



**Economical Analysis of Measures for
Improving Energy Efficiency and Reducing
Greenhouse Gas Emissions of the Turkish
Cement, and Iron and Steel Industries**

THE TEAM



Project Leaders

Yücel ERCAN Süleyman SARITAŞ

Cement Group:

Y. ERCAN

A. DURMAZ

M. ÇÜRÜKSULU

Ş. DALOĞLU

Iron and Steel Group:

S. SARITAŞ

N. DURLU

M. ÜBEYLİ

E. TEKİN



- Detailed measures for two industrial sectors were reported in *TURKEY'S FIRST NATIONAL COMMUNICATION TO THE UNFCCC* because of their high energy intensities and their strong impact on climate change, namely **the cement industry** and **the iron and steel industry**.



TURKISH CEMENT INDUSTRY

- Integrated Cement Plants : 41
- Cement Grinding Plants : 17
- Clinker Production Capacity (2004) : 39 million tons/year
- Cement Production Capacity (2004) : 66 million tons/year
- Clinker Production (2004) : 32.8 million tons/year
- Cement Production (2004) : 38.8 million tons/year



PROJECTIONS OF CEMENT PRODUCTION

Year	1990	2004	2010	2015	2020
Production (million ton-cement/year)	24.4	38.8	53.0	62.2	76.0
Production at the Existing Plants (million ton-cement/year)	24.4	38.8	53.0	62.2	66.0
Production at New Plants (million ton-cement/year)	0	0	0	0	10.0



PROJECTIONS OF CLINKER PRODUCTION

Year	1990	2004	2010	2015	2020
Production (million ton-clinker/year)	20.3	32.8	42.4	46.6	53.2
Production at the Existing Plants (million ton- clinker/year)	20.3	32.8	42.4	46.6	48.8
Production at New Plants (million ton- clinker/year)	0	0	0	0	4.4

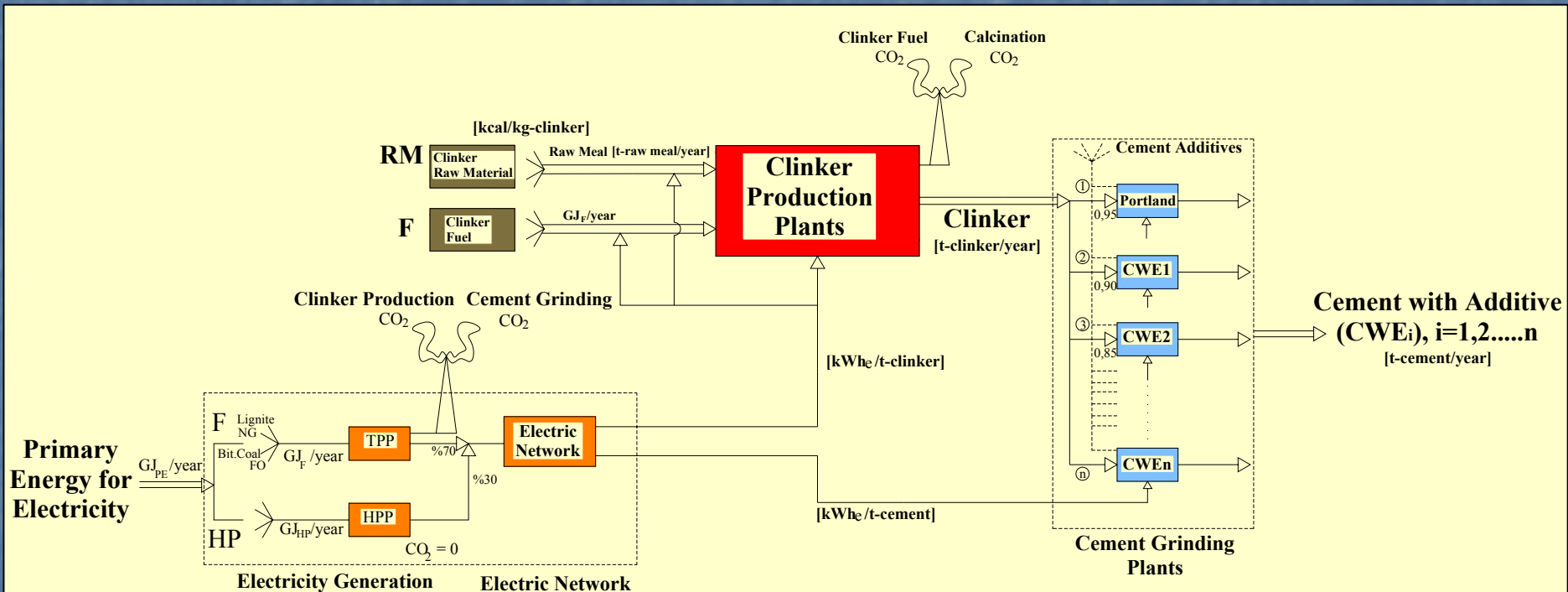


The Savings Resulting from Voluntary Measures Taken Between the Years 1990 and 2004

Quantity	Reduction in 2004 as Compared to 1990	
	Absolute Reduction	Percent Reduction
Total Primary Energy Consumption	15.27 PJ/year	8.7%
Total Cost of Energy	62.53 10 ⁶ \$/year	8.7%
Specific Heat Consumption	99.3 kcal/kg-clinker	10.6%
Specific Electricity Consumption	11.0 kWh _e /ton-cement	9.1%



The Aggregated Energy Efficiency and CO₂ Emission Model





The Aggregated Energy Efficiency and CO₂ Emission Model

- Capacities used in the model are the total capacities of the existing installations in Turkey.**
- Properties are the capacity weighted averages of the respective properties of the existing installations.**



ENERGY SAVING MEASURES FOR RAW MEAL PREPARATION

Code Number of Measure	Measure	Specific Heat Saving (GJ/ton)	Specific Electricity Saving (kWh/ton)	Specific Investment Cost (\$/ton-capacity)		Ratio of Applicability (%)
				1994	2004	
1	Using Efficient Transport Systems	0	2.25	5.36	6.61	31
2	Using Efficient Raw Meal Homogenization	0	1.79	6.61	8.16	40
3	Using Continuous Homogenization	0	0.5		3	53
4	Using Roller Press and Roller Mill	0	7.55	9.46	11.68	52
5	Using High Efficiency Classifiers	0	1.75	3.57	4.41	46



TOBB ETÜ

ENERGY SAVING MEASURES FOR CLINKER PRODUCTION

Code Number of Measure	Measure	Specific Heat Saving (GJ/ton)	Specific Electricity Saving (kWh/ton)	Specific Investment Cost (\$/ton-capacity)		Ratio of Applicability (%)
				1994	2004	
6	Kiln Combustion System Improvements	0.052	0	0.98	1.21	30
7	Reduction of Kiln Shell Heat Losses	0.15	0	0.25	0.31	25
8a (%3)	Use of Waste Fuels	0.10	0	1	1.23	50
8b (%6)		0.21	0	1	1.23	50
8c (%12)		0.42	0	1	1.23	50
9	Conversion to Modern Grate Coolers	0.3	-3	0.6	0.74	19
10	Heat Recovery for Power Generation (Only for long kilns in wet process)	0	20	3.25		
11	Conversion from Wet Process to Dry Process with Pre-heater, Pre-calciner Kiln	2.8	-10	75	92.59	1.36
12	Conversion to Multi-stage Cyclone Type Pre-heaters in Dry Process	0.9	0	20	24.69	0
13	Conversion to Low Pressure Drop, Multi-stage Cyclone, Suspension Pre-heaters in Dry Process.	0	4	3	3.70	100
14	Optimize Heat Recovery in Grate Coolers	0.08	0	0.2	0.25	40
15	Conversion of Long Dry Kiln to Multi-stage Pre-heater, Pre-calciner Kiln (Dry process)	1.3	0	28	34.57	0
16	Adding Pre-calciner to Pre-heater Kiln	0.4	0	4.79	5.92	24



ENERGY SAVING MEASURES FOR CEMENT GRINDING

Code Number of Measure	Measure	Specific Heat Saving (GJ/ton)	Specific Electricity Saving (kWh/ton)	Specific Investment Cost (\$/ton-capacity)		Ratio of Applicability (%)
				1994	2004	
17	Using Efficient Transport Systems	0	2	3	3.70	47
18	Using Roller Press Pre-grinder before Ball Mills	0	8	2.5	3.09	41
19	Conversion from Ball Mill to Horomill	0	27	4	4.94	50
20	Using High Efficiency Classifiers	0	2.5	2.25	2.78	13
21	Improving Mill Internals	0	2	0.7	0.86	91



GENERAL ENERGY SAVING MEASURES

Code Number of Measure	Measure	Specific Heat Saving (GJ/ton)	Specific Electricity Saving (kWh/ton)	Specific Investment Cost (\$/ton-capacity)		Ratio of Applicability (%)
				1994	2004	
22	Preventive Maintenance (Insulation, reduction of pressurized air losses, preventive maintenance, etc.)	0.05	3	0.1	0.12	100
23	Process Control and Energy Management	0.2	4	1.5	1.85	17
24	Using High Efficiency Motors	0	1	0.2	0.25	100
25	Using Variable Speed Drives with Fans	0	4	0.10	0.12	46



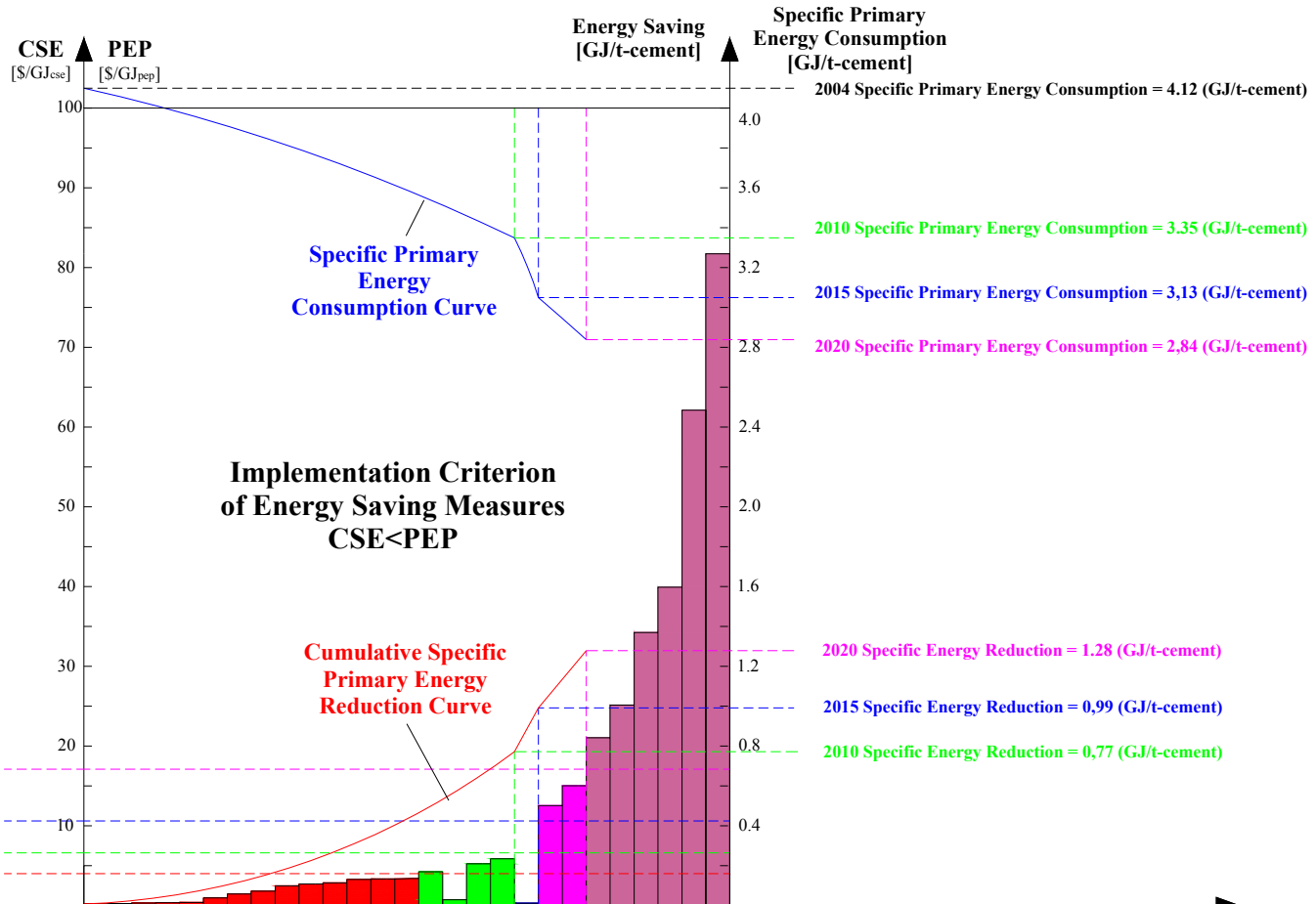
CITERION FOR APPLICATION OF A MEASURE:

COST OF SAVED ENERGY < PRICE OF PURCHASED ENERGY

CO₂ TRADING IS OMITTED IN THE COST CALCULATIONS



The Energy Saving Supply Curve of the Turkish Cement Industry (12% interest rate, waste fuel used)



PEP's

- 2020 : 17.1 [\$/GJ]
- 2015 : 10.6 [\$/GJ]
- 2010 : 6.59 [\$/GJ]
- 2005 : 4.09 [\$/GJ]

Order of Priority	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Code of Measures	22	7	9	14	25	23	8a	16	19	10	6	15	24	12	11	8b	18	21	8c	13	20	4	17	5	1	2	3
Cost of Saved Energy [\$/GJ]	0.20	0.26	0.34	0.36	0.41	0.97	1.60	1.84	2.49	2.74	2.88	3.30	3.37	3.41	4.24	0.82	5.26	5.89	0.41	12.6	15.2	21.1	25.3	34.4	40.1	62.3	81.8

Energy Saving Measures



Cost of Saved Energy (CSE)

Priority of Implementation	Code Number of Measure	CSE (\$/GJ) (12% interest rate)	CSE (\$/GJ) (30% interest rate)
1	22	0.198	0.479
2	7	0.255	0.618
3	9	0.337	0.815
4	14	0.367	0.886
5	25	0.409	0.989
6	23	0.972	2.351
7*	8a	1.602	3.873
8	16	1.836	4.439
9	19	2.494	6.030
10	10	2.736	6.614
11	6	2.875	6.949
12	15	3.301	7.980
13	24	3.367	8.140



Cost of Saved Energy (CSE)



Priority of Implementation	Code Number of Measure	CSE (\$/GJ) (12% interest rate)	CSE (\$/GJ) (30% interest rate)
14	12	3.406	8.234
15	11	4.243	10.258
16*	8b	0.815	1.970
17	18	5.261	12.719
18	21	5.893	14.245
19*	8c	0.407	0.985
20	13	12.627	30.526
21	20	15.165	36.660
22	4	21.105	51.020
23	17	25.254	61.051
24	5	34.359	83.063
25	1	40.086	96.906
26	2	62.293	150.593
27	3	81.823	197.805

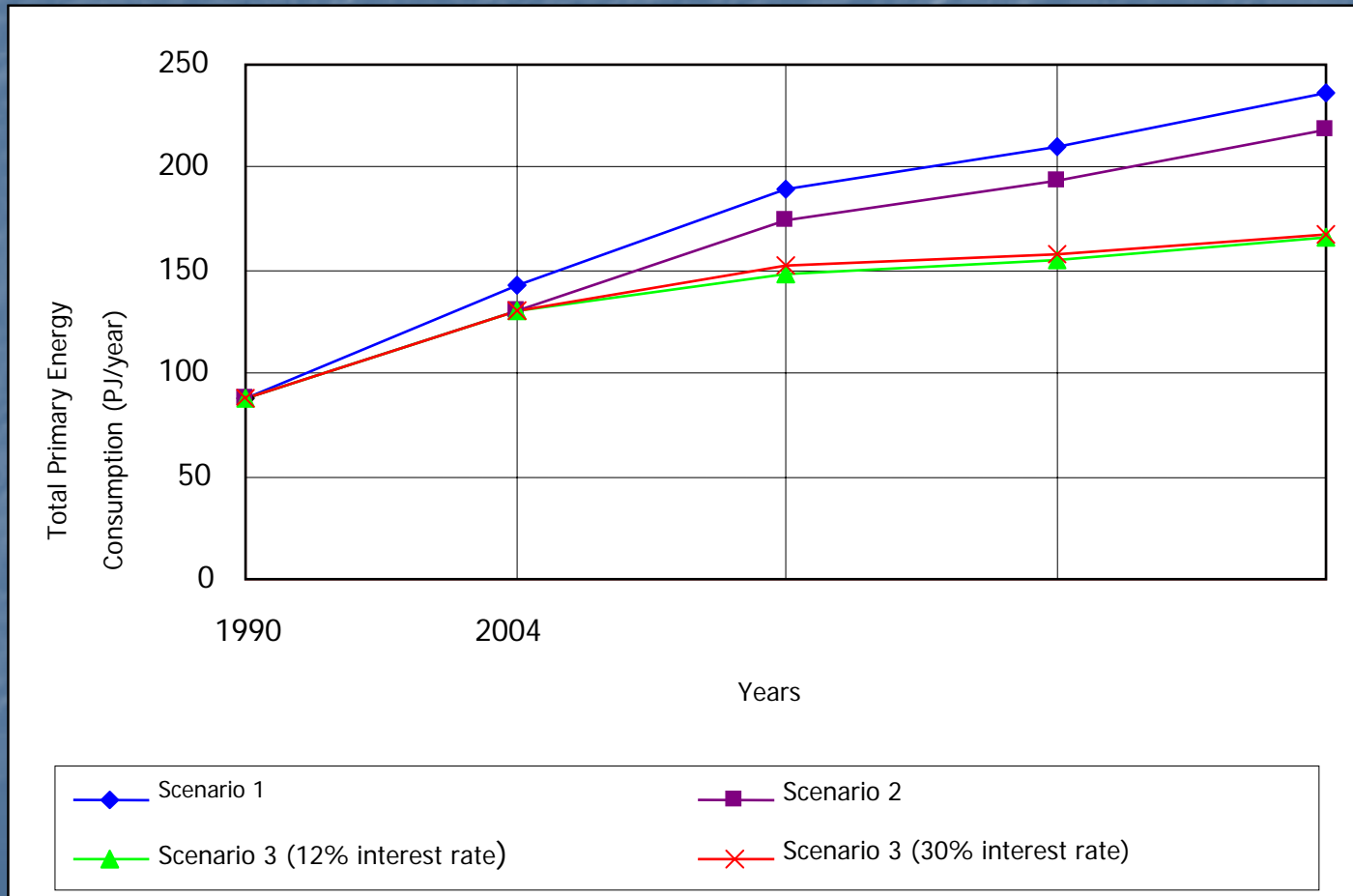


SCENARIO STUDIES:

- **Scenario 1: Using the Technology of 1990 for Production**
- **Scenario 2: Using the Technology of 2004 for Production**
- **Senaryo 3: Implementing Energy Saving Measures After the Year 2004**

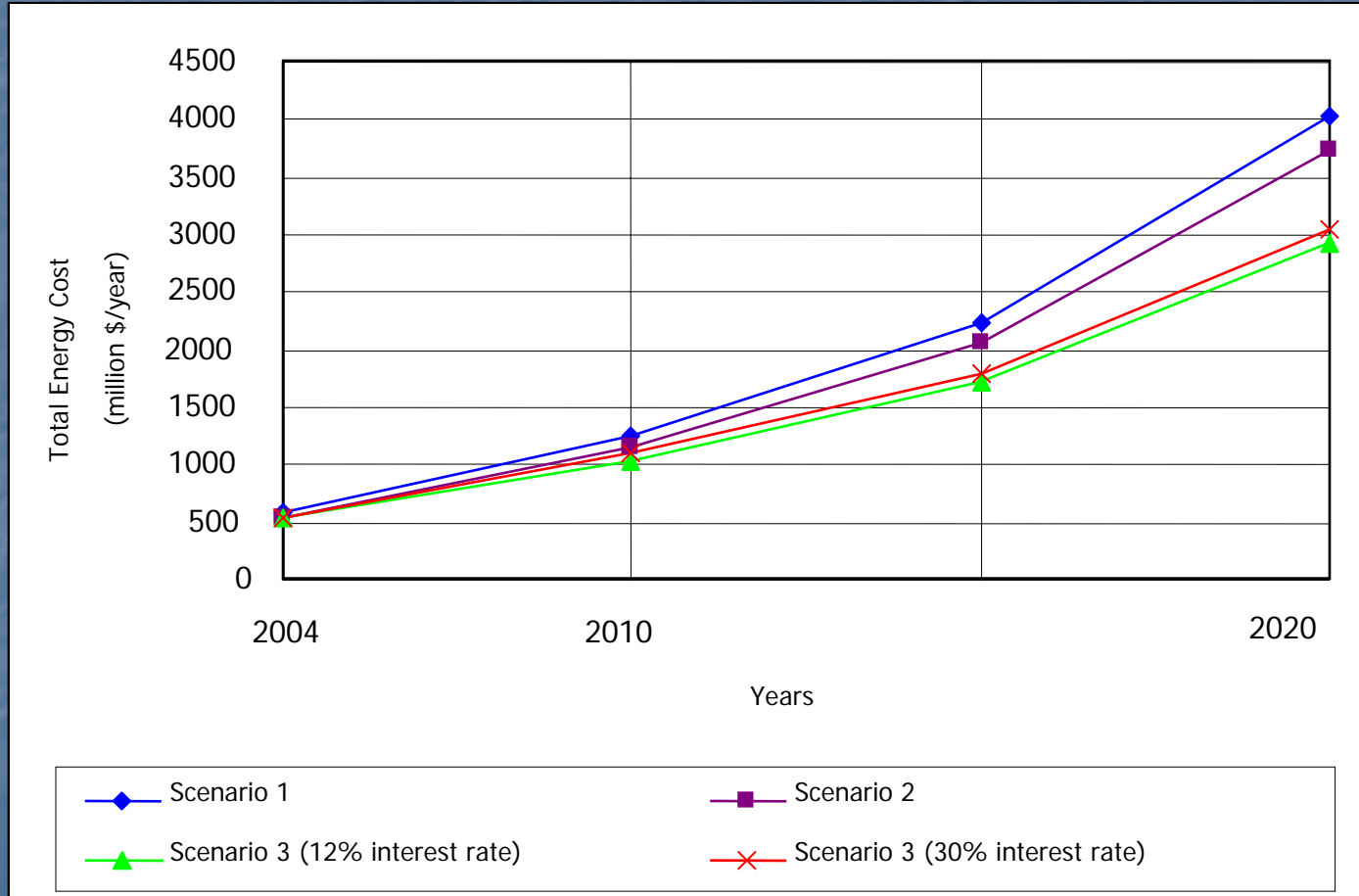


The Total Primary Energy Consumptions



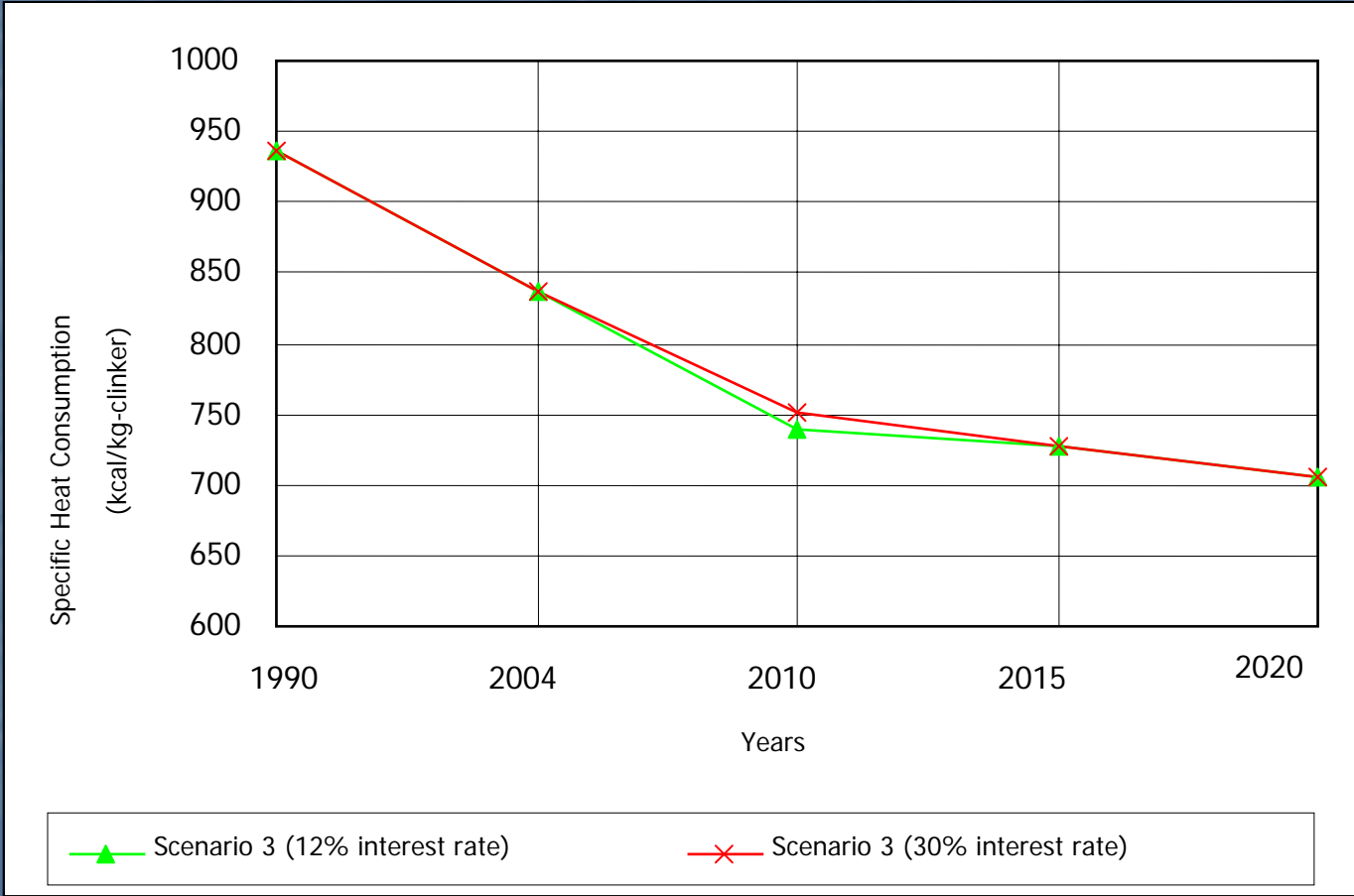


Total Costs of Energy



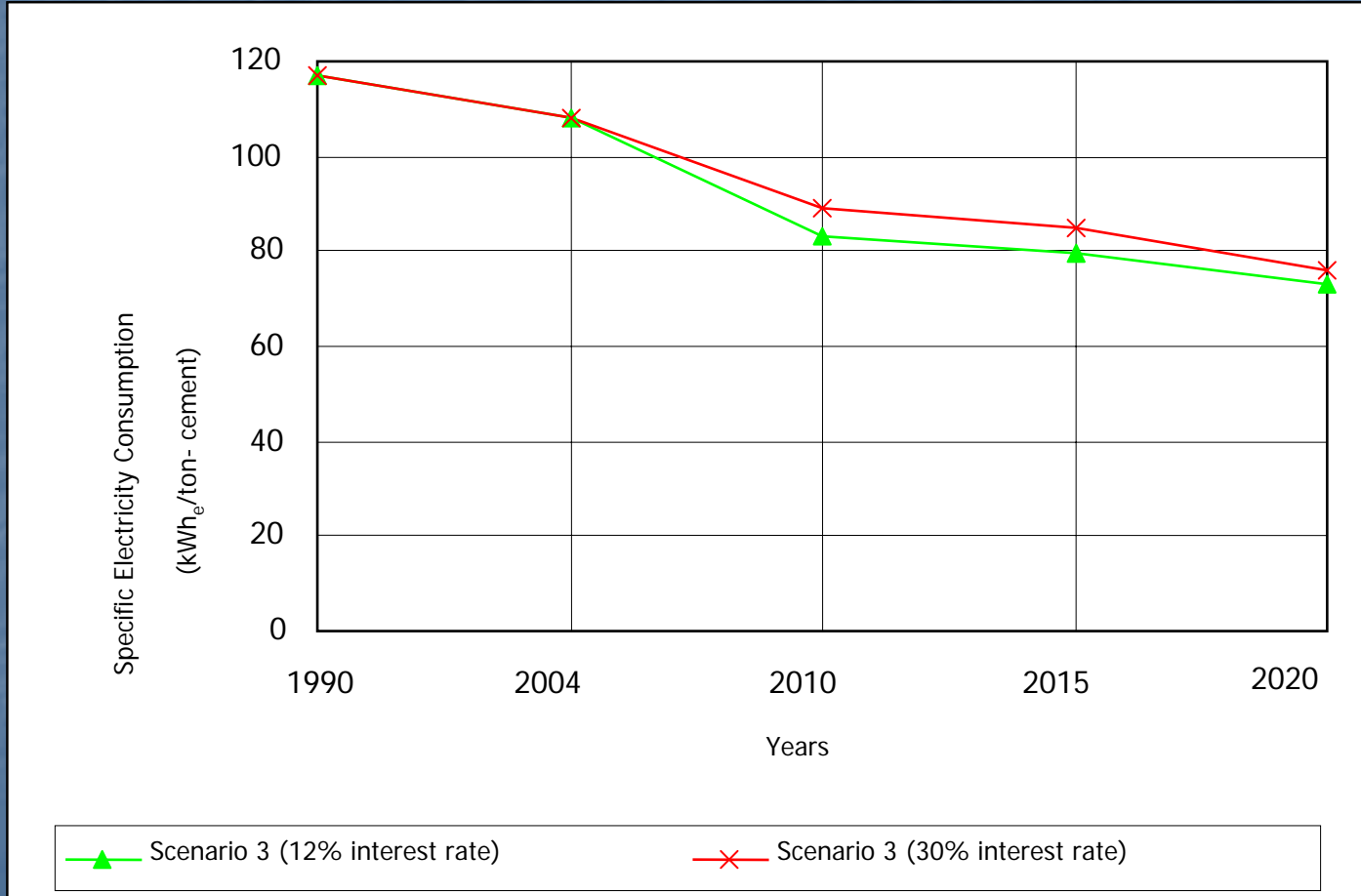


The Specific Heat Consumptions



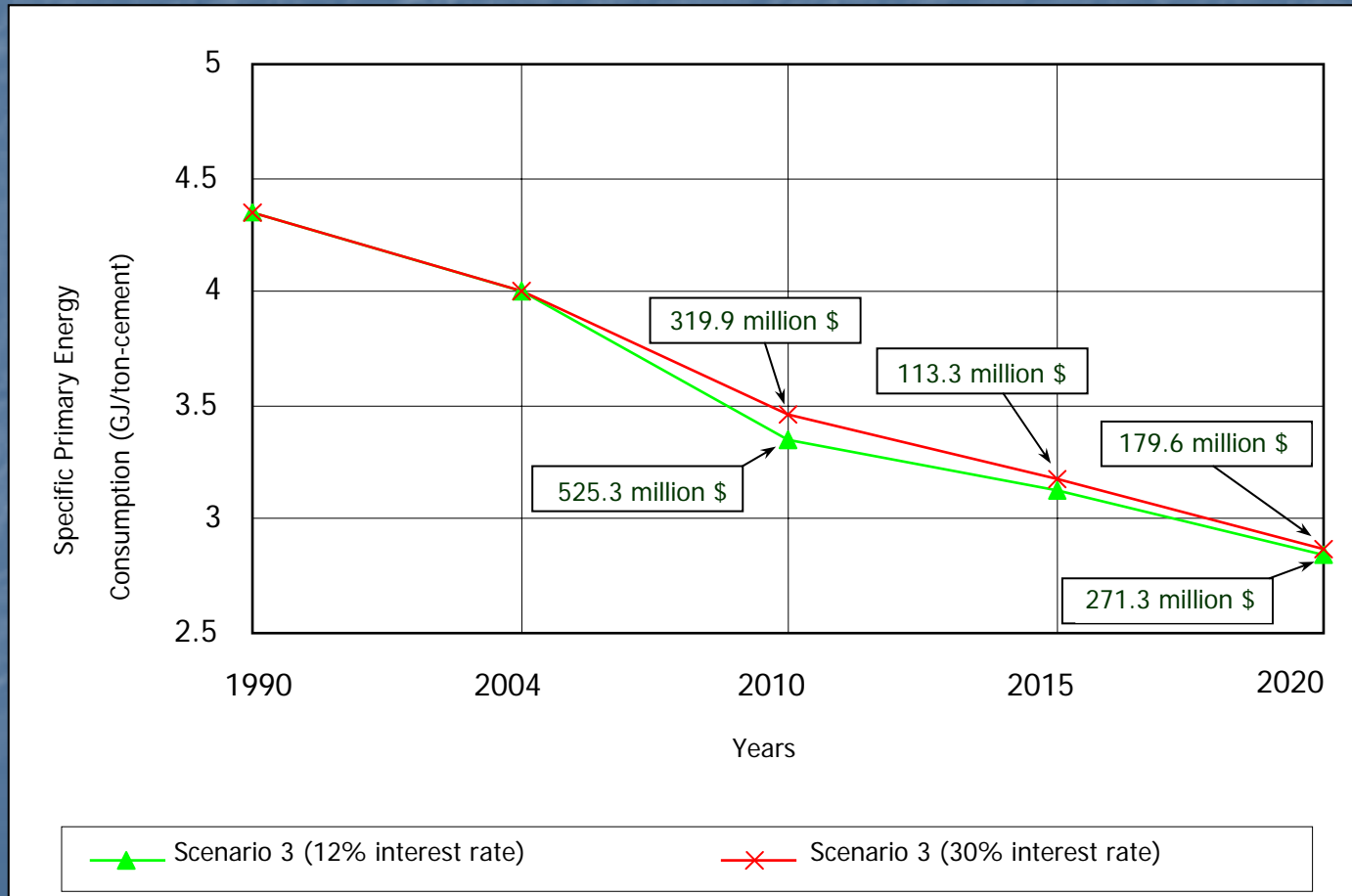


The Specific Electricity Consumptions



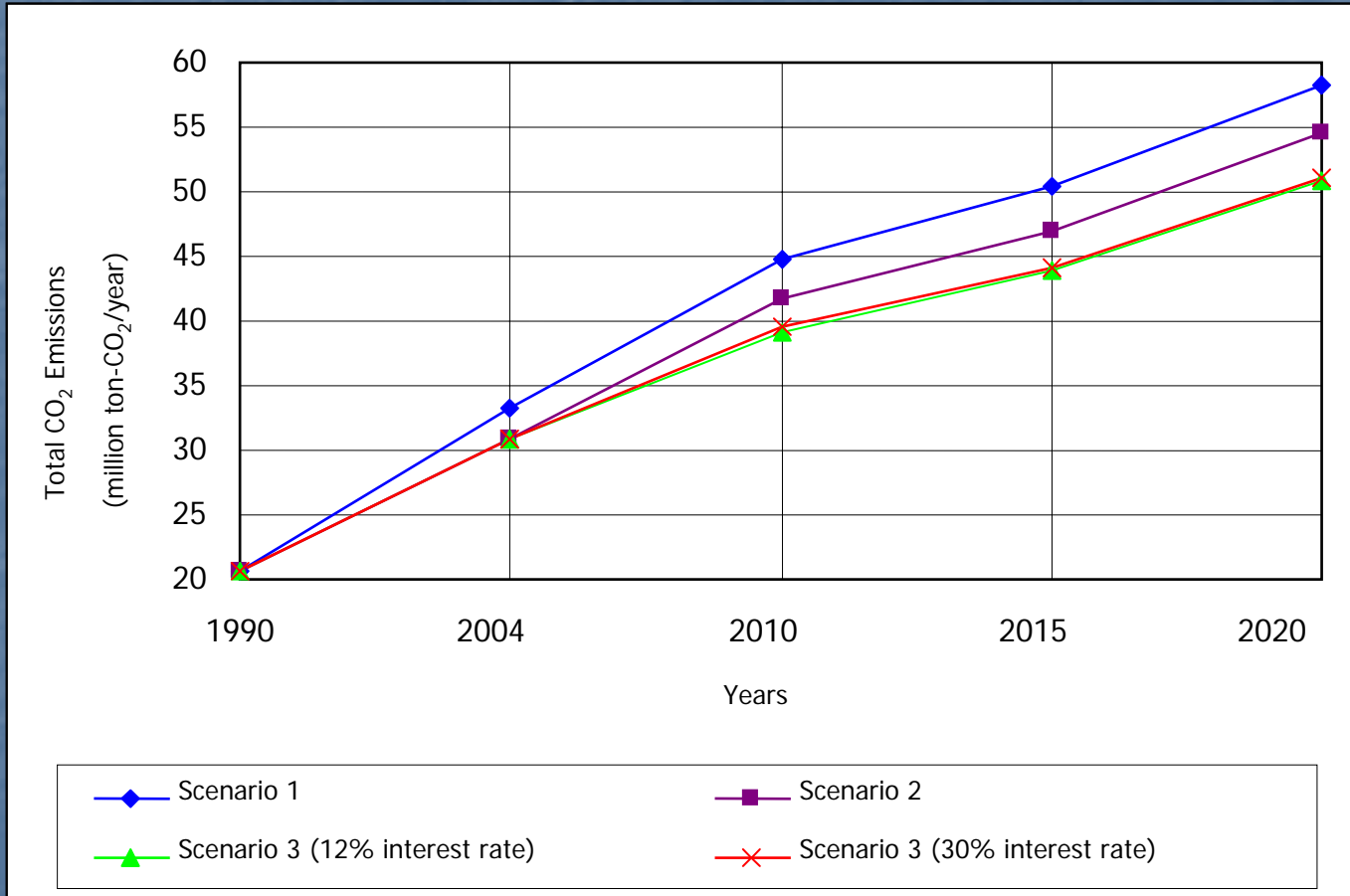


Specific Primary Energy Consumptions of Cement with Additives and the Investments



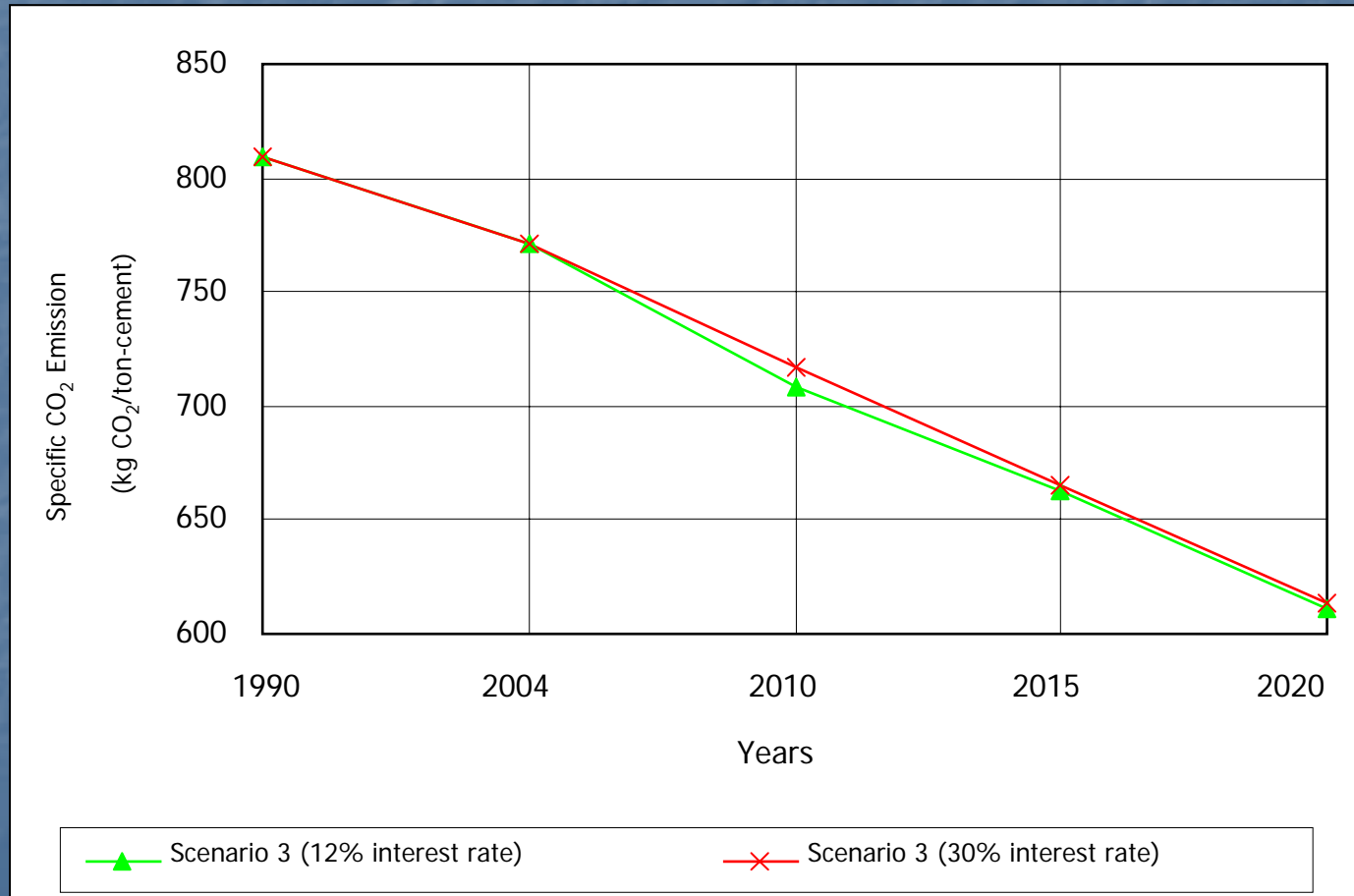


The Total CO₂ Emissions





The Specific CO₂ Emissions of Cement with Additives



CONCLUSIONS (CEMENT)

Reductions in 2020 (12% interest rate)

	Scenario 1 - Scenario 3	Scenario 2 - Scenario 3
Total Primary Energy Consumption (PJ/year)	7.7 (25.2%) (288.5-215.7)	45.3 (17.3%) (261.0-215.7)
Specific Primary Energy Consumption (GJ/ton-cement)	0.95 (25.2%) (3.79-2.84)	0.59 (17.3%) (3.43-2.84)
Total Energy Cost (10⁶ \$/year)	1243.7 (25.2%) 4934.0-3690.3	774.8 (17.3%) 4465.1-3690.3
Specific Heat Consumption (kcal/kg-clinker)	230.8 (24.7%) (935.9-705.1)	131.5 (15.7%) (836.6-705.1)
Specific Electricity Consumption (kWh_e/ton-cement)	31.8 (30.3%) (104.9-73.1)	22.9 (23.9%) (96.0-73.1)
Total CO₂ Emission (10⁶ ton-CO₂/year)	7.4 (13.7%) (53.8-46.4)	3.8 (7.5%) (50.2-46.4)
Specific CO₂ Emission (kg-CO₂/ton-cement)	93.3 (13.7%) (708.2-610.9)	49.2 (7.5%) (660.1-610.9)
Total Investment (10⁶ \$)	797	

Note: Investments are paid back by energy savings. No CO₂ trading assumed.

TÜRKİYE ÇELİK ÜRETİMİ ve CO₂ SALIMLARI

Türkiye'deki çelik üretimi tümleşik çelik tesislerindeki bazik oksijen fırınlarda ve elektrik ark fırınlarında yapılmaktadır.

Bu şirketlerden üçü Erdemir, İsdemir ve Kardemir tümleşik çelik tesislerinde bazik oksijen fırın ile çelik üretimi, diğer 18'i ise elektrik ark fırınlarında çelik üretimi yapmaktadır.



Şekil 3. Türkiye'deki demir-çelik üreticisi işletmeler

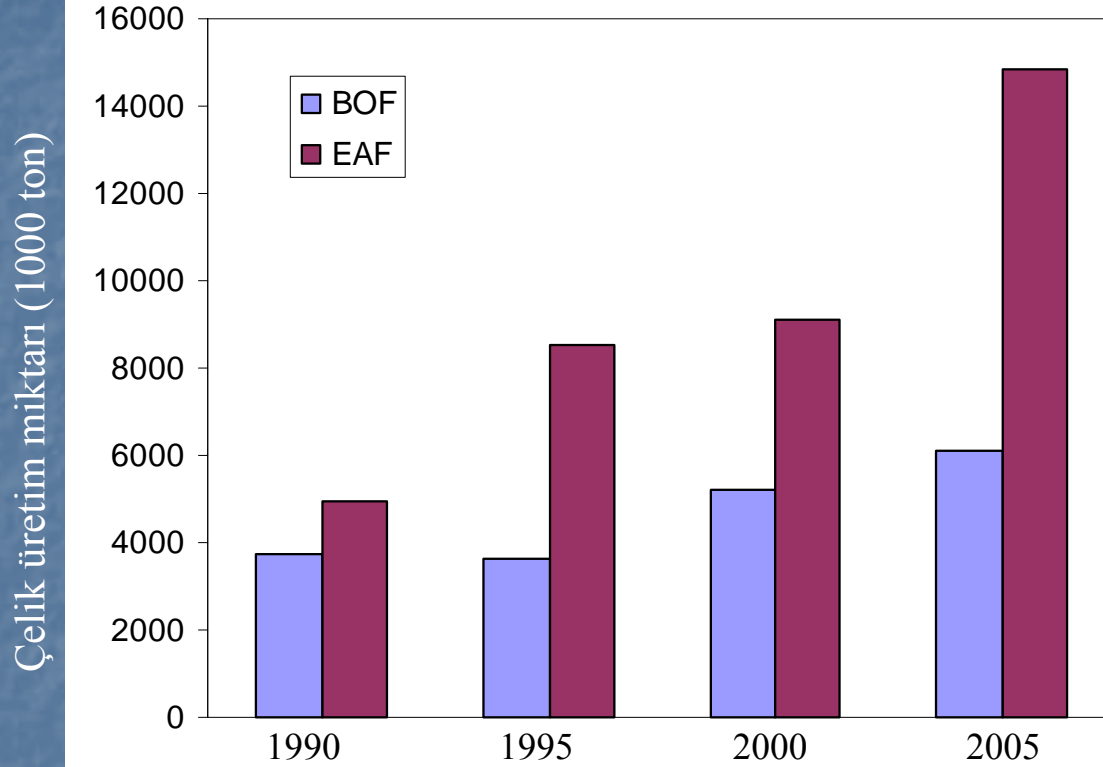
Türkiye ham çelik üretimi:

1990 yılında 9,31 Mt

(%53'ü EAF, %47'si tümlleşik tesislerde)

2004 yılında 20,5 Mt

(%71,5'i EAF, %28,5'i tümlleşik tesislerde)



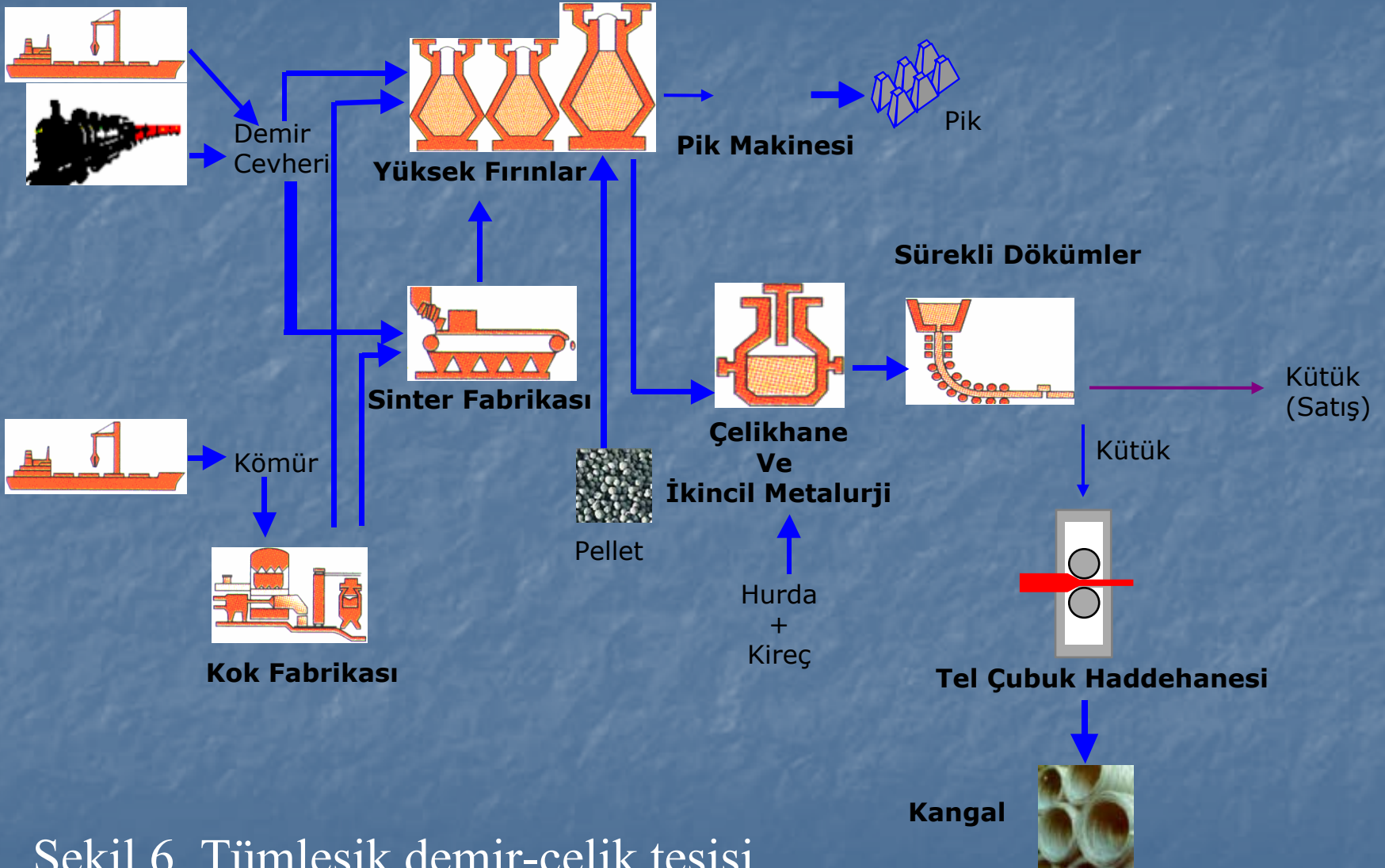
Şekil 5. Yıllara göre Türkiye çelik üretimi

Türkiye tümleşik demir-çelik tesislerinde 1990 yılında;

toplam 4,36 Mt çelik üretilmiştir ve buna karşılık gelen tahmini CO₂ salım değeri 11,28 Mt'dur.

2004 yılında ise;

üretilen ham çelik miktarı 1990 yılına kıyasla %36,5 artarak 5,95 Mt olmuştur ve buna karşılık gelen CO₂ salımı ise %17 oranında daha fazladır.



Şekil 6. Tümüleşik demir-çelik tesisi

1990 yılında üretilen ham çeliğin
özel CO₂ salım değeri 2,59 ton
CO₂/thç şeklindedir.

2004 özel CO₂ salım değeri ise 2,22
CO₂/thç olarak tahmin edilmiştir.



Yapılan öngörülere göre, tümleşik çelik tesislerinde üretilen ham çelik miktarı 2010 yılında 10,62 Mt, 2015 yılında 13,41 Mt, 2020 yılında ise 14,16 Mt olarak gerçekleşecektir.

Bu yıllara göre tahmini CO₂ miktarları sırasıyla, 20,27 Mt, 25,06 Mt ve 26,54 Mt olarak verilmiştir.

DEMİR-ÇELİK ENDÜSTRİSİNDE

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÇALIŞMALARI

Erdemir'de 1990 yılından bu yana yapılan enerji verimliliğini arttırıcı çalışmalar iki ana başlıkta incelenebilir.

1. Enerji tasarrufu alanında yapılan çalışma ve yatırımlar,
2. Yan ürün gazlarının kullanımının artırılmasına yönelik yapılan çalışma ve yatırımlardır.

Enerji tasarrufu alanında yapılan başlıca çalışmalar:

1. Kömür püskürtme tesisinin kurulması
2. Yüksek fırın sobalarında yüksek fırın baca gazı atık ısısının kullanılması,
3. Yassı ürün fırınlarında kok gazı kullanımının artırılması,
4. Yakıt yağı yerine doğal gaz kullanımı.



Yan ürün gazlarının kullanımının artırılmasına yönelik yapılan yatırımlar ise:

1. buhar kazanlarının (iki adet) daha fazla yan ürün gazlarını yakacak şekilde değiştirilmesi,
2. yan ürün gaz yakıtlı yeni bir buhar kazanı yapılması,
3. çelikhane gazı toplama sistemi ve deposu, çelikhane gazı + yüksek fırın gazı karıştırma sistemi,
4. yeni yüksek fırın gazı ve kok gazı depoları, turbo jeneratör/motor üfleme tesisi (25MW),
5. çelikhane gazının yüksek fırın sobalarında kullanılmasıdır.



1990 yılında Erdemir için özgül CO₂ salım değeri 2,16 ton CO₂/ton ham çelik olarak verilmiştir. Bu değer Avrupa ülkeleri ve A.B.D'den (2,00 ton CO₂/thç) daha büyük olmakla birlikte, Japonya'dan (2,50 ton CO₂/thç) daha küçüktür.

1990'lı yıllar boyunca yapılan çalışmalar ve yatırımlar neticesinde, 2004 senesinde Erdemir'de ulaşılan salım değeri 2,08 ton CO₂/ton ham çelik olarak tahmin edilmiştir.

İsdemir'de 1990 yılından bu yana yapılan enerji verimliliğini artırıcı çalışmaları:

1. Kok kuru söndürme sistemi iyileştirmeleri,
2. turbo üfleyicilerde kok kuru söndürme buharının kullanılması,
3. sinter fırınlarında yapılan iyileştirmeler,
4. yüksek fırın üfleme havası hattı yalıtımı, y
5. yüksek fırın sobalarında yapılan iyileştirmeler,
6. sürekli dökümde kütük makinalarının kapatılarak doğrudan kütük üretilmesi, tel çubuk fırınının modernleştirilmesi,
7. kuvvet santrali kazanlarında yapılan iyileştirmeler ile yakıt-yağı kullanımının azaltılması
8. yan ürün gazları kullanımının arttırılması, soğutma kuleleri ve buhar kapanlarında yapılan iyileştirmelerdir.

Yapılan bu çalışmalar neticesinde 2004 senesinde özgül enerji tüketim değerlerinde %23, özgül CO₂ salım değerlerinde ise %7 civarında bir tasarruf sağlanmıştır.

İsdemir'de üretim kapasitesini arttırmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu yatırımların tamamlanması ile birlikte 2010 yılından sonra, enerji tüketimi ve CO₂ salım değerlerinde önemli bir azalma beklenmektedir.

1990 senesinde Kardemir'deki yüksek özgül enerji tüketim ve yüksek CO₂ salım değerlerinin nedeni, çelik üretiminde kullanılan ve eski bir teknoloji olan Siemens Martin fırınlarıdır. Kardemir, 1999 senesinde çelik üretim teknolojisini yenilemiş ve çelik üretimini bazik oksijen fırınlarında sürekli döküm tekniği kullanarak gerçekleştirmeye başlamıştır. Kardemir'de çelik üretiminde gerçekleştirilen her iki teknolojik yenilikte, 2000'li yıllarda ton ham çelik başına daha düşük özgül enerji tüketim ve özgül CO₂ salım değerlerine ulaşılmasını sağlamıştır.

Bazik oksijen fırın gaz geri kazanım ünitesinin 2007 senesinde devreye girmesi ile, Kardemir'de 2010-2020 yılları arasında gerek çelik üretiminde kullanılan enerjide gerekse de CO₂ salım değerlerinde üretim maliyetleri ve çevre açısından daha iyi bir koşullar beklenmektedir.

Tablo 1. Tümüleşik Demir-Çelik tesislerinde yıllara göre çelik üretimi ve CO₂ salımı

Tümüleşik Demir Çelik Tesisi	Ham Çelik üretimi (Mt ham çelik)				
	1990	2004	2010	2015	2020
Erdemir	1,94	3,03	3,15	5,91	5,91
İsdemir	1,82	2,09	6,25	6,25	6,25
Kardemir	0,605	0,828	1,22	1,25	2,00
Toplam çelik üretimi	4,36	5,95	10,62	13,41	14,16
Tümüleşik Demir Çelik Tesisi	CO ₂ salımı (Mt/yıl)				
	1990	2004	2010	2015	2020
Erdemir	4,19	6,33	6,68	12,23	12,29
İsdemir	4,91	5,25	11,19	10,37	10,31
Kardemir	2,18	1,63	2,40	2,46	3,94
Toplam CO₂ Salımı (Mt/yıl)	11,28	13,21	20,27	25,06	26,54
Tümüleşik Tesislerdeki CO₂ Salımı (ton CO₂/thç)	2,59	2,22	1,91	1,87	1,87

SONUÇLAR (DEMİR-ÇELİK)

Tümleşik demir çelik tesislerinde 2004 ve 2010-2020 yıllarına ait özgül CO₂ salım değerleri incelendiğinde önümüzdeki dönemde ham çelik başına gerçekleşen CO₂ salım miktarının 2,22 ton CO₂/thç değerinden, 1,87 ton CO₂/thç değerine düşeceği görülmektedir. Bunun anlamı, önümüzdeki 14 yıllık dönemde tümleşik demir çelik tesislerinde üretilecek ham çeliğin özgül enerji tüketim değerlerinin daha düşük olacağı ve buna bağlı olarak ton ham çelik başına CO₂ salım miktarının daha az olacağıdır. Ancak, bu dönemde tümleşik çelik tesislerinde üretilen çeliğin miktarındaki artışa bağlı olarak, toplam CO₂ salım değerlerinde de bir artış olacaktır.

Thank you for
your attention!







RATIOS OF ADDITIVES IN CEMENT

Year	1990	2004	2010	2015	2020
Additive Ratio (%)	17.05	15.51	20	25	30



MOTIVE



Turkey joined the United Nations Framework Convention on Climate Change on 24 May 2004, and started the EU accession negotiations in the year 2005.



UNDP-GEF Project:

**ENABLING ACTIVITIES FOR THE
PREPARATION OF TURKEY'S INITIAL
NATIONAL COMMUNICATION TO THE
UNFCCC**



Past and Present Specific Heat and Specific Electricity Consumptions

Year	1990	2004
Specific Heat Usage in Clinker Production (kcal/kg-clinker)	935.9	836.6
Specific Electricity Usage in Clinker Production (kWh _e /ton-clinker)	82.6	75.06
Specific Electricity Usage in Cement Grinding (kWh _e /ton-cement)	51.23	46.58