



Aanmaaktover 19c

AANMAKEN 1 TON SALPETERZUUR

PRIJS



275.743

Vraag

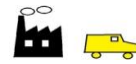
Wat is de prijs van het aanmaken van 1 ton salpeterzuur?

Antwoord

| | <i>Recept</i> | | $\Delta S\sigma$ [kJ/°K] | ΔS_{cf} [kJ/°K] | $\Delta S\theta$ [kJ/°K] |
|--------------------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | | 338 rijtjesfabrieken | 1514 | -1526 | 1886 |
| 2 | " | 1 rijtjeskantoren | 48 | -2 | 35 |
| 3 | " | 608 arbeiders | 393 | -243 | 354 |
| 4 | " | 1 hscarrier | in 18 | | |
| 5 | | 2,E+19 m ³ lucht | 0 | 0 | 0 |
| 6 | " | 197 kg aardgas grondstof | 2.312 | -234 | 354 |
| 7 | " | 78 kg dolomiet | 134.367 | -54.127 | 172.413 |
| 8 | " | 16 kg waterstof energie | in 17 | | |
| 9 | " | 444 kg water | 1.727 | 0 | 3 |
| 10 | " | 345 kg stikstof | nvt | -4.588 | nvt |
| 11 | " | 167 kg zuurstof | nvt | -1.945 | nvt |
| 12 | " | 5,0 kg dieselolie | in 18 | | |
| 13 | " | 384.004 kJ stroom | -156 | -169 | 1.375 |
| 14 | | 345 kg stikstof uit Omgeving | 14.299 | 0 | 0 |
| 15 | " | 414 kg O ₂ uit Omgeving | 1.459 | 0 | 0 |
| 16 | " | 197 kg H ₂ O naar Omgeving | 9.157 | 0 | 0 |
| 17 | | 1 ton salp.zuur maken | -7.952 | -2.587 | 6.568 |
| 18 | " | 1.000 tonkm doen | -29 | -71 | 213 |
| AMT 19c | | 1 ton salp.zuur aanmaken | 157.296 | -63.379 | 181.826 |



Gereedschappen



1

338 rijtjesfabrieken





| Inzetstaat Rijtjesfabriek | | | | | |
|---------------------------|------------|--------|-----|-----|--------|
| C | Tp.e. | Tg | fn | fo | fg |
| [p.e./jaar] | [sec/p.e.] | [jaar] | [-] | [-] | [-] |
| 8,E+05 | 3,E+01 | 75 | 135 | 2,5 | 6,E-06 |

Toelichting:

- productie-eenheid p.e. = 1 ton salpeterzuur
- C = 8,E+05 p.e./jaar
- T p.e. = $300 \cdot 24 \cdot 3600 / C$ sec/p.e.
- fn = oppervlakte hele complex / opp. 1 rijtjesfabriek
- waarin O r.f. = 10.000 m² MT 3
- fo : het gehele complex heeft gemiddeld 2,50 maal de hoogte rijtjesfabriek schatting

- n r.f. = $\sum f_n \cdot f_o =$ 338 rijtjesfabrieken
- $f_g = (1/(C \cdot T_g)) \cdot f_n \cdot f_o$
- $f_t = \sum \text{p.e.} / \sum \text{p.e. daarna} =$ 0,16 toedelingsfactor 't Overzicht
- ΔS inzet ger./p.e. = $f_t \cdot f_g \cdot \text{AT 2 Rijtjesfabriek}$ [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 | 2,E+03 | -2,E+03 | 2,E+03 |
| 2 | 0,67 | rijtjeskantoren | | | | |

| Inzetstaat Rijtjeskantoor | | | | | |
|---------------------------|------------|--------|-----|------|--------|
| C | Tp.e. | Tg | fn | fo | fg |
| [p.e./jaar] | [sec/p.e.] | [jaar] | [-] | [-] | [-] |
| 8,E+05 | 3,E+01 | 75 | 608 | 0,20 | 7,E-08 |

Toelichting:

- f_n : de fabriek heeft 608 arbeiders
- 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. = $f_t \cdot f_g \cdot \text{AT RK}$ [kJ/°K . p.e]
- n r.k. = $f_t \cdot f_n \cdot f_o / 30 =$ 0,67 rijtjeskantoren

Met AT 3 Rijtjeskantoor :

| | | | | | | |
|----------|---|------------------|--------------------|--------|---------|--------|
| AT 3 |  | 1 | r.kantoor afspelen | 7,E+08 | -3,E+07 | 5,E+08 |
| 2 |  | 7,E-08 | r.kantoren doen | 48 | -2 | 35 |
| 3 | 608 | arbeiders | | | | |



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

| Inzetstaat Mens | | | | | |
|-----------------|------------|--------|-----|-----|--------|
| C | Tp.e. | Tg | fn | fo | fg |
| [p.e./jaar] | [sec/p.e.] | [jaar] | [-] | [-] | [-] |
| 8,E+05 | 3,E+01 | 45 | 608 | 3,9 | 7,E-05 |

Toelichting:

- $f_n =$ bezetting 1 r.fabriek * n r.f.
- $f_o =$ fuitbesteding * fkostwinner 3,9 want
 . uitbestedingsfactor is 1,3
 . 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. = $f_t \cdot f_g \cdot \text{AT Mens}$ [kJ/°K . p.e.]

Met AT Mens:

| | | | | | | |
|----------|---|------------------|---------------|--------|---------|--------|
| AT Mens |  | 1 | mens afspelen | 3,E+07 | -2,E+07 | 2,E+07 |
| 3 |  | 1,E-05 | mens doen | 393 | -243 | 225 |
| 4 | 1 | hscarrier | | | | |

De productie wordt per carrier afgevoerd naar een klant.

s = 1.000 km

Dit wordt doorberekend in

18



Men Neme



5 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.

6 197 kg aardgas als grondstof

't Overzicht

Met DT 4 Aardgas

| | | | | | | |
|------|---|-------|---------------------|--------|--------|-------|
| DT 4 |  | 1 | ton gas halen klaar | 11.727 | -1.188 | 1.797 |
| 6 | „ | 0,197 | ton gas nemen | 2.312 | -234 | 354 |

Toelichting:

- ft is toegepast


7 **78** **kg dolomiet**

Dolomiet is een soortemet van mergel.
Het wordt tot poeder gemalen en gemengd met ammoniumnitraat tot een kunstmest.



't Overzicht

Met DT 7 Kalksteen

| | | | | | | |
|------|---|----|-------------------|---------|---------|---------|
| DT 7 |  | 1 | ton mergel delven | 1.728 | -696 | 2.217 |
| 7 | „ | 78 | ton dolomiet doen | 134.367 | -54.127 | 172.413 |

Toelichting:

- ft is toegepast

8 **16** **kg waterstofgas voor energie**

17

De ammoniumvorming vraagt veel warmte
Hiervoor wordt proceswaterstofgas verbrand.

E ammonium = 5.540.057 kJ
Verbranding 0,83 kg H₂ geeft 100.000 kJ warmte
Voor 2.545 kg NH₃ nodig 46 kg H₂

't Overzicht

KT 5



Zie verder

17

9 **444** **kg water**

't Overzicht

Met DT 9 Drinkwater :

| | | | | | | |
|------|---|------|-----------------------|-------|----|---|
| DT 9 |  | 1 | ton water halen klaar | 3.892 | -1 | 6 |
| 9 |  | 0,44 | ton water halen doen | 1.727 | 0 | 3 |

Toelichting:



- ft is toegepast

10 **345** **kg stikstof**

't Overzicht

De stikstof wordt uit de dampkring gehaald.

Met DT 0 Kooldioxide :

| | | | | | | |
|------|---|--------|----------------------------------|------|--------|-------|
| DT 0 |  | 1 | mol CO ₂ delven klaar | 0,31 | -0,37 | -0,69 |
| 10 |  | 12.324 | mol N ₂ doen | nvt | -4.588 | nvt |

Toelichting:



- ft is toegepast

11 **167** **kg zuurstof**

't Overzicht

De zuurstof wordt uit de dampkring gehaald.

Met DT 0 Kooldioxide :

| | | | | | | |
|------|---|-------|----------------------------------|------|--------|-------|
| DT 0 |  | 1 | mol CO ₂ delven klaar | 0,31 | -0,37 | -0,69 |
| 11 |  | 5.226 | mol O ₂ doen | nvt | -1.945 | nvt |

Toelichting:

- ft is toegepast

12 **5,0** **kg dieselolie**

Vrachtschip neemt 0,0050 kg dieselolie/tonkm VT 2.6
Totaal 5,0 kg dieselolie

Zie verder



18

13 **384.004** **kJ stroom**

Stroom voor aandrijving alle meng- en roerwerktuigen.

$n_{el.motor} = n_{r.fabriek} \cdot 24 = 8100$ MT 2
 $P_{el.motor} = 10$ kJ/s "
 $E_{stroom/p.e.} = ft \cdot (250.24.3600/C) \cdot n \cdot P = 384.004$ kJ/p.e.

Met AMT 4 Fossielstroom :




| | | | | | | |
|-------|---|---------|------------------------|---------|---------|--------|
| AMT 4 |  | 1 | kJ fossielstroom aanma | -0,0004 | -0,0004 | 0,0036 |
| 13 |  | 384.004 | kJ fossielstroom doen | -156 | -169 | 1.375 |

Toelichting:

- ft is toegepast



Pandgeld

| | | | | | | |
|--------------------|---|--------|------|-----|--------------------------|--------------|
| 14 |  | 14.299 | voor | 345 | kg stikstof uit Omgeving | 't Overzicht |
| 15 |  | 1.459 | voor | 414 | kg zuurstof uit Omgeving | " |
| 16 |  | 1.507 | voor | 197 | kg water naar Omgeving | " |

Toelichting:

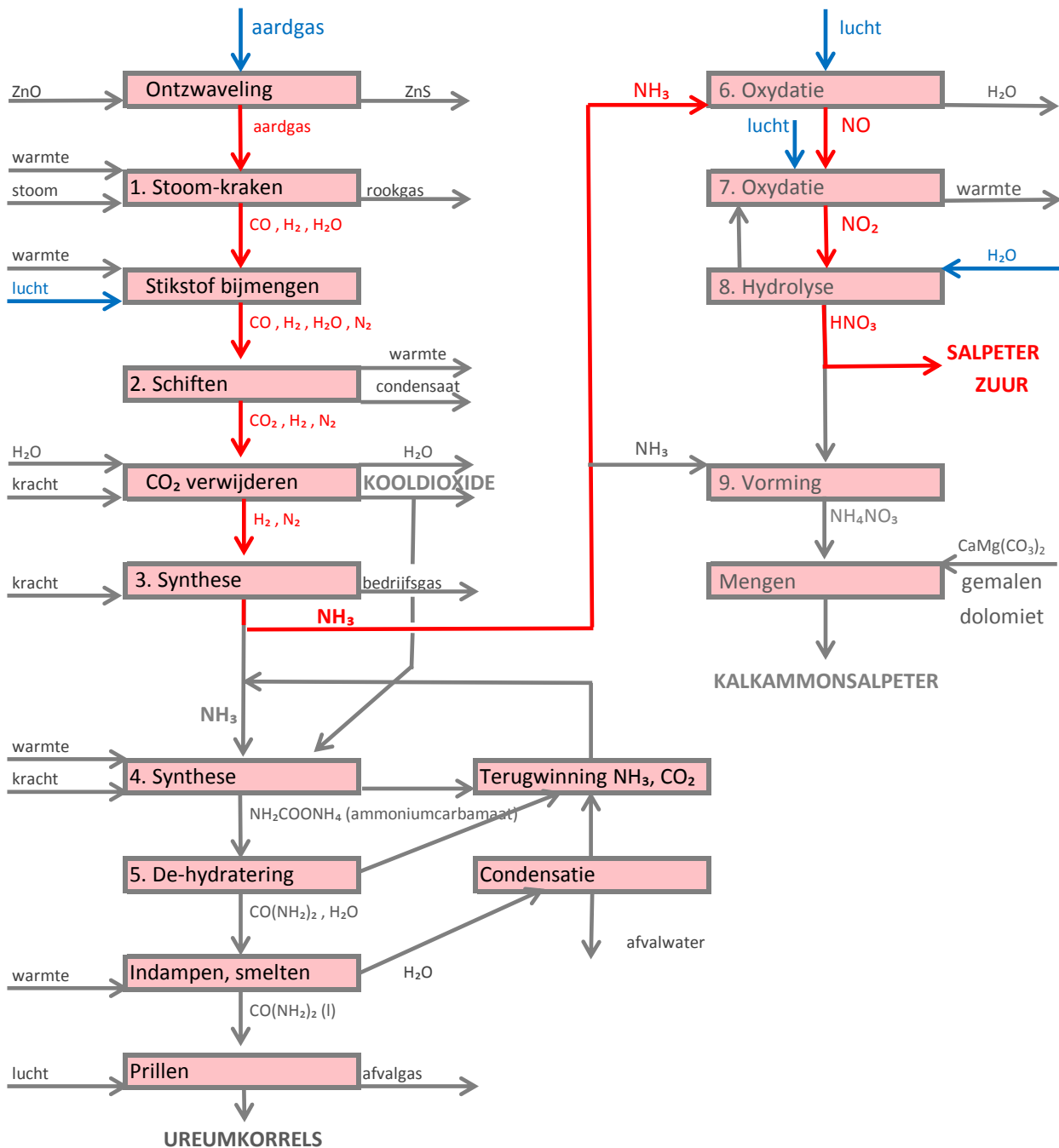
- ft is toegepast



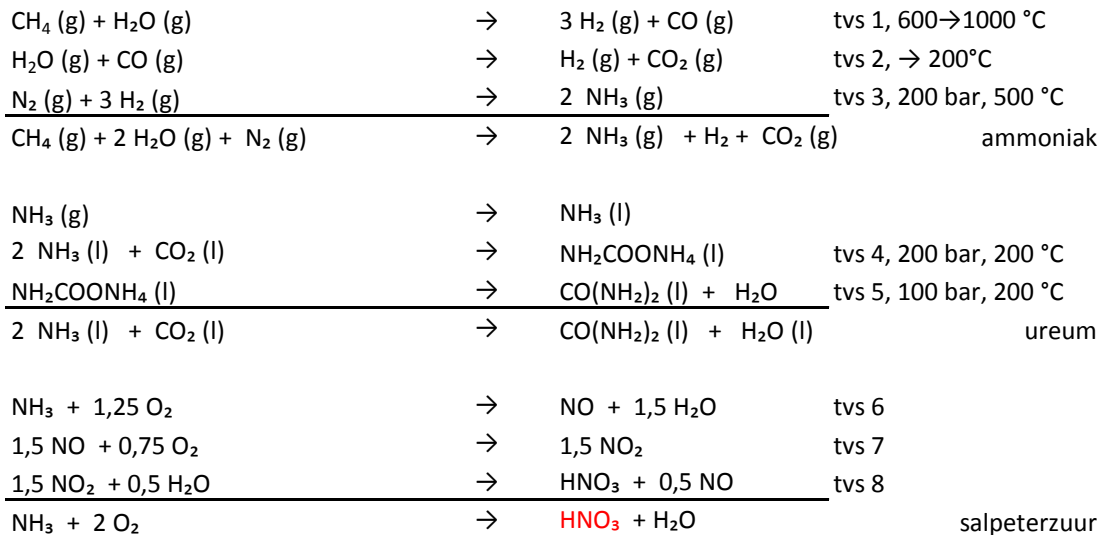
Roeren & Meng

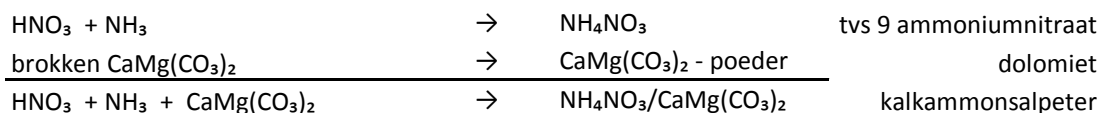


| | | |
|--------------------|---|------------------------|
| 17 | 1 | ton salpeterzuur maken |
|--------------------|---|------------------------|



● **Vorming So :**





| <i>'t Overzicht</i> | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|---------|--------|------------------------|--------------------|----------------|---------|
| Termen reactievlg] | M [kg/mol] | n | m [kg] | S σ [kJ/°K.mol] | S σ [kJ/°K] | Hf [kJ/mol] | Hf [kJ] |
| Vóór | | | | | | | |
| CH ₄ | 0,016 | 74.866 | 1.198 | 0,186 | 13.925 | -75 | -6,E+06 |
| H ₂ O(g) | 0,018 | 149.731 | 2.695 | 0,188 | 28.149 | -242 | -4,E+07 |
| N ₂ | 0,028 | 74.866 | 2.096 | 0,191 | 14.299 | 0 | |
| CaMg(CO ₃) ₂ | | | 472 | | | | |
| O ₂ (proces) | 0,032 | 31.746 | 2.150 | 0,205 | 6.508 | 0 | |
| O ₂ (energie) | 0,032 | 11.496 | 368 | 0,205 | 2.357 | | |
| Na | | | | | | | |
| NH ₃ (g) | 0,017 | 149.731 | 2.545 | 0,193 | 28.898 | -46 | -7,E+06 |
| H ₂ | 0,002 | 74.866 | 150 | 0,130 | 9.733 | 0 | |
| CO ₂ (g) | 0,044 | 74.866 | 3.294 | 0,213 | 15.946 | -393 | -3,E+07 |
| CaMg(CO ₃) ₂ | | | 472 | | | | |
| O ₂ (proces) | 0,032 | 31.746 | 2.150 | 0,205 | 6.508 | 0 | |
| O ₂ (energie) | 0,032 | 11.496 | 368 | 0,205 | 2.357 | | |
| Daarna | | | | | | | |
| NH ₃ (l) | 0,017 | 78.740 | 1.339 | 0,097 | 7.598 | -80 | -6,E+06 |
| H ₂ (vrij) | 0,002 | 51.874 | 104 | 0,130 | 6.744 | 0 | |
| CO ₂ (l) | 0,044 | 7.606 | 335 | 0,155 | 1.179 | -403 | -3,E+06 |
| CO ₂ (g) | 0,044 | 57.418 | 2.526 | 0,213 | 12.230 | -393 | -2,E+07 |
| CO(NH ₂) ₂ (l) | 0,060 | 9.843 | 591 | 0,105 | 1.033 | -334 | -3,E+06 |
| HNO ₃ | 0,063 | 15.873 | 1.000 | 0,155 | 2.460 | -173 | -3,E+06 |
| NH ₄ NO ₃ | 0,080 | 17.717 | 1.417 | 0,151 | 2.675 | -365 | -6,E+06 |
| CaMg(CO ₃) ₂ | | | 472 | | | | |
| H ₂ O (l)(proces) | 0,018 | 25.716 | 782 | 0,188 | 4.835 | -285 | -7,E+06 |
| H ₂ O (l)(energie) | 0,018 | 22.991 | 414 | 0,188 | 4.322 | | |
| $\Delta S_{\sigma} =$ | | | | | -24.127 | $\Delta H_f =$ | -1,E+07 |

$$\Delta S_{\sigma \text{ p.e.}} = -3.972 \text{ kJ/}^{\circ}\text{K . p.e.}$$

$$\Delta H_f = -1.631.023 \text{ kJ/p.e.} \quad \text{exotherm}$$

Toelichting:

- het fabriekscomplex produceert per jaar:

| | | | |
|--------------|--|-------|------|
| ammoniak | NH ₃ | 1.700 | kton |
| kooldioxide | CO ₂ (l) | 425 | „ |
| ureum | CO(NH ₂) ₂ (l) | 750 | „ |
| salpeterzuur | HNO ₃ | 1.270 | „ |
| KAS | NH ₄ NO ₃ /CaMg(CO ₃) ₂ | 1.800 | „ |

- KAS staat voor kalkammonsalpeter, een mengsel van 75 massa% ammoniumnitraat NH₄NO₃ en 25 massa% dolomiet CaMg(CO₃)₂



- ft is toegepast

- ΔH_f is exclusief de verbranding van waterstof voor proceswarmte, zie daarvoor

● **Spreiding ΔS_{cf} en Opwarming ΔS_{θ} :**

> kooldioxide naar Omgeving

Met DT 0 Kooldioxide:



| | | | | | | |
|------|---|--------|----------------------------------|--------|-------|-------|
| DT 0 |  | 1 | mol CO ₂ delven klaar | 0,31 | -0,37 | -0,69 |
| 17 |  | -9.452 | mol CO ₂ doen | -2.921 | 3.519 | 6.568 |

Toelichting:

- ft is toegepast

> stikstof uit Omgeving

Met DT 0 Kooldioxide:

| | | | | | | |
|------|---|--------|----------------------------------|--------|--------|--------|
| DT 0 |  | 1 | mol CO ₂ delven klaar | 0,31 | -0,37 | -0,69 |
| 17 |  | 12.324 | mol N ₂ doen | n.v.t. | -4.588 | n.v.t. |

Toelichting:

- alleen de spreidingskolom is van toepassing, want geen reactie in de oceaan en geen broeikas effect



- zie voor het pandgeld uit de vormingskolom

Pandgeld

- ft is toegepast

● **Doen 16 kg waterstofgas verbranden 8**

Met KT5 Waterstofgas :

| | | | | | | |
|------|---|------|-----------------------|--------|--------|---|
| KT 5 |  | 0,83 | kg waterstofgas klaar | -54 | -77 | 0 |
| 17 |  | 16 | kg waterstofgas doen | -1.060 | -1.518 | 0 |

Toelichting:

- ft is toegepast

18 1.000 tonkm doen

Toelichting:



- ft is toegepast

● HScarrier :

Verplaatsen : 1,0 p.e.

over 1.000 km 4

Met VT 3 HScarrier :

| | | | | | | |
|------|---|-------|----------------------|-------|-------|------|
| VT 3 |  | 1 | hscarriertonkm klaar | -0,03 | -0,07 | 0,21 |
| 18 |  | 1.000 | hscarriertonkm doen | -29 | -71 | 213 |



Klaar !



Bronnen :

[https://nl.wikipedia.org/wiki/Nederlandse_Stikstof_Maatschappij_\(NSM\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Nederlandse_Stikstof_Maatschappij_(NSM))

<https://www.yara.nl/over-yara/yara-in-de-benelux/yara-sluiskil/>

<https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/large-volume-inorganic-chemicals-ammonia-acids-and-fertilisers>