

# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας

Μετρητικό Σύστημα-Πλατφόρμα ενεργειακής διαχείρισης καταναλώσεων

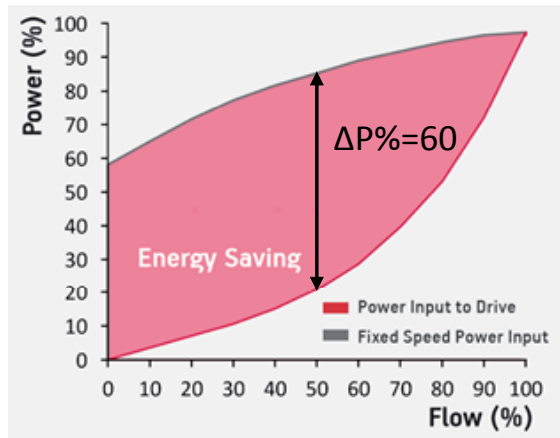


- Παρακολούθηση δεδομένων λειτουργίας σε πραγματικό χρόνο (Real-time Monitoring),
  - Δημιουργία αυτοματοποιημένων αναφορών (Automatic Reports),
  - Υπολογισμός Κέντρου Κόστους Ενέργειας ανά φορτίο ή διεργασία (Cost Center Allocation),
  - Μοντελοποίηση Κατανάλωσης (Energy Consumption Modeling),
  - Μέτρηση και Επαλήθευση Έργων Εξοικονόμησης (Measurement and Verification),
  - Μέτρηση Απόδοσης Συστημάτων και Διεργασιών (Efficiency Analysis of Systems),
  - Διαχείριση Φορτίου (Demand Side Management),
  - Βραχυπρόθεσμη Πρόβλεψη Φορτίου (Short-term Load Forecasting).
- Εφαρμογή των παραπάνω: 1-10% μείωση στην κατανάλωση και στο κόστος ενέργειας.

(Πηγή: IEEE 739-1995. Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities)

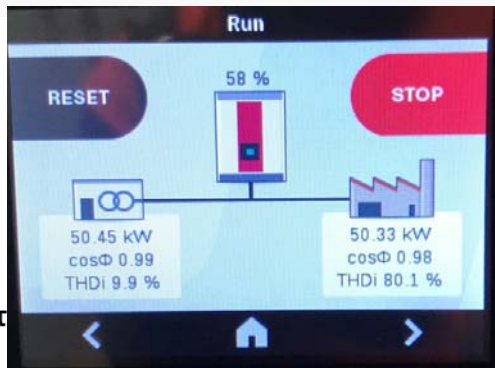
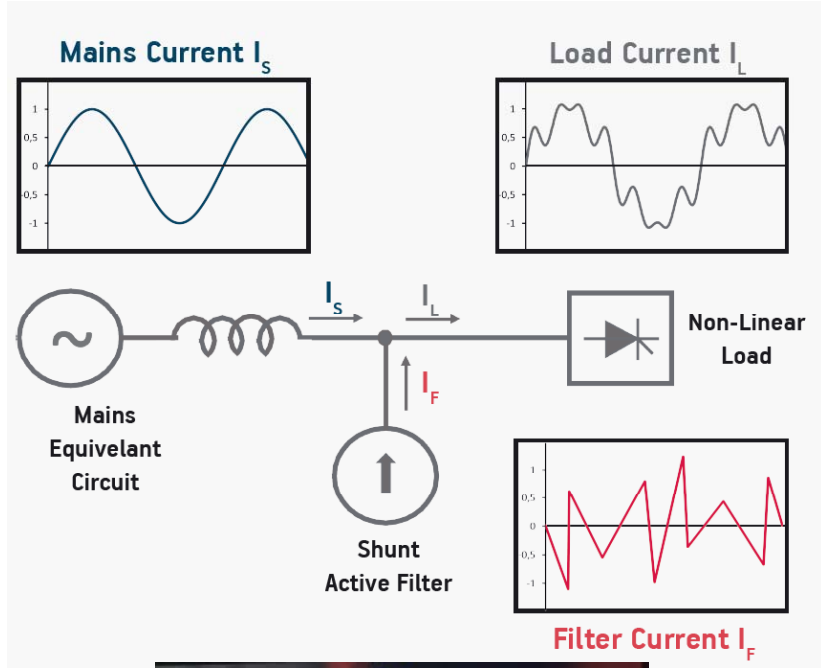
# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας

## Έλεγχος Στροφών Κινητήρων



# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας

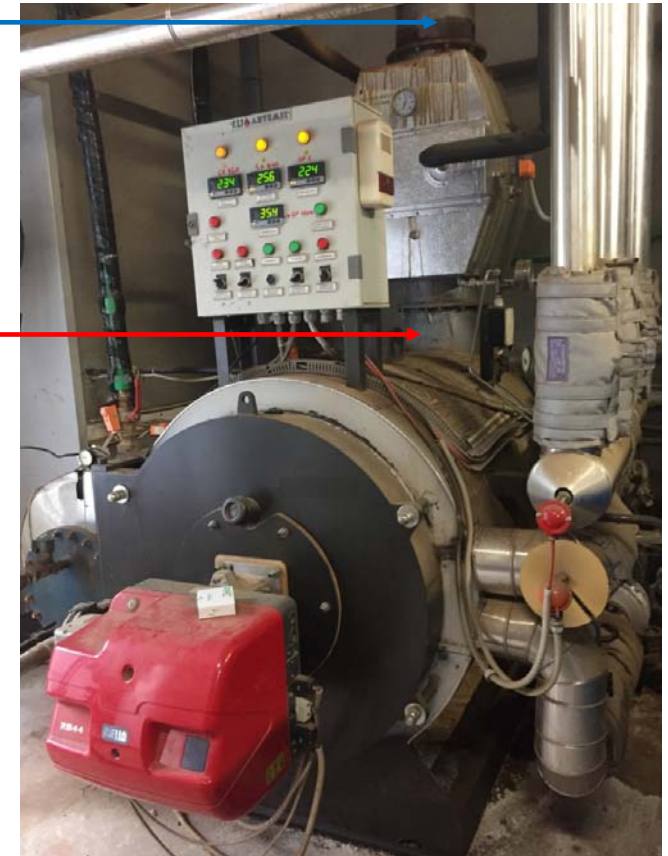
## Βελτίωση Ποιότητας Ισχύος με Ενεργά Φίλτρα καταστολής αρμονικών



# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας

Χρήση εναλλάκτη καυσαερίων στην έξοδο καυστήρα

- Καυστήρας Φ.Α. ισχύος **490kW (420.000kcal/h)**
- Παραγωγή ατμού **600kg/h**
- Θερμοκρασία εισόδου καυσαερίων στον εναλλάκτη  $T_{in}=315^{\circ}\text{C}$
- Βαθμός Απόδοσης Καυστήρα  $\eta_1=86,4\%$
- Θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων από τον εναλλάκτη  $T_{out}=180^{\circ}\text{C}$
- Βαθμός Απόδοσης Καυστήρα-Εναλλάκτη  $\eta_2=93,8\%$
- Αξιοποίηση θερμογόνου δύναμης καυσαερίων κατά  $\Delta T=131^{\circ}\text{C}$
- Αύξηση Βαθμού Απόδοσης Συστήματος κατά **7,4%**





# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας

Αποκατάσταση διαρροών και βλαβών δικτύου πεπιεσμένου αέρα



Βιομηχανία με συνολική ισχύ αεροσυμπιεστών: **350 kW**

## - Απώλειες

Πλήθος διαρροών: **150**

Απώλειες διαρροών: **8.000 lt/min**

Επιπλέον κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας: **400.000 kWh**

Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας λόγω διαρροών: **35.000,00 €**

## - Κόστος μέτρου-απόσβεση

Εντοπισμός και αποκατάσταση διαρροών: **18.000,00 €**

Απόσβεση μέτρου: **~0,5 έτη**



# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας



## Φωτιστικά τύπου LED

Κτίριο χώρων γραφείων και εκδηλώσεων 3.000 ατόμων

Πλήθος φωτιστικών: ~2.800 τμχ.

### - Πρότερη κατάσταση

Τύποι φωτιστικών: Φθορισμού T8 1.5m, T8 1.2m, Panel 0.6x0.6m

Ισχύς λειτουργίας φωτιστικών: **240kW**

Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας φωτισμού: **396.000 kWh**

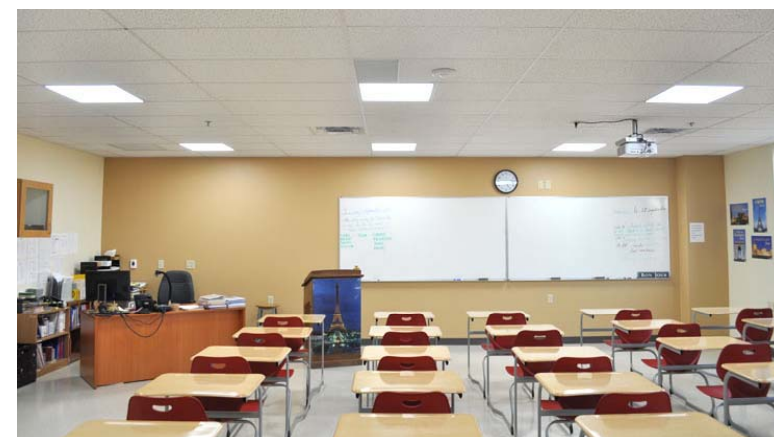
Ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας φωτισμού: **43.500,00 €**

### - Νέα κατάσταση

Προμήθεια και εγκατάσταση φωτιστικών LED: **75.000,00 €**

Νέα ισχύς λειτουργίας φωτιστικών LED: **105kW**

Απόσβεση μέτρου: **~3,4 έτη**



# Εφαρμογή μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας

Αναβάθμιση φωτισμού βιομηχανικού χώρου με φωτιστικά τύπου LED



	ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
Εξοπλισμός	32 x 400W Νατρίου Υψηλής πίεσης	32 x 150W LED
Αποτέλεσμα	118-270Lux	210Lux
Κατανάλωση ενέργειας	9,9 W/m <sup>2</sup>	3,7 W/m <sup>2</sup>

## Οικονομική αξιολόγηση μέτρων

Οικονομική αξιολόγηση της  
 επένδυσης του  
 Μετρητικού Συστήματος

<b>Κόστος Έργου (€)</b>	<b>30.000,00</b>				
<b>Ετήσια Εξοικ/ση (€)</b>	<b>14.101,41</b>				
<b>Προεξοφλητικό Επιτόκιο (%)</b>	<b>4,0%</b>				
ΕΤΟΣ	ΕΙΣΡΟΕΣ	ΕΚΡΟΕΣ	ΚΑΘΑΡΗ ΧΡΗΜΑΤΟΡΗ	ΠΡΟΕΞΟΦΛΗ ΜΕΝΗ ΚΑΘΑΡΗ ΧΡΗΜΑΤΟΡΗ	ΚΑΘΑΡΗ ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ (NPV)
<b>0</b>		30.000,00	-30.000,00	-30.000,00	
<b>1</b>	14.101,41		14.101,41	13.559,05	-16.440,95
<b>2</b>	14.101,41		14.101,41	13.037,54	-3.403,41
<b>3</b>	14.101,41		14.101,41	12.536,10	9.132,69
<b>4</b>	14.101,41		14.101,41	12.053,94	21.186,63
<b>5</b>	14.101,41		14.101,41	11.590,33	32.776,96
<b>13</b>	14.101,41		14.101,41	8.468,94	110.811,70
<b>14</b>	14.101,41		14.101,41	8.143,21	118.954,91
<b>15</b>	14.101,41		14.101,41	7.830,01	126.784,92
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>211.521,12</b>	<b>30.000,00</b>	<b>181.521,12</b>		
				Καθαρή Παρούσα Αξία NPV σε 15 έτη:	<u>126.784,92</u>
				Απλή Περίοδος Αποπληρωμής, SPB:	<u>2,1</u>
				Έντοκη Περίοδος Αποπληρωμής, DPB:	<u>2,3</u>
				Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης Κεφαλαίου, IRR:	<u>46,9%</u>
				Ετήσια Απόδοση Επένδυσης, ROI:	<u>47,0%</u>



# Αποτίμηση απόδοσης έργου με την γραμμή βάσης-στατιστική ανάλυση



## Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης με καθοριστικούς παράγοντες

Οι καθοριστικοί παράγοντες ποικίλουν ανάλογα με την παραγωγική διαδικασία

Παραδείγματα:

1. Σε εκπαιδευτικό κτίριο οι καθοριστικοί παράγοντες είναι δύο: η επιφάνεια ( $m^2$ ) και η εξωτερική θερμοκρασία. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζεται και από τους δύο αυτούς παράγοντες, αφού τα φορτία φωτισμού και μηχανών γραφείου είναι συνάρτηση της επιφάνειας και τα φορτία κλιματισμού είναι επίσης συνάρτηση της επιφάνειας. Τα φορτία φωτισμού και κλιματισμού είναι επίσης συνάρτηση της εξωτερικής θερμοκρασίας.
2. Σε βιομηχανία μπύρας καθοριστικός παράγοντας είναι η ποσότητα μπύρας και η εξωτερική θερμοκρασία.
3. Σε βιομηχανία γάλακτος καθοριστικός παράγοντας είναι η ποσότητα της πρώτης ύλης (νωπό γάλα) και η εξωτερική θερμοκρασία. Επειδή οι βιομηχανίες αυτές παράγουν πλήθος προϊόντων από την ίδια πρώτη ύλη (φρέσκο γάλα, τυρί, γιαούρτι, κλπ.) δεν μπορεί να είναι καθοριστικός παράγοντας το τελικό προϊόν.

# Κατασκευή γραμμή βάσης-στατιστική ανάλυση



## Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης με καθοριστικούς παράγοντες

Επιμερισμός της ενεργειακής κατανάλωσης

- Στην **ιδανική** περίπτωση θα πρέπει να γίνει επιμερισμός της ενεργειακής κατανάλωσης στις επιμέρους παραγωγικές διαδικασίες.
- Παράδειγμα 1: Σε εκπαιδευτικό ίδρυμα να επιμερισθεί η ηλεκτρική ενέργεια σε γραφεία, αίθουσες διδασκαλίας, κοινόχρηστους χώρους, κλπ.
- Παράδειγμα 2: Σε βιομηχανία γάλακτος να επιμερισθεί η ηλεκτρική ενέργεια σε παστερίωση, παραγωγή τυριού, παραγωγή εμφιαλωμένου γάλακτος, κλπ.
- Η κατανάλωση ενέργειας ανά παραγωγική διαδικασία συγκρίνεται με τις αντίστοιχες τιμές- στόχους.
- Συνήθως γίνεται μέσω αναζήτησης στη διεθνή βιβλιογραφία από εκτεταμένες ενεργειακές επιθεωρήσεις που έχουν διενεργηθεί.

# Κατασκευή γραμμή βάσης-στατιστική ανάλυση



Συσχετισμός της ενεργειακής κατανάλωσης με καθοριστικούς παράγοντες

[Προσθήκη I στον Οδηγό Ενεργειακών Ελέγχων-Εργαλείο Ενεργειακών Ελέγχων](#)

# Κατασκευή γραμμή βάσης-στατιστική ανάλυση



## Μηνιαία δεδομένα εισόδου (Μηνιαία Παραγωγή και Κατανάλωση 3 ετών)

Χρονικό Διάστημα	Πίνακας των Υ				Χρονικό Διάστημα	Πίνακας των Χ			
	Δεδομένα Υ	X1	X2	X3		Δεδομένα Υ	X1	X2	X3
	Πραγματική Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας (kWh)	Παραγωγή 1 (kgr)	Παραγωγή 2 (kgr)	Βαθμομήρες Ψύξης (CDD)		Πραγματική Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας (kWh)	Παραγωγή 1 (kgr)	Παραγωγή 2 (kgr)	Βαθμομήρες Ψύξης (CDD)
Jan-16	1.124.740,00	1.319.149,100	47.459,320	2	Aug-17	1.660.420,00	1.181.392,800	58.513,160	318
Feb-16	1.365.112,00	1.643.487,400	65.176,830	3	Sep-17	1.589.358,00	1.127.749,400	75.162,195	195
Mar-16	1.416.070,00	1.624.086,300	89.970,950	19	Oct-17	1.378.512,00	1.428.517,600	62.745,875	83
Apr-16	1.549.822,00	1.724.203,700	100.584,750	69	Nov-17	1.297.498,00	1.376.163,200	73.736,840	24
May-16	1.382.020,00	1.393.178,200	68.040,080	103	Dec-17	1.303.602,00	1.399.530,800	60.375,540	9
Jun-16	1.100.508,00	846.773,400	9.767,720	229	Jan-18	1.189.606,00	1.070.595,200	75.990,750	2
Jul-16	1.383.776,00	847.107,600	36.984,500	304	Feb-18	979.236,00	908.307,200	60.433,380	2
Aug-16	1.643.238,00	1.070.115,800	70.587,400	297	Mar-18	1.225.674,00	1.219.073,000	69.175,380	21
Sep-16	1.563.088,00	1.203.032,400	43.016,620	192	Apr-18	1.039.922,00	982.078,400	57.568,125	82
Oct-16	1.438.398,00	1.267.622,200	57.032,280	93	May-18	1.363.860,00	1.116.035,400	76.998,835	171
Nov-16	1.271.396,00	1.211.863,400	57.622,800	31	Jun-18	1.642.406,00	1.299.179,400	82.616,220	229
Dec-16	1.357.100,00	1.401.157,000	60.275,100	1	Jul-18	1.570.872,00	1.019.231,000	77.320,080	278
Jan-17	995.234,00	900.377,400	16.625,280	0	Aug-18	1.640.328,00	1.130.260,000	64.280,660	310
Feb-17	799.892,00	745.792,800	23.112,720	4	Sep-18	1.550.552,00	1.202.060,000	62.195,800	220
Mar-17	1.123.474,00	1.076.803,000	65.556,525	17	Oct-18	1.671.698,00	1.438.728,000	85.288,680	117
Apr-17	972.034,00	945.865,200	34.952,835	41	Nov-18	1.460.524,00	1.300.976,400	85.525,700	41
May-17	1.425.160,00	1.175.708,400	89.000,440	119	Dec-18	1.268.828,00	1.226.757,000	68.035,740	3
Jun-17	1.448.572,00	1.064.251,000	60.781,220	234					
Jul-17	1.561.790,00	1.086.086,800	45.680,920	307					
					<b>YAERLY SUM</b>	<b>16.251.440</b>	<b>14.324.432</b>	<b>746.064</b>	<b>1.390</b>
					<b>AVG</b>	<b>1.354.286,7</b>	<b>1.193.702,7</b>	<b>62.172,0</b>	<b>115,8</b>



# Κατασκευή γραμμή βάσης-στατιστική ανάλυση



Μαθηματική εξίσωση συσχετισμού κατανάλωσης ενέργειας και παραγωγικών δεδομένων

$$Y_e = X_0 + X_1 * \text{Παραγωγή1} + X_2 * \text{Παραγωγή2} + X_3 * \text{CDD}$$

Στατιστικά αποτελέσματα για τον τύπο της γραμμής βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Στατιστικά αποτελέσματα PIN για τον τύπο της γραμμής βάσης	
X0 (Σταθερά)	378.572
X1 (Συντελ. Παραγωγής 1)	0,504
X2 (Συντελ. Παραγωγής 2)	3,009
X3 (Συντελ. Βαθμομημέρες Ψύξης)	1.614,361
R <sup>2</sup>	0,903
RMSE [kWh]	73.990
A <sub>Περιοδου</sub> = Μέση τιμή της καταναλώσεως βάσεως [kWh]	1.354.286
Τυπική Απόκλιση Cv=RMSE/A <sub>περιοδου</sub>	5,45%
Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά IPMVP	10,9%
Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά ASHRAE	14,1%

# Κατασκευή γραμμή βάσης-στατιστική ανάλυση



## Μηνιαία δεδομένα εισόδου και υπολογισμοί συσχέτισης

Χρονικό Διάστημα	Πίνακας των Y		Πίνακας των X			Διακύμανση υπολοίπων (kWh)	CUSUM (kWh)	Χρονικό Διάστημα	Πίνακας των Y		Πίνακας των X			Διακύμανση υπολοίπων (kWh)	CUSUM (kWh)
	Δεδομένα Y	Γραμμή βάσης Ye	X1	X2	X3				Δεδομένα Y	Γραμμή βάσης Ye	X1	X2	X3		
	Πραγματική Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας (kWh)	Αναμενόμενη Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας (kWh)	Παραγωγή 1 (kgr)	Παραγωγή 2 (kgr)	Βαθμομέρες Ψύξης (CDD)				Πραγματική Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας (kWh)	Αναμενόμενη Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας (kWh)	Παραγωγή 1 (kgr)	Παραγωγή 2 (kgr)	Βαθμομέρες Ψύξης (CDD)		
Jan-16	1.124.740,00	1.189.476,46	1.319.149,100	47.459,320	2	-64.736	-64.736	Aug-17	1.660.420,00	1.663.443,23	1.181.392,800	58.513,160	318	-3.023	-108.022
Feb-16	1.365.112,00	1.407.873,49	1.643.487,400	65.176,830	3	-42.761	-107.498	Sep-17	1.589.358,00	1.487.935,23	1.127.749,400	75.162,195	195	101.423	-6.599
Mar-16	1.416.070,00	1.498.528,35	1.624.086,300	89.970,950	19	-82.458	-189.956	Oct-17	1.378.512,00	1.421.359,37	1.428.517,600	62.745,875	83	-42.847	-49.446
Apr-16	1.549.822,00	1.661.643,39	1.724.203,700	100.584,750	69	-111.821	-301.778	Nov-17	1.297.498,00	1.332.795,49	1.376.163,200	73.736,840	24	-35.297	-84.744
May-16	1.382.020,00	1.451.764,78	1.393.178,200	68.040,080	103	-69.745	-371.522	Dec-17	1.303.602,00	1.280.154,64	1.399.530,800	60.375,540	9	23.447	-61.296
Jun-16	1.100.508,00	1.204.439,95	846.773,400	9.767,720	229	-103.932	-475.454	Jan-18	1.189.606,00	1.150.049,85	1.070.595,200	75.990,750	2	39.556	-21.740
Jul-16	1.383.776,00	1.407.578,64	847.107,600	36.984,500	304	-23.803	-499.257	Feb-18	979.236,00	1.021.443,01	908.307,200	60.433,380	2	-42.207	-63.947
Aug-16	1.643.238,00	1.609.786,56	1.070.115,800	70.587,400	297	33.451	-465.806	Mar-18	1.225.674,00	1.235.051,17	1.219.073,000	69.175,380	21	-9.377	-73.324
Sep-16	1.563.088,00	1.424.312,57	1.203.032,400	43.016,620	192	138.775	-327.030	Apr-18	1.039.922,00	1.179.152,54	982.078,400	57.568,125	82	-139.231	-212.555
Oct-16	1.438.398,00	1.339.217,18	1.267.622,200	57.032,280	93	99.181	-227.849	May-18	1.363.860,00	1.448.812,81	1.116.035,400	76.998,835	171	-84.953	-297.508
Nov-16	1.271.396,00	1.212.800,21	1.211.863,400	57.622,800	31	58.596	-169.254	Jun-18	1.642.406,00	1.651.655,76	1.299.179,400	82.616,220	229	-9.250	-306.758
Dec-16	1.357.100,00	1.267.757,16	1.401.157,000	60.275,100	1	89.343	-79.911	Jul-18	1.570.872,00	1.573.724,99	1.019.231,000	77.320,080	278	-2.853	-309.610
Jan-17	995.234,00	882.402,40	900.377,400	16.625,280	0	112.832	32.921	Aug-18	1.640.328,00	1.642.110,49	1.130.260,000	64.280,660	310	-1.782	-311.393
Feb-17	799.892,00	830.466,75	745.792,800	23.112,720	4	-30.575	2.346	Sep-18	1.550.552,00	1.526.733,22	1.202.060,000	62.195,800	220	23.819	-287.574
Mar-17	1.123.474,00	1.145.998,35	1.076.803,000	65.556,525	17	-22.524	-20.178	Oct-18	1.671.698,00	1.549.223,41	1.438.728,000	85.288,680	117	122.475	-165.100
Apr-17	972.034,00	1.026.664,02	945.865,200	34.952,835	41	-54.630	-74.808	Nov-18	1.460.524,00	1.357.815,94	1.300.976,400	85.525,700	41	102.708	-62.392
May-17	1.425.160,00	1.431.054,12	1.175.708,400	89.000,440	119	-5.894	-80.702	Dec-18	1.268.828,00	1.206.436,45	1.226.757,000	68.035,740	3	62.392	0
Jun-17	1.448.572,00	1.475.619,82	1.064.251,000	60.781,220	234	-27.048	-107.750	YAERLY SUM	16.251.440	16.251.440	14.324.432	746.064	1.390	0,0000	
Jul-17	1.561.790,00	1.559.038,20	1.086.086,800	45.680,920	307	2.752	-104.998	AVG	1.354.286,7	1.354.286,7	1.193.702,7	62.172,0	115,8	0,0	-168.200,84