









Aanmaaktover 9	PRIJS		63.540
AANMAKEN 1 TON STAAL			

**Vraag**

Wat is de prijs van het aanmaken en leveren van 1 ton staal?

**Antwoord**

		Recept		$\Delta S\sigma$ [kJ/°K]	$\Delta S_{cf}$ [kJ/°K]	$\Delta S\theta$ [kJ/°K]
1		3.589	rijtjesfabrieken	8.216	-1.801	6.858
2	"	54	rijtjeskantoren	54	-3	40
3	"	8.075	arbeiders	2.187	-1.351	1.254
4	"	6	goederentreinen		in 19	
5	"	1	b.vaartschip		in 19	
6	"	1	vrachtwagen		in 19	
7		2,E+19	m <sup>3</sup> lucht	0	0	0
8	"	0,8	ton kolen	1.542	-1.536	3.474
9	"	6,E+05	kJ stroom	-251	-260	2.207
10	"	160,0	kg aardgas	-418	-2.026	5.066
11	"	pm	kg dieselolie		in 19	
12	"	1	ton ijzerertspellets	2.023	-1.375	2.723
13	"	0,15	ton schroot	1.873	0	0
14	"	1.044	kg zuurstof	nvt	-12.149	nvt
15		1.044	kg zuurstof	6.690	0	0
16		1	ton staal maken	-11.509	13.513	34.070
17	"	0,30	kg fijnstof spreiden dampkring	0	nihil	nihil
18	"	1	ton staal walsen	0	0	0
19	"	570	tonkm doen	1.147	-1.448	4.726
AMT 9		1	ton staal klaar	11.554	-8.433	60.419



Gereedschappen





Kaveloppervlakten bij de gebouwen		
	%	m <sup>2</sup>
kooksfabriek	10	740.000
hoogovens	15	1.110.000
oxystaalfabriek	14	1.110.000
dikkeplaatwalserij	8	592.000
blikfabriek	14	1.110.000
staafwalserij	8	592.000
warmbandwalserij	14	1.110.000
koudwalserij	14	1.110.000
kantoren	3	222.000
	100	7.400.000





- $f_n$  = oppervlakte hele complex / opp. 1 rijtjesfabriek  
 waarin  $O_{r.f.} = 10.000 \text{ m}^2$  MT 3
- $f_o$  : het gehele complex heeft gemiddeld 5 maal de hoogte rijtjesfabriek schatting
- $n_{r.f.} = \sum f_n * f_o = 3.589$  rijtjesfabrieken
- $f_t = (S_{\sigma p.e.} / \sum S_{\sigma p.e.} + \text{slak}) = 0,90$  toedelingsfactor 't Overzicht
- $f_g = (1 / (C * T_g)) * f_n * f_o$
- $\Delta S_{\text{inzet ger./p.e.}} = f_t * f_g * \text{AT 2 Rijtjesfabriek}$  [ kJ/°K . p.e. ]

Met AT 2 Rijtjesfabriek:

AT 2		1	r.fabriek afspelen	2,E+09	-3,E+08	1,E+09
1		5,E-06	r.fabriek doen	8.216	-1.801	6.858



**2** 54 rijtjeskantoren

Inzetstaat Rijtjeskantoor					
C	T <sub>p.e.</sub>	T <sub>g</sub>	f <sub>n</sub>	f <sub>o</sub>	f <sub>g</sub>
[p.e./jaar]	[sec/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
8,E+06	3,E+00	75	8.075	0,20	9,E-08

Toelichting:

- $f_n$  : de fabriek heeft 8.075 arbeiders 3
- $f_o$  : de overhead is 0,20
- $f_g = ((1 / (C * T_g)) * f_n * f_o / 30)$
- $\Delta S_{\text{inzet r.k./p.e.}} = f_t * f_g * \text{AT RK}$  [ kJ/°K . p.e ]
- $n_{r.k.} = f_n * f_o / 30 = 54$  rijtjeskantoren

Met ET 3 Rijtjeskantoor:

ET 3		1	r.kantoor afspelen	7,E+08	-3,E+07	5,E+08
2		8,E-08	r.kantoor doen	54	-3	40

**3** 8.075 arbeiders

Stel in de r.fabrieken is de gemiddelde inzet 0,5 arbeider/r.f.



ofwel volcontinu 2,3 „

Inzetstaat Mens					
C	T <sub>p.e.</sub>	T <sub>g</sub>	f <sub>n</sub>	f <sub>o</sub>	f <sub>g</sub>
[jaar]	[sec/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
8,E+06	3,E+00	45	8.075	3,2	7,E-05

Toelichting:

- $f_n = \text{bezetting 1 r.fabriek} * n_{r.f.}$
- $f_o = 3,2$  want  
 . arbeider is kostwinner voor 3 personen m.i.v. de arbeider zelf.
- uitbestedingsfactor is 0,2
- $f_g = (1 / (C * T_g)) * f_n * f_o$
- $\Delta S_{\text{inzet ger./p.e.}} = f_t * f_g * \text{AT Mens}$  [ kJ/°K . p.e. ]

Met AT Mens :

AT M		1	mens afspelen	3,E+07	-2,E+07	2,E+07
3		6,E-05	mens doen	2.187	-1.351	1.254

**4** 5 goederentreinen

Deze goederentreinen verplaatsen het ruwijzer van de hoogoven naar de staalfabriek, het staal van de staalfabriek naar de walsenrijen en vandaar naar de verzendopslag.



L = 1 ton

s = 20 km schatting

Dit wordt verder doorberekend in



Met DT 2 IJzererts (hier ijzerertspelletts)

DT 2		1	ton erts klaar	2.023	-1.375	2.723
12		1,34	ton ijzerertspelletts	2.702	-1.836	3.637


**13** 0,15 ton schroot

Benodigd 150 kg schroot/ton staal. 't Overzicht  
 Het schroot komt van een vrachtwagenontbindfabriek. DT 17

Prijs  12.486 per ton  
 Leverprijs 0,15 ton  1.873 inclusief pandgeld

**14** 1.044 kg zuurstof uit Omgeving 't Overzicht

Voor het onttrekken van de zuurstof uit de atmosfeer geldt met DT 0 Kooldioxide, alleen Sø:

DT 0		1	mol CO <sub>2</sub> klaar	nvt	-0,372	nvt
14	"	32.634	mol O <sub>2</sub> doen	nvt	-12.148,5	nvt

Voor het betalen van het pandgeld voor de zuurstof zie 15

Het feitelijk onttrekken geschiedt in de zuurstoffabriek. Deze fabriek draait op elektrische stroom, dit is berepen in 9



## Pandgeld

**15**  6.690 voor 1.044 kg zuurstof uit Omgeving 16

Sø 1 ton zuurstof =  6.406 Eigenwaarden

In de zuurstoffabriek wordt met behulp van het Linde-proces uit de lucht zuurstof gehaald en vloeibaar gemaakt.

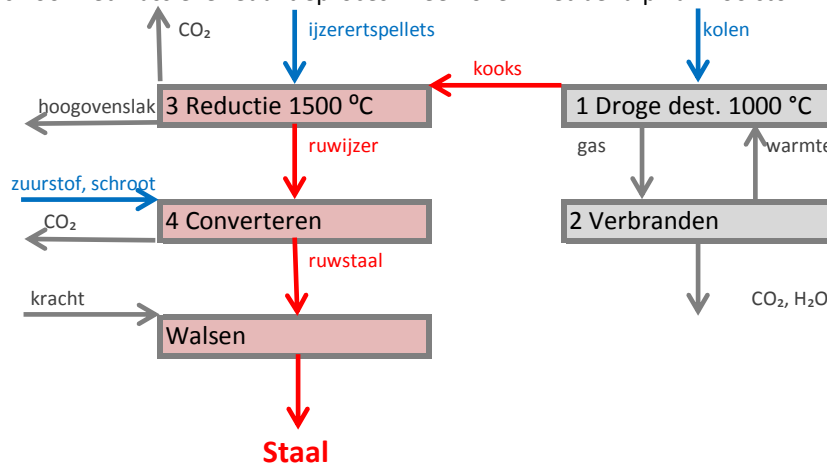


## Roeren & Mengen



**16** 1 ton staal maken

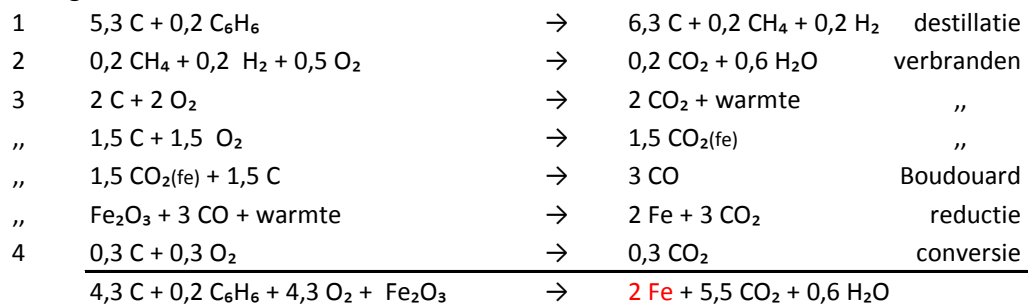
Gekozen is voor het klassieke reductieproces in een oven met behulp van koolstof.



(pijpstaal, bandstaal, plaatstaal, blik, draadstaal)



● Vorming  $S\sigma$  :



't Overzicht							
Termen reactievl	M [kg/mol]	n	m [kg]	$S\sigma$ [kJ/°K.mol]	$S\sigma$ [kJ/°K]	Hf [kJ/mol]	Hf [kJ]
<b>Vóór</b>							
4,3 C	0,012	32.634	607	0,006	196	0	0
0,2 C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,084	1.518	152	0,173	263	49	74.375
4,3 O <sub>2</sub>	0,032	32.634	1.044	0,205	6.690	0	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,160	7.589	1.214	0,087	660	87	660.268
Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	0,504	241	121	0,232	56		
Schroot	0,056	2.679	150	0,027	72		
<b>Na</b>							
2 Fe	0,056	15.179	850	0,027	410	27	4,E+05
5,5 CO <sub>2</sub>	0,044	41.741	1.837	0,213	8.891	-393	-2,E+07
0,6 H <sub>2</sub> O	0,018	4.554	82	0,069	314	-285	-1,E+06
Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	0,504	241	121	0,232	56		
Fe(schroot)	0,056	2.679	150	0,027	72		
				$\Delta S\sigma =$	1.806	$\Delta Hf =$	-2,E+07
							exotherm

Bruto resultaat vorming  $\Delta S\sigma$  1 ton staal = 1.806 kJ/°K

Toelichting:

- tvs 1 en 2 : stel de vetkool bestaat voor 80% uit kool en 20% uit benzeen.

De benzeen wordt gekraakt in waterstof en methaan. Dit kooksgas wordt verbrand.

De benodigde hoeveelheid vetkool per ton ruwijzer, inclusief de schroot, is gesteld

op ca 60% van de benodigde hoeveelheid ijzerertspellets.

- Aangenomen dat de pelletts voor 90 massa% bestaan uit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en voor 10 massa%.

uit hoogovenslak Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F

- tvs 3 : de reductie van het ijzererts verloopt volgens het Boudouard-evenwicht.

- tvs 4 : In de convertor wordt in het vloeibare ijzer zuurstof geblazen om koolstofresten te oxyderen.



- 1 ton ruwijzer bevat 3 gewichtsprocent koolstof  
 ofwel 30 kg koolstof  
 ofwel 2500 mol C  
 wordt geoxideerd met 2.500 mol O<sub>2</sub>  
 ofwel 80 kg O<sub>2</sub>

- tvs 4 : er wordt schroot aan de convertor toegevoegd om te koelen, het is dan meegenomen dat er schroot wordt hergebruikt.

● **Spreading Scf en opwarming S0 :**



> kooldioxide naar Omgeving

Met DT 0 Kooldioxide:

DT 0		1	mol CO <sub>2</sub> delven klaar	0,31	-0,37	-0,69
16		-41.741	mol CO <sub>2</sub> doen	-12.898	15.539	29.004

● **Doen 160 kg aardgas 10**

Met KT 4 Aardgas :

KT 4		2,88	kg gas klaar	-8	-36	91
16		160	kg gas doen	-418	-2.026	5.066

**17 0,3 kg fijnstof PM10 spreiden**

Spreading fijnstof = 0,3 kg/ton staal  
 Ø deeltje fijnstof = 1,0E-06 m PM10  
 ρ fijnstof = 600 kg/m<sup>3</sup> schatting  
 m deeltje fijnstof =  $4/3 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho = 3, E-16$  kg  
 n deeltjes/ton staal =  $0,3 / m = 1, E+15$  deeltjes/ton staal

Het entropisch effect van deze deeltjes emissie is nihil, zie VT 8 Vliegtuig VT 8

NB Spreading afvalwater, afvalgassen wordt verwaarloosd.

**18 1 ton staal walsen**

Het staal krijgt verschillende walsbewerkingen.

De aandrijving van de walsen is electrisch, dus geen lokaal entropisch effect.



Zie verder 9

**19 570 tonkm doen**

● goederentrein : 4

Verplaatsen 1 ton ruwijzer ca  
 over 20 km



Met VT 5 Goederentrein:

VT 5		1	treintonkm klaar	-0,04	-0,48	1,28
19		20	treintonkm doen	-1	-10	26

● binnenvaartschip : 5

Verplaatsen 0,5 ton produkt  
 over 500 km

Met VT 14 Binnenvaartschip:



VT 14		1	bvstonkm klaar	2,71	-1,99	6,63
19		500	bvstonkm doen	1.357	-995	3.314

● vrachtwagen : 6

Verplaatsen 0,5 ton produkt  
 over 100 km



Met VT 1 Vrachtwagen :

VT 1		1	vwtonkm klaar	-4,2	-8,9	27,7
19		50	vwtonkm doen	-209	-443	1.387



*Klaar !*



Bron :

<http://server.idemdito.org/pcs/hoogoven/ij/ho1.jpg>

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Hoogoven>

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/I&S/IS\\_Published\\_0312.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/I&S/IS_Published_0312.pdf)

<https://www.tatasteel.nl/nl/duurzaamheid/rapportage>