

Kort om grønn kjemi

Grønn kjemi handler om å designe kjemiske produkter og prosesser der man i så stor grad som mulig unngår at det brukes eller dannes farlige stoffer. Innenfor grønn kjemi jobber man for økt bærekraft gjennom å forbedre eksisterende kjemiske prosesser og å utvikle nye og mer miljøvennlige prosesser. I den senere tid har mange fått øynene opp for grønn kjemi da det har vist seg at man både kan nå miljømessige mål og økonomiske mål samtidig ved å bruke de 12 prinsippene for grønn kjemi når kjemiske prosesser skal designes eller forbedres.

12 Prinsipper for grønn kjemi

Det er 12 prinsipper for grønn kjemi: 1. Avfallsforebygging. 2. Atomøkonomi. 3. Mindre farlige kjemiske synteser. 4. Lag tryggere kjemikalier. 5. Bruk tryggere løsemidler og hjelpestoffer. 6. Energieffektivitet. 7. Bruk fornybare råmaterialer. 8. Minimer derivatisering. 9. Katalyse. 10. Design for nedbryting. 11. Sanntidsanalyse og overvåking. 12. Tryggere kjemikalier og prosesser for ulykkesforebygging.

Nedenfor er en kort beskrivelse av seks av prinsippene. Du kan lese om alle de 12 prinsippene her: <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/principles/12-principles-of-green-chemistry.html>

1. Avfallsforebygging

Det er bedre å unngå å danne avfall enn å rydde opp avfall som har blitt dannet. I industrien produseres det enorme mengder avfall i ulike kjemiske reaksjoner og ved å redusere avfallsmengden kan man skåne miljøet. En 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, hjelpestoffer og løsemidler som brukes (men det er ikke vanlig å inkludere vann som brukes).

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

Jo høyere e-faktoren er, jo større er avfallsmengden og en høy E-faktor betyr at prosessen har en større negativ miljøpåvirkning. Ved å se på E-faktoren for ulike kjemiske prosesser har man blitt mer bevisst på hvilke av prosessene som skaper mye avfall. Da har man kunnet arbeide med å forbedre de prosessene som skaper mest avfall.

2. Atomøkonomi

For å sørge for en bærekraftig utvikling, ønsker man å bruke minst mulig råmaterialer i kjemiske reaksjoner. Da er det en fordel om de fleste atomene fra utgangsstoffene ender opp i produktene. Dette kaller vi atomøkonomi eller atomeffektivitet. 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.

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

3. Mindre farlige kjemiske synteser

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

5. Bruk tryggere løsemidler og hjelpestoffer

Mange vanlige løsemidler er giftige, brannfarlige eller etsende. Den store bruken av løsemidler har ført til forurensninger av både i luft, jord og vann. Bruken av løsemidler har også økt risikoen for de som arbeider med disse stoffene, og det har vært flere alvorlige ulykker knyttet til bruken av løsemidler.

Det jobbes mye for å lage løsemiddelfrie metoder eller metoder der man kun bruker vann som løsemiddel. Dette regnes som grønne metoder.

6. Energieffektivitet

Å redusere energibruken i kjemiske prosesser er både en miljømessig og en økonomisk fordel. Ut ifra prinsippet om energieffektivitet er det en fordel om reaksjoner kan gjennomføres ved romtemperatur og vanlig trykk.

12. Tryggere kjemikalier og prosesser for ulykkesforebygging

I tillegg til kjemikalier, er det et mål at de ulike arbeidsoperasjonene bør ha en så lav risiko som mulig.

Eksempel på beregning av E-faktor

I en syntese av benzosyre fra benzaldehyd ble det brukt 0,7 g benzaldehyd, 2 g oksidasjonsmiddel, 4,50 gram butanol, 0,8 g maursyre og 50 g vann. Det ble dannet 0,44 g benzosyre.

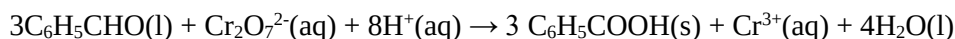
$$E - faktor = \frac{0,7\text{ g} + 2\text{ g} + 4,50\text{ g} + 0,8\text{ g} - 0,44\text{ g}}{0,44\text{ g}} = 17,2$$

En E-faktor på 17,2 forteller oss at det dannes 17,2 kg avfall per kg produkt.

Eksempel på beregning av atomeffektivitet

Oksidasjon av benzaldehyd til benzosyre med natriumdikromat i svovelsyre (kromsyreareagens).

Reaksjonsligningen er:



Formel oksidasjonsmiddel: $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(\text{s})$, molar masse: 262 g/mol.

H^+ kommer fra H_2SO_4 med molar masse: 98,1 g/mol. $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_4^-$

I ligningen setter vi bare inn ønsket produkt, ikke alle produkter.

$$\begin{aligned} AE(\%) &= \frac{\text{Molar masse}_{\text{ønsket produkter}}}{\text{Molar masse}_{\text{utgangsstoffer}}} \cdot 100\% = \frac{3 \cdot M_{\text{benzosyre}}}{3 \cdot M_{\text{Benzaldehyd}} + M_{\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} + 8 \cdot M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \cdot 100\% \\ &= \frac{3 \cdot 122,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{3 \cdot 106,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 262 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 8 \cdot 98,1 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 100\% = 26,8\% \end{aligned}$$