε την εταιρεία «Σιδενόρ» για να παράγει προϊόντα χάλυβα, όπως χαλυβδοσωλήνες, λέβητες, κ.λπ. Το 1964, η Σιδενόρ ξεκίνησε την παραγωγή μπετόβεργας και άλλων επιμηκών προϊόντων στην Θεσσαλονίκη, στο εργοστάσιο που για πολλά χρόνια ήταν γνωστό στους Θεσσαλονικείς ως «εργοστάσιο Βιοχάλκο». Το εργοστάσιο αυτό εξακολουθεί να βρίσκεται σε λειτουργία με ετήσια δυναμικότητα 600.000 τόνους χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου.

Το 1963, η οικογένεια Μάνεση ίδρυσε την «Χαλυβουργία Βόλου», η οποία το 1974 μετονομάστηκε σε «Θεσσαλική Χαλυβουργία». Οι εγκαταστάσεις της «Θεσσαλικής Χαλυβουργίας» περιλαμβάνουν χαλυβουργείο στο Βελεστίνο Μαγνησίας ετήσιας

δυναμικότητας 700.000 τόνων χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου και ελασματοουργείο στην Βιομηχανική Ζώνη Βόλου. Το 2006, η «Θεσσαλική Χαλυβουργία» εξαγόρασε την «Ελληνική Χαλυβουργία» και ο νέος όμιλος ονομάστηκε «Χαλυβουργία Ελλάδος».

Το 1972, η οικογένεια Αναστασόπουλου έθεσε σε λειτουργία την χαλυβουργία «Μεταλλουργική Χάλυψ» στον Αλμυρό Μαγνησίας ετήσιας δυναμικότητας περίπου 600.000 τόνων. Η εταιρεία, που παρήγαγε μόνον επιμήκη προϊόντα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου, βρέθηκε μέσα σε λίγα χρόνια υπερχρεωμένη και το 1991 κήρυξε πτώχευση. Το 1996, η «Σιδενόρ» εξαγόρασε τις εγκατελειμμένες εγκαταστάσεις της «Μεταλλουργικής Χάλυψ» στον Αλμυρό Μαγνησίας και έκτισε εκεί σύγχρονη χαλυβουργία με ετήσια δυναμικότητα 900.000 τόνους χάλυβα από ανάτηξη παλαιοσιδήρου. Μέσα στο 2007, ο όμιλος «Σιδενόρ» ανακοίνωσε πως το εργοστάσιο στον Αλμυρό Μαγνησίας, που φέρει την επωνυμία «Σοβέλ» («Sovel»), θα κάνει νέες επενδύσεις για επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας στους 1,2 εκατ. τόνους χάλυβα τον χρόνο.

Μία ακόμα εταιρεία που δραστηροποιείται στον χώρο του χάλυβα στην Ελλάδα είναι η «Ελληνική ΑΕ Χάλυβος» ή «Ανώνυμος Ελληνική Εταιρεία Χάλυβος», πιο γνωστή ως Hellenic Steel. Η εταιρεία αυτή ανήκει κατά ποσοστό 52% στον ιταλικό όμιλο Riva, ενώ μικρότερα ποσοστά κατέχουν άλλες ευρωπαϊκές και ιαπωνικές επιχειρήσεις, καθώς και ελληνικές τράπεζες. Από το 1970 περίπου, η Hellenic Steel διαθέτει εργοστάσιο στην Θεσσαλονίκη με παραγωγική δυναμικότητα 800.000 τόνους σε πλατέα προϊόντα ψυχρής έλασης, 95.000 τόνους σε επικασιτερωμένα πλατέα προϊόντα και 135.000 τόνους σε επιψευδαργυρωμένα πλατέα προϊόντα.

Γενικά, η ελληνική βιομηχανία χάλυβα έχει αυξήσει σημαντικά την παραγωγή της τα τελευταία χρόνια και, από 1,0 εκατ. τόνους το 1990, ξεπέρασε τα 2,5 εκατ. τόνους το 2007.

### **Η Ανακύκλωση του Χάλυβα**

Ο χάλυβας είναι ένα από τα πιο ανακυκλωμένα υλικά στον κόσμο, με ποσοστό ανακύκλωσης πάνω από 60% σε παγκόσμιο επίπεδο. Μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες ανακυκλώθηκαν πάνω από 82 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι (81.000.000 long tons) το 2008. Αυτό αποτέλεσε ποσοστό 83% της συνολικής ανακύκλωσης εκείνη τη χρονιά.

## Σύγχρονοι Χάλυβες

- Carbon steels

Οι σύγχρονα χάλυβες γίνονται με διάφορους συνδυασμούς κραμάτων μετάλλων για να εκπληρώνουν πολλούς σκοπούς. Ο ανθρακούχος χάλυβας, που αποτελείται μόνο από σίδηρο και άνθρακα, αντιπροσωπεύει το 90% της παραγωγής χάλυβα. Χαμηλά κράματα χάλυβα περιέχουν κι άλλα στοιχεία, συνήθως μολυβδαίνιο, μαγγάνιο χρώμιο ή νικέλιο, σε ποσότητες μέχρι 10% κατά βάρος για τη βελτίωση της σκλήρυνσης. Τα υψηλής αντοχής χαμηλά κράματα χάλυβα έχουν μικρές προσθήκες (συνήθως <2% κατά βάρος) άλλων στοιχείων, τυπικά 1,5 % μαγγάνιο, για να παρέχεται πρόσθετη δύναμη και μια μέτρια αύξηση των τιμών.

Πρόσφατοι κανονισμοί από την Corporate Average Fuel Economy (CAFE) έχουν οδηγήσει σε μια νέα ποικιλία του χάλυβα είναι γνωστή ως προχωρημένος χάλυβας υψηλής αντοχής (Advanced High Strength Steel - AHSS). Αυτό το υλικό είναι τόσο ισχυρό και όλκιμο, ώστε οι δομές των οχημάτων μπορούν να διατηρήσουν τα τρέχοντα επίπεδα ασφαλείας τους χρησιμοποιώντας λιγότερο υλικό. Υπάρχουν στο εμπόριο πολλές διαθέσιμες ποιότητες AHSS, όπως ο χάλυβας διπλής φάσεως (dual-phase steel), ο οποίος περνάει από μία θερμική κατεργασία ώστε να περιέχει μία φερριτική και μαρτενσιτική μικροδομή για να παράγεται ένας διαμορφώσιμος χάλυβας υψηλής αντοχής. Ο χάλυβας Transformation Induced Plasticity (TRIP) προϋποθέτει ένα ειδικό κράμα και θερμικές επεξεργασίες για τη σταθεροποίηση της ποσότητας του ωστενίτη σε θερμοκρασία δωματίου σε κανονικό ωστενίτη. Στον χάλυβας Twinning Induced Plasticity (TWIP) χρησιμοποιείτε ένας συγκεκριμένος τύπος στελέχους για να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των εργασιών σκλήρυνσης του κράματος.

Οι Carbon Steels συχνά γαλβανίζονται για να προστατευτούν από τη σκουριά.

- Alloy Steels

Οι ανοξείδωτοι χάλυβες περιέχουν κατ'ελάχιστο 11% σε χρώμιο, συχνά σε συνδυασμό με νικέλιο για να έχουν αντίσταση στη διάβρωση. Ορισμένοι ανοξείδωτοι χάλυβες, όπως οι φερριτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες είναι μαγνητικοί, ενώ άλλοι, όπως οι ωστενιτικοί είναι μη-μαγνητικοί. Οι ανθεκτικοί στη διάβρωση χάλυβες είναι συντεταμημένοι κατά CRES.

Κάποιοι πιο σύγχρονα χάλυβες χρησιμοποιούνται σε εργαλεία, τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες βολφραμίου και κοβαλτίου ή άλλα στοιχεία για τη μεγιστοποίηση της σκλήρυνσης. Αυτό επιτρέπει επίσης τη χρήση σκλήρυνση καταβυθίσεως (precipitation hardening) και βελτιώνει την αντοχή στη θερμοκρασία. Τα εργαλεία από χάλυβα είναι γενικά άξονες, τρυπάνια, και άλλες συσκευές που χρειάζονται μια απότομη, μακράς διάρκειας ακμή κοπής. Άλλα κράματα ειδικού σκοπού περιλαμβάνουν χάλυβες ανεκτικούς στις καιρικές συνθήκες όπως ο Cor-ten, ο οποίος αντέχει στον καιρό αποκτώντας μια σταθερή, σκουριασμένη επιφάνεια και έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί άβαφος. Ο Χάλυβας μαρτενγήρανσης (Maraging steel) είναι κράμα με νικέλιο και άλλα στοιχεία, αλλά σε αντίθεση με τους περισσότερους χάλυβες περιέχει λίγο άνθρακα (0,01%). Αυτό δημιουργεί ένα πολύ ισχυρό αλλά μαλακό χάλυβα.

Ο χάλυβας Eglin χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό από διαφορετικά στοιχεία σε ποικίλες ποσότητες για να δημιουργήσετε ένα χάλυβα σχετικά χαμηλού κόστους για χρήση σε βάσεις σε αποθήκες όπλων. Ο χάλυβας Hadfield (από τον Sir Robert Hadfield) ή χάλυβας μαγγάνιο περιέχει 12-14% μαγγάνιο, το οποίο όταν σκληραίνει σχηματίζει ένα απίστευτα σκληρό δέρμα που αντιστέκεται στη φθορά. Παραδείγματα περιλαμβάνουν κάποια κομμάτια δεξαμενών, οι λεπίδες στις μπουλντόζες και οι λεπίδες κοπής στις σιαγόνες της ζωής (jaws of life).

- Πρότυπα

Τα περισσότερα, πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κράματα χάλυβα κατηγοριοποιούνται σε διάφορους βαθμούς από τους οργανισμούς τυποποίησης. Για παράδειγμα, η Society of Automotive Engineers έχει μια σειρά βαθμών που καθορίζουν πολλούς τύπους χάλυβα. Η American Society for Testing and Materials έχει ένα ξεχωριστό σύνολο προτύπων, τα οποία καθορίζουν κράματα όπως ο χάλυβας A36, ο οποίος είναι ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος δομικός χάλυβας στις Ηνωμένες Πολιτείες.

### **Οι Χρήσεις του Άνθρακα**

Ο σίδηρος και ο χάλυβας χρησιμοποιούνται ευρέως στην κατασκευή των δρόμων, σιδηροδρόμων, σε άλλες υποδομές, συσκευές και κτίρια. Οι περισσότερες μεγάλες σύγχρονες δομές, όπως γήπεδα, ουρανοξύστες, γέφυρες και αεροδρόμια, υποστηρίζονται από ένα χαλύβδινο σκελετό. Ακόμη και οι δομές με σκυρόδεμα

χρησιμοποιούν χάλυβα για ενίσχυση. Επιπλέον, παρατηρείται ευρεία χρήση σε μεγάλες συσκευές και στα αυτοκίνητα. Παρά την αύξηση της χρήσης του αλουμινίου, ο χάλυβας εξακολουθεί να είναι το κύριο υλικό για τα αμαξώματα αυτοκινήτων. Ο χάλυβας χρησιμοποιείται σε μια ποικιλία άλλων υλικών, όπως βίδες, καρφιά και βίδες. Άλλες κοινές εφαρμογές περιλαμβάνουν τη ναυπηγική βιομηχανία, τους αγωγούς, τα ορυχεία, τις υπεράκτιες κατασκευές, την αεροδιαστημική, τα λευκά είδη (π.χ. πλυντήρια), τον βαρύ εξοπλισμό, όπως οι μπουλντόζες, τα έπιπλα γραφείου, το μαλλί χάλυβα, τα εργαλεία, και πανοπλίες με τη μορφή προσωπικών γιλέκων ή θωράκιση του οχήματος.

- Ιστορικά Στοιχεία Χρήσης του Χάλυβα

Πριν από την εισαγωγή της διαδικασίας Τόμας και άλλες σύγχρονες τεχνικές παραγωγής χάλυβα, αυτός ήταν ακριβός και χρησιμοποιήθηκε μόνο όταν δεν υπήρχε εναλλακτική φθηνότερη λύση, ιδιαίτερα για τη δημιουργία αιχμών για μαχαίρια, ξυραφάκια, ξίφη, και άλλα αντικείμενα όπου απαιτούν ένα σκληρό, αιχμηρό άκρο. Ο χάλυβας χρησιμοποιείται επίσης για ελατήρια, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που χρησιμοποιούνται στα ρολόγια.

Με την χρήση μεθόδων ταχύτερης και οικονομικότερης παραγωγής, ο χάλυβας έχει γίνει ευκολότερο να αποκτηθεί και έχει γίνει πολύ φθηνότερος. Έχει αντικαταστήσει το σφυρήλατο σίδηρο για πολλούς σκοπούς. Ωστόσο, η διαθεσιμότητα των πλαστικών κατά το τελευταίο μέρος του 20ου αιώνα επέτρεψε την αντικατάσταση του χάλυβα σε ορισμένες εφαρμογές λόγω του χαμηλότερου κόστους κατασκευής και του χαμηλότερου βάρους τους. Τα ανθρακονήματα αντικατέστησαν τον χάλυβα σε ορισμένες εφαρμογές που δεν επηρεάζονται από το κόστος, όπως αεροσκάφη, αθλητικοί εξοπλισμοί και υψηλής ποιότητας αυτοκίνητα.

- Long steel

Χρησιμοποιείται σε:

1. Ράβδους οπλισμού και πλέγματα για οπλισμένο σκυρόδεμα
2. Σιδηροδρομικές γραμμές
3. Για τη διάρθρωση μοντέρνων κτιρίων και γεφυρών
4. Σύρματα
5. Πρώτη ύλη για να εφαρμογές ανακατασκευής



- Flat carbon steel

Χρησιμοποιείται σε:

1. Μεγάλες οικιακές συσκευές
2. Μαγνητικούς πυρήνες
3. Το εσωτερικό και εξωτερικό σώμα αυτοκινήτων, τρένων και πλοίων .

- Stainless steel

Χρησιμοποιείται σε:

1. Μαχαιροπήρουνα
2. Χάρακες
3. Χειρουργικά εργαλεία
4. Ρολόγια
5. Όπλα
6. Σιδηροδρομικά βαγόνια για μεταφορές επιβατών και οχημάτων

- Low-background steel

Ο χάλυβας που κατασκευάζονταν μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο μολύνθηκε με ραδιονουκλεΐδια λόγω των πυρηνικών δοκιμών . Ο Low-background χάλυβας, κατασκευάστηκαν πριν το 1945, χρησιμοποιείται για ορισμένες ευαίσθητες στην ακτινοβολία εφαρμογές όπως μετρητές Geiger και την προστασία από ακτινοβολίες.

### **Στατιστικά στοιχεία**

Από το 1998, η πρώτη χώρα σε παραγωγή χάλυβα είναι η Κίνα. Μάλιστα, μέσα στην δεκαετία 1997–2006, η Κίνα αύξησε την παραγωγή της σε χάλυβα κατά πέντε φορές, ενώ στον δυτικό κόσμο, στην Ιαπωνία, στην Νότιο Κορέα και στην Ινδία, ο ρυθμός αύξησης της παραγωγής χάλυβα ήταν κατά πολύ μικρότερος. Οι δέκα πρώτες χώρες σε παραγωγή ακατέργαστου χάλυβα κατά το 2006 ήταν:

- Κίνα 423 Mt,
- Ιαπωνία 116 Mt,
- ΗΠΑ 99 Mt,
- Ρωσία 71 Mt,
- Ν. Κορέα 49 Mt,

- Γερμανία 47 Mt,
- Ινδία 44 Mt,
- Ουκρανία 41 Mt,
- Ιταλία 32 Mt,
- Βραζιλία 31 Mt.

Η μεγαλύτερη σε παραγωγή εταιρεία είναι η ινδικών–ευρωπαϊκών συμφερόντων Arcelor–Mittal, η οποία παράγαγε 117 Mt ακατέργαστου χάλυβα μέσα στο 2006. Δεύτερη και τρίτη σε παραγωγή χάλυβα κατά το 2006 ήταν οι ιαπωνικές εταιρείες Nippon Steel (33 Mt) και JFE Steel (32 Mt). Την πρώτη πεντάδα των μεγαλύτερων χαλυβουργικών εταιρειών κατά το 2006 συμπληρώνουν η νοτιοκορεάτικη Posco (30 Mt) και η κινεζική Baosteel (23 Mt).



## 11. ΜΕΡΙΚΑ ΛΟΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΧΡΥΣΟ

Ο χρυσός είναι ένα χημικό στοιχείο με το σύμβολο Au και ατομικό αριθμό 79. Είναι ένα φωτεινό κίτρινο πυκνό, μαλακό, ελατό και όλκιμο μέταλλο. Οι ιδιότητες του παραμένουν όταν εκτίθεται στον αέρα ή στο νερό. Χημικά, ο χρυσός είναι ένα μέταλλο μετάπτωσης και μία ομάδα 11 στοιχείων. Είναι ένα από τα λιγότερο αντιδραστικά χημικά στοιχεία και είναι στερεός υπό κανονικές συνθήκες. Κατά συνέπεια, το μέταλλο εμφανίζεται συχνά σε ελεύθερη στοιχειακή (μητρική) μορφή, ως ψήγματα ή κόκκοι, σε βράχους, σε φλέβες και προσχώσεις. Βρίσκεται επίσης σε στερεό διάλυμα μαζί με τα φυσικά στοιχεία του αργύρου (όπως το *electrum*), καθώς και σε φυσικά κράμα με χαλκό και παλλάδιο. Λιγότερο συχνά, εμφανίζονται ενώσεις του χρυσού με μέταλλα. Ο χρυσός (με ατομικό αριθμό 79) έχει ένα υψηλό ατομικό αριθμό για στοιχείο που εμφανίζεται φυσικά στο σύμπαν και παραδοσιακά πιστεύεται ότι έχει παραχθεί σε *supernova nucleosynthesis* και απλώθηκε με την σκόνη από την οποία σχηματίστηκε το Ηλιακό Σύστημα. Επειδή η Γη ήταν σε ρευστή κατάσταση, όταν πρωτοσχηματίστηκε, σχεδόν όλος ο χρυσός βυθίστηκε στο εσωτερικό της. Ως εκ τούτου, το μεγαλύτερο μέρος του χρυσού που υπάρχει σήμερα στο φλοιό της Γης και στο μανδύα θεωρείται ότι έχουν φτάσει στη γη αργότερα, από πτώσεις αστεροειδών κατά τη διάρκεια του τελευταίου έντονου βομβαρδισμού, περίπου 4 δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Χρυσός αντιστέκεται σε επιθέσεις από μεμονωμένα οξέα, αλλά μπορεί να διαλυθεί με *aqua regia* (νιτρο-υδροχλωρικό οξύ), που ονομάζεται έτσι επειδή διαλύει το χρυσό σε έναν διαλυμένο τετραχλωριούχο κατιόν χρυσό. Οι ενώσεις του χρυσού διαλύονται επίσης σε αλκαλικά κυανιούχα διαλύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται και στην εξόρυξη. Επίσης ο χρυσός διαλύεται σε υδράργυρο, σχηματίζοντας κράματα αμαλγάματος. Είναι αδιάλυτος σε νιτρικό οξύ, το οποίο διαλύει τον άργυρο και άλλα βασικά μέταλλα, μια ιδιότητα η οποία έχει χρησιμοποιηθεί από καιρούς για να επιβεβαιωθεί η παρουσία χρυσού σε συγκεκριμένα σημεία. Αυτό το μέταλλο είναι ένα πολύτιμο και ιδιαίτερα αναζητήσιμο, αφού αποτελεί πολύτιμο μέταλλο για κατασκευή νομισμάτων, κοσμημάτων, καθώς και σε άλλες τέχνες. Στο παρελθόν, ένας χρυσός κανόνας εφαρμοζόταν συχνά ως νομισματικής πολιτικής εντός και μεταξύ των εθνών. Τη δεκαετία του 1930 έπαψαν να κόβονται χρυσά νομίσματα και ο χρυσός κανόνας τελικά εγκαταλείφθηκε από τη χρήση συστήματος διαφορετικού υλικού νομισμάτων μετά το 1976. Η ιστορική αξία του χρυσού είχε τις

ρίζες της στη σπανιότητάς του, στον εύκολο χειρισμό και κοπή του, στην εύκολη τήξη, στη μη-διαβρωτικότητα, στο ξεχωριστό χρώμα, και τη μη-αντιδραστικότητα με άλλα στοιχεία.

Συνολικά 174.100 τόνοι χρυσού έχουν εξορυχτεί στην ιστορία του ανθρώπου, σύμφωνα με την GFMS (έκθεση 2012). Αυτή είναι περίπου ισοδύναμη με 5,6 δισεκατομμύρια Troy ounces ή όσον αφορά τον όγκο, περίπου 9200 m<sup>3</sup> ή με ένα κύβο με πλευρά 21m. Η παγκόσμια κατανάλωση του χρυσού που παράγεται είναι περίπου 50% σε κοσμήματα, 40% στις επενδύσεις, και το 10% στη βιομηχανία.

Ο χρυσός (που είναι εύπλαστος, με υψηλή ολκιμότητα, αντίσταση στη διάβρωση και τις περισσότερες άλλες χημικές αντιδράσεις και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού) χρησιμοποιείται σε ηλεκτρικές συνδέσεις που πρέπει να είναι ανθεκτικές στη διάβρωση σε όλους τους τύπους ηλεκτρονικών συσκευών (κύρια βιομηχανική χρήση του).

Χρυσός χρησιμοποιείται επίσης στην υπέρυθη θωράκιση, στο χρωματισμό του γυαλιού και σε χρυσές επικαλύψεις. Ορισμένα άλατα του χρυσού εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σαν αντιφλεγμονώδη στην ιατρική.

### **Ετυμολογία της Λέξης**

Η λέξη χρυσός απαντάται στην ελληνική γλώσσα από τα πανάρχαια χρόνια. Εικάζεται όμως πως έχει χεττιτική και κατά δεύτερο λόγο σημαντική προέλευση.

Η αγγλόφωνη λέξη gold είναι ανάλογη με παρόμοιες λέξεις σε πολλές γερμανικές γλώσσες, προερχόμενη από την πρωτογερμανική *gulþ* η οποία με τη σειρά της προήλθε από την πρωτοϊνδοευρωπαϊκή *ghel*, λέξη από την οποία προήλθε και η λέξη yellow, που σημαίνει κίτρινο χρώμα, στα ελληνικά.

Το διεθνές χημικό σύμβολο Au προέρχεται από τη λατινική λέξη *aurum*, που σύμφωνα με κάποιες πηγές σημαίνει «λαμπερή αυγή», από την σαμπινική λέξη *ausum*, που κι αυτή σημαίνει "λαμπερή αυγή". Σύμφωνα με κάποιους προσδιορισμούς σε λατινικά λεξικά, όμως, η έννοια της λέξης *aurum* επεκτείνεται στη σημερινή σημασία της λέξης μέταλλο. Οι διαφωνίες μεταξύ των ετυμολογιών είναι πιθανό να υφίσταται εξαιτίας της συσσώρευσης των αποδείξεων από την αρχαιολογία για τη μεγάλη αρχαιότητα της χρήσης του πολύτιμου αυτού μετάλλου στον πολιτισμό, σύμφωνα και με την έκφραση "γνωστό από την αυγή του πολιτισμού". Και με αυτόν το σεβασμό έχει υιοθετηθεί η

σημερινή σημασία της λέξης aurum, άσχετα με την αρχική ετυμολογική σημασία που είχε στη λατινική γλώσσα.

### **Τα Χαρακτηριστικά του Χρυσού**

Ο χρυσός είναι το πιο εύπλαστος από όλα τα μέταλλα. Ένα μόνο γραμμάριο μπορεί να επεκταθεί σε ένα φύλλο 1 τετραγωνικό μέτρο ή μια ουγγιά σε 300 τετραγωνικά πόδια. Τα φύλλα χρυσού μπορεί να είναι πολύ λεπτά ως και διαφανής. Το εκπεμπόμενο φως του φαίνεται πρασινωπό μπλε, επειδή ο χρυσός αντανακλά έντονα το κίτρινο και κόκκινο. Τα ημιδιαφανή φύλλα επίσης αντανακλούν έντονα υπέρυθρο φως, καθιστώντας τα χρήσιμα ως υπέρυθρες ασπίδες σε κουστούμια ή διαστημικές στολές. Ο χρυσός διαλύεται εύκολα στον υδραργύρο σε θερμοκρασία δωματίου για να σχηματιστεί ένα αμάλγαμα. Επίσης σχηματίζει κράματα με πολλά άλλα μέταλλα σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Αυτά τα κράματα μπορούν να παραχθούν για να τροποποιηθεί η σκληρότητα και άλλες μεταλλουργικές ιδιότητες του, να ελέγχει το σημείο τήξης ή να δημιουργηθούν εξωτικά χρώματα. Ο χρυσός είναι ένας καλός αγωγός της θερμότητας και της ηλεκτρικής ενέργειας και αντανακλά έντονα την υπέρυθη. Από χημικής απόψεως είναι ανεπηρέαστος από τον αέρα, την υγρασία και τα πιο διαβρωτικά αντιδραστήρια, συνεπώς είναι κατάλληλος για χρήση σε κέρματα και κοσμήματα και σαν προστατευτική επικάλυψη σε άλλα πιο δραστικά μέταλλα. Ωστόσο, δεν είναι χημικά αδρανής. Ο χρυσός είναι σχεδόν αδιάλυτος, αλλά μπορεί να διαλυθεί σε aqua regia ή διαλύματα υδροξειδίου του νατρίου ή κυανιούχου καλίου.

Επιπλέον, ο χρυσός είναι πολύ πυκνός, έχει μάζα  $19.300 \text{ kg/m}^3$ . Σε σύγκριση με την πυκνότητα του μολύβδου που είναι  $11.340 \text{ kg/m}^3$  και του πυκνότερου στοιχείου, του οσμίου, που είναι  $22.588 \pm 15 \text{ kg/m}^3$ .

- Χρώμα

Ενώ τα περισσότερα άλλα καθαρά μέταλλα είναι γκρι ή λευκά-ασημένια, ο χρυσός είναι κίτρινος. Αυτό το χρώμα καθορίζεται από την πυκνότητα των χαλαρά δεσμευμένων ηλεκτρονίων. Αυτά τα ηλεκτρόνια ταλαντώνονται σαν ένα συλλογικό "πλάσμα". Η συχνότητα αυτών των ταλαντώσεων βρίσκεται στην υπεριώδη περιοχή για τα περισσότερα μέταλλα, αλλά πέφτει στο ορατό εύρος για το χρυσό και οφείλεται σε λεπτά σχετικιστικά αποτελέσματα που επηρεάζουν τις τροχιές γύρω άτομα

χρυσού. Παρόμοια αποτελέσματα προσδίδουν μια χρυσή απόχρωση στο μεταλλικό caesium.

Χρωματισμένα κράματα χρυσού μπορούν να δημιουργηθούν με την προσθήκη διαφόρων ποσοτήτων χαλκού και αργύρου. Τα κράματα που περιέχουν παλλάδιο ή νικέλιο είναι επίσης σημαντική για τα εμπορικά κοσμήματα διότι αποτελούν αυτό που αποκαλούμε λευκόχρυσο. Πιο σπάνια είναι η προσθήκη μαγγανίου, αργιλίου, σιδήρου, ινδίου και άλλων στοιχείων που μπορεί να παράγουν πιο ασυνήθιστα χρώματα του χρυσού για διάφορες εφαρμογές.

- **Ισότοπα**

Ο χρυσός έχει μόνο ένα σταθερό ισότοπο, το οποίο είναι επίσης το μόνο φυσικά ισότοπο του. Τα υπόλοιπα τριάντα έξι που έχουν συντεθεί είναι ασταθή.

### **Οι Χρήσεις του Χρυσού**

Η παγκόσμια κατανάλωση του νέου χρυσού που παράγεται είναι περίπου 50% σε κοσμήματα, 40% στις επενδύσεις, και το 10% στη βιομηχανία.

- **Κοσμηματοποιία**

Μεγάλη είναι η αξία του χρυσού στην κατασκευή κοσμημάτων. Εκεί ελάχιστα χρησιμοποιείται καθαρός αλλά με προσμίξεις. Η καθαρότητά του μετράται είτε με καράτια (24 καράτια είναι ο καθαρός χρυσός) είτε με χιλιοστά (1000 χιλιοστά ο καθαρός χρυσός). Στα κοσμήματα χρησιμοποιείται η ποιότητα των 14 καρατιών (585 χιλιοστά) και η ποιότητα 18 καρατιών (750 χιλιοστά). Συνήθως είναι αποδεκτή μία φύρα 10% χρυσού για την επεξεργασία και το γυάλισμα των κοσμημάτων. Η αξία ενός κοσμήματος συνήθως καθορίζεται από το βάρος του καθαρού χρυσού, την εργασία του και την αξία των πολύτιμων λίθων που περιέχει. Πολλές φορές η αξία των λίθων αυτών είναι πολλαπλάσια του χρυσού.

- **Επένδυση**

Πολλοί κάτοχοι του χρυσού το αποθηκεύσετε σε μορφή κερμάτων ή σε ράβδους ως εξασφάλιση έναντι στον πληθωρισμό ή άλλες οικονομικές διαταραχές. Ωστόσο, ο οικονομολόγος Martin Feldstein δεν πιστεύει πως ο χρυσός λειτουργεί ως αντιστάθμιση έναντι του πληθωρισμού ή την υποτίμηση του νομίσματος.

Τα σύγχρονα νομίσματα χρυσού δεν είναι κατάλληλα για επενδυτικούς σκοπούς ή για συλλέκτης, αφού είναι συνήθως λεπτά φύλλα χρυσού 24k, αν και η αμερικανική Gold

Eagle και η Βρετανική χρυσή λίρα εξακολουθούν να κόβονται στα 22k λόγω συνέχισης της ιστορικής παράδοσης. Επίσης το Kruggerand της Νότιας Αφρικής κυκλοφόρησε για πρώτη φορά το 1967 σε 22k (0,92). Η ειδική έκδοση του καναδικού Gold Maple Leaf κέρματος περιέχει την υψηλότερη καθαρότητα χρυσού από κάθε άλλο κέρμα με ποσότητα χρυσού και αργύρου 99,999% ή 0,99999, ενώ το δημοφιλέστερο Gold Maple Leaf νόμισμα έχει μια καθαρότητα 99,99%.

Υπάρχουν και άλλα 99,99% καθαρά χρυσά νομίσματα. Το 2006 το νομισματοκοπείο των Ηνωμένων Πολιτειών ξεκίνησε την παραγωγή του χρυσού νομίσματος American Buffalo με καθαρότητα 99,99%. Τα Australian Gold Kangaroos κόπηκαν για πρώτη φορά το 1986, μέχρι το αυστραλιανό Gold Nugget να αλλάξει το σχεδιασμό το 1989. Άλλα σύγχρονα νομίσματα είναι το αυστριακό κέρμα χρυσού της Φιλαρμονική της Βιέννης και το κινεζικό Χρυσό Panda .

- Ηλεκτρονικές Υποδοχές

Μόνο το 10% της παγκόσμιας κατανάλωσης του νέου χρυσού που παράγεται πηγαίνει στη βιομηχανία. Η σημαντικότερη βιομηχανική χρήση για τον χρυσό είναι η κατασκευή συνδέσεων που αντιστέκονται στη διάβρωση στους υπολογιστές και άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Για παράδειγμα, σύμφωνα με το World Gold Council, ένα τυπικό κινητό τηλέφωνο μπορεί να περιέχει 50 mg χρυσού, αξίας περίπου 50 σεντ. Όμως, δεδομένου ότι σχεδόν ένα δισεκατομμύριο κινητά τηλέφωνα παράγονται κάθε χρόνο, μια τέτοια ποσότητα χρυσού σε κάθε τηλέφωνο προσθέτει σε 500 εκατομμύρια δολάρια χρυσού σε αυτή την εφαρμογή.

Επειδή ο χρυσός παρουσιάζει καλή αγωγιμότητα και γενική αντοχή στην οξείδωση και τη διάβρωση γίνεται χρήση του σε ευρεία βιομηχανική χρήση του στην ηλεκτρονική εποχή, όπως σε λεπτές επικαλύψεις σε ηλεκτρικούς συνδετήρες , και έτσι εξασφαλίζοντας καλή σύνδεση. Για παράδειγμα, ο χρυσός χρησιμοποιείται στις συνδέσεις στα πιο ακριβά καλώδια ηλεκτρονικών ειδών, όπως για τον ήχο, το βίντεο και σε USB καλώδια. Το όφελος από τη χρήση του χρυσού σε σχέση με άλλα μέταλλα, όπως ο κασσίτερος, σε αυτές τις εφαρμογές έχει συζητηθεί. Οι χρυσοί συνδετήρες συχνά έχουν επικριθεί από οπτικοακουστικούς εμπειρογνώμονες ως μη αναγκαία για τους περισσότερους καταναλωτές και θεωρούνται ως ένα απλό τέχνασμα του μάρκετινγκ. Ωστόσο, η χρήση του χρυσού και σε άλλες εφαρμογές σε ηλεκτρονικές

επαφές που βρίσκονται σε περιβάλλοντα με υψηλή υγρασία ή διαβρωτικές ατμόσφαιρες παραμένει πολύ συχνή.

Ο χρυσός χρησιμοποιείται επίσης σε ηλεκτρικές επαφές λόγω της αντοχής τους στην διάβρωση, λόγω της ηλεκτρικής αγωγιμότητάς του, της ολκιμότητας και της έλλειψης τοξικότητας.

Η συγκέντρωση των ελεύθερων ηλεκτρονίων στο μέταλλο του χρυσού είναι  $5.90 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ . Ο χρυσός είναι εξαιρετικά αγωγίμος στον ηλεκτρισμό και έχει χρησιμοποιηθεί για ηλεκτρική καλωδίωση σε ορισμένες υψηλής ενέργειας εφαρμογές (μόνο το ασήμι και ο χαλκός είναι πιο αγωγίμα ανά όγκο, αλλά ο χρυσός έχει το πλεονέκτημα της αντοχής στη διάβρωση).

- Μη ηλεκτρονική βιομηχανία

- Χρυσές κολλήσεις χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εξαρτημάτων.
- Ο χρυσός μπορεί να γίνει νήμα και να χρησιμοποιηθούν σε κέντημα .
- Ο χρυσός παράγει ένα βαθύ, έντονο κόκκινο χρώμα και χρησιμοποιείται ως χρωστική ουσία στο γυαλί cranberry .
- Στη φωτογραφία, το χρυσό τόνερ χρησιμοποιείται για να αλλάξει το χρώμα του βρωμιούχου αργύρου σε ασπτόμαυρες εκτυπώσεις και για καφέ ή μπλε τόνους, ή να αυξηθεί η σταθερότητα των χρωμάτων. Χρησιμοποιείται σε σέπια-τονισμένες εκτυπώσεις. Τα χρυσά τόνερ παράγουν κόκκινα χρώματα.
- Ο χρυσός είναι ένα καλό κάτοπτρο της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως το υπέρυθρο και το ορατό φως, καθώς και τα ραδιοκύματα . Χρησιμοποιείται για τις προστατευτικές επιστρώσεις σε πολλούς τεχνητούς δορυφόρους, σαν προστατευτικά γείσα σε κοστούμια θερμική προστασία και κράνη αστροναυτών και αεροπλάνα ηλεκτρονικού πολέμου, όπως το EA-6B Prowler .
- Χρυσός χρησιμοποιείται ως ανακλαστικό στρώμα σε μερικά high-end CDs .
- Στα αυτοκίνητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί το χρυσό για θερμική θωράκιση. Η McLaren χρησιμοποιεί φύλλο χρυσού στο διαμέρισμα του κινητήρα του μοντέλου F1.
- Ο χρυσός μπορεί να κατασκευαστεί τόσο λεπτός που να είναι σχεδόν διαφανής. Χρησιμοποιείται σε ορισμένα παράθυρα πιλοτηρίων αεροσκαφών για την αφαίρεση του πάγου ή για προστασία από την άχνα με το πέρασμα ηλεκτρικού



ρεύματος μέσα από αυτό. Η θερμότητα που παράγεται από την αντίσταση του χρυσού είναι αρκετή για να αποτρέψει το σχηματισμό πάγου.

- Εμπορική χημεία

Ο χρυσός προσβάλλεται από και διαλύεται σε αλκαλικά διαλύματα καλίου ή νατρίου κυανιούχο, για να σχηματίσει το κυανιούχο άλας χρυσού, μια τεχνική που έχει χρησιμοποιηθεί στην εκχύλιση μεταλλικού χρυσού από μεταλλεύματα στη κυανιούχο διαδικασία. Το χρυσό κυανίου είναι ο ηλεκτρολύτης που χρησιμοποιείται στις εμπορικές ηλεκτρολύσεις του χρυσού πάνω σε βασικά μέταλλα και στην ηλεκτροδιαμόρφωση.

Ο χλωριούχος χρυσός και το οξείδιο του χρυσού χρησιμοποιούνται για να κάνουν cranberry ή κόκκινου χρώματος γυαλιά, τα οποία περιέχουν ομοιόμορφου μεγέθους σφαιρικά νανοσωματίδια χρυσού . [ 28 ]

- Ιατρική

Ο χρυσός (συνήθως ως μέταλλο) είναι ίσως το πιο αρχαίο φάρμακο. Στους μεσαιωνικούς χρόνους, ο χρυσός θεωρούνταν συχνά ευεργετικός για την υγεία, με την πεποίθηση ότι κάτι τόσο σπάνιο και όμορφο δεν θα μπορούσε να είναι οτιδήποτε άλλο παρά υγιεινό. Ακόμη και μερικοί σύγχρονοι εσωτεριστές και κάποιες μορφές εναλλακτικής ιατρικής εκχωρούν στο μεταλλικό χρυσό μια θεραπευτική δύναμη. Μόνον άλατα και ραδιοϊσότοπα του χρυσού έχουν χρήση στην πρότυπη φαρμακολογία, επειδή ο μεταλλικός χρυσός είναι αδρανές ως προς όλα τα χημικά που συναντά στο εσωτερικό του σώματος (δηλαδή η κατάποση χρυσού δεν μπορεί να προσβληθεί από το οξύ του στομάχου). Ορισμένα άλατα χρυσού έχουν αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες και προς το παρόν δύο εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ως φαρμακευτικές ουσίες για τη θεραπεία της αρθρίτιδας και άλλων παρόμοιων παθήσεων στις ΗΠΑ. Τα φάρμακα αυτά χορηγούνται για να βοηθήσουν στη μείωση του πόνου και του πρηξίματος της ρευματοειδούς αρθρίτιδας , καθώς επίσης και (ιστορικά) έναντι της φυματίωσης και μερικών παρασίτων.

Χρυσά κράματα χρησιμοποιούνται στην οδοντιατρική, ιδίως σε αποκαταστάσεις δοντιών, όπως κορώνες και μόνιμες γέφυρες .

Ο κολλοειδής χρυσός χρησιμοποιείται σε ερευνητικές εφαρμογές στην ιατρική, τη βιολογία και την επιστήμη των υλικών. Τα κολλοειδή σωματίδια χρυσού επικαλυμμένα με ειδικά αντισώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανιχνευτές για την παρουσία

και τη θέση των αντιγόνων επί των επιφανειών των κυττάρων. Σε υπέρλεπτες τομές ιστών είδαν με μικροσκοπία ηλεκτρονίων να εμφανίζονται με εξαιρετική πυκνότητα γύρω από τα σημεία στη θέση του αντιγόνου.

Χρυσός ή κράματα από χρυσό και παλλάδιο, εφαρμόζονται ως αγώγιμη επίστρωση σε βιολογικά δείγματα και άλλα μη αγώγιμα υλικά όπως τα πλαστικά και το γυαλί για να εξεταστεί το δείγμα σε ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης.

Κάποια ισότοπα του χρυσού χρησιμοποιούνται στην πυρηνική ιατρική, στη θεραπεία ορισμένων τύπων καρκίνου και για την αγωγή άλλων νόσων.

- **Φαγητό και ποτό**

Ο χρυσός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρόφιμα και έχει τον αριθμό E175.

Φύλλα, νιφάδες ή σκόνη χρυσού χρησιμοποιούνται σε ορισμένα γκουρμέ τρόφιμα, ιδίως γλυκά και ποτά, σαν διακοσμητικό συστατικό. Δεδομένου ότι το μεταλλικό χρυσό είναι αδρανές, δεν έχει γεύση, δεν παρέχει διατροφή, και αφήνει το σώμα αμετάβλητα.

- **Ιστορική Νομισματική Ανταλλαγή**

Ο χρυσός έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε όλο τον κόσμο, όπως τα χρήματα, για την αποτελεσματική έμμεση ανταλλαγή (έναντι αντιπραγματισμός), καθώς και για την αποθήκευση του πλούτου σε ορδές. Για τους σκοπούς της ανταλλαγής, τα νομισματοκοπεία παράγουν τυποποιημένα χρυσού κέρματα, μπάρες και άλλες μονάδες σταθερού βάρους και καθαρότητας.

## **Εξόρυξη**

Οι σημαντικότερες περιοχές εξόρυξης χρυσού είναι η Κίνα, ακολουθούμενη κατά σειρά από την Αυστραλία, τις Ηνωμένες Πολιτείες, τη Ρωσία, και το Περού. Η Νότια Αφρική (η οποία είχε κυριαρχήσει παραγωγή χρυσού κόσμο για το μεγαλύτερο μέρος του 20ου αιώνα) έχει πέσει στην έκτη θέση. Άλλες σημαντικές παραγωγί είναι η Γκάνα, Μπουρκίνα Φάσο, το Μάλι, την Ινδονησία και το Ουζμπεκιστάν.

Σήμερα, περίπου το ένα τέταρτο της παγκόσμιας παραγωγής χρυσού εκτιμάται ότι προέρχονται από βιοτεχνικές ή μικρής κλίμακας εξορύξεις.

Η πόλη του Γιοχάνεσμπουργκ βρίσκεται στη Νότια Αφρική ιδρύθηκε ως αποτέλεσμα της Witwatersrand Gold Rush, που οδήγησε στην ανακάλυψη μερικών από τα μεγαλύτερα κοιτάσματα χρυσού που ο κόσμος έχει δει ποτέ. Τα χρυσά πεδία περιοριζόταν στις βόρειες και βορειοδυτικές πλευρές της λεκάνης Witwatersrand



Ο Δεύτερος Μπόερ πόλεμος το 1899-1901 μεταξύ της Βρετανικής Αυτοκρατορίας και την Αφρικάντερ Μπόερς ήταν τουλάχιστον εν μέρει για τα δικαιώματα των ανθρακωρύχων και την κατοχή του χρυσού στη Νότια Αφρική.

Κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα, παρατηρήθηκε ο "πυρετός του χρυσού" όταν ανακαλύφθηκαν μεγάλα κοιτάσματα χρυσού. Η πρώτη καταγεγραμμένη ανακάλυψη χρυσού στις Ηνωμένες Πολιτείες ήταν στο Reed κοντά στο Georgeville της Βόρειας Καρολίνα το 1803. Ο "πυρετός του χρυσού" παρατηρήθηκε και στην Καλιφόρνια, το Κολοράντο, το Black Hills, το Otago στη Νέα Ζηλανδία, στην Αυστραλία, το Witwatersrand στην Νότια Αφρική , και το Klondike στο Καναδά .

### **Βιοαποκατάσταση**

Ένα δείγμα του μύκητα *Aspergillus niger* βρέθηκε να αυξάνεται από το διάλυμα χρυσού που εξορύσσονταν και βρέθηκε να περιέχει κυανό-μεταλλικά σύμπλοκα, όπως ο χρυσός, ο άργυρος, σιδηρούχος χαλκός και ο ψευδάργυρος. Ο μύκητας παίζει επίσης ρόλο στην διαλυτοποίηση των βαρέων σουλφίδια μετάλλων. [ 90 ]

### **Εξαγωγή**

Εξόρυξη του χρυσού είναι πιο οικονομική σε μεγάλες, εύκολες προς εξόρυξη εγκαταστάσεις. Οι ποιότητες του μεταλλεύματος διαφοροποιούνται. Οι μέσες τιμές κόστους εξόρυξης του χρυσού ήταν περίπου US \$ 317/oz το 2007, αλλά αυτό μπορεί να ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τον τύπο και την ποιότητα του μεταλλεύματος. Η παγκόσμια παραγωγή των ορυχείων ανήλθε σε 2,471.1 τόνους.

### **Διύλιση**

Μετά την αρχική παραγωγή, ο χρυσός συχνά ακολουθεί μια εξευγενισμένη βιομηχανική διαδικασία η οποία βασίζεται στην ηλεκτρόλυση ή τη χλωρίωση του τήγματος. Η διαδικασία Wohlwill οδηγεί σε υψηλότερη καθαρότητα, αλλά είναι πιο πολύπλοκη και εφαρμόζεται μόνο σε εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας. Άλλες μέθοδοι προσδιορισμού και καθαρισμού μικρότερων ποσοτήτων χρυσού περιλαμβάνουν τη χωρίστρα, την κυπέλλωση , ή τις μεθόδους καθαρισμού με βάση τη διάλυση του χρυσού στο aqua regia.

## **Η Τοξικότητα του Χρυσού**

Ο καθαρή μεταλλικός (στοιχειακός) χρυσός είναι μη-τοξικός και μη-ερεθιστικός όταν προσλαμβάνεται και μερικές φορές χρησιμοποιείται ως διακόσμηση στην τροφή σε μορφή φύλλου χρυσού . Το μεταλλικό χρυσό είναι επίσης ένα συστατικό αλκοολούχων ποτών. Το μεταλλικό χρυσό έχει εγκριθεί ως πρόσθετο τροφίμων στην ΕΕ (E175 στο Codex Alimentarius). Μολονότι το ίον χρυσού είναι τοξικό, η αποδοχή του μεταλλικού χρυσού ως πρόσθετο στα τρόφιμα οφείλεται στη σχετική χημική αδράνεια του, και την αντίσταση στο να διαβρωθεί ή να μετατραπεί σε διαλυτά άλατα (ενώσεις χρυσού) με οποιαδήποτε γνωστή χημική διαδικασία που θα συναντάτε στο ανθρώπινο σώμα.

Οι διαλυτές ενώσεις (άλατα χρυσού) όπως ο χλωριούχος χρυσός είναι τοξικές για το συκώτι και τα νεφρά. Τα κοινά κυανιούχα άλατα χρυσού, όπως το κυανιούχο κάλιο χρυσού, το οποίο χρησιμοποιείται στην επιμετάλλωση με χρυσό, είναι τοξικό λόγω του κυανίου και της περιεκτικότητας σε χρυσό. Υπάρχουν σπάνιες περιπτώσεις

θανατηφόρου δηλητηρίασης από κυανιούχο κάλιο χρυσού. Η τοξικότητα του χρυσού μπορεί να βελτιωθεί με τη αποσιδήρωση με έναν παράγοντα όπως η διμερκαπρόλη .

Ο χρυσός ψηφίστηκε ως το αλλεργιογόνο της Χρονιάς το 2001 από την American Contact Dermatitis Society. Οι αλλεργίες από χρυσό επηρεάζουν κυρίως τις γυναίκες.

Παρά το γεγονός αυτό, ο χρυσός είναι ένα σχετικά μη-ισχυρό αλλεργιογόνο, σε σύγκριση με μέταλλα όπως το νικέλιο

## **Κατανάλωση**

Σύμφωνα με το World Gold Council , η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής χρυσού στον κόσμο το 2013 και ανέτρεψε την Ινδία για πρώτη φορά όταν η κινεζική κατανάλωση αυξήθηκε κατά 32% μέσα σε ένα χρόνο, ενώ εκείνη της Ινδίας αυξήθηκε κατά 13% και η παγκόσμια κατανάλωση αυξήθηκε κατά 21%. Σε αντίθεση με την Ινδία, όπου ο χρυσός χρησιμοποιείται κυρίως για κοσμήματα, η Κίνα χρησιμοποιεί το χρυσό για την κατασκευές και λιανική πώληση.

Η Κατασκευή Χρυσών κοσμημάτων ανά χώρα σε τόνους παρουσιάζεται στον πίνακα

20

### **Η Τιμή του Χρυσού**

Όπως και άλλα πολύτιμα μέταλλα, ο χρυσός μετράται με το βάρος του σε γραμμάρια. Όταν είναι κράμα με άλλα μέταλλα, ο όρος καράτι ή καράτια χρησιμοποιείται για να δείξει την καθαρότητα του χρυσού, Τα 24 καράτια θεωρείται καθαρός χρυσός. Η καθαρότητα της χρυσής ράβδου ή του νομίσματος μπορεί να εκφράζεται ως δεκαδικός αριθμός που κυμαίνεται από 0 έως 1, γνωστός ως χιλιοστά λεπτότητας. Το 0,995 είναι πολύ καθαρός χρυσός

### **Ο Χρυσός ως Κρατικό έμβλημα**

Το 1965, η California Legislature σχεδίασε το "the State Mineral and mineralogical emblem».

Το 1968, η Alaska Legislature ονόμασε τον χρυσό "επίσημο κρατικό ορυκτό".

## 12. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ (ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ, ΣΤΙΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑ)

Με τον όρο χρονοσειρά ορίζουμε μια σειρά από παρατηρήσεις / τιμές κάποιου μεγέθους, οι οποίες παίρνονται σε συνάρτηση με το χρόνο και ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών παρατηρήσεων είναι ίδιος. Τέτοια παραδείγματα είναι οι ύψος των πωλήσεων μιας εταιρίας συναρτήσει του χρόνου, οι δείκτες του χρηματιστηρίου συναρτήσει του χρόνου, το ύψος της παραγωγής μιας εταιρείας συναρτήσει του χρόνου, η τιμή μιας μετοχής στο χρηματιστήριο συναρτήσει του χρόνου, τα τροχαία ατυχήματα σε μια περιοχή κάθε μήνα ή κάθε εβδομάδα κα.

Σαν σφάλμα ορίζουμε την διαφορά που έχει κάθε φορά η πρόβλεψη που κάνουμε για την τιμή κάποιου μεγέθους σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή από την πραγματική τιμή του μεγέθους που μελετάμε.

Οι χρονοσειρές μελετώνται από τη στατιστική, για να εξάγουμε από αυτές κάποια συμπεράσματα για τη μελλοντική κίνηση των τιμών του μεγέθους ή των μεγεθών που μας απασχολούν και ενδεχομένως να κάνουμε κάποια πρόβλεψη για τις τιμές αυτές.

Για την ανάλυση των χρονοσειρών μπορούν υπάρχουν διάφορες μέθοδοι, πιο απλές ή πιο σύνθετες. Η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του δείγματος που μελετάμε όπως επίσης και από τα αποτελέσματα που θέλουμε να εξάγουμε. Στην περίπτωση μας θα χρησιμοποιήσουμε το μοντέλο της πολλαπλασιαστικής εποχικής διόρθωσης και γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης, προκειμένου να μελετήσουμε την εποχικότητα και να κάνουμε πρόβλεψη για τις τιμές των μεγεθών που μας απασχολούν.

Με λίγα λόγια, αρχικά θα αφαιρέσουμε από τα δεδομένα μας τον παράγοντα της εποχικότητας, θα κάνουμε τις απαραίτητες προβλέψεις χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης και τέλος προσθέτουμε ξανά στις προβλέψεις που έχουμε κάνει τον παράγοντα της εποχικότητας, προκειμένου να πάρουμε τις τελικές προβλέψεις που ζητάμε.

Χρησιμοποιούμε τη μέθοδο αυτή γιατί η περιοδικότητα είναι δύσκολη στην ανάλυση της και η μελέτη των τιμών μας κατευθείαν, χωρίς να αφαιρεθεί η περιοδικότητα μπορεί να οδηγήσει σε λαθεμένα συμπεράσματα. Έτσι καταλήγουμε να

απαλλαγούμε από την περιοδικότητα, να κάνουμε τη μελέτη μας και έπειτα να ξαναπροσθέσουμε αυτό τον παράγοντα στα δεδομένα μας.

Οι υπολογισμοί που θα κάνουμε διαδοχικά είναι οι εξής:

- i. θα υπολογίσουμε αρχικά τον κινητό κεντρικό μέσο. Αυτή η ποσότητα είναι ο μέσος όρος δύο διαδοχικών μέσων όρων των τιμών 5 συνεχόμενων μηνών.
- ii. επόμενο βήμα είναι να υπολογίσουμε το λόγο των κινούμενων μέσων όρων με τα αρχικά δεδομένα μας (εποχικότητα). Αυτός ο λόγος δίνεται αν διαιρέσουμε την αρχική τιμή μας με τον κινητό κεντρικό μέσο που υπολογίσαμε νωρίτερα. Αυτός ο λόγος υπολογίζεται για κάθε μήνα από το Μάρτιο του 1994 μέχρι και τον Ιούνιο του 2014.
- iii. θα υπολογίσουμε τώρα τον μέσο όρο των τιμών της εποχικότητας που αφορούν κάθε μήνα (ένα μέσο όρο για τον Ιανουάριο, ένα για το Φεβρουάριο κοκ) και μετά θα ομαλοποιήσουμε τους μέσους όρους αυτούς πολλαπλασιάζοντας κάθε έναν με το 12 (έχουμε 12 μήνες) και διαιρώντας με το άθροισμα των μέσων όρων των 12 μηνών που υπολογίσαμε αμέσως πριν.
- iv. επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός του δείκτη εποχικότητας. Αυτός υπολογίζεται για κάθε μήνα από τον Ιανουάριο του 1994 μέχρι τον Αύγουστο του 2014. Ο δείκτης εποχικότητας είναι ο ομαλοποιημένος μέσος όρος για κάθε μήνα που υπολογίσαμε πιο πάνω.
- v. Για να υπολογίσουμε τώρα τα δεδομένα μας απαλλαγμένα από την εποχικότητα (εποχικά προσαρμοσμένα δεδομένα) διαιρούμε τα αρχικά δεδομένα για κάθε τιμή από τα δεδομένα με τον αντίστοιχο του δείκτη εποχικότητας που υπολογίσαμε στο προηγούμενο βήμα.
- vi. τέλος υπολογίζουμε και τη μεταβολή (ανωμαλία) που προσθέτει η εποχικότητα στα δεδομένα μας, διαιρώντας τα εποχικά προσαρμοσμένα δεδομένα με την εποχικότητα (βήμα iii).

Σημείωση: Ο κινητός μέσος όρος συνήθως μοιάζει με τα ομαλοποιημένη εποχικά διορθωμένων σε κάθε μήνα (διάγραμμα 2, 3, 4, 5).

Σε αυτό το σημείο ολοκληρώθηκε η διαδικασία να απαλλάξουμε τα δεδομένα μας από την εποχικότητα και προχωράμε στον υπολογισμό του μοντέλου

γραμμικής εκθετικής εξομάλυνσης στα δεδομένα που έχουμε υπολογίσει (απαλλαγμένα από την εποχικότητα). Η διαδικασία είναι η εξής:

- vii. το πρώτο βήμα τώρα είναι ο υπολογισμός προβλέψεων απαλλαγμένες από την εποχικότητα για κάθε μία από τις τιμές που ήδη έχουμε για τα προϊόντα μας από το Μάρτιο του 1994 μέχρι τον Αύγουστο του 2014. Για τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο του 1994 σαν προβλέψεις παίρνουμε τα εποχικώς προσαρμοσμένα δεδομένα που έχουμε υπολογίσει στο βήμα v. Η συνάρτηση που μας δίνει την πρόβλεψη είναι η εξής:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} - 2(1 - \alpha)\text{error}_{t-1} + ((1 - \alpha)^2)\text{error}_{t-2}$$

- viii. τα σφάλματα (error) για κάθε μήνα είναι η διαφορά της απαλλαγμένης από την εποχικότητα τιμής μείων την πρόβλεψη που κάναμε για την τιμή αυτή σύμφωνα με το βήμα vii.
- ix. για τους υπολογισμούς μας χρειάζεται επίσης να υπολογίσουμε τη ρίζα του μέσου τετραγωνικού σφάλματος (RMSE). Η RMSE δίνεται από τον τύπο:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ}(\text{errors}) + (\text{ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ}(\text{errors}))^2}$$

από τους υπολογισμούς της διακύμανσης και του μέσου όρου των σφαλμάτων εξαιρούνται τα σφάλματα του Ιανουαρίου 1994 και Φεβρουαρίου 1994, διότι έχουμε σαν πρόβλεψη τις αρχικές τιμές απαλλαγμένες από την εποχικότητα, επομένως τα σφάλματα αυτά είναι μηδενικά.

- x. Η σταθερά alpha είναι η τιμή η οποία ελαχιστοποιεί το RMSE. Μικρές τιμές για τη σταθερά αυτή σημαίνουν ότι οι προβλέψεις μας παρουσιάζουν μικρή απόκλιση από την πραγματική τιμή. Όσο η τιμή της σταθεράς alpha μεγαλώνει σημαίνει ότι οι προβλέψεις μας αποκλίνουν περισσότερο από την πραγματική τιμή. Έτσι στους υπολογισμούς μας χρησιμοποιούμε τέτοια τιμή για τη σταθερά alpha, ώστε να ελαχιστοποιείται η ρίζα του τετραγώνου του μέσου σφάλματος, ώστε να έχουμε όσο γίνεται μικρότερη απόκλιση από τις πραγματικές τιμές.

- xi. Τελικό βήμα στη μελέτη μας είναι ο υπολογισμός των προβλέψεων λαμβάνοντας υπόψη της εποχικότητα. Αυτός ο υπολογισμός γίνεται αν πολλαπλασιάσουμε το δείκτη εποχικότητας (βήμα iv) με την αντίστοιχη πρόβλεψη (βήμα vii) που έχουμε κάνει.

Εκτός από τα πιο πάνω είναι χρήσιμος ο υπολογισμός των αυτοσυσχετίσεων των σφαλμάτων (auto), προκειμένου να γνωρίσουμε πόσο επιτυχής ήταν η διαδικασία της εποχικής διόρθωσης. Υπολογίζουμε 5 αυτοσυσχετίσεις σφαλμάτων με τους πιο κάτω τύπους:

$$\begin{aligned} \text{auto}(1) &= \text{συσχέτιση}(\text{error}_{\text{Ιανουάριος 1994}}: \text{error}_{\text{Ιούλιος 2014}}, \text{error}_{\text{Φεβρουάριος 1994}}: \text{error}_{\text{Αύγουστος 2014}}) \\ \text{auto}(2) &= \text{συσχέτιση}(\text{error}_{\text{Ιανουάριος 1994}}: \text{error}_{\text{Ιούνιος 2014}}, \text{error}_{\text{Μάρτιος 1994}}: \text{error}_{\text{Αύγουστος 2014}}) \\ \text{auto}(3) &= \text{συσχέτιση}(\text{error}_{\text{Ιανουάριος 1994}}: \text{error}_{\text{Μάιος 2014}}, \text{error}_{\text{Απρίλιος 1994}}: \text{error}_{\text{Αύγουστος 2014}}) \\ \text{auto}(4) &= \text{συσχέτιση}(\text{error}_{\text{Ιανουάριος 1994}}: \text{error}_{\text{Απρίλιος 2014}}, \text{error}_{\text{Μάιος 1994}}: \text{error}_{\text{Αύγουστος 2014}}) \\ \text{auto}(5) &= \text{συσχέτιση}(\text{error}_{\text{Ιανουάριος 1994}}: \text{error}_{\text{Μάρτιος 2014}}, \text{error}_{\text{Ιούνιος 1994}}: \text{error}_{\text{Αύγουστος 2014}}) \end{aligned}$$

Για να είναι οι διαδικασία εποχικής διόρθωσης επιτυχής θέλουμε κάθε φορά οι απόλυτες τιμές των αυτοσυσχετίσεων των σφαλμάτων να είναι κοντά η τιμή  $\sqrt{2/\sqrt{246}} = 0,127515$ . (246 είναι το πλήθος των τιμών που χρησιμοποιούμε κάθε φορά.

Για να είναι ολοκληρωμένοι οι υπολογισμοί μας, για τους μήνες που κάνουμε πρόβλεψη μόνο, τα εποχικά απαλλαγμένα δεδομένα παίρνουν τιμή ίδια με αυτή που έχουμε προβλέψει για κάθε ένα από αυτούς τους μήνες.



### 13. ΑΝΑΛΥΣΗ

Τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω ανάλυση προέρχονται από την ιστοσελίδα "<http://www.indexmundi.com/>" και αφορούν τη χρονική περίοδο από το Ιανουάριο του 1994 μέχρι και τον Αύγουστο του 2014 με μηνιαία συχνότητα. Οι πίνακες με τις τιμές κάθε ενός από τα προϊόντα είναι οι:

Πίνακες 1, 2: Τιμές του Άνθρακα

Πίνακες 3, 4: Τιμές του Πετρελαίου

Πίνακες 5, 6: Τιμές του Χάλυβα

Πίνακες 7, 8: Τιμές του Χρυσού

Επίσης το διάγραμμα 1 απεικονίζει τις τιμές όλων των προϊόντων μαζί (με πάροδο του χρόνου).

Οπτικά από το πιο πάνω διάγραμμα, καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα για τα δείγματά μας:

Οι τιμές του πετρελαίου και του άνθρακα μένουν σε χαμηλά επίπεδα σε όλο το χρονικό διάστημα που μελετάμε. Όσον αφορά τον χάλυβα έχουμε έντονες αυξομειώσεις στις τιμές του, με σταθερή όμως τάση, η οποία είναι σε πιο υψηλό επίπεδο από αυτή του πετρελαίου και του άνθρακα. Από την άλλη όσον αφορά τις τιμές του χρυσού παρατηρούμε μια απότομη άνοδο των τιμών από τον Απρίλιο του 2005.

Επίσης βλέπουμε ότι οι τιμές του χρυσού είναι εκ πρώτης όψεως ανεξάρτητες από τις τιμές των υπολοίπων υλικών, τα οποία παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές μια σχέση μεταξύ τους, δηλαδή η τάση (αύξηση ή μείωση) των τιμών του ενός από αυτά τα υλικά σημαίνει και αντίστοιχη τάση (αύξηση ή μείωση) των υπολοίπων.

Μια πιο προσεκτική ματιά όμως στο γράφημα μας αφήνει να δούμε ότι και οι τιμές του χρυσού ακολουθούν την τάση των υπολοίπων τριών στοιχείων, μονάχα που είναι πολύ πιο έντονη η αύξηση ή αντίστοιχα η μείωση στις τιμές του.

Ας εξετάσουμε τώρα ένα ένα τα προϊόντα και τους υπολογισμούς που έχουμε κάνει για κάθε ένα από αυτά.

## A. ΑΝΘΡΑΚΑΣ

### a. Σταθερά alpha

Η σταθερά alpha για το δείγμα του άνθρακα που μελετάμε έχει τιμή: 0.827063877128622. Το ότι η σταθερά πλησιάζει προς την τιμή 1 σημαίνει ότι οι προβλέψεις μας γίνονται ολοένα πιο ανασφαλείς, δηλαδή θα διαφέρουν από την πραγματική τιμή του άνθρακα.

### b. Συντελεστές αυτοσυσχέτισης

Οι τιμές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης κυμαίνονται μεταξύ του -0,24 και 0,02 και μόνο το |-0,24| είναι μεγαλύτερο του 0,127515, επομένως η διόρθωση που κάναμε για να λάβουμε και την εποχικότητα υπόψη μας στην τελική πρόβλεψη είναι επιτυχής.

### c. Προβλέψεις

Τέλος μπορούμε να παρουσιάσουμε και τις προβλέψεις των τιμών του άνθρακα για κάθε μήνα μέχρι το Μάιο του 2015. Οι τιμές φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

Μήνας	Τιμή του Άνθρακα
Σεπτέμβριος 2014	56.46
Οκτώβριος 2014	50.24
Νοέμβριος 2014	43.28
Δεκέμβριος 2014	37.11
Ιανουάριος 2015	30.86
Φεβρουάριος 2015	23.90
Μάρτιος 2015	16.31
Απρίλιος 2015	10.09
Μάιος 2015	3.71

## B. ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

### a. Σταθερά alpha

Η σταθερά alpha για το δείγμα του πετρελαίου που μελετάμε έχει τιμή: 0.782825861611666. Το ότι η σταθερά πλησιάζει προς την τιμή 1 σημαίνει ότι οι προβλέψεις μας γίνονται ολοένα πιο ανασφαλείς, δηλαδή θα διαφέρουν από την πραγματική τιμή του πετρελαίου.

### b. Συντελεστές αυτοσυσχέτισης

Οι τιμές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης κυμαίνονται μεταξύ του -0,11 και 0,03, επομένως η διόρθωση που κάναμε για να λάβουμε και την εποχικότητα υπόψη μας στην τελική πρόβλεψη είναι επιτυχής ασφαλείς.

### c. Προβλέψεις

Τέλος μπορούμε να παρουσιάσουμε και τις προβλέψεις των τιμών του πετρελαίου για κάθε μήνα μέχρι το Μάιο του 2015. Οι τιμές φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

Μήνας	Τιμή του Πετρελαίου
Σεπτέμβριος 2014	94.07
Οκτώβριος 2014	87.79
Νοέμβριος 2014	81.10
Δεκέμβριος 2014	74.15
Ιανουάριος 2015	69.63
Φεβρουάριος 2015	63.38
Μάρτιος 2015	55.76
Απρίλιος 2015	50.39
Μάιος 2015	44.87

## C. ΧΑΛΥΒΑΣ

### a. Σταθερά alpha

Η σταθερά alpha για το δείγμα του χάλυβα που μελετάμε έχει τιμή: 0.868282509679813. Το ότι η σταθερά πλησιάζει προς την τιμή 1 σημαίνει ότι οι προβλέψεις μας γίνονται ολοένα πιο ανασφαλείς, δηλαδή θα διαφέρουν από την πραγματική τιμή του χάλυβα.

### b. Συντελεστές αυτοσυσχέτισης

Οι τιμές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης κυμαίνονται μεταξύ του -0,16 και 0,02. και μόνο το |-0,16| είναι μεγαλύτερο του 0,127515, επομένως η διόρθωση που κάναμε για να λάβουμε και την εποχικότητα υπόψη μας στην τελική πρόβλεψη είναι επιτυχής.

### c. Προβλέψεις

Τέλος μπορούμε να παρουσιάσουμε και τις προβλέψεις των τιμών του χάλυβα για κάθε μήνα μέχρι το Μάιο του 2015. Οι τιμές φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

Μήνας	Τιμή του Χάλυβα
Σεπτέμβριος 2014	688.92
Οκτώβριος 2014	673.55
Νοέμβριος 2014	650.74
Δεκέμβριος 2014	631.52
Ιανουάριος 2015	621.29
Φεβρουάριος 2015	609.06
Μάρτιος 2015	571.49
Απρίλιος 2015	560.25
Μάιος 2015	541.63

#### D. ΧΡΥΣΟΣ

##### a. Σταθερά alpha

Η σταθερά alpha για το δείγμα του χρυσού που μελετάμε έχει τιμή: 0.494558835198351. Το ότι η σταθερά είναι στη μέση των τιμών 0 και 1, επομένως και οι προβλέψεις μας σε βάθος χρόνου είναι σχετικά ασφαλείς.

##### b. Συντελεστές αυτοσυσχέτισης

Οι τιμές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης κυμαίνονται μεταξύ του -0,24 και 0,15. Αυτό σημαίνει ότι η διόρθωση που κάναμε για να ληφθεί υπόψη η εποχικότητα στις προβλέψεις μας δεν ήταν επιτυχής και αυξάνει τη διαφορά της τιμής που προβλέψαμε κάθε φορά από την πραγματική τιμή του χρυσού.

##### c. Προβλέψεις

Τέλος μπορούμε να παρουσιάσουμε και τις προβλέψεις των τιμών του χρυσού για κάθε μήνα μέχρι το Μάιο του 2015. Οι τιμές φαίνονται αναλυτικά στον πίνακα που ακολουθεί:

Μήνας	Τιμή του Χρυσού
Σεπτέμβριος 2014	1396.04
Οκτώβριος 2014	1413.71
Νοέμβριος 2014	1421.98
Δεκέμβριος 2014	1425.43
Ιανουάριος 2015	1445.17
Φεβρουάριος 2015	1474.53
Μάρτιος 2015	1411.27
Απρίλιος 2015	1418.17
Μάιος 2015	1440.88

## 14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Εργασία αποτελεί μια μελέτη της σχέσης που υπάρχει στην τιμή και την εποχικότητα της τιμής του άνθρακα, του πετρελαίου, του χαλκού και του χρυσού.

Βρίσκοντας τη εποχικότητα στις τιμές κάθε προϊόντος μπορούμε να κάνουμε πρόβλεψη και να πάρουμε πιο σίγουρες αποφάσεις σχετικά με μελλοντικές κινήσεις μας που αφορούν τα αγαθά αυτά.

Αφού μελετήσουμε την εποχικότητα που παρουσιάζεται, χωριστά για κάθε αγαθό, θα μελετήσουμε την σχέση μεταξύ των τιμών και καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- η τιμή του άνθρακα, του πετρελαίου και του χάλυβα αναμένετε να έχουν πτώση στον επόμενο χρόνο. Οι τιμές του χρυσού αναμένεται να έχουν άνοδο..
- Οι τιμές του άνθρακα, του πετρελαίου και του χάλυβα παρουσιάζουν εποχικότητα, επομένως οι προβλέψεις που μπορούμε να κάνουμε είναι πιο ασφαλείς σε σχέση με τις τιμές του χρυσού, που δεν παρουσιάζουν εποχικότητα. Αυτό μας οδηγεί και στο συμπέρασμα ότι οι τιμές του χρυσού επηρεάζονται από εξωτερικούς παράγοντες και όχι από τις τιμές προηγούμενων χρονικών περιόδων.

Τα όρια που τίθενται σε αυτή της έρευνα είναι το μέγεθος του δείγματος που χρησιμοποιήθηκε (10,5 έτη). Αυτό μας περιορίζει από την άποψη ότι όσο μικρότερο είναι το δείγμα τόσο λιγότερες μελλοντικές προβλέψεις μπορούμε να κάνουμε και τόσο αυξάνει η πιθανή απόκλιση που θα έχουμε από την πραγματική τιμή.

Ένα θέμα που θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί θα ήταν μια αντίστοιχη μελέτη με χρήση όμως εμπειρικών μεθόδων την στατιστικής, προκειμένου να δούμε σε πια σημεία τέτοιες μέθοδοι θα είναι πιο αποτελεσματικές απο τη μελέτη που έγινε πιο πάνω.

Πρόσθετα σε αυτό θα ήταν ενδιαφέρον η χρήση διαφορετικού δείγματος δεδομένων (περισσότεροι μήνες ή αντί για μηνιαίες τιμές να χρησιμοποιηθούν ημερήσιες, τρίμηνες ή ετήσιες) προκειμένου να μελετηθεί και σε αυτές τις περιπτώσεις η ύπαρξη ή μη εποχικότητας και αντίστοιχα να γίνουν προβλέψεις για τις μελλοντικές τιμές.

## 15. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Copyright © 2005, 2000, 1995, 1987 by Barron's Educational Series, Inc.,  
Reprinted by arrangement with Publisher.
- Copyright © 2006, 2003, 1998, 1995, 1991, 1987, 1985 by Barron's Educational Series, Inc. Reprinted by arrangement with Publisher.
- Copyright c 2000, 1994, 1987 by Barron's Educational Series, Inc. Reprinted by arrangement with Publisher.
- Copyright © 2007, 2000, 1997, 1987, by Barron's Educational Series, Inc.  
Reprinted by arrangement with Publisher.
- <http://www.exceluser.com/solutions/seasonality-sales.htm>
- [http://www.inventoryops.com/Excel\\_Forecast\\_Function.htm](http://www.inventoryops.com/Excel_Forecast_Function.htm)
- <http://www.duke.edu/~rnau/411outbd.htm>
- <http://www.catherinechhood.net>
- <http://www.stat.auckland.ac.nz>
- <http://www.coventry.ac.uk/ec/~styrrell/handouts/Fore97.doc>
- <http://www.docstoc.com/docs/33844212/How-to-calculate-seasonal-index>
- <http://www.jaxworks.com/toc.htm>
- <http://labs.fme.aegean.gr/decision/files/docs/Demand-forecasting-notes.pdf>
- <http://www.equityclock.com/charts/>
- <http://www.allbusiness.com/glossaries/seasonality/4946957-1.html>
- <http://www.seasonaltrader.com/101.aspx>
- <http://commodities.about.com/od/tradingstrategies/a/commodityseason.htm>
- [http://ezinearticles.com/?expert=Tom\\_Fazio](http://ezinearticles.com/?expert=Tom_Fazio)
- <http://www.financial-spread-betting.com/Seasonality-commodities.html>
- <http://www.makestockmarketprofits.com/commodityprices.html>
- <http://www.tradingarticles.com/seasonality.html>
- [http://users.teilam.gr/~ikolokythas/oikonomikes\\_diakimanseis.htm](http://users.teilam.gr/~ikolokythas/oikonomikes_diakimanseis.htm)
- <http://24wro.blogspot.com/2011/01/2011-1875.html>
- [http://www.elesme.gr/elesmegr/periodika/t32/t32\\_07.htm](http://www.elesme.gr/elesmegr/periodika/t32/t32_07.htm)
- Harper, Douglas. "coal". Online Etymology Dictionary.



- Blander, M. "Calculations of the Influence of Additives on Coal Combustion Deposits". Argonne National Laboratory. p. 315. Retrieved 17 December 2011.
- to: a b "EIA International Energy Statistics : Coal : Recoverable Reserves". Retrieved 31 May 2012.
- Fred Pearce (Feb 15, 2014). "Fire in the hole: After fracking comes coal". *New Scientist*: 36–41.
- "International Energy Annual 2006". Energy Information Administration. 2008. Archived from the original on 23 May 2011., see data tables
- "International energy statistics". U.S. Energy Information Administration. Retrieved 10 March 2014., see table
- Nuwer, Rachel (2012-08-17). A 20-Year Low in U.S. Carbon Emissions. [blogs.nytimes.com](http://blogs.nytimes.com)
- "Leave coal in the ground to avoid climate catastrophe, UN tells industry".
- to: a b c "BP Statistical review of world energy 2012" (XLS). British Petroleum. Retrieved 18 August 2011.
- to: a b EIA International Energy Annual – Total Coal Exports (Thousand Short Tons). [tonto.eia.doe.gov](http://tonto.eia.doe.gov). Retrieved on 24 August 2012.
- to: a b International Energy Annual – Total Coal Imports (Thousand Short Tons). [tonto.eia.doe.gov](http://tonto.eia.doe.gov). Retrieved on 24 August 2012.
- Taylor, Thomas N; Taylor, Edith L; Krings, Michael (2009). *Paleobotany: The biology and evolution of fossil plants*. ISBN 978-0-12-373972-8.
- Tyler, S. A.; Barghoorn, E. S.; Barrett, L. P. (1957). "Anthracitic Coal from Precambrian Upper Huronian Black Shale of the Iron River District, Northern Michigan". *Geological Society of America Bulletin* 68 (10): 1293. doi:10.1130/0016-7606(1957)68[1293:ACFPUH]2.0.CO;2. ISSN 0016-7606. edit
- Mancuso, J. J.; Seavoy, R. E. (1981). "Precambrian coal or anthraxolite; a source for graphite in high-grade schists and gneisses". *Economic Geology* 76 (4): 951–954. doi:10.2113/gsecongeo.76.4.951. edit
- Funk and Wagnalls, quoted in "sea-coal". *Oxford English Dictionary* (2 ed.). Oxford University Press. 1989.
- Eberhard Lindner; *Chemie für Ingenieure*; Lindner Verlag Karlsruhe, S. 258

- "Mercury in coal: a review ; Part 1. Geochemistry ; Ya. E. Yudovich\*, M.P. Ketris". labtechgroup.com. 2010-04-21. Retrieved 2013-02-22.
- "Arsenic in Coal". pubs.usgs.gov. 2006-03-28. Retrieved 2013-02-22.
- "Selenium in Our Environment – Trace Elements in the Environment – Advances in Chemistry (ACS Publications)". pubs.acs.org. 73-06-01. doi:10.1021/ba-1973-0123.ch006. Check date values in: |date= (help);
- coal. Encyclopedia Britannica.
- Marco Polo In China. Facts and Details. Retrieved on 2013-05-11.
- Carol, Mattusch (2008). Oleson, John Peter, ed. Metalworking and Tools. The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World (Oxford University Press). pp. 418–38 (432). ISBN 978-0-19-518731-1
- Irby-Massie, Georgia L.; Keyser, Paul T. (2002). Greek Science of the Hellenistic Era: A Sourcebook. Routledge. 9.1 "Theophrastos", p.228. ISBN 0-415-23847-1
- to: a b Britannica 2004: Coal mining: ancient use of outcropping coal
- Needham, Joseph; Golas, Peter J (1999). Science and Civilisation in China. Cambridge University Press. pp. 186–91. ISBN 978-0-521-58000-7.
- to: a b Smith, A. H. V. (1997). "Provenance of Coals from Roman Sites in England and Wales". *Britannia* 28: 297–324 (322–4). doi:10.2307/526770. JSTOR 526770.
- Salway, Peter (2001). A History of Roman Britain. Oxford University Press. ISBN 0-19-280138-4.
- Forbes, RJ (1966): Studies in Ancient Technology. Brill Academic Publishers, Boston.
- Cunliffe, Barry W. (1984). Roman Bath Discovered. London: Routledge. pp. 14–5, 194. ISBN 0-7102-0196-6.
- to: a b c Cantril, T. C. (1914). Coal Mining. Cambridge, England: Cambridge University Press. pp. 3–10. OCLC 156716838.
- "coal, 5a". Oxford English Dictionary. Oxford University Press. 1 December 2010.
- John Caius, quoted in Cantril (1914).
- Trench, Richard; Hillman, Ellis (1993). London under London: a subterranean guide (Second ed.). London: John Murray. p. 33. ISBN 0-7195-5288-5.

- Wrigley, EA (1990). Continuity, Chance and Change: The Character of the Industrial Revolution in England. Cambridge University Press. ISBN 0-521-39657-3.
- "The fall of King Coal". BBC News. 6 December 1999.
- "The miners' strike revisited". Inside Out (BBC). 2 February 2004.
- World coal consumption 2000–2011 EIA statistics
- EIA, World Energy Projections Plus (2009)
- U.S. Coal Supply and Demand: 2010 Year in Review. Eia.gov (2011-06-01). Retrieved on 24 August 2012.
- Share of electric power sector net generation by energy source. Eia.gov (2011-06-01). Retrieved on 24 August 2012.
- to: a b Total World Electricity Generation by Fuel (2006). Source: IEA 2008.
- "Fossil Power Generation". Siemens AG. Retrieved 23 April 2009.
- J. Nunn, A. Cottrell, A. Urfer, L. Wibberley and P. Scaife, "A Lifecycle Assessment of the Victorian Energy Grid", Cooperative Research Centre for Coal in Sustainable Development, February 2003, page 7.
- Jens Rosenkranz; Andreas Wichtmann. "Balancing economics and environmental friendliness – the challenge for supercritical coal-fired power plants with highest steam parameters in the future" (PDF). Retrieved 23 October 2006.
- "Lünen – State-of-the-Art Ultra Supercritical Steam Power Plant Under Construction". Siemens AG. Retrieved 21 July 2014.
- "Neurath F and G set new benchmarks". Alstom. Retrieved 21 July 2014.
- "The Niederraussem Coal Innovation Centre". RWE. Retrieved 21 July 2014.
- "IGCC Efficiency/Performance". National Energy Technology Laboratory. Retrieved 16 July 2014.
- coal reserves, coal exploration – World Coal Association. Worldcoal.org. Retrieved on 24 August 2012.
- to: a b Lipton, Eric (29 May 2012). "Even in Coal Country, the Fight for an Industry". The New York Times. Retrieved 30 May 2012.
- "Figure ES 1. U.S. Electric Power Industry Net Generation". Electric Power Annual with data for 2008. U.S. Energy Information Administration. 21 January 2010. Retrieved 7 November 2010.

- Nordjyllandsværket. (PDF) . Retrieved on 2013-05-11.
- Avedøreværket. [Ipaper.ipapercms.dk](http://ipaper.ipapercms.dk). Retrieved on 2013-05-11.
- <http://www.newscientist.com/article/mg22029470.300-mining-insider-leave-the-coal-in-the-ground.html>
- "IPCC digested: Just leave the fossil fuels underground". New Scientist.
- Blast furnace steelmaking cost model. Steelonthenet.com. Retrieved on 24 August 2012.
- "Conversion of Methanol to Gasoline". National Energy Technology Laboratory. Retrieved 2014-07-16.
- "Direct Liquefaction Processes". National Energy Technology Laboratory. Retrieved 2014-07-16.
- Haul, Robert (April 1985). "Friedrich Bergius (1884–1949)". *Chemie in unserer Zeit* (VCH-Verlagsgesellschaft mbH) 19: 62. doi:10.1002/ciuz.19850190205.
- Speight, James G. (2008). *Synthetic Fuels Handbook: Properties, Process, and Performance*. McGraw-Hill Professional. pp. 9–10. ISBN 978-0-07-149023-8.
- Lowe, Phillip A.; Schroeder, Wilburn C.; Liccardi, Anthony L. (1976). "Technical Economies, Synfuels and Coal Energy Symposium, Solid-Phase Catalytic Coal Liquefaction Process". American Society of Mechanical Engineers. p. 35.
- "Direct Liquefaction Processes, Single-stage Processes and Two-stage Processes". National Energy Technology Laboratory. Retrieved 2014-07-16.
- Höök, M., Aleklett, K. (2010). "A review on coal-to-liquid fuels and its coal consumption". *International Journal of Energy Research* 34 (10): 848. doi:10.1002/er.1596.
- Tarka, Thomas J.; Wimer, John G.; Balash, Peter C.; Skone, Timothy J.; Kern, Kenneth C.; Vargas, Maria C.; Morreale, Bryan D.; White III, Charles W.; Gray, David (2009). "Affordable Low Carbon Diesel from Domestic Coal and Biomass". United States Department of Energy, National Energy Technology Laboratory. p. 21.
- Rao, P. N. (2007). "Moulding materials". *Manufacturing technology: foundry, forming and welding* (2 ed.). New Delhi: Tata McGraw-Hill. p. 107. ISBN 978-0-07-463180-5.

- Kirk, Edward (1899). "Cupola management". Cupola Furnace – A Practical Treatise on the Construction and Management of Foundry Cupolas. Philadelphia, PA: Baird. p. 95. OCLC 2884198.
- "Chemicals". National Energy Technology Laboratory. Retrieved 12 July 2014.
- "Gasification Systems 2010 Worldwide Gasification Database". United States Department of Energy. Retrieved March 3, 2013.
- "Rembrandt" (2 August 2012). "China's Coal to Chemical Future" (Blog post by expert). The Oil Drum.Com. Retrieved 3 March 2013.
- Ken Yin (27 February 2012). "China develops coal-to-olefins projects, which could lead to ethylene self-sufficiency". ICIS Chemical Business. Retrieved 3 March 2013.
- Didi Kirsten Tatlow (5 February 2013). "Worse Than Poisoned Water: Dwindling Water, in China's North" (Blog in edited newspaper). International Herald Tribune. Retrieved 3 March 2013.
- "Spill in China Underlines Environmental Concerns". The New York Times. 2 March 2013. Retrieved 3 March 2013.
- "Kentucky: Secretary of State – State Mineral". 20 October 2009. Retrieved 7 August 2011.
- "Utah State Rock – Coal". Pioneer: Utah's Online Library. Utah State Library Division. Retrieved 7 August 2011.
- "NYMEX.com: Coal". Archived from the original on 2008-03-12. Retrieved 16 January 2008.
- "ICE: Coal Futures". Retrieved 16 January 2008.
- Coal News and Markets (Archive) Department of Energy – see Bloomberg for realtime prices
- Toxic Air: The Case for Cleaning Up Coal-fired Power Plants. American Lung Association (March 2011)
- Environmental impacts of coal power: air pollution. Union of Concerned Scientists
- "Deadly power plants? Study Fuels Debate: Thousands of Early Deaths Tied To Emissions." MSNBC (2004-09-06) Retrieved 5 November 2008
- "The Unpaid Health Bill – How coal power plants make us sick". Health and Environment Alliance. Retrieved 7 March 2013.

- World Coal Association "Environmental impact of Coal Use"
- Direct Testimony of James E. Hansen. State of Iowa
- Human Impacts on Atmospheric Chemistry, by PJ Crutzen and J Lelieveld, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 29: 17 -45 (Volume publication date May 2001)
- J. A. Campbell; D. L. Stewart; M. McCulloch; R. B. Lucke; R. M. Bean. "BIODEGRADATION OF COAL-RELATED MODEL COMPOUNDS". Pacific Northwest Laboratory. pp. 514–521.
- M.C. Potter (May 1908). "Bacteria as agents in the oxidation of amorphous carbon". Proceedings of the Royal Society of London Series B, Containing Papers of a Biological Character 80: 239–259.
- Peckham, Jack (2002). "Diesel Fuel News: Ultra-clean fuels from coal liquefaction: China about to launch big projects – Brief Article". Diesel Fuel News. Retrieved 9 September 2005.
- Tingting, Si and Jing, Li (12 December 2008). "Coal-to-liquids project rescheduled to launch in early 2009". China Daily. Retrieved 12 December 2008.
- "Sasol, Shenhua Group May Complete Coal-to-Fuel Plant by 2013". Bloomberg. 7 January 2009. Retrieved 10 January 2009.
- "China". United States Energy Information Administration.
- Elegant, Simon; Zhangjiachang (2 March 2007). "Where The Coal Is Stained With Blood". TIME. Retrieved 25 July 2014.
- "The human cost of coal in the UK: 1600 deaths a year". New Scientist.
- <http://www.economist.com/blogs/freeexchange/2014/02/environmentalism>
- Fisher, Juliya (2003). "Energy Density of Coal". The Physics Factbook. Retrieved 25 August 2006.
- "How much coal is required to run a 100-watt light bulb 24 hours a day for a year?". Howstuffworks. Retrieved 25 August 2006.
- Analysis: Efficiency of coal-fired power stations – evolution and prospects. EurActiv. Retrieved on 24 August 2012.
- CO2 Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in the United States, DOE, EPA, 1999. Eia.doe.gov. Retrieved on 24 August 2012.
- "Sino German Coal fire project". Retrieved 9 September 2005.



- "Committee on Resources-Index". Archived from the original on 25 August 2005. Retrieved 9 September 2005.
- "Snapshots 2003" (PDF). fire.blm.gov. Archived from the original on 2006-02-18. Retrieved 9 September 2005.
- "EHP 110-5, 2002: Forum". Retrieved 9 September 2005.
- "Overview about ITC's activities in China". Archived from the original on 16 June 2005. Retrieved 9 September 2005.
- "Fire in The Hole". Retrieved 5 June 2011.
- "North Dakota's Clinker". Retrieved 9 September 2005.
- "BLM-Environmental Education- The High Plains". Archived from the original on 12 March 2005. Retrieved 9 September 2005.
- Lyman, Robert M. and Volkmer, John E. (March 2001). "Pyrophoricity (spontaneous combustion) of Powder River Basin coals– : Considerations for coalbed methane development" (PDF). Archived from the original on 12 September 2005. Retrieved 9 September 2005.
- "EIA projects little change in U.S. coal production in 2013". U.S. Energy Information Agency. 3 December 2012. Retrieved 20 December 2012.
- Lipton, Eric (19 December 2012). "Power Company Loses Some of Its Appetite for Coal". The New York Times. Retrieved 20 December 2012.
- Le, Phuong (March 25, 2013). "NW governors ask White House to exam coal exports". The San Francisco Chronicle. Associated Press. Retrieved March 26, 2013.
- Clifford Krauss (June 14, 2013). "Coal Industry Pins Hopes on Exports as U.S. Market Shrinks". The New York Times. Retrieved June 15, 2013.
- Suhr, Jim (May 1, 2013). "Report: Ill. coal enjoyed record exports in 2012". San Francisco Chronicle. Associated Press. Retrieved May 2, 2013.
- "EIA International Energy Statistics : Coal : Consumption". Retrieved 10 June 2009.
- World Energy Council – Survey of Energy Resources 2010. (PDF) . Retrieved on 24 August 2012.
- Sherwood, Alan and Phillips, Jock. Coal and coal mining – Coal resources, Te Ara – the Encyclopedia of New Zealand, updated 2009-03-02



- EIA International Energy Annual – Total Coal Consumption (Thousand Short Tons). Eia.gov. Retrieved on 2013-05-11.
- Table 114. World Metallurgical Coal Flows By Importing Regions and Exporting Countries 1,2/ (million short tons). eia.doe.gov
- World Coal Flows by Importing and Exporting Regions. Eia.doe.gov. Retrieved on 24 August 2012.
- EIA International Energy Annual: Coal Overview 2010. Eia.gov. Retrieved on 24 August 2012
- <http://www.worldcoal.org/coal/market-amp-transportation/>
- [http://www.aristonshipping.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16&Itemid=21&lang=el](http://www.aristonshipping.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=16&Itemid=21&lang=el)
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Coal>
- Χριστίδης, Γιώργος: «Δημιουργία και μετανάστευση του πετρελαίου: Μια πολύπλοκη φυσική διαδικασία», Περισκόπιο της Επιστήμης, τεύχος 207 (Ιούνιος 1997), σελ. 20
- Hyne, Norman J.: Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling, and Production, PennWell Corporation 2001, ISBN 0-87814-823-X
- Speight, James G.: The Chemistry and Technology of Petroleum, Marcel Dekker 1999, ISBN 0-8247-0217-4.
- Vassiliou, Marius: Historical Dictionary of the Petroleum Industry, Scarecrow Press (Rowman & Littlefield) 2009, ISBN 0-8108-5993-9
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Πετρέλαιο>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Petroleum>
- "Petroleum". Concise Oxford English Dictionary
- The Latin word *petra* is a loanword from Greek *πέτρα*.
- "Gasoline as Fuel – History of Word Gasoline – Gasoline and Petroleum Origins". [Alternativefuels.about.com](http://Alternativefuels.about.com). 2013-07-12. Retrieved 2013-08-27.
- EIA Energy Kids - Oil (petroleum). Eia.gov. Retrieved on 2013-11-26.
- Guerriero V. et al. (2012). "A permeability model for naturally fractured carbonate reservoirs". *Marine and Petroleum Geology* (Elsevier) 40: 115–134. doi:10.1016/j.marpetgeo.2012.11.002.

- Guerriero V. et al. (2011). "Improved statistical multi-scale analysis of fractures in carbonate reservoir analogues". *Tectonophysics* (Elsevier) 504: 14–24. Bibcode:2011Tectp.504...14G. doi:10.1016/j.tecto.2011.01.003.
- "Organic Hydrocarbons: Compounds made from carbon and hydrogen". Archived from the original on July 19, 2011.
- "Libyan tremors threaten to rattle the oil world". *The Hindu* (Chennai, India). March 1, 2011.
- Oxford English Dictionary online edition, entry "petroleum"  
Bauer (1546)
- One or more of the preceding sentences incorporates text from a publication now in the public domain: Chisholm, Hugh, ed. (1911). "Petroleum". *Encyclopædia Britannica* (11th ed.). Cambridge University Press.
- George E. Totten ASTM Timeline
- Longmuir, Marilyn V. "Oil in Burma: The Extraction of "Earth Oil" to 1914". Bangkok: White Lotus (2001) ISBN 974-7534-60-6 pp.329
- Russell, Loris S. (2003). *A Heritage of Light: Lamps and Lighting in the Early Canadian Home*. University of Toronto Press. ISBN 0-8020-3765-8.
- "James Young".
- Maugeri (2006), p. 3
- Vassiliou, M. S. (2009). *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*. Lanham, MD: Scarecrow Press (Rowman & Littlefield), 700pp
- Matveichuk, Alexander A. *Intersection of Oil Parallels: Historical Essays*. Moscow: Russian Oil and Gas Institute, 2004.
- McKain, David L., and Bernard L. Allen. *Where It All Began: The Story of the People and Places Where the Oil Industry Began—West Virginia and South- eastern Ohio*. Parkersburg, W.Va.: David L. McKain, 1994.
- *The History Of Romanian Oil Industry*  
PBS: World Events

- <http://www.lclmg.org/lclmg/Museums/OilMuseumofCanada/BlackGold2/OilHeritage/OilSprings/tabid/208/Default.aspx> Oil Museum of Canada, Black Gold: Canada's Oil Heritage, Oil Springs: Boom & Bust
- Turnbull Elford, Jean. Canada West's Last Frontier. Lambton County Historical Society, 1982, p. 110
- May, Gary. Hard Oiler! The Story of Early Canadians' Quest for Oil at Home and Abroad. Dundurn Press, 1998, p 43
- Ford, R. W. A History of the Chemical Industry in Lambton County, 1988, p 5
- Akiner(2004), p. 5
- Hanson Baldwin, 1959, "Oil Strategy in World War II", American Petroleum Institute Quarterly – Centennial Issue, pages 10–11. American Petroleum Institute.
- Baku: City that Oil Built Archived 11 February 2011 at WebCite
- "InfoPlease". InfoPlease. Retrieved August 29, 2010.
- Hyne (2001), pp. 1–4.
- Speight (1999), p. 215–216.
- Alboudwarej et al. (Summer 2006). "Highlighting Heavy Oil" (PDF). Oilfield Review. Retrieved July 4, 2012.
- "Oil Sands – Glossary". Mines and Minerals Act. Government of Alberta. 2007. Archived from the original on November 1, 2007. Retrieved October 2, 2008.
- "Oil Sands in Canada and Venezuela". Infomine Inc. 2008. Retrieved October 2, 2008.
- Bharat Book Bureau World Energy Research Market{date=August 2010}
- "Crude oil is made into different fuels". Eia.doe.gov. Retrieved August 29, 2010.
- "EIA reserves estimates". Eia.doe.gov. Retrieved August 29, 2010.
- "CERA report on total world oil". Cera.com. November 14, 2006. Retrieved August 29, 2010.
- "Heat of Combustion of Fuels". Webmo.net. Retrieved August 29, 2010.
- Use of ozone depleting substances in laboratories. TemaNord 2003:516.
- <http://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/446318>
- Speight (2007), p. 25.

- United States Bureau of Standards, "Thermal Properties of Petroleum Products". Miscellaneous Publication No. 97, November 9, 1929.
- Treibs, A.E. (1936). "Chlorophyll- und Hämin-derivate in organischen Mineralstoffen". *Angew. Chem.* 49 (38): 682–686. doi:10.1002/ange.19360493803.
- Kvenvolden, Keith A. (2006). "Organic geochemistry – A retrospective of its first 70 years". *Org. Geochem.* 37: 1–11. doi:10.1016/j.orggeochem.2005.09.001.
- Braun, Robert L.; Burnham, Ian K. (June 1993). "Chemical Reaction Model for Oil and Gas Generation from Type I and Type II Kerogen". Lawrence Livermore National Laboratory. Retrieved August 29, 2010.
- Broad, William J. (August 2, 2010). "Tracing Oil Reserves to Their Tiny Origins". *The New York Times*. Retrieved August 2, 2010.
- Polar Prospects: A minerals treaty for Antarctica. United States, Office of Technology Assessment. September 1989. p. 104. ISBN 978-1-4289-2232-7.
- Lambertson, Giles (February 16, 2008). "Oil Shale: Ready to Unlock the Rock". *Construction Equipment Guide*. Retrieved May 21, 2008.
- "Chevron Crude Oil Marketing – North America Posted Pricing – California". *Crudemarketing.chevron.com*. May 1, 2007. Retrieved August 29, 2010.
- "Light Sweet Crude Oil". *About the Exchange*. New York Mercantile Exchange (NYMEX). 2006. Archived from the original on March 14, 2008. Retrieved April 21, 2008.
- Harvard Atlas of Economic Complexity
- "International Energy Annual 2004" (XLS). Energy Information Administration. July 14, 2006.
- "Yearbook 2008 – crude oil". Energy data.
- "About Us". Western States Petroleum Association. Archived from the original on June 16, 2008. Retrieved November 3, 2008.
- "A liquid market: Thanks to LNG, spare gas can now be sold the world over". *The Economist*. 14 July 2012. Retrieved 6 January 2013.
- Mabro (2006), p. 351.
- Speight (1999), p. 543.
- Simanzhenkov, Vasily; Idem, Raphael (2003). *Crude Oil Chemistry*. CRC Press., p. 33. ISBN 0203014049. Retrieved 10 November 2014.

- BP: Statistical Review of World Energy, Workbook (xlsx), London, 2012
- U.S. Energy Information Administration. Excel file from this web page. Table Posted: March 1, 2010
- From DSW-Datareport 2008 ("Deutsche Stiftung Weltbevölkerung")
- One cubic metre of oil is equivalent to 6.28981077 barrels of oil
- "IBGE". IBGE. Retrieved August 29, 2010.
- "World Crude Oil Production" (PDF). Retrieved August 29, 2010.
- "U.S. may soon become world's top oil producer". CBS News. 23 October 2012. Retrieved 9 February 2013.
- Mark Thompson (12 November 2012). "U.S. to become biggest oil producer – IEA". CNN. Retrieved 9 February 2013.
- "AEO2014 EARLY RELEASE OVERVIEW" Early report US Energy Information Administration, December 2013. Accessed: December 2013. Quote: "Domestic production of crude oil .. increases sharply .. is expected to level off and then slowly decline after 2020"
- <http://seeps.wr.usgs.gov/> Natural Oil and Gas Seeps in California
- "Acidic ocean deadly for Vancouver Island scallop industry" 2014 CBC news
- Historical trends in carbon dioxide concentrations and temperature, on a geological and recent time scale. (June 2007). In UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library. Retrieved 19:14, February 19, 2011.
- Deep ice tells long climate story. Retrieved 19:14, February 19, 2011.
- Mitchell John F. B. (1989). "The "Greenhouse" Effect and Climate Change". *Reviews of Geophysics* 27 (1): 115–139. Bibcode:1989RvGeo..27..115M.doi:10.1029/RG027i001p00115.
- McKibbin, Bill. *Eaarth: Making a Life on a Tough New Planet*. New York: Times, 2010 ISBN 978-0312541194
- "Arctic Sea Ice Reaches New Low, Shattering Record Set Just 3 Weeks Ago." NBCNews.com, 19 Sept. 2012. Web. 1 Oct. 2012. <<http://worldnews.nbcnews.com>>.
- Waste discharges during the offshore oil and gas activity by Stanislave Patin, tr. Elena Cascio
- Torrey Canyon bombing by the Navy and RAF

- "Pumping of the Erika cargo". Total.com. Retrieved August 29, 2010.
- Sims, Gerald K.; O'Loughlin, Edward J.; Crawford, Ronald L. (1989). "Degradation of pyridines in the environment". *Critical Reviews in Environmental Control* (Taylor & Francis) 19 (4): 309–340. doi:10.1080/10643388909388372.
- Itah A. Y. and Essien J. P. (Oct 2005). "Growth Profile and Hydrocarbonoclastic Potential of Microorganisms Isolated from Tarballs in the Bight of Bonny, Nigeria". *World Journal of Microbiology and Biotechnology*(Kluwer Academic) 21 (6–7): 1317–1322. doi:10.1007/s11274-004-6694-z.
- Frances D. Hostettler, Robert J. Rosenbauer, Thomas D. Lorenson, Jennifer Dougherty, Geochemical characterization of tarballs on beaches along the California coast. Part I-- Shallow seepage impacting the Santa Barbara Channel Islands, Santa Cruz, Santa Rosa and San Miguel, *Organic Geochemistry*, Volume 35, Issue 6, June 2004, Pages 725–746, ISSN 0146-6380, doi:10.1016/j.orggeochem.2004.01.022
- Drew Jubera (August 1987). "Texas Primer: The Tar Ball". *Texas Monthly*. Retrieved 2014-10-20.
- Knap Anthony H, Burns Kathryn A, Dawson Rodger, Ehrhardt Manfred, and Palmork Karsten H (Dec 1984). "Dissolved/dispersed hydrocarbons, tarballs and the surface microlayer: Experiences from an IOC/UNEP Workshop in Bermuda". *Marine Pollution Bulletin* 17 (7): 313–319. doi:10.1016/0025-326X(86)90217-1.
- Zhendi Wang, Merv Fingas, Michael Landriault, Lise Sigouin, Bill Castle, David Hostetter, Dachung Zhang, Brad Spencer, "Identification and Linkage of Tarballs from the Coasts of Vancouver Island and Northern California Using GC/MS and Isotopic Techniques *Journal of High Resolution Chromatography*, Volume 21 Issue 7, Pages 383–395, doi:10.1002/(SICI)1521-4168(19980701)21:7<383::AID-JHRC383>3.0.CO;2-3
- How Capitalism Saved the Whales by James S. Robbins, *The Freeman*, August, 1992.
- "U.S. Primary Energy Consumption by Source and Sector, 2007". Energy Information Administration  
  
needtitle UN Energy Program

- Bioprocessing Seattle Times (2003)
- Chris Hogg (February 10, 2009). "China's car industry overtakes US". BBC News.
- OPEC Secretariat (2008). "World Oil Outlook 2008" <sup>[dead link]</sup>
- Ni Weiling (October 16, 2006). "Daqing Oilfield rejuvenated by virtue of technology".
- Campbell CJ (December 2000). "Peak Oil Presentation at the Technical University of Clausthal".
- Hubbert, Marion King; Shell Development Company (1956). "Nuclear energy and the fossil fuels". Drilling and Production Practice (Washington, DC: American Petroleum Institute) **95**.
- "New study raises doubts about Saudi oil reserves". Iags.org. March 31, 2004. Retrieved August 29, 2010.
- Peak Oil Info and Strategies "The only uncertainty about peak oil is the time scale, which is difficult to predict accurately."
- "Peak Oil": The Eventual End of the Oil Age pg. 12
- "Is 'Peak Oil' Behind Us?". The New York Times. November 14, 2010
- "Has the World Already Passed 'Peak Oil'? ". National Geographic News. November 9, 2010
- "Military Study Warns of a Potentially Drastic Oil Crisis". Spiegel Online. September 1, 2010.
- U.S. Crude Oil Production Forecast- Analysis of Crude Types, Washington, DC: U.S. Energy Information Administration, 29 May 2014, retrieved 31 May 2014, "U.S. oil production has grown rapidly in recent years. U.S. Energy Information Administration (EIA) data, which reflect combined production of crude oil and lease condensate, show a rise from 5.7 million barrels per day (bbl/d) in 2011 to 7.4 million bbl/d in 2013. EIA's Short-Term Energy Outlook (STEO) projects continuing rapid production growth in 2014 and 2015, with forecast production in 2015 reaching 9.2 million bbl/d. Beyond 2015, EIA's Annual Energy Outlook (AEO) projects further production growth, although its pace and duration remain uncertain. Domestic production plateaus near 9.6 million bbl/d between 2017 and 2020, close to its historic high of 9.6 million bbl/d in 1970, in the AEO2014 Reference case. In the AEO2014 High Oil and Gas Resource case, growth continues



through the 2020s and into the 2030s, with production reaching 13.3 million barrels per day in 2036."

- Akiner, Shirin; Aldis, Anne, ed. (2004). *The Caspian: Politics, Energy and Security*. New York: Routledge. ISBN 978-0-7007-0501-6.
- Bauer Georg, Bandy Mark Chance (tr.), Bandy Jean A.(tr.) (1546). *De Natura Fossilium. vi* (in Latin). translated 1955
- Hyne, Norman J. (2001). *Nontechnical Guide to Petroleum Geology, Exploration, Drilling, and Production*. PennWell Corporation. ISBN 0-87814-823-X.
- Mabro, Robert; Organization of Petroleum Exporting Countries (2006). *Oil in the 21st century: issues, challenges and opportunities*. Oxford Press. ISBN 9780199207381.
- Maugeri, Leonardo (2005). *The Age of Oil: What They Don't Want You to Know About the World's Most Controversial Resource*. Guilford, CT: Globe Pequot. p. 15. ISBN 978-1-59921-118-3.
- Speight, James G. (1999). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. Marcel Dekker. ISBN 0-8247-0217-4.
- Speight, James G; Ancheyta, Jorge, ed. (2007). *Hydroprocessing of Heavy Oils and Residua*. CRC Press. ISBN 0-8493-7419-7.
- Vassiliou, Marius (2009). *Historical Dictionary of the Petroleum Industry*. Scarecrow Press (Rowman & Littlefield). ISBN 0-8108-5993-9.
- Ashby, Michael F. and Jones, David R. H. (1992) [1986]. *Engineering Materials 2* (with corrections ed.). Oxford: Pergamon Press. ISBN 0-08-032532-7.
- Smelting. Encyclopædia Britannica. 2007.
- "Alloying of Steels". Metallurgical Consultants. 2006-06-28. Retrieved 2007-02-28.
- Elert, Glenn. "Density of Steel". Retrieved 2009-04-23.
- Sources differ on this value so it has been rounded to 2.1%, however the exact value is rather academic because plain-carbon steel is very rarely made with this level of carbon. See:
  - Smith & Hashemi 2006, p. 363—2.08%.
  - Degarmo, Black & Kohser 2003, p. 75—2.11%.
  - Ashby & Jones 1992—2.14%.
  - Smith & Hashemi 2006, p. 363.

- Smith & Hashemi 2006, pp. 365–372.
- Smith & Hashemi 2006, pp. 373–378.
- "Quench hardening of steel". Retrieved 2009-07-19.
- Smith & Hashemi 2006, p. 249.
- Smith & Hashemi 2006, p. 388.
- Smith & Hashemi 2006, p. 361
- Smith & Hashemi 2006, pp. 361–362.
- Bugayev et al. Savin, p. 225
- Wagner, Donald B. "Early iron in China, Korea, and Japan". Retrieved 2007-02-28.
- "Ironware piece unearthed from Turkey found to be oldest steel". The Hindu (Chennai, India). 2009-03-26. Retrieved 2009-03-27.
- "Civilizations in Africa: The Iron Age South of the Sahara". Washington State University. Archived from the original on 2007-06-19. Retrieved 2007-08-14.
- "Noricus ensis," Horace, Odes, i. 16.9
- "Steel Secret of Spartans Well Kept".
- "Lyle Borst, 89, Nuclear Physicist Who Worked on A-Bomb Project".
- Wagner, Donald B. (1993). *Iron and Steel in Ancient China: Second Impression, With Corrections*. Leiden: E.J. Brill. p. 243. ISBN 90-04-09632-9.
- Needham, Joseph (1986). *Science and Civilization in China: Volume 4, Part 3, Civil Engineering and Nautics*. Taipei: Caves Books, Ltd. p. 563.
- Gernet, 69.
- Africa's Ancient Steelmakers. Time Magazine, Sept. 25, 1978.
- Wilford, John Noble (1996-02-06). "Ancient Smelter Used Wind To Make High-Grade Steel". The New York Times.
- Ann Feuerbach, 'An investigation of the varied technology found in swords, sabres and blades from the Russian Northern Caucasus' IAMS 25 for 2005, pp. 27–43 (p. 29), apparently ultimately from the writings of Zosimos of Panopolis.
- Needham, Volume 4, Part 1, p. 282.
- Juleff, G. (1996). "An ancient wind powered iron smelting technology in Sri Lanka". *Nature* 379 (3): 60–63. Bibcode:1996Natur.379...60J. doi:10.1038/379060a0.

- Sanderson, Katharine (2006-11-15). "Sharpest cut from nanotube sword". News nature (Nature). doi:10.1038/news061113-11.
- Wayman, M L and Juleff, G (1999). "Crucible Steelmaking in Sri Lanka". Historical Metallurgy 33 (1): 26.
- Hartwell, Robert (1966). "Markets, Technology and the Structure of Enterprise in the Development of the Eleventh Century Chinese Iron and Steel Industry". Journal of Economic History 26: 53–54.
- Tylecote, R. F. A history of metallurgy 2 edn, Institute of Materials, London 1992, pp. 95–99 and 102–105.
- Raistrick, A. A Dynasty of Ironfounders (1953; York 1989)
- Hyde, C. K. Technological Change and the British iron industry (Princeton 1977)
- Trinder, B. The Industrial Revolution in Shropshire (Chichester 2000)
- Barraclough, K. C. Steel before Bessemer: I Blister Steel: the birth of an industry (The Metals Society, London, 1984), pp. 48–52.
- King, P. W. (2003). "The Cartel in Oregrounds Iron: trading in the raw material for steel during the eighteenth century". Journal of Industrial History 6 (1): 25–49.
- "Iron and steel industry". Britannica. Encyclopædia Britannica. 2007.
- K. C. Barraclough, Steel before Bessemer: II Crucible Steel: the growth of technology (The Metals Society, London, 1984).
- Swank, James Moore (1892). History of the Manufacture of Iron in All Ages. ISBN 0-8337-3463-6.
- Bessemer process 2. Encyclopædia Britannica. 2005. p. 168.
- Basic oxygen process. Encyclopædia Britannica. 2007.
- Jones, J.A.T. ; Bowman, B. and Lefrank, P.A. Electric Furnace Steelmaking, in The Making, Shaping and Treating of Steel, pp. 525–660. R.J. Fruehan, Editor. 1998, The AISE Steel Foundation: Pittsburgh.
- "Steel Industry". Retrieved 2009-07-12.
- "Congressional Record V. 148, Pt. 4, April 11, 2002 to April 24, 2002". United States Government Printing Office.
- "India's steel industry steps onto world stage". Retrieved 2009-07-12.

- "Long-term planning needed to meet steel demand". The News. 2008-03-01. Archived from the original on 2010-11-02. Retrieved 2010-11-02.
- Uchitelle, Louis (2009-01-01). "Steel Industry, in Slump, Looks to Federal Stimulus". The New York Times. Retrieved 2009-07-19.
- John W. Miller and Ike Henning, "Thiessen gets offers for mills: Final bids for steel complexes in Alabama, Brazil will likely fall short of the company's hopes," Wall Street Journal March 1, 2013
- Hartman, Roy A. (2009). Recycling. Encarta. Archived from the original on 2008-04-14.
- Fenton, Michael D (2008). "Iron and Steel Scrap". In United States Geological Survey. Minerals Yearbook 2008, Volume 1: Metals and Minerals. Government Printing Office. ISBN 1411330153.
- "High strength low alloy steels". Schoolsience.co.uk. Retrieved 2007-08-14.
- "Dual-phase steel". Intota Expert Knowledge Services. Retrieved 2007-03-01.
- Werner, Ewald. "Transformation Induced Plasticity in low alloyed TRIP-steels and microstructure response to a complex stress history". Retrieved 2007-03-01.[dead link]
- Mirko, Centi; Saliceti Stefano. "Transformation Induced Plasticity (TRIP), Twinning Induced Plasticity (TWIP) and Dual-Phase (DP) Steels". Tampere University of Technology. Archived from the original on 2008-03-07. Retrieved 2007-03-01.
- Galvanic protection. Encyclopædia Britannica. 2007.
- "Steel Glossary". American Iron and Steel Institute (AISI). Retrieved 2006-07-30.
- "Steel Interchange". American Institute of Steel Construction Inc. (AISC). Archived from the original on 2007-12-22. Retrieved 2007-02-28.
- "Properties of Maraging Steels". Retrieved 2009-07-19.
- Hadfield manganese steel. Answers.com. McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, McGraw-Hill Companies, Inc., 2003. Retrieved on 2007-02-28.
- Bringas, John E. (2004). Handbook of Comparative World Steel Standards: Third Edition (PDF) (3rd. ed.). ASTM International. p. 14. ISBN 0-8031-3362-6. Archived from the original on 2007-01-27.

- Steel Construction Manual, 8th Edition, second revised edition, American Institute of Steel Construction, 1986, ch. 1 page 1-5
- Ochshorn, Jonathan (2002-06-11). "Steel in 20th Century Architecture". Encyclopedia of Twentieth Century Architecture. Retrieved 2010-04-26.
- Materials science. Encyclopædia Britannica. 2007.
- Ashby, Michael F.; Jones, David Rayner Hunkin (1992). *An introduction to microstructures, processing and design*. Butterworth-Heinemann.
- Bugayev, K.; Konovalov, Y.; Bychkov, Y.; Tretyakov, E.; Savin, Ivan V. (2001). *Iron and Steel Production*. The Minerva Group, Inc. ISBN 978-0-89499-109-7. Retrieved 2009-07-19..
- Degarmo, E. Paul; Black, J T.; Kohser, Ronald A. (2003). *Materials and Processes in Manufacturing* (9th ed.). Wiley. ISBN 0-471-65653-4.
- Gernet, Jacques (1982). *A History of Chinese Civilization*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Smith, William F.; Hashemi, Javad (2006). *Foundations of Materials Science and Engineering* (4th ed.). McGraw-Hill. ISBN 0-07-295358-6.
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Steel>
- H. Föll, "A brief history of steel".
- J.-P. Birat, "Alternative ways of making steel: Retrospective and prospective..." La Revue de Métallurgie – CIT, année 101 (2006), n° 11, pp. 937–955.
- International Iron and Steel Institute, "About steel"
- International Iron and Steel Institute, "Steel statistics archive 2006"
- International Iron and Steel Institute, "Top steel producers 2006".
- Β. Κώτσης, «Η δεύτερη άνοιξη της Χαλυβουργικής», εφημ. Το Βήμα, 19 Νοεμβρίου 2006
- Χ. Κορφιάτης, «Χαλυβουργία Ελλάδος: ο νέος παίκτης», εφημ. Το Βήμα, 3 Δεκεμβρίου 2006.
- Χ. Κορφιάτης, «Η ανάσταση της Μεταλλουργικής», εφημ. Το Βήμα, 29 Σεπτεμβρίου 1996.
- «Σιδενόρ: 40 εκατ. ευρώ για νέο ελασματοουργείο στη Σοβέλ, εφημ. Η Ναυτεμπορική, 28 Σεπτεμβρίου 2007.

- «Μικρομακροοικονομικά: Επιστροφή στα κέρδη για την Hellenic Steel», εφημ. Το Βήμα, 28 Σεπτεμβρίου 1997.
- "European Commission approves ILP control of Hellenic Steel". Athens News Agency: News in English (AM), 1997-12-19.
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Χάλυβας>
- World Gold Council FAQ. [www.gold.org](http://www.gold.org)
- Soos, Andy (2011-01-06). «Gold Mining Boom Increasing Mercury Pollution Risk». Advanced Media Solutions, Inc. (Oilprice.com). Ανακτήθηκε στις 2011-03-26.
- <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-14827624>
- <http://www.sciencedaily.com/releases/2011/09/110907132044.htm>
- <http://www.ees.rochester.edu/ees119/reading2.pdf>
- [http://www.huffingtonpost.com/2011/09/10/meteor-shower-gold\\_n\\_955448.html](http://www.huffingtonpost.com/2011/09/10/meteor-shower-gold_n_955448.html)
- <http://www.nature.com/nature/journal/v477/n7363/full/nature10399.html#/access>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Gold>
- Χρ. Γ. Ντούμας, «Η προέλευση του ονόματος του χρυσού», εφημ. Η Καθημερινή, 2 Μαΐου 2010.
- Oxford English Dictionary
- Hesse, R W. Jewelmaking Through History: An Encyclopedia, Greenwood Publishing Group, 2007 ISBN 0-313-33507-9
- Supporting references – "shining dawn" Google-scholar & Google-books Retrieved 2012-06-07
- Christie, A and Brathwaite, R. Mineral Commodity Report, Institute of geological and Nuclear sciences Ltd – Retrieved 2012-06-07
- Notre Dame University Latin Dictionary Retrieved 2012-06-07
- Maspero, G and Sayce, A H (1910) The Dawn of Civilization: Egypt and Chaldæa
- Crooks, G R; Ingersley, C F and Schem, A J. A new Latin-English school-lexicon: on the basis of the Latin-German lexicon of Dr. C. F. Ingerslev, J.B. Lippincott, 1861 Retrieved 2012-06-07



- Magnetic susceptibility of the elements and inorganic compounds in Lide, D. R., ed. (2005). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (86th ed.). Boca Raton (FL): CRC Press. ISBN 0-8493-0486-5.
- Gold: physical properties
- World Gold Council FAQ. Gold.org. Retrieved on 12 September 2013.
- Soos, Andy (6 January 2011). "Gold Mining Boom Increasing Mercury Pollution Risk". *Advanced Media Solutions, Inc.* (Oilprice.com). Retrieved 26 March 2011.
- Oxford English Dictionary
- Hesse, R W. *Jewelrymaking Through History: An Encyclopedia*, Greenwood Publishing Group, 2007 ISBN 0313335079
- Notre Dame University Latin Dictionary Retrieved 7 June 2012
- de Vaan, Michel (2008). *Etymological Dictionary of Latin and the other Italic languages*. Leiden: Boston: Brill. p. 63. ISBN 978 90 04 16797 1.
- Supporting references – "shining dawn" Google-scholar & Google-books Retrieved 7 June 2012
- Christie, A and Brathwaite, R. (Last updated 2 November 2011) *Mineral Commodity Report 14 — Gold*, Institute of geological and Nuclear sciences Ltd – Retrieved 7 June 2012
- "Gold: causes of color". Retrieved 6 June 2009.
- Mallan, Lloyd (1971). *Suiting up for space: the evolution of the space suit*. John Day Co. p. 216. ISBN 978-0-381-98150-1.
- "Gold Jewellery Alloys > Utilise Gold. Scientific, industrial and medical applications, products, suppliers from the World Gold Council". Utilisegold.com. 20 January 2000. Retrieved 5 April 2009.
- Arblaster, J. W. (1995). "Osmium, the Densest Metal Known". *Platinum Metals Review* 39 (4): 164.
- "Relativity in Chemistry". Math.ucr.edu. Retrieved 5 April 2009.
- Schmidbaur, Hubert; Cronje, Stephanie; Djordjevic, Bratislav; Schuster, Oliver (2005). "Understanding gold chemistry through relativity". *Chemical Physics* 311 (1–2): 151–161. Bibcode:2005CP....311..151S. doi:10.1016/j.chemphys.2004.09.023.
- "Nudat 2". National Nuclear Data Center. Retrieved 12 April 2012.



- Audi, G.; Bersillon, O.; Blachot, J.; Wapstra, A.H. (2003). "The NUBASE Evaluation of Nuclear and Decay Properties". *Nuclear Physics A* (Atomic Mass Data Center) 729: 3–128. [Bibcode:2003NuPhA.729....3A](#). [doi:10.1016/j.nuclphysa.2003.11.001](#).
- World Gold Council, Jewellery Technology, Jewellery Alloys
- Martin Feldstein (26 December 2009). "Is Gold a Good Hedge?". Project Syndicate. Retrieved 29 December 2009.
- "The Ever Popular Krugerrand". <http://www.americansilvereagle.com>. 2010. Retrieved 30 August 2011.
- [Uses of gold](#) Accessed Nov. 4, 2014
- Krech, Shepard; McNeill, John Robert and Merchant, Carolyn (2004). *Encyclopedia of world environmental history, Volume 3*. Routledge. p. 597. [ISBN 0-415-93734-5](#).
- "General Electric Contact Materials". *Electrical Contact Catalog (Material Catalog)*. Tanaka Precious Metals. 2005. Retrieved 21 February 2007.
- Kodak (2006) [Toning black-and-white materials](#). Technical Data/Reference sheet G-23, May 2006.
- Martin, Keith. *1997 McLaren F1*.
- "The Demand for Gold by Industry". Gold bulletin. Retrieved 6 June 2009.
- "Colored glass chemistry". Retrieved 6 June 2009.
- Kean, W. F.; Kean, I. R. L. (2008). "Clinical pharmacology of gold". *Inflammopharmacology* 16 (3): 112–25. [doi:10.1007/s10787-007-0021-x](#). [PMID 18523733](#).
- Moir, David Macbeth (1831). *Outlines of the ancient history of medicine*.
- Mortier, Tom. [An experimental study on the preparation of gold nanoparticles and their properties](#), PhD thesis, University of Leuven (May 2006)
- Merchant, B. (1998). "Gold, the Noble Metal and the Paradoxes of its Toxicology". *Biologicals* 26 (1): 49–59. [doi:10.1006/biol.1997.0123](#). [PMID 9637749](#).
- "The healing power of precious metals". Retrieved 6 June 2009.

- Messori, L.; Marcon, G. (2004). "Gold Complexes in the treatment of Rheumatoid Arthritis". In Sigel, Astrid. *Metal ions and their complexes in medication*. CRC Press. pp. 280–301. ISBN 978-0-8247-5351-1.
- Faulk, W. P.; Taylor, G. M. (1971). "An immunocolloid method for the electron microscope". *Immunochemistry* 8 (11): 1081–3. doi:10.1016/0019-2791(71)90496-4. PMID 4110101.
- Roth, J.; Bendayan, M.; Orci, L. (1980). "FITC-protein A-gold complex for light and electron microscopic immunocytochemistry". *The journal of histochemistry and cytochemistry : official journal of the Histochemistry Society* 28(1): 55–7. doi:10.1177/28.1.6153194. PMID 6153194.
- Bozzola, John J. and Russell, Lonnie Dee (1999). *Electron microscopy: principles and techniques for biologists*. Jones & Bartlett Learning. p. 65. ISBN 0-7637-0192-0.
- "Nanoscience and Nanotechnology in Nanomedicine: Hybrid Nanoparticles In Imaging and Therapy of Prostate Cancer". Radiopharmaceutical Sciences Institute, University of Missouri-Columbia. Archived from the original on 14 March 2009.
- Hainfeld, James F.; Dilmanian, F. Avraham; Slatkin, Daniel N.; Smilowitz, Henry M. (2008). "Radiotherapy enhancement with gold nanoparticles". *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 60(8): 977–85. doi:10.1211/jpp.60.8.0005. PMID 18644191.
- "Current EU approved additives and their E Numbers". Food Standards Agency, UK. 27 July 2007.
- "The Food Dictionary: Varak". Barron's Educational Services, Inc. 1995. Archived from the original on 23 May 2006. Retrieved 27 May 2007.
- Baedeker, Karl (1865). "Danzig". *Deutschland nebst Theilen der angrenzenden Länder* (in German). Karl Baedeker.
- Guinness Book of World Records 2008
- "The Many Uses of Gold". Retrieved 6 June 2009.
- "A Case for the World's Oldest Coin: Lydian Lion". Rg.ancients.info. 2 October 2003. Retrieved 27 October 2013.
- Seltman, C T (1924). *Athens, Its History and Coinage Before the Persian Invasion*. ISBN 0871843080. Retrieved 4 June 2012.

- M M Postan, E Miller (1967). *The Cambridge Economic History of Europe: Trade and industry in the Middle Ages*. Cambridge University Press, 28 August 1987. ISBN 0521087090.
- "Swiss Narrowly Vote to Drop Gold Standard". *The New York Times*. 19 April 1999.
- King, Byron (20 July 2009). "Gold mining decline". BullionVault.com. Archived from the original on 8 May 2013. Retrieved 23 November 2009.
- Lawrence, Thomas Edward (1948). *The Mint: A Day-book of the R.A.F. Depot Between August and December 1922, with Later Notes*. p. 103.
- Tucker, George (1839). *The theory of money and banks investigated*. p. 393.
- Gopher, A.; Tsuk, T.; Shalev, S. and Gophna, R. (August–October 1990). "Earliest Gold Artifacts in the Levant". *Current Anthropology* 31 (4): 436–443. doi:10.1086/203868.JSTOR 2743275.
- La Niece, Susan (senior metallurgist in the British Museum Department of Conservation and Scientific Research) (15 December 2009). *Gold*. Harvard University Press. p. 10. ISBN 0-674-03590-9. Retrieved 10 April 2012.
- Montserrat, Dominic (21 February 2003). *Akhenaten: History, Fantasy and Ancient Egypt*. ISBN 978-0-415-30186-2.
- "A Case for the World's First Coin: The Lydian Lion". Retrieved 24 July 2009.
- Mansa Musa. Black History Pages
- "Kingdom of Mali – Primary Source Documents". *African studies Center*. Boston University. Retrieved 30 January 2012.
- Berdan, Frances; Anawalt, Patricia Rieff (1992). *The Codex Mendoza 2*. University of California Press. p. 151. ISBN 978-0-520-06234-4.
- Sierra Nevada Virtual Museum. Sierra Nevada Virtual Museum. Retrieved on 4 May 2012.
- "Goldsheet – yearly and cumulative world gold production charts". Retrieved 22 July 2006.
- "Supernovas & Supernova Remnants". *Chandra X-ray Observatory*. Retrieved 28 February 2014.
- Berger, E.; Fong, W.; Chornock, R. (2013). "An r-process Kilonova Associated with the Short-hard GRB 130603B". *The Astrophysical Journal Letters* 774 (2):

4. [arXiv:1306.3960](#).[Bibcode:2013ApJ...774L..23B](#). [doi:10.1088/2041-8205/774/2/L23](#). Retrieved 28 February 2014.
- "The next gold rush: Outer space?". *Harvard Gazette*. 17 July 2013. Retrieved 28 February 2014.
  - Rosswog, Stephan (29 August 2013). "Astrophysics: Radioactive glow as a smoking gun". *Nature* 500: 535–536.[Bibcode:2013Natur.500..535R](#). [doi:10.1038/500535a](#).
  - Seeger, Philip A.; Fowler, William A.; Clayton, Donald D. (1965). "Nucleosynthesis of Heavy Elements by Neutron Capture".*The Astrophysical Journal Supplement Series* 11: 121.[Bibcode:1965ApJS...11..121S](#). [doi:10.1086/190111](#).
  - Willbold, Matthias; Elliott, Tim; Moorbath, Stephen (2011). "The tungsten isotopic composition of the Earth's mantle before the terminal bombardment". *Nature* 477 (7363): 195–8.[Bibcode:2011Natur.477..195W](#). [doi:10.1038/nature10399](#).[PMID 21901010](#).
  - Battison, Leila (8 September 2011). "Meteorites delivered gold to Earth". BBC News.
  - "Where does all Earth's gold come from? Precious metals the result of meteorite bombardment, rock analysis finds". *Sciencedaily.com*. 9 September 2011. Retrieved 12 September 2013.
  - Kirk, J.; Ruiz, J.; Chesley, J.; Titley, S. (2003). "The Origin of Gold in South Africa". *American Scientist* 91 (6): 534.[doi:10.1511/2003.6.534](#). edit
  - "Meteor Shower Rained Gold On Ancient Earth". *Huffingtonpost.com*. 10 September 2011. Retrieved 12 September 2013.
  - "Mangalisa Project". Superior Mining International Corporation.
  - Therriault, A. M., Grieve, R. A. F., & Reimold, W. U. (1997). "Original size of the Vredefort Structure: Implications for the geological evolution of the Witwatersrand Basin". *Meteoritics* 32: 71–77. [Bibcode:1997M&PS...32...71T](#). [doi:10.1111/j.1945-5100.1997.tb01242.x](#).
  - Meteor craters may hold untapped wealth. *Cosmos Magazine* (28 July 2008). Retrieved on 12 September 2013.

- Corner, B.; Durrheim, R. J.; Nicolaysen, L. O. (1990). "Relationships between the Vredefort structure and the Witwatersrand basin within the tectonic framework of the Kaapvaal craton as interpreted from regional gravity and aeromagnetic data". *Tectonophysics* 171: 49. doi:10.1016/0040-1951(90)90089-Q. edit
- McCarthy, T., Rubridge, B. (2005). "The Story of Earth and Life." p. 89–90, 102–107, 134–136. Struik Publishers, Cape Town
- Norman, N., Whitfield, G. (2006) "Geological Journeys". p. 38–49, 60–61. Struik Publishers, Cape Town.
- "Formation of Lode Gold Deposits". arizonagoldprospectors.com. Retrieved 23 May 2009.
- "Environment & Nature News – Bugs grow gold that looks like coral – 28 January 2004". Retrieved 22 July 2006. This is doctoral research undertaken by Frank Reith at the Australian National University, published 2004.
- "Earthquakes Turn Water into Gold|18 March 2013". Retrieved 18 March 2013.
- Kenison Falkner, K.; Edmond, J (1990). "Gold in seawater". *Earth and Planetary Science Letters* 98 (2): 208–221. Bibcode:1990E&PSL..98..208K. doi:10.1016/0012-821X(90)90060-B.
- Plazak, Dan *A Hole in the Ground with a Liar at the Top* (Salt Lake: Univ. of Utah Press, 2006) ISBN 0-87480-840-5 (contains a chapter on gold-from seawater swindles)
- Haber, F. (1927). "Das Gold im Meerwasser". *Zeitschrift für Angewandte Chemie* 40 (11): 303–314. doi:10.1002/ange.19270401103.
- McHugh, J.B. (1988). "Concentration of gold in natural waters". *Journal of Geochemical Exploration* 30 (1–3): 85–94. doi:10.1016/0375-6742(88)90051-9.
- Mandaro, Laura (17 January 2008). "China now world's largest gold producer; foreign miners at door". *MarketWatch*. Retrieved 5 April 2009.
- US Geological Survey. Mineral commodity summary: gold, 2014.
- Beinhoff, Christian. "Removal of Barriers to the Abatement of Global Mercury Pollution from Artisanal Gold Mining".
- to:<sup>a b c</sup> Truswell, J.F. (1977). "The Geological Evolution of South Africa". pp. 21–28. Purnell, Cape Town.

- Moore, Mark A. (2006). "Reed Gold Mine State Historic Site". North Carolina Office of Archives and History. Retrieved 13 December 2008.
- Garvey, Jane A. (2006). "Road to adventure". Georgia Magazine. Retrieved 23 January 2007.
- Harbhajan Singh. *Mycoremediation: Fungal Bioremediation*. p. 509.
- O'Connell, Rhona (13 April 2007). "Gold mine production costs up by 17% in 2006 while output fell".
- Noyes, Robert (1993). *Pollution prevention technology handbook*. William Andrew. p. 342. ISBN 0-8155-1311-9.
- Pletcher, Derek and Walsh, Frank (1990). *Industrial electrochemistry*. Springer. p. 244. ISBN 0-412-30410-4.
- Marczenko, Zygmunt and Balcerzak, María (2000). *Separation, preconcentration, and spectrophotometry in inorganic analysis*. Elsevier. p. 210. ISBN 0-444-50524-5.
- Sherr, R.; Bainbridge, K. T. and Anderson, H. H. (1941). "Transmutation of Mercury by Fast Neutrons". *Physical Review* 60(7): 473–479. Bibcode:1941PhRv...60..473S.doi:10.1103/PhysRev.60.473.
- edit
- Ansuya Harjani. "It's official: China overtakes India as top consumer of gold". Retrieved 2 July 2014.
- "Gold jewellery consumption by country". Reuters. 28 February 2011. Archived from the original on 12 January 2012.
- "Gold Demand Trends | Investment | World Gold Council". Gold.org. Retrieved 12 September 2013.
- Gold Demand Trends | World Gold Council
- Abdul-Wahab, Sabah Ahmed; Marikar, Fouzul Ameer (24 October 2011). "The environmental impact of gold mines: pollution by heavy metals". *Central European Journal of Engineering* 2 (2): 304–313. Bibcode:2012CEJE....2..304A. doi:10.2478/s13531-011-0052-3.
- Summit declaration, Peoples' Gold summit, San Juan Ridge, California in June 1999. Scribd.com (22 February 2012). Retrieved on 4 May 2012.



- Cyanide spills from gold mine compared to Chernobyl's nuclear disaster. Deseretnews.com (14 February 2000). Retrieved on 4 May 2012.
- Death of a river. BBC News (15 February 2000). Retrieved on 4 May 2012.
- Cyanide spill second only to Chernobyl. Abc.net.au. 11 February 2000. Retrieved on 4 May 2012.
- to:<sup>a b</sup> Behind gold's glitter, torn lands and pointed questions, New York Times, 24 October 2005
- Norgate, Terry; Haque, Nawshad (2012). "Using life cycle assessment to evaluate some environmental impacts of gold". *Journal of Cleaner Production*. 29–30: 53. doi:10.1016/j.jclepro.2012.01.042.
- Hammer, B.; Norskov, J. K. (1995). "Why gold is the noblest of all the metals". *Nature* 376 (6537): 238. Bibcode:1995Natur.376..238H. doi:10.1038/376238a0.
- Johnson, P. B.; Christy, R. W. (1972). "Optical Constants of the Noble Metals". *Physical Review B* 6 (12): 4370. Bibcode:1972PhRvB...6.4370J. doi:10.1103/PhysRevB.6.4370.
- Shaw III, C. F. (1999). "Gold-Based Medicinal Agents". *Chemical Reviews* 99 (9): 2589–2600. doi:10.1021/cr980431o. PMID 11749494.
- Wiberg, Egon; Wiberg, Nils and Holleman, Arnold Frederick (2001). *Inorganic Chemistry* (101 ed.). Academic Press. p. 1286. ISBN 0-12-352651-5.
- Jansen, Martin (2005). "Effects of relativistic motion of electrons on the chemistry of gold and platinum". *Solid State Sciences* 7(12): 1464–1474. Bibcode:2005SSSci...7.1464J. doi:10.1016/j.solidstatesciences.2005.06.015.
- to:<sup>a b</sup> Holleman, A. F.; Wiberg, E. "Inorganic Chemistry" Academic Press: San Diego, 2001. ISBN 0-12-352651-5.
- Wickleder, Mathias S. (2001). "AuSO<sub>4</sub>: A True Gold(II) Sulfate with an Au<sup>4+2</sup> Ion". *Journal of Inorganic and General Chemistry* 627 (9): 2112–2114. doi:10.1002/1521-3749(200109)627:9<2112::AID-ZAAC2112>3.0.CO;2-2.
- Wickleder, Mathias S. (2007). Francesco A. Devillanova, ed. *Handbook of chalcogen chemistry: new perspectives in sulfur, selenium and tellurium*. Royal Society of Chemistry. pp. 359–361. ISBN 0-85404-366-7.



- Seidel, S.; Seppelt, K. (2000). "Xenon as a Complex Ligand: The Tetra Xenono Gold(II) Cation in  $\text{AuXe}_4^{2+}(\text{Sb}_2\text{F}_{11}^-)_2$ ". *Science* 290 (5489): 117–118. Bibcode:2000Sci...290..117S.doi:10.1126/science.290.5489.117. PMID 11021792.
- Riedel, S.; Kaupp, M. (2006). "Revising the Highest Oxidation States of the 5d Elements: The Case of Iridium(+VII)". *Angewandte Chemie International Edition* 45 (22): 3708–3711.doi:10.1002/anie.200600274. PMID 16639770.
- Dierks, S (May 2005). "Gold MSDS". Electronic Space Products International.
- Wright, I. H.; Vesey, C. J. (1986). "Acute poisoning with gold cyanide". *Anaesthesia* 41 (79): 936–939. doi:10.1111/j.1365-2044.1986.tb12920.x. PMID 3022615.
- Wu, Ming-Ling; Tsai, Wei-Jen; Ger, Jiin; Deng, Jou-Fang; Tsay, Shyh-Haw; Yang, Mo-Hsiung. (2001). "Cholestatic Hepatitis Caused by Acute Gold Potassium Cyanide Poisoning". *Clinical toxicology* 39 (7): 739–743. doi:10.1081/CLT-100108516.PMID 11778673.
- MacNeil, Jane Salodof Henna tattoo ingredient is Allergen of the Year.(Clinical Rounds). 3 January 2006.
- Brunk, Doug (15 February 2008). "Ubiquitous nickel wins skin contact allergy award for 2008".
- Warwick-Ching, Tony (28 February 1993). *The International Gold Trade*. p. 26. ISBN 9781855730724.
- Elwell (Au), Craig K (1 October 2011). *Brief History of the Gold Standard (GS) in the United States*. pp. 11–13.ISBN 9781437988895.
- Hitzer, Eckhard; Perwass, Christian (22 November 2006). "The hidden beauty of gold". *Proceedings of the International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering 2007 (ISAMPE 2007) between Pukyong National University (Korea), University of Fukui (Japan) and University of Shanghai for Science and Technology (China), November 22–25, 2006, hosted by the University of Fukui (Japan), pp. 157–167. (Figs 15,16,17,23 revised.)*. Archived from the original on 27 January 2012. Retrieved 10 May 2011.
- "World Gold Council > value > research & statistics > statistics > supply and demand statistics". Retrieved 22 July 2006.

- "historical charts:gold – 1833–1999 yearly averages". kitco. Retrieved 30 June 2012.
- Kitco.com, Gold – London PM Fix 1975 – present (GIF), Retrieved 22 July 2006.
- "Goldfinger Brown's £2 billion blunder in the bullion market". London: The Times. 15 April 2007.
- to:<sup>a b</sup> "LBMA statistics". Lbma.org.uk. 31 December 2008. Retrieved 5 April 2009.
- "Gold hits yet another record high". BBC News. 2 December 2009. Retrieved 6 December 2009.
- "PRECIOUS METALS: Comex Gold Hits All-Time High". *The Wall Street Journal*. 11 May 2012. Retrieved 4 August 2010.
- Gibson, Kate; Chang, Sue (11 May 2010). "Gold futures hit closing record as investors fret rescue deal". *MarketWatch*. Retrieved 4 August 2010.
- Valetkevitch, Caroline (1 March 2011). "Gold hits record, oil jumps with Libya unrest". Reuters. Retrieved 1 March 2011.
- "Gold Extends Biggest Decline in 18 Months After CME Raises Futures Margins". www.bloomberg.com. 23 August 2011. Retrieved 30 August 2011.
- "Gold starts 2006 well, but this is not a 25-year high!|Financial Planning". Ameinfo.com. Retrieved 5 April 2009.<sup>[dead link]</sup>
- Bernstein, Peter L. (2004). *The Power of Gold: The History of an Obsession*. John Wiley & Sons. p. 1. ISBN 978-0-471-43659-1.
- California Government Code selection 420–429.8 (see § 425.1). leginfo.ca.gov
- Alaska Statutes (see §44.09.110). legis.state.ak.us

## 12. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κομμάτι της μελέτης αυτής αποτελούν και τα 4 excel αρχεία, στα οποία γίνονται οι υπολογισμοί που αναφέρονται στη μεθοδολογία. Αντιστοιχεί 1 excel σε κάθε ένα από τα προϊόντα που μελετάμε.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς