



Aanmaaktover 10

AANMAKEN 1 TON CEMENT

PRIJS



23.130

Vraag

Wat is de prijs van het aanmaken van 1 ton cement?

Antwoord

		<i>Recept</i>	ΔS_{σ} [kJ/°K]	ΔS_{cf} [kJ/°K]	ΔS_{θ} [kJ/°K]
1		112 rijtjesfabrieken	1.526	-1.538	1.901
2	"	0,67 rijtjeskantoren	4	0	3
3	"	202 arbeiders	335	-207	192
4	"	1 binnenvaartschip		in 18	
5	"	1 vrachtwagen		in 18	
6		2,E+19 m³ lucht	0	0	0
7	"	1.400 kg mergel	2.771	-656	2.169
8	"	0 kg gips	1.689	-1.968	4.048
9	"	100 kg vliegass		pm	
10	"	15 kg ijzeroxide		pm	
11	"	pm kg dieselolie		in 18	
12	"	27 kg aardgas		in 17	
13	"	67 kg slibgranulaat	pm	pm	pm
14	"	47 kg subkoolpellets	186	pm	pm
15	"	464.486 kJ stroom	-40	-316	735
16		108 kg zuurstof	690	0	0
17		1 ton cement maken	-1.847	3.199	8.221
18	"	222 tonkm doen	535	-604	2.100
AMT 10		1 ton cement klaar	5.850	-2.090	19.370



In de cementfabriek wordt de gewonnen mergel vermengd met ijzeroxide en dan tot klinker geroosterd in een draaioven. De klinker wordt tot cement vermalen en aangelengd met toeslagstoffen.

Inzetstaat Rijtjesfabriek					
C	T _{p.e.}	T _g	f _n	f _o	f _g
[p.e./jaar]	[jaar/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
2,E+06	7,E-07	75	56	2,0	1,E-06

Toelichting:

- productie-eenheid p.e. = 1 ton cement
- T_{p.e.} = 1/C jaar/p.e.
- f_n = oppervlakte hele complex / opp. 1 rijtjesfabriek
waarin O_{r.f.} = 10.000 m²
- f_o : het gehele complex heeft gemiddeld 0,65 maal de hoogte rijtjesfabriek schatting
- n_{r.f.} = $\sum f_n \cdot f_o =$ 112 rijtjesfabrieken
- f_g = $(1/(C \cdot T_g)) \cdot f_n \cdot f_o$
- ΔS inzet ger./p.e. = f_g * AT 2 Rijtjesfabriek [kJ/°K . p.e.]

AT 2		1	r.fabriek afspelen	2,E+09	-2,E+09	2,E+09
1		1,E-06	r.fabriek doen	1.526	-1.538	1.901
2		0,67	rijtjeskantoren			

Inzetstaat Rijtjeskantoor					
C	T _{p.e.}	T _g	f _n	f _o	f _g
[p.e./jaar]	[jaar/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
2,E+06	7,E-07	75	100	0,20	6,E-09

Toelichting:

- f_n : de fabriek heeft n arbeiders 0
- f_o : de overhead is 0,20
- f_g = $((1/(C \cdot T_g)) \cdot f_n \cdot f_o / 30)$
- ΔS inzet r.k./p.e. = f_g * AT RK [kJ/°K . p.e]
- n_{r.k.} = f_n * f_o / 30 = 0,67 rijtjeskantoren

Met AT 3 Rijtjeskantoor :

AT 3		1	r.kantoor afspelen	7,E+08	-3,E+07	5,E+08
2		6,E-09	r.kantoren doen	4	0	3
3		202	arbeiders			

Stel in de r.fabrieken is de gemiddelde inzet 0,4 arbeider/r.f.
ofwel volcontinu 1,8 „

Inzetstaat Mens					
C	T _{p.e.}	T _g	f _n	f _o	f _g
[jaar]	[p.e./jaar]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
2,E+06	7,E-07	45	202	3,3	1,E-05

Toelichting:

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

AT M		1	mens afspelen	3,E+07	-2,E+07	2,E+07
3		1,E-05	mens doen	335	-207	192

4 1 **binnenvaartschip**

De helft van de cementproductie wordt per binnenvaartschip afgevoerd over 150 km.

Dit wordt doorberekend in 18

5 1 **vrachtwagen**

Ophalen ijzeroxide en wegbrengen helft cementproductie.

Dit wordt doorberekend in 18



Men Neme



6 2,E+19 **m³ lucht**

De lucht is nodig voor het leveren van zuurstof, maar ook voor het opnemen van kooldioxide, stikstofoxiden en fijnstof.

De prijzen voor de massa-overdrachten worden in de betreffende tovers verrekend.

7 1.400 **kg mergel**

De moeder van alle cementen is Portlandcement, die men maakt uit mergel en een beetje ijzeroxide. De mergel dient lemig te zijn, want dan is er ook siliciumdioxide en aluminiumoxide in aanwezig en die zijn ook nodig.

Voor 1 ton cement is nodig	1.400	kg mergel	Bron
met ideale samenstelling	75	% calciumcarbonaat	
	20	% kwarts	
	5	% aluminiumoxide	
Verder nodig	15	kg ijzeroxide	
	200	kg gips CaSO ₄ , vliegash e.a. vulstof	

Zie vervolgens

't Overzicht

Met DT 7 Kalksteen :

DT 7		1	ton kalksteen klaar	1.979	-469	1549
7		1,4	ton kalksteen doen	2.771	-656	2.169
<u>8</u>		0,2	kg gips			

Met AMT 26b Gips :

AMT 26b		1	ton gips klaar	8.446	-9.841	20241
8		0,20	ton gips doen	1.689	-1.968	4.048
<u>9</u>		100	kg vliegash			

PM

10 15 **kg ijzeroxide**

Uit pyriet, zwavelzuurfabriek 100 km verderop.

PM

11 pm **kg dieselolie**

Binnenvaartschip neemt	pm	kg dieselolie/tonkm	zie VT 14.6
Vrachtwagen neemt	pm	kg dieselolie/tonkm	zie VT 1.6
Totaal	pm	kg dieselolie	18

De prijs voor het nemen van dieselolie wordt doorberekend in 18

12 27 **kg aardgas**

<i>Brandstof</i>			
	E [kJ]	ΔH° [kJ/kg]	m [kg/p.e.]
aardgas	933.333	34.783	27
slibgranulaat	933.333	14.000	67
energiepellets	933.333	20.000	47
	2.800.000		

Toelichting:

- Benodigde energie carbineren en sinteren 3.500 mJ/ton klinker. [Bron :](#)
 ofwel 2.800.000 kJ/p.e.

Zie verder 17
13 67 kg slibgranulaat 12

Het aandeel biomassa in de thermische energieproductie is ca 33%

Als biomassa wordt slibgranulaat opgehaald bij een rioolwaterzuiveringsinstallatie die 100 km verderop ligt.

Verder pm in afwachting van Delftover Slibgranulaat.

14 47 kg energiepellets



Voor de opwekking van de laatste 33 % thermische energie worden subkool-pellets verbrand.

Met DT 18 Afvalplastic, tvs 7 : $\Delta S_{\sigma} =$ 3.981 kJ/°K . ton afvalplastic
 ofwel 186 kJ/°K . p.e.

15 464.486 kJ stroom

• Stroom voor aandrijving alle meng- en roerwerktuigen.

n el.motor = n r.fabriek . 24 = 2.688 MT 2a

P el.motor = 10 kJ/s "

E stroom/p.e. = ft* (300.24.3600/C) . n . P = 4,6E+05 kJ/p.e.

Met AMT 4 Stroom:

AMT 4		1	!kJ stroom klaar	0,000	-0,001	0,002
15		464.486	!kJ stroom doen	-40	-316	735

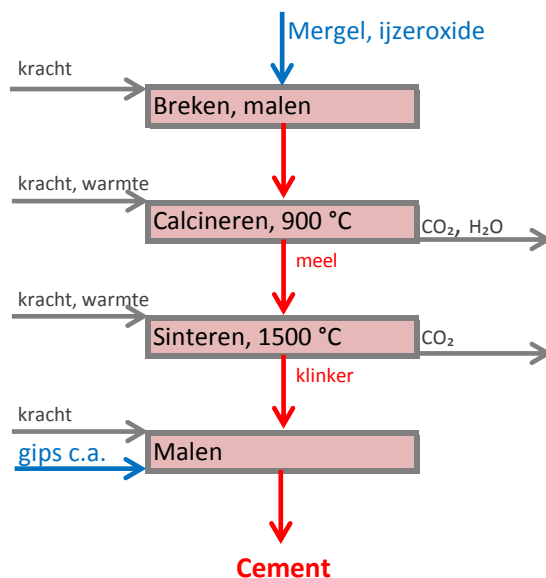


Pandgela

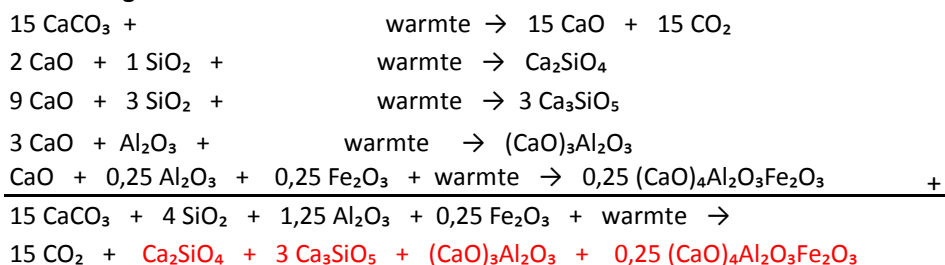
De prijzen zijn doorberekend in Roeren & Mengen , behalve:

16 690 voor 108 kg zuurstof uit Omgeving

Voor het onttrekken van zuurstof aan dampkring voor verbranden biomassa, zie 17



• **Vorming $S\sigma$:**



't Overzicht							
Termen reactievgl	M [kg/mol]	n	m [kg]	$S\sigma$ [kJ/°K.mol]	$S\sigma$ [kJ/°K]	Hf [kJ/mol]	Hf [kJ]
Vóór							
15 CaCO ₃	0,100	10.500	1.050	0,093	977		
4 SiO ₂	0,060	4.667	280	0,042	196		
Al ₂ O ₃	0,102	686	70	0,051	35		
0,25 Fe ₂ O ₃	0,160	94	15	0,087	8		
Na							
15 CO ₂	0,044	10.500	462	0,213	2.237		
Ca ₂ SiO ₄	0,172	700	120	0,200	140		
3 Ca ₃ SiO ₅	0,228	2.100	479	0,250	525		
(CaO) ₃ Al ₂ O ₃	0,270	700	189	0,270	189		
0,25 (CaO) ₄ Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	0,486	175	85	0,300	53		
$\Delta S\sigma =$					1.927	$\Delta H_f =$	

$\Delta S\sigma$ calcineren/sinteren =

1.927 kJ/°K

• **Spreiding S_{cf} :**

> kooldioxide naar Omgeving

DT 0		1 mol CO ₂ delven klaar	0,31	-0,37	-0,69
17		-10.500 mol CO ₂ doen	-3.245	3.909	7.296

In 2021 is het afvangen van kooldioxide nog niet in operationele installaties van toepassing.

Voor kooldioxide zie hiervoor onder 'spreiding'.

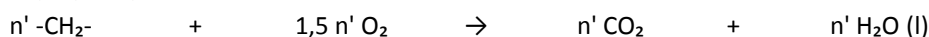
Met KT 4 Aardgas:

KT 4		2,88	kg aardgas klaar	-7	-38	91
17		27	kg aardgas doen	-67	-356	848

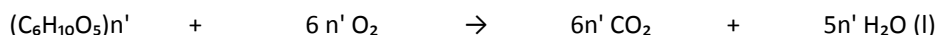
Bij gebrek aan informatie over de chemische samenstelling van het granulaat wordt het entropisch effect van het verbranden ervan gelijk gesteld aan dat van het aardgas, zie hiervoor.

Stel de samenstelling van de pellets op 50 massaprocent polyethyleen en 50 massaprocent papier.

- poly-ethyleen:



- papier:



't Overzicht							
Termen reactievgl	M [kg/mol]	n	m [kg]	Sσ [kJ/°K.mol]	Sσ [kJ/°K]	Hf [kJ/mol]	Hf [kJ]
Vóór							
n' -CH ₂ -	0,014	1.667	23	0,2	333		
n'-(C ₆ H ₁₀ O ₅)-	0,162	144	23	0,3	43		
1,5 n' O ₂	0,032	2.500	80	0,205	513		
6 n' O ₂	0,032	864	28	0,205	177		
Na							
n' CO ₂	0,044	1.667	73	0,213	355		
6n' CO ₂	0,044	864	38	0,213	184		
n' H ₂ O (l)	0,018	1.667	30	0,070	117		
5n' H ₂ O (l)	0,018	720	13	0,070	50		
ΔSσ =					-360	ΔHf =	

→ Spreiding Scf + Opwarming S₀ :

DT 0		1	mol CO ₂ delven klaar	0,3	-0,4	-0,7
17	„	108	mol O ₂ doen	nvt	-40	nvt

DT 0		1 mol CO ₂ delven klaar	0,3	-0,4	-0,7
17		-111 mol CO ₂ doen	-34,4	41,5	77,4

tonkm verplaatsen

- vrachtwagen

Verplaatsen :	15	kg ijzeroxide	10
over	100	km	
Verplaatsen :	500	kg cement	4
Over	200	km	

Met VT 1 Vrachtwagen :

VT 1		1	1 vwtonkm klaar	1,2	-4,3	14,9
18		101,5	1 vwtonkm doen	122	-438	1.513

- binnenvaartschip

Verplaatsen :	100	kg gips, vliegas	8
over	200	km	
Verplaatsen :	500	kg cement	
over	200	km	

Met VT 14 Binnenvaartschip :

VT 14		1	bvstonkm klaar	3,44	-1,38	4,89
18		120	bvstonkm doen	413	-165	587



Klaar !

Bron :

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>

<https://www.project-leilac.eu/>

<https://www.cbr.be/nld/cbr-lixhe>