

Vurdere synteseruter for fremstilling av kalsiumhydroksid ut ifra noen prinsipper for grønn kjemi

Grønn kjemi handler kort fortalt om å designe kjemiske produkter og prosesser der man i så stor grad som mulig unngår at det brukes eller dannes farlige stoffer. Innen grønn kjemi jobber man for økt bærekraft gjennom å forbedre eksisterende kjemiske prosesser og å utvikle nye og mer miljøvennlige prosesser.

Tolv prinsipper for grønn kjemi

Paul Anastas og James Warner introduserte de tolv prinsippene for grønn kjemi i boken «Green Chemistry: Theory and practice» i 1998. De tolv prinsippene er ment som verktøy når nye prosesser skal utvikles eller allerede eksisterende prosesser skal forbedres. Prinsippene kan også brukes til å vurdere to prosesser opp mot hverandre.

Det er ikke alltid at det er hensiktsmessig å bruke alle prinsippene og i denne oppgaven skal du vurdere de to syntesrutene for fremstilling av kalsiumhydroksid ut ifra fem av prinsippene for grønn kjemi, prinsipp 1, 2, 3, 6 og 12. De fem prinsippene er forklart kort nedenfor. Du finner en fullstendig oversikt over alle de tolv prinsippene på norsk her: <https://chesse.org/no/gronn-kjemi/hva-er-gronn-kjemi/> og på engelsk her: <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/principles/12-principles-of-green-chemistry.html>

Prinsipp 1 – Avfallsforebygging

Det er bedre å unngå å danne avfall enn å rydde opp avfall som har blitt dannet. En mye brukt metode for å vurdere avfallsmengden fra en kjemisk prosess er å beregne e-faktoren. E-faktoren tar utgangspunkt i utbyttet i reaksjonen samt alle utgangsstoffer og løsemidler som brukes, men det er ikke vanlig å ha med mengden vann som brukes.

$$e - \text{faktor} = \frac{\text{masse utgangsstoffer inkludert løsemidler} - \text{masse produkt}}{\text{masse produkt}}$$

E-faktoren forteller oss hvor mange kg avfall som dannes for hvert kg med produkt, og jo høyere e-faktoren er, desto større er avfallsmengden.

Eksempel på beregning av e-faktor

I en syntese av ammoniumklorid ble det brukt 0,7 g NH_3 og 3,5 g HCl . Det ble dannet 1,8 g ammoniumklorid.

$$e - \text{faktor} = \frac{\text{masse reaktanter} - \text{masse ønsket produkt}}{\text{masse ønsket produkt}} = \frac{0,7 \text{ g} + 3,5 \text{ g} - 1,8 \text{ g}}{1,8 \text{ g}} = 1,3$$

En E-faktor på 1,3 forteller oss at det dannes 1,3 kg avfall per kg produkt.

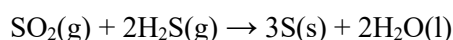
Prinsipp 2 – atomeffektivitet / atomøkonomi

Atomeffektivitet (AE) gir oss et raskt overblikk over hvor effektiv en reaksjon er, ved at den viser oss hvor stor andel av atomene i utgangsstoffene som ender opp i produktene. Atomeffektivitet er en teoretisk beregning og tar ikke hensyn til utbyttet.

$$AE(\%) = \frac{\text{Molar masse}_{\text{produkter}}}{\text{Molar masse}_{\text{utgangsstoffer}}} \cdot 100 \%$$

Eksempel på beregning av atomeffektivitet

Hva er atomeffektiviteten for fremstilling av svovel fra svoveldioksid og hydrogensulfid?



$$AE(\%) = \frac{3 \cdot M_{\text{svovel}}}{M_{\text{svoveldioksid}} + 2 \cdot M_{\text{hydrogensulfid}}} \cdot 100 \% = \frac{3 \cdot 32,06 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{64,06 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 2 \cdot 34,076 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100 \% = 72,7 \%$$

Som betyr at teoretisk vil 72,7 % av massen av atomene i utgangsstoffene ende opp i produktet.

Prinsipp 3 – Mindre farlige synteser

For å forhindre ulykker er det et mål innenfor grønn kjemi at kjemikaliene som benyttes er så lite farlige for mennesker og miljøet som mulig. Alle kjemikalier har et sikkerhetsdatablad der man finner farepiktogrammer, varselord og faresetninger, som gir en rask oversikt over farene ved stoffene.

Prinsipp 6 – Design for energieffektivitet

Å redusere energibruken i kjemiske prosesser er både en miljømessig og en økonomisk fordel. Ut ifra prinsippet om design for energieffektivitet er det mest bærekraftig om reaksjoner kan gjennomføres ved romtemperatur og vanlig trykk, og at det brukes så lite energi som mulig i prosessen.

Prinsipp 12 – Tryggere kjemi for ulykkesforebygging

For å minimere risikoen for uhell bør man velge trygge prosesser i tillegg til trygge kjemikalier.

Vurderingsmatrise

Synteserute Prinsipp	Fremstilling fra kalsium, Ca(s)	Fremstilling fra kalsiumklorid og natriumhydroksid
1 – Avfalls-forebygging		
2 – Atomeffektivitet		
3 – Mindre farlige synteser		
6 – Design for energieffektivitet		
12 – Tryggere kjemi for ulykkes-forebygging		

Vurdering / konklusjon

Skriv en begrunnet vurdering og konkluder med hvilken av de to synteserutene som du mener er mest bærekraftig ut ifra de fire prinsippene for grønn kjemi som du har brukt.