

Direkt Redaksiyon Metodlarının Mukayesesinde Ele Alınacak Hususlar ve Sünger Demirinin Diğer Çelik İstihsal Ham Maddeleriyle Mukayesesini

Ulrich KALU - Heinz Dieter PANTKE - Kari PİTTEL

Giriş:

Direkt redüksiyon metodunun bugün eriştiği teknik olgunluk Metalurjik esaslar komisyonunu, Krupp-Sünger Demir, SL/RN, Hyl ve Purofer (Şekil 1, 2, 3, 4) proseslerinin Alman şartları için kullanma imkânlarını araştırmağa sevk etti. Teknik ve ekonomik donelerin mukayesesini için 500 ton Fe/gün, kapasite ve fiyatlarda da aynı değerler esas alındı. Metodların kendilerine mahsus donelerinden istifade ederek yatırım finansmanı nazarı itibare alınmadan, Rhein - Ruhr, Bremen ve Rotterdam için işletme maliyetleri hesap edildi. Metodların rentabilitelerinin değerlendirilmesi için sünger demire ödenecek fiyatla, sünger demir işletme maliyetinin mukayesesini gerekmektedir. Sünger demirin en iyi değerlendirilmesi için mukayeselerde nihai mamul olarak mayi çeliğin alınması lâzımdır. Sünger demir için en uygun kullanma yolu bunun elektrik fırınına kontinü bir şekilde şarjıdır. Bu şeklin, işletme masraflarından hareket edilerek, ham çelik ve hurda fiyatı göz önünde tutularak sünger demire ödenebilecek fiyat tesbit edilebilir. Sünger demirin elektrik fırınında şarjında, ödenebilecek fiyatla işletme maliyeti arasındaki farktan amortisrattan müddetleri ve yatırım faizleri nazarı itibare alınarak, sünger demir tesisine yapılabilecek yatırım, miktarı hesap edilir. Yapılan mukayeselerden her üç kuruluş yerinde«Je, sünger demir tesisinin

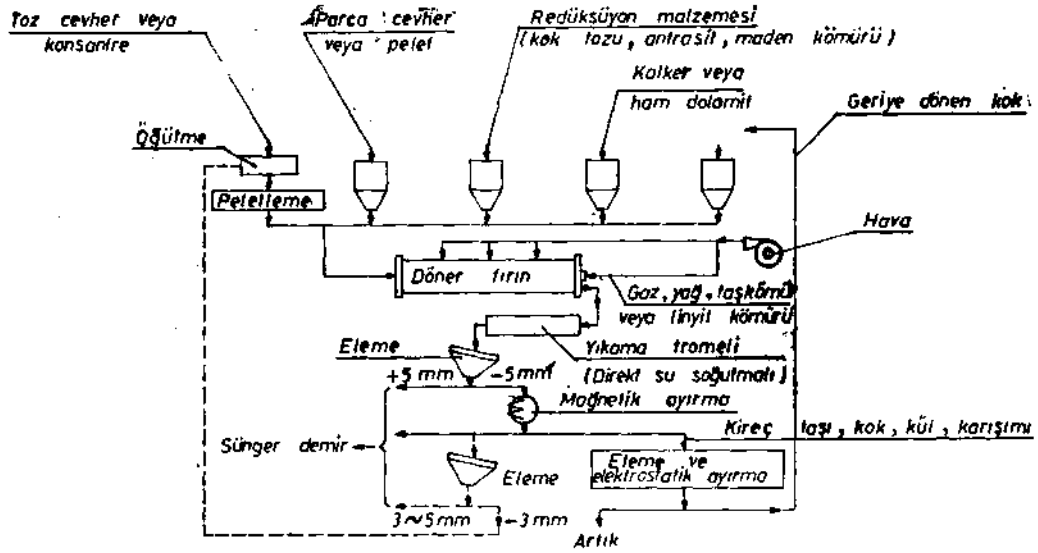
ekonomik olabileceği neticesine varılmaktadır. Ancak bunun için lüzumlu ucuz enerji bugün yalnız Rotterdam'da mevcuttur. Bremen'de ve bazı kayıtlarla Rhein - Ruhr bölgesinde ekonomik bir direkt redüksiyon tesisi ancak ithal edilmiş yakıtlardan mevcuttur. Bu raporun hazırlanmasında lüzumlu teknik donelerin temininde yardımcı olan firmalara : Fried. Krupp. Essen, Lurgi Gesellschaft für Chemie und Hüttenwessen mbH, Frankfurt Swindell Dressier Comp. NewYork, ve Hüttenwerk Oberhausen AG, Oberhausen teşekkür ederiz.

Direkt Redüksiyon Metodlarının Mukayesesinde Ele Alınan Hususlar : *

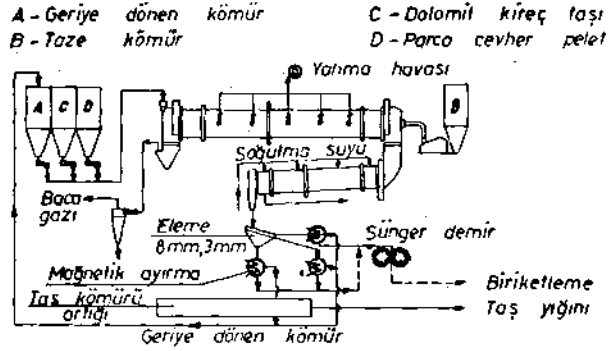
Dört direkt redüksiyon metoduna ait veriler, parça cevher için Tablo 1'de ve ham pelet için Tablo 2'de sıralanmıştır. Bu mukayesede dikkati çeken husus, Hyl-metodu hariç, diğerlerinde enerji sarfiyatının 3,32-lanması da mümkündür. Buna rağmen ya-

Tablo 1'de verilmiş olan parça cevherin, redüksiyon kabına konulmadan evvel elenerek, toz kısmından ayrılması lâzımdır. Bu yüzden 1 ton sünger demir başına, parça cevher sarfiyatı fazla olmaktadır. Toz cevherin (Tablo 2) işlenmesinde ise, bütün cevher öğütülmekte, Aglomerasyona tabi tutularak ham pelet elde edilmekte ve bunlar doğru-

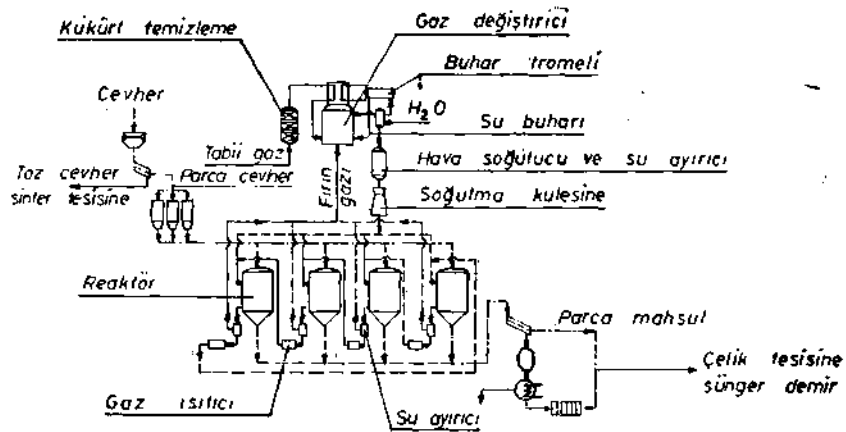
(*) Bu yazı Stahl u. Elsen 87 (1967) Nr. 9 (Sayfa 534-542) de yayınlanan makaleden METAŞ Firması tarafından tercüme ve tertiplenmiştir.



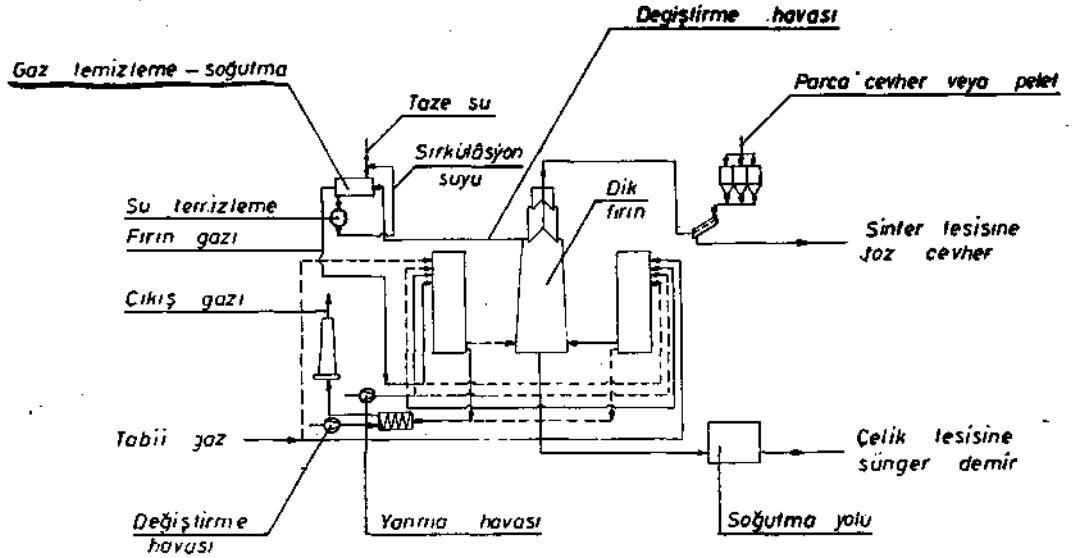
Şekil 1: Krupp sünger demir tesisi şematik resmi



Şekil 2: SL/RN Metodu şematik resmi



Şekil 3: HYL metodu şematik resmi



Şekil 4 : Purofer metodunun şematik resmi

dan doğruya redüksiyon kabına verilmektedir. Muhtelif metodların, aynı netice olan sünger demiri elde etmekteki maliyet hesaplarında güvenilir bir netice alabilmek için, bu metodların aynı işletme şartlarında mukayesesi doğru olur. Bu sebepten aşağıdaki mukayeseden 500 ton Fe, günlük kapasite ve sünger demirden % 95 redüksiyon derecesi alınmıştır. İşçilik saati, enerji/ işletme malzemesi ve bakım için ise, tesisin doğrudan doğruya kendi ihtiyacı, harmanlama ve sünger demir yükleme işleri nazarı itibara alınmıştır.

Mukayesede ayrıca, direkt redüksiyon tesisinin, mevcut bir çelik fabrikası ile irtibatlı olduğu kabul edilmiştir. Rhein - Ruhr bölgesi için direkt redüksiyon tesisinin kanal irtibatlı olduğu kabul edilmiş; Bremen'de muhtelif nakliye masrafları göz önünde tutularak, direkt redüksiyon tesisinin, şehrin kuzey kenarında kurulduğu düşünülmüştür. Rotterdam'da ise, direkt redüksiyon tesisinin liman bölgesinde, meselâ Avrupa kapısında kurulması esas alınmıştır. Bütün metodlar bu kuruluş yerleri için, parça ve toz cevherin aynı cevher menbaından geleceği kabul edilmiştir.

Tablo 3'de verilen cevher fiyatları ve nakliye, Cenubî Amerika'daki bir yükleme limanı için günlük şartlara göre tesbit edilmiştir. Her metod için, Tablo Vde verilen ve redüksiyon tesisleri sahipleri tarafından belirtilen cevher parça büyüklükleri mukayeselere esas kabul edilmiştir. Cevher sarf miktarları proses için verilen ebadlara tekabül eden cevher parça büyüklüğü için esas olup, elek altının, yakındaki başka bir fabrikada kıymetlendirilmesi dikkate alınmıştır.

Nakliye masrafları, Alman demir yolu tarifelerine ve memleket içi nehir, kanal ve gemi navlunlarına göre hesaplanmıştır. Yakıtlar için mukayese esnasında muteber olan fiyatlar alınmıştır. İşçilik ücretleri, elektrik ve su fiyatı, mukayeseye esas bölge şartlarına göre alınmıştır. Bütün Tablo 3'de verilen cevher, yakıt nakliye ve diğer masraflar, yetkili organizasyonların kontrolünden geçirilerek hakikate uygunluğu tesbit edilmiştir.

İşletme maliyetlerinin tesbiti için :

a. Miktar, malzeme ve doneler (Tablo 1 ve 2).

b. Her bölge için mevcut baz fiyatlar (Tablo 3) de bulunmaktaydı.

Tablo 1 : Günde 500 ton sünger demir istihâl esasî üzerinden ve parça cevher kuHanmak ttzre, A, Aj = Ben bölgesi B, B₂ = Bremen O = Rotterdam tesisine alt veriler.

Tarifler	Birimler	Krnp- sünger demiri	SL/BN	Hyl	Parafer
Cevher 67,9 % Fe sevkedllen miktar	kg/t Fe	1880	1957	2056	2060
Fırına sar) edilen	kg/t Fe	1500	1507	1496	1498
Fırına şarj edilen elb'ad	mm	3,5 — 27	3 — 20	10 — 40	10 — 40
Elek altı	kg/t Fe	380	450	560	562
Baca gazı Toz ve Fe zayıatı miktart	kg/t Fe	60	77	82	32
Baoa gazı Toz ve Fe zayıatı Fe nls- beti	%	30	80	50	50
Ham dolomit 0-3 mm.	kg/t Fe	60	50	—	—
Kül	kg/t Fe	100	100	—	—
Devreden kömür	kg/t Fe	300	500	—	—
Yakıtlar					
A ₁ Tabiî gaz H _u = 8000	NmVt Fe	—	—	7082)	415
Linyit 0-12 mai. İ _u = 5100	kg/t Fe	373	670	—	—
Kok tozu 0-3 mm. H _u = 6200	kg/t Fe	235	—	—	—
B _x Tabiî gaz	Nm3/t Fe	56	—	7082)	415
Linyit	kg/t Fe	284	670	' —	—
Kok tozy	kg/t Fe	235	—	—	:-
Ay B [^] Tabiî gaz	Nm3/t Fe	—	—	7082)	415
İthâl kömür ^ = 7000	kg/t Fe	480	489	—	—
C Tabiî gaz	Nm3/t Fe	56	—	7082)	415
İthftl kömür H _y = 7000	kg/t Fe	416	489	—	—
Elektrik enerjisi	kWh/t Fe	35	47	10,5	93
Su sarfiyatı (Devir suyu)	t/t Fe	—	20	90	60
İlâve su	t/t Fe	2,2	3,0	9,0	5,0
Katallzatör	kg/t Fe	—	—	0,068	"-!"
Personel (iş yeri)	—	1+4	1+3	1+8	1+3
Memur	—	2	2	2	2
Sünger demir 93 % Fe, R'= 95 %					
Kükürt miktarı	%	0,030	0,030	0,020	0,010
Karbon miktarı	%	0,1 — 0,2	0,1	<1,80	<0,5
Fazla buhar	kg/t Fe			64	
Tesisin saha ihtiyacı	m ²	7 500	10 000	7000	6000
Redüksüyon kabının ölçüleri	m	4,2^X63	4,0^X63	—	3,1^X13
Mecmu ısı sarfiyatı	Gcal/tFe	3,36	3,42	5,66	3,32

Tablo 2 : İnce cevher paletlerinden 500 ton gtn kapasite ile sünger demiri yapacak tesislere ait veriler.

Tarifler	Birimler	Kurupp- sttnger demiri	SL/BN	purofer
Cevher 63,1 Fe sevkedilen miktar	kg/t Fe	1623	1616	1617
Cevher Peletleme inceliğine öğütülen miktar	kg/t Fe	1623	1616	1617
Cevher Peletleme inceliği	—	75% < 0,04mm	80% < 0,045mm	80% < 0,04ntm
Demir veren malzeme şarjı	—	1623	1616	1617
Baca gazının tozu	kg/t Fe	80	60	40
Baca gazı tozu Fe nlsbet	f/o	30	30	50
Ham dolomit 0-3 mm.	kg/t Fe	60	50	—
Bentonit	kg/t Fe	10	11,5	11
Kül	kg/t Fe	100	100	—
Devreden kömür	kg/t Fe	300	500	—
Yakıtlar				
A, Tabû gaz $H_u = 8000$	Nm3/t Fe	—	—	415
Linyit 0-12 mm $H_u = 5100$	kg/t Fe	402	690	
Kok tozu 0-3 mm $H = 6200$	kg/t Fe	• 235	—	—
B, Tabi gaz $H_u = 8000$	NmVt Fe	74	—	415
Linyit $H_u = 5100$	kg/t Fe	290	690	—
Kok tozu $H_u = 6200$	kg/t Fe	235	—	—
Aj, Bj Tabû gaz $H_u = 8000$	Nm3/t Fe	—	—	415
tthâl kömür $H_u = 7000$	kg/t Fe	500	503	—
C Tabu gaz $H_u = R000$	Nm3/t Fe	74	—	415
îthâl kömür $H_u = 7000$	kg/t Fe	416	—	
Elektrik enerjisi	kWh/t Fe	38	50	96
Su sarfiyatı (Devir suyu)	m3/t Fe	—	20	60
Hâve su	ms/t Fe	2,2	3,0	5,0
Personel (iğ yeri)	—	1+5	1+4	1+3
Memur	—	2	2	2
Sünger demir $R = 95 \cdot \%, \% Fe$				
Kükürt miktarı	%	0,030	0,030	0,010
Karbon miktarı	%	0,1 — 0,2	0,1	< 0,5
Mecmu ısı sarfiyatı	Gcal/t Fe	3,50	3,52	3,32

Tablo 3 : İstetme maliyetinin hesaplanmam için alman malzeme *eaegfi* fiyattan ve personel masrafları

		Rhein-Ruhr	Rotterdam	Bremen
Parça cevher 67,9 % Fe cif Rotterdam/Bremen	DM/t	46,471	46,47	46,37
Toz cevher 63,1 % Fe cif Rotterdam/Bremen	DM/t	33,43	33,43	33,43
Tahliye ve nakil masrafları	DM/t	5,26	1,60	4,98
Parça cevherin kırılması ve elenmesi	DM/t	1,70 – 1,90	1,70 – 1,90	1,70 – 1,90
Toz cevherin pateüeme inceliğine öğütülmesi	DM/t	7,20	7,20	7,20
Elek altı toz cevherin (67,9 %Fe) değerlendirilmesi	DM/t	40,91	37,16	40,64
Şarj masrafları	DM/t	–.60	–.60	–,60
Fabrika teslimi ham dolomit	DM/t	26,-^	26,—	26,—
Fabrika teslimi bentonit	DM/t	172,—	172,—	172,—
30% Feil baca gazı tozlarjmn değerlendirilmesi	DM/t	14,46	13,13	14,36
50 % Feii baca gaza tozlarının değerlendirilmesi	DM/t	24,10	21,89	23,94
Baca gazı tozlan nakil masrafı	DM/t	–.60	–.60	–,60
Yakıtlar				
Yer gazı $H_u = 8000$	DM/103 Nma	80,—	62,—	72,—
Linyit Benrãth $H_y = 5100$	DM/t	35,—	36,—	36 —
Tahmil ve tahliye masrafları	DM/t	9,60	10,—	19,26
Kok tozu Essen $H_u = 6200$	DM/t	66,—	66,—	66,—
Tahmil ve tahliye masrafları	DM/t	4,90	9,20	16,96
İthãl kömürü cif Rotterdam/Bremen $H_u = 7000$	DM/t	52,—	62,—	62,—
Tahmil ve tahliye masrafları	DM/t	5,85	3,60	4,20
Elektrik enerjisi	DM/103 kWh	70 —	34,—	70,—
Su sarfiyatı 90% işletme suyu	DM/10» m3	80,—	156,—	80,—
10 %	DM/h	7,35	7,85	7,35
Personel masrafları İşçilik	DM/t	–.25	– 25	–,25
, Maaşlar	DM/t	1,88	1,88	1,88
Diğer masraflar	DM/t	5,60 – 6,00	5,50 – 6,00	5,50 – 6,00

İşletme maliyeti ile fabrika maliyeti arasındaki fark, birincide yatırım faizinin ve işletme dışı masrafların nazarı itibara alınmasından ibarettir. Bu sebepten bölge şartlarıyla değişen yatırım miktarına, amortisman müddetine ve faiz nisbetine bağlı olan sermaye finansmanı hesaplarda nazarı itibara alınmamıştır.

Bu sebepten, lüzumlu yatırım masraflarının hesaplanmasında aşağıdaki esaslar dikkate alınmıştır. Mevcut bir Çelik Fabrikasının çalışma şartlarına bağlı olarak bu fabrikaya verilecek olan sünger demir fabrikanın kabul edebileceği bir fiyat tesbit edilmiştir.

Bu şayanı kabul fiyat, sünger demirin imalinde hesaplanacak işletme maliyetiyle mukayese edilir. Her iki fiyat arasındaki farktan, mevcut şartlar dahilinde yapılması mümkün yatırım miktarı tesbit edilebilir.

Sünger Demirinin Maliyetinin Hesaplanması :

Her metot ve her kuruluş yeri için ayrı olmak üzere temel bir maliyet hesabı yapılır. Bu temel maliyet hesabında, her durumdaki yakıt için en optimal şartlar esas olarak alınmaz. Meselâ : Krupp - sünger demir metoduunda, linyit ve pahalı kok tQgy (jerab^f kyl-

lanılırlar. Halbuki burada yalnız linyitin kullanılması da mümkündür Buna rağmen yapılan temel hesaplar maliyet strüktürü hakkında açıklayıcı bilgi verirler. Tablo 4 de dört kuruluş yerinin herbiri için, her dört ayrı, ayrı işletme maliyetleri verilmiştir. Her grubun ilk satırı, tesisat teslimi, cevher masraflarını, 2. ci satırı yine Tesisat teslimi, yakıt masraflarını, üçüncü satırı, işletme masraflarını vermektedir. İşletme maliyetleri ise, bu üç masrafın toplamı ve dördüncü satır olarak sağ tarafa doğru kaydırılmıştır. Her

nekadar Tablo 4'de verilen masraf rakamları hesap neticesi olarak % Te kadar verilmişse de, buna bakarak rakkamların sıhhati üstünde müsbet istikamette fazla durulmamalıdır. Parça cevherlerin işlenmesinde Bremen ve Rhein - Ruhr bölgesi için maliyetin 2/3'sinin, fabrika teslimi cevher masrafları olduğu görülür. Yakıt masrafları ise maliyetin 1/4'i kadardır. Bununla da, enerji, su, işletme malzemesi ve işçilik masraflarının, umumî işletme maliyetininin 1/12'ine te kabul ettiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4 s Sünger demirin elde edilmesinde direkt işletme masrafları

Metod		Parça cevher			Pelet		
		Rhein-Rohr	Bremen	Rotterdam	Rhein-Ruhr	Bremen	Rotterdam
Krupp-sühger demiri	1	86,69	86,31	81,13	77,60	77,17	71,59
	2	33,30	38,93	26,—	34,95	40,55	26,91
	3	12,59	12,59	11,62	13,16	13,16	12,12
	4	132,58	137,83	118,75	125,71	130,88	110,62
SL/RN	1	87,65	87,25	82,10	77,53	77,12	71,57
	2	29,88	36,35	27,12	30,58	37,44	27,91
	3	13,15	13,15	11,77	13,73	13,73	12,26
	4	130,68	136,75	120,99	121,84	128,29	111,74
HyL.	1	87,07	86,67	81,54			
	2	56,64	50,98	36,82			
	3	13,30	13,30	13,83			
	4	157,01	150,95	132,19			
Purofer	1	87,19	86,80	81,66	76,11	75,67	70,12
	2	33,20	29,88	21,58	33,20	29,88	21,58
	3	16,03	16,03	13,14	17,08	17,08	13,65
	4	136,42	132,71	116,38	126,39	122,63	105,35

Rotterdam için durum değişmektedir. Burada işletme maliyetinin % 70'i cevher masrafı, % 20'si ise yakıt masrafıdır.

Ham peletin direkt redüksiyona tabi tutulmasında, ham maddeyi toz cevher teşkil eder. Bu sistemin avantajı, toz cevherin parça cevhere nazaran ucuz olmasıdır; ayrıca parça cevherdeki gibi herhangi bir elek altı kıymetlendirme mevzuu yoktur. Bu sebepten toz cevher kullanmak suretiyle hammadde maliyetinde yapılan tasarruflar, cevherin peletleme inceliğinde öğütülmesi ve Bentonit ilâvesi neticesi yapılan masrafların çok üstündedir. SL/RN metodunda, ham peletlerin kullanılabilmesiyle işletme tecrübesiyle ispat-

lanmıştır. Krupp Sünger demir sisteminde ise, işletme ölçüsünde yapılan tecrübelerde aynı şeyin mümkün olduğu görülmüştür. Purofer metodunda ise ham pelet işlemenin büyük bir zorluk çıkarmıyacağı kabul edilir. Pelet kullanmada işletme maliyetleri, parça cevher kullanmağa nazaran 7-10 DM/tFe kadar daha düşüktür. Bunun dışında diğer masraf kalemleri de bazı kaymalar göstermektedir. Bu kaymalar bilhassa çok ucuz ithal kömürü ve Hollanda yer gazı kullanılan Rotterdam için daha bariz olup, işletme maliyeti 105 ilâ 112 DM/tFe'ye inmektedir (Tablo 4). Almanya ile Rotterdam arasında işletme maliyetlerindeki en büyük farkı, Almanya dahilinde yerli kömürün kullanılması tev-

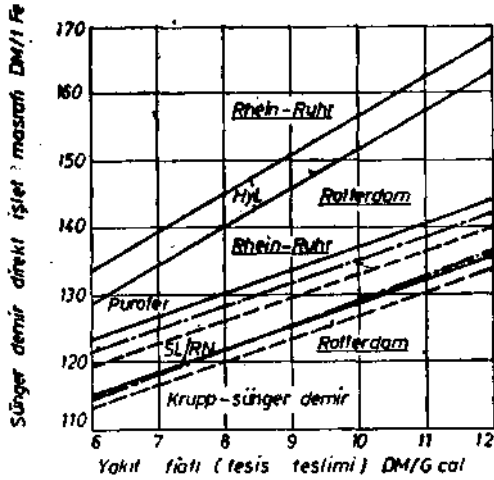
lit etmektedir. Almanya dahilinde ithal kömür kullanıldığında, direkt redüksiyon vasatı ısı sarfiyatını 3,4 Gcal/tFe kabul ettiğimi-

mizden, temin edilecek maliyet düşmeleri hesap edilerek aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5.

Kuruluş yeri	Fabrika teslim yakıt fiyatı		Toplam (DM/t Fe)
	Alman kömürü (DM/Kcal)	İthal kömürü (DM/Kcal)	
Rhein - Ruhr	8,70 — 10,—	8,25	1,50 — 6,—
Bremen	10,80 — 11,60	7,90	9,20 — 12,60
Rotterdam	8,80 — 9,90	7,90	2,40 — 6,80

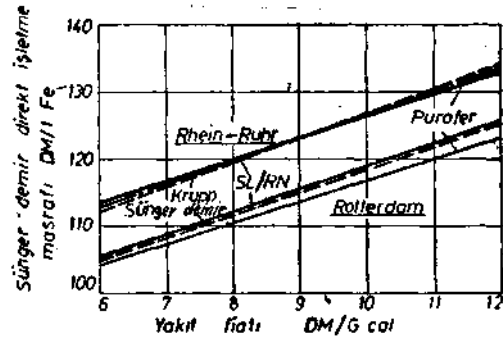
Tablo 4'de verilmiş olan değerler, yukarıda gösterilen muayyen bir durum için hesaplanmış rakkamlardan alınmıştır. Cevher fiyatlarında ve işletme masraflarında çok az farklar beklenebilir. Buna mukabil yakıt, yağ gazı, kok gazı ve kokta her vakit fiyat değişiklikleri mümkündür. Fakat yakıt masrafları sünger demir maliyetinde mühim bir faktör olduğundan, fiyat değişikliklerinin maliyetlere nasıl tesir edeceğinin bilinmesi lâzımdır. Böyle bir durum Şekil 5'de verilmiştir. Bu şekilde, evvelâ muhtelif metotlarda aynı yakıt fiyatı, meselâ 10 DM/Kcal, alınmış olup, bu durum işletme masraflarında bariz bir fark yapmamaktadır.



Şekil 5: Yakıt fiyatlarının sünger demir direkt işletme masraflarına etkisi (parça cevherden)

Hyl metodunda ve Rhein - Ruhr bölgesinde bu fark, 133-137 DM arasındadır. Aynı şekilde görüldüğü gibi, Rotterdam Rhein

Ruhr bölgesine göre daha avantajlı vaziyettedir. Meselâ aynı yakıt fiyatında (10 DM/Kcal) işletme maliyeti 8 DM daha düşüktür. Fakat ithal kömürü 7,90 DM ve yer gazı hatta 6,5 DM alındığında aradaki fark çok daha büyür. Şekil 6'da görüldüğü gibi bu farklar, ham pelet kullanıldığında daha da küçülür. Rotterdam'da yukarıda verilen yakıt fiyatlarıyla hakikaten 105-112 DM'lık bir işletme maliyeti elde edilir. Bunun dışında, Ruhr bölgesinde ucuz ithal kömürü ve ithal yer gazı kullanıldığında mühim maliyet tasarrufları mümkündür.



Şekil 6: Yakıt fiyatlarının sünger demir direkt işletme masraflarına etkisi (pelet'ten)

Sünger Demirinin Diğer Çelik İstihsal Ham Maddeleriyle Mukayesesi :

Sünger demiri maliyet hesaplarının izahında, yatırım faizlerinin hesaplarına intikal ettirilmemesi ön görülmüştür. Yani, emsali maliyet hesaplarında tutulan yolun aksine, burada yatırım masraflarından gidilmeyip, daha ziyade sünger demire istenilebilecek satış fiyatı

ti ile, fabrika maliyeti arasındaki farktan amortisman müddeti ve faiz nisbetleri de nazarı itibara alınarak, yatırımın miktarı hesaplanır. Bu hesabın esası sünger demir için tesbit edilebilecek fiyattır.

Çelik istihsalı için sünger demir, yeni bir hammadDEDİR. Bu sebepten sünger demir için tesbit edilecek fiyat doğrudan doğruya ham demir ve hurda fiyatı ile ayarlanarak kalma malıdır. Sünger demirin hurdaya nazaran avantajları, evvelâ dökme mal gibi nakledilebilmesi ve değişmeyen bir terkibe sahip olmasıdır. Bu hali, çelikte arzu edilmeyen yabancı maddeler bakımından çok önemlidir. Ham demire karşı olan avantajları ise, daha ucuza mal edilebilmesi, düşük ve kontrol edilebilir miktarda kükürt ihtiva etmesidir. Ayrıca elektrik fırınına, şarjda ihtiva ettiği çok düşük karbon miktarı bakımından da çok elverişlidir. Mahzurları ise nakliye esnasında ve stokajda reoksidasyona karşı korunması zarureti ve elektrik fırınında erimedede daha fazla cüruf vermesidir. Sünger demirin kıymetlendirilmesi, hiçbir zorlukla karşılanmadan yapılabilir. Demir tozu istihsalinde bilinen kullanılma ihtimali yanında, tam redükte edilmiş sünger demirin, çelik istihsalinde kullanılması için sayısız tecrübeler yapılmıştır. Bu arada oksijen konverterlerinde sünger demirin, soğutucu olarak kullanılması da muvaffakiyetle denenmiştir.

Bunun dışında sünger demirin devvar bir fırında termik enerjiyle eritilmesi de işletme ölçüsünde tecrübe edilmiştir. Sünger demirin kullanılmasında en müsbet neticeli yol, elektrikle çelik istihsalı olmuştur. Hajalata Y Lamina SA, senelerden beri günde 750 tonu bulan sünger demir prodüksiyonunu Monterrey'deki elektrik çelik fabrikasında kullanmaktadır.

Yeni tecrübeler göstermiştir ki % 20-40 hurda şarjının elektrik fırınında eritilmesinden sonra, fırına arklarda teşekkül eden enerjiyi tamamen massederek eriyecek miktarda köntüne olarak sünger demir verilmesi hali, sünger demirin avantajlarından en iyi istifade şekli olmaktadır. Bu şekilde elektrik fırını bütün eritme periyodu müddetince tam kapasitesiyle kullanılmakta ve fırın kapağının açılması, yeni şarjlar yapılması, tamamen lüzum-

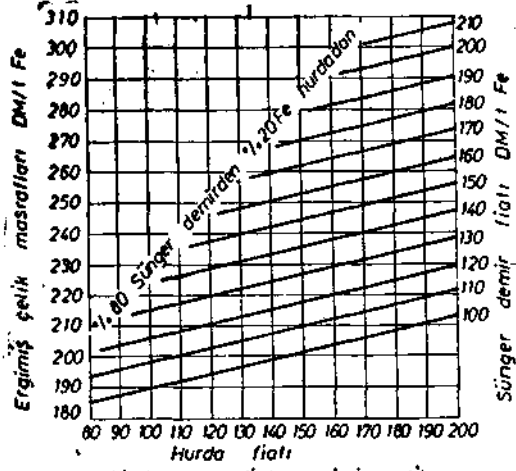
suz hale gelmektedir. Ayrıca böyle bir çalışmada, çeliğin yabancı maddelerinin yanması % 95 redükte edilmiş sünger demirinin erimesi esnasında başlamakta ve şarjın tamamen erimesinde çelik potaya alınabilecek duruma gelmektedir. Ayrıca sünger demirin çok düşük kükürt ihtiva etmesi, adi çelik istihsalinde, fırında hususi bir kükürt alma ameliyesine lüzum göstermemekte dolayısıyla döküm müddeti de önemli ölçüde kısalmaktadır.

Sünger demir için verilecek fiyatı tesbit ederken şarjdan şarja müddeti 2,8 saat olan 100 tonluk bir elektrik fırınında işletme maliyeti hesap edildi. Bu hesaplarda aşağıdaki değerler esas alınmıştır.

*	DM/t
Yövmiye ve maaşlar	1,56
Elektrik enerjisi 575 KW ^{h/t}	25,88
Diğer enerji sarfiyatı	7,60
Elektrot sarfiyatı	12,60
Bakım	10,00
Diğer işletme masrafları	3,00
Sermaye faizi	5,00
Umumi masraflar	3,50
Hurda işletmesi ve fabrika nakliyatı	6,33
İşletme ve Alaşım malzemeleri (DM/t)	12,60

Bu masrafların yekûnu 82.07 DM. dir. Bu işletme maliyetine, hurda ve sünger demir masrafları girmemiştir. Elektrik fırını şarjının % 80 Fe'nin sünger demirden ve % 20 Fe'nin hurdadan geldiğini kabul ettiğimizde, fırına % 95 metalizasyonlu 860 kilo Fe'nin sünger demirden geldiğini hesap edebiliriz. Sünger demir ve hurda için değişik fiyatlar kabul edildiğinde, Şekil 7'de bu fiyatlara tekabül eden mayi çelik fiyatlarını bulabiliriz. Meselâ hurda fiyatı 140 DM/t ve sünger demir fiyatı yine 140 DM/t, Fe olarak kabul edildiğinde, mayi çelik fiyatı 234 DM olarak çıkmaktadır. (Bu şekilde verilen sünger demir fiyatları Şekil 5 ve 6'da verilen sünger demir işletme maliyetleriyle aynı değildir). Yukarıda verilen hesabın yardımıyla kabul edilen ham çelik ve hurda fiyatlarından, Şekil 8'den sünger fiyatları tesbit edilebilir.

Şekil 8'deki devamlı çizgiler, 100, 120, 140 ve 160 DM'lük hurda fiyat çizgileridir. Bu tablonun yardımıyla meselâ, 240 DM/t ham çelik fiyatı ve 140 DM/t hurda fiyatında, sünger demir için verilebilecek hurda fiyatı da 140 DM/t Fe'dir. Aynı tabloda sünger demir hurda için 60:40 nisbetinin de neticeleri verilmiştir.



Şekil 7: Hurda fiyatı ergimiş çelik masrafları ve sünger demir fiyatları arasındaki münasebetler.

Yatırım masraflarının hesaplanması :

Sünger demir için verilebilecek azami fiyatla hesap edilmiş işletme maliyeti arasındaki farktan müsaade edilecek azami yatırım miktarı aşağıdaki formülle hesap edilir.

$$A = E \cdot \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

A = Birinci işletme senesi başındaki yatırım miktarı

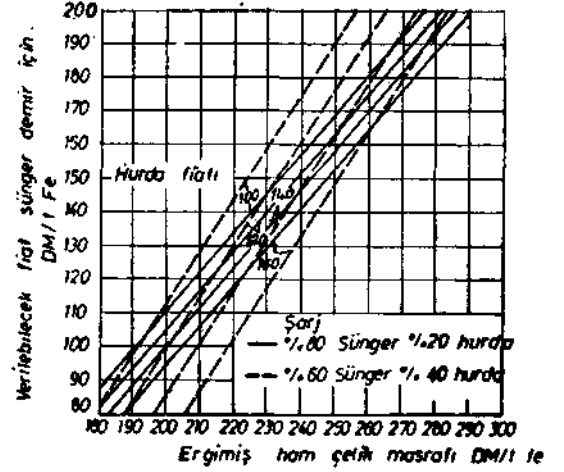
E = Her sene aynı yükseklikte bulunan brüt gelir fazlası (her sene sonunda teşekkül eder.).

$$P = \frac{d + i)^n - 1}{i(d + i)^n} = \text{Gelir çıplak faktörü}$$

100

P = hesabî farz bazı

n = tesisin mümkün istife müddeti.



Şekil 8: Ark ocağına şarj edilecek sünger demir fiyatının tespti

Şekil 9'dan, her ton başına istenen kâr miktarı, amortizasyon müddeti (6, 10 ve 16 2/3 Amortisman müddetleri) ve 6, 8 ve i%10 faiz miktarına göre yapılabilecek azami envestisman miktarı hesap edilebilir. Meselâ; beher ton 10 DM/tFe için, 16 2/3 amortisman müddetinde ve senede % 8 faiz üzerinden mümkün yatırım miktarı 15 milyon DM tir. Amortisman müddeti 10 seneye "merse, mümkün yatırım miktarında 12 milyon DM düşmektedir. Bu değerler, günlük istihsali 500 ton olan bir tesis için alınmıştır. Daha büyük tesisler için, günlük kapasiteye göre yatırım miktarları da artar. Ancak burada hakiki invesman miktarı D.L. Mc Bride tarafından verilmiştir formüle göre invesman miktarı 0,6 eksponenti ile kıymetlendirilir. Sayı, büyük tesislerde işletme maliyetiyle.sünger demir için tesbit edilecek fiyat arasındaki farkın daha küçük olmasına cevaz verir.

Hakiki yatırım miktarı, azami yatırılacak miktara eşitse, yatırımın değeri Odır. Yani böyle bir yatırım, düşünülen zamanda amorte edilir ve tesbit edilen faiz tahsil edilir fakat yatırım rentabl değildir. Müsbet bir yatırım değerinde ise hakiki yatırım masrafları azami mümkün yatırım miktarının altındadır. Bu halde yatırım miktarının altındadır. Bu halde yatırım faizini ve normal amortismanın ödemesi yanında, ayrıca bir kâr da getirir. Tablo 4 ile 7 ve 9 numaralı şekillerden, kabul edilen şartlarda Rhein-Ruhr bölgesin-

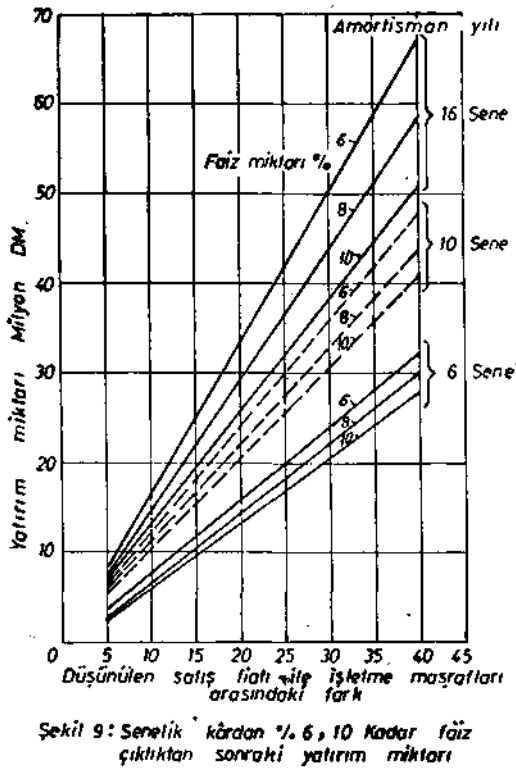
deki yatırım değeri menfi olmaktadır. Bu demektir ki, mevcut şartlarda Rhein-Ruhr bölgesinde böyle bir tesis rentabl değildir. Yüksek fırına ön redükte edilmiş cevherin, sünger demirin normal yolu direkt redüksiyon tesisinden Çelikhaneye gitmesidir. Bazı hallerde ve bölgesel bazı şartlarda direkt redüksiyon tesisinden alınan malzemenin yüksek fırına şarjı maksada uygun olabilir. Bu hal, meselâ, oksijen konverteriyle çalışan Çelikhaneye daha fazla mayi ham demir verilmesi icap eden hallerde mevzu bahis olabilir. Böyle bir durumda, yeni bir yüksek fırının kurulmasına lüzum görülmediğinden mevcut fırınlarda ön redüksiyona tabi tutulmuş malzeme şarjı suretiyle, bunların sıcak maden kapasitesi artırılabilir. Bu kapasite artırılması % 30 dan fazlaya çıkabilir. Bu arada şuna işaret etmek isteriz ki ön redüksiyona tabi tutulmuş malzemenin yüksek fırında eritilmesinde metalürjik kottan istifade kötüleşir. Eğer problem yalnız yüksek fırının kapasitesini artırmaksa, diğer bu istikâmetdeki imkânlarında etüd edilmiş olması lâzımdır. Ayrıca çok yüksek metalürjik kok fiyatlarında

kok sarfiyatının düşürülmesi mevzu bahisse ön redükte edilmiş cevherin yüksek fırına şarjında düşünülebilir.

% 80 ön redükte edilmiş cevherin işletme maliyeti Tablo 4 de verilmiş olan sünger demir maliyetine nazaran 6,60 ilâ 10 DM/tFe kadar daha azdır. Bu raporun okunmasından sonra aşağıdaki açıklamalar yapıldı.

Ludwig von Bogdandy, Oberhausen, yukarıdaki açıklamalara şunu ilâve etmek isteri ki, rentablite hesaplarında hakiki işletme doneleri kullanılmamıştır. Çünkü bu doneler henüz mevcut değildir. Verilen değerlerin sıralanmasında değişik kıymetlendirmeler mevzu bahis olabilir. Direkt redüksiyonla sünger demir istihsalinde en uzun tecrübe, bu işte hakikaten piyonir olarak çalışmış olarak Hojalata Y Lamina S.A.'e aittir.

Yukarıda söylenmiş olanların takviyesi için daha birçok gelişme çalışmalarının yapılmasının yapılmasına lüzum olacaktır. Bu rapordan asıl kasıt, Ekonomik ve teknik yönde, prosesin gelişmesi için neler yapılmıştır ve ne yapılması lâzımdır. Şimdiden söylenebilir ki, yüksek fırına elverişli kok yapmağa müsait kömür madenine sahip olmayan memleketlerde ekonomik çalışan ağır bir endüstrinin kurulması ve umumi standartının yükselmesi için direkt redüksiyon prosesi imkânı sağlanacaktır. Bugün konversiyonel metodlarla çalışan ve yüksek fırın-oksijen konverteri bazı üzerine kurulmuş olan ve gelişmesinin son merhalesine gelmiş olan bölgemizde (Rhein-Ruhr veya Avrupa'da) sünger demir, enteresan olmayabilir. Ağır endüstrinin ağırlık merkezinin son zamanlarda literatürde, basında belirtildiği şekilde deniz aşırı memleketlere doğru kaydırılması, bugünkü durumda da maksada uygun gözükmemektedir. Fakat şuna inanıyoruz ki, yukarıdaki raporda verilen esaslar ve rentabilite hesaplarının neticeleri, bizi bu metodun gelişmesini takip etmeğe ve desteklemeye zorunlu kılmakta, uzak bir gelecekte yatırım mevzunda bu metodu da nazarı itibara almayı doğru göstermektedir. Şuna da inanıyoruz ki, hususî bir programla çalışan kaliteli çelik fabrikalarında bugün dahi çok saf ve deöişmez kalitedeki



sünger demiri, çok özel evsafa kaliteli çelik eritilmesinde nazari itibara almak lâzımdır.

Jose' Alvarez C. Monterry (Mexco): Hojalata Y Lamina, 1946da kendi ham çeliğini hurdadan istihsale başladı. Çelik istihsalinin artırılması ve kalitenin yükseltilmesi problemi, hurda fiyatlarının değişmesi, yeterli ve arzu edilmeyen yabancı maddeleri ihtiva etmeyen hurdanın rahatça temin edilememesi karşısında büyük bir problem olarak ortaya çıkıyordu. Yüksek fırının kurulmasına yetecek şartlar ortaya çıkmadan, düşük bir kapasitede çelik istihsalinin basitleştirilmesi için imkânlar araştırıldı ve o zaman belli olan bir metotdan istifade ederek, direkt redüksiyon tesisatının kurulmasına karar verildi. Bu karar Hyl prosesinin gelişmesine sebep oldu. 1951'de, Hojalata Y Lamina da, bilinen direkt redüksiyon prosesleri etüt edildi. Başta bunlardan iki tanesi tecrübe ölçüsünde işletmede tatbik edildi. Çünkü bunlarla Hyl SA problemlerinin çözülebileceği düşünülüyordu. Ekonomik ve Teknik yönlerden her iki prosesin Monterry'de tatbik edilemeyeceği anlaşıldı. Bu sebepten Hojalata Y Lamina da mevcut hammaddelere en uygun bir prosesin geliştirilmesine karar verildi. 1955'de Hyl proresi geliştirilmiş ve günlük kapasitesi 30 tonluk olan bir tesis işletmeye alınmıştı. Bu tesis 1959'a kadar çalışmağa devam etti. 1950'de günlük kapasitesi 200 ton olan fakat fiili durumda günde 250 ton sünger demir istihsal eden tesis işletmeye alındı. 1956'da günlük kapasitesi 500 tonluk olan ve fiilide, günde 550 ton sünger demir istihsal eden ikinci tesis işletmeye alındı. Bugüne kadar 1 milyon ton sünger demir ve bundan da 2 milyon tonun üzerinde çelik istihsal edildi. HyL Prosesinin Teknik ve Ekonomik avantajları şunlardır :

1. Enerji menbaı ve redüksiyon vasıtası olarak bu proseste dünyanın birçok kısmında mevcut ucuz yer gazı kullanılabilir. Ayrıca petrolden elde edilen hafif karbon, hidrojen birleşimleri, sıvı gazlar, naphta, ağır yağ redüksiyon gazı istihsalinde kullanılabilir.

2. Proseste, kok kullanılmadığına göre, ağır endüstri tesislerinde, daha evvel uygun maden kömürü rezerveleri bulunmadığı için, ağır endüstri kurulamamış bölgelere götürmek mümkündür.
3. Prosesin ekonomikliğı günde 200 veya 500 ton kapasiteli tesislerin çalıştırılmasıyla ispat edilmiş bulunmaktadır.
4. 1 ton demir ve sene için yatırım miktarı komple, yüksek bir fırın tesisatının yarısı kadardır.
5. Proses kapasite bakımından bilhassa gelişmekte olan bölgeler ve memleketlerin şartlarına uyabilecek gibi çok fleksibl'dir.
6. Gerek kapasitesinin fleksibl oluşu ve gerekse düşük yatırım miktarlarıyla tahakkuk ettirilmesi neticesi, sermaye birikimi az olan gelişmemiş memleketler için çok avantajlıdır.
7. Fırınlarına hurda şarj eden memleketlerde, çelikteki yabancı maddelerin azaltılması için sünger demir, hususî bir değer taşır. Bunu kullanmakla, aynı zamanda mamullerinin kalitesinide yükseltebilirler.
8. Yüksek fırınları mevcut olan tesislerde, HyL proses, ön redüksiyona tabi tutulmuş cevher istihsalinde de kullanılabilir. Bununla yüksek fırınların, ham demir istihsalini ekonomik ve avantajlı bir şekilde artırılmış olur.

Monterry'deki iki tesis dışında 1967'de Ocak ayında Veracruz da Tubos da Acero de, Mexico S. A. (Tamsa), günde 500 ton kapasiteli bir tesis, işletmeye girecektir.

Ludwig Von Bogdandy: Bay Alvarez, izahtanız için size teşekkür ederim. Monterry'deki bütün çelik istihsalinizi bu proseste istinad ettirmek için cesaret gösterdiniz ve bu işte de muaffak oldunuz; sizi tebrik ederim.

Aurello Palazzi, Genua: Malum olduğu üzere, şakulî fırınlarda gazın nüfuz derinliğı

muayyen olduğu için, katı malzemenin şarjında, kapasiteler yukarıya doğru tahdit edilmiş durumdadır. Bu günlük istihsali 50 ton ve bir halde de 100 ton olan Wiberg metoduyla görülmektedir. Bu proseste de gazlar azot ihtiva etmemektedir. Bu sebepten reaksiyonlar muayyen sühunette ve miktarlarda vuku bulmaktadır. Bu izahatımdan sonra sorum şudur: 500 ton kapasiteli tesiste, temas ettiğim reaksiyon güçlükleri kendisini nasıl gösterecektir?

Heinz-Dieter Pantke, Oberhausen: Şakulî fırında malzeme sütununa gazın nüfuz derinliğinin kısa olmadığı kanaatindeyiz. Purofer prosesi için bu problemin çözülmesini sağlayacak bir hal şekli bulmuş durumdayız. Bu hususun, daha fazla açıklanmasını arzu etmiyoruz.

Azot gazının mevcut olmaması durumuna gelince: Kanaatımıza göre muayyen miktarda azot gazı proses için aşağıdaki verilen sebeplerden, bilhassa faydalı olmaktadır. Şakulî fırında aşağıdan verilen redüksiyon gazları, redüksiyon esnasındaki kimyevî tahavvulat yanında, ısı” tekniği bakımından üç vazife daha yapmaktadır: Ewela redüksiyon ısını getirmektedir. İkinci olarak, malzemeyi

redüksiyon sıcaklığında ısıtmaktadır. Üçüncü olarak da, şakulî fırının ısı kayıplarını karşılamaktadır. Bu sebeplerden, redüksiyon gazlarının azot ihtiva etmesi maksada daha uygundur. Bu azot, malzemenin ısıtılmasını ve ısı kayıplarının telâfisini üzerine alır ve bir miktar karbon monoksit ihtiva eden hidrojen ibaret redüksiyon gazı hemen hemen termodinamik muvazeneyi temin etmek üzere vazife görür.

Roland Wasmuht, Essen: Böyle bir mukayesede değişik metodların yatırım masraflarını mukayese etmek çok enteresandır.

Heinz-Dieter Pantke: Envestisman masraflarının belirtilmemesinin sebepleri, tesisleri veren firmaların fiyatlarının yan yatırımları ihtiva etmemesidir. Yani verilen yatırım miktarları (Rakkam olarak) komple değildir. Zkredilmemiş masrafları oldukça büyük değerlere yükseldiğinden ve her yerin şartlarına göre birbirinden çok farklı olduğundan, komple yatırım değerlerinin verilmesinde bir fayda mülâhaza etmedik. Jose' Alvarez, C: Bay Wasmuht'un sorusuna cevap olmak üzere 500 ton kapasiteli HyL tesisleri için 7 milyon doları bir misal olarak verebiliriz.