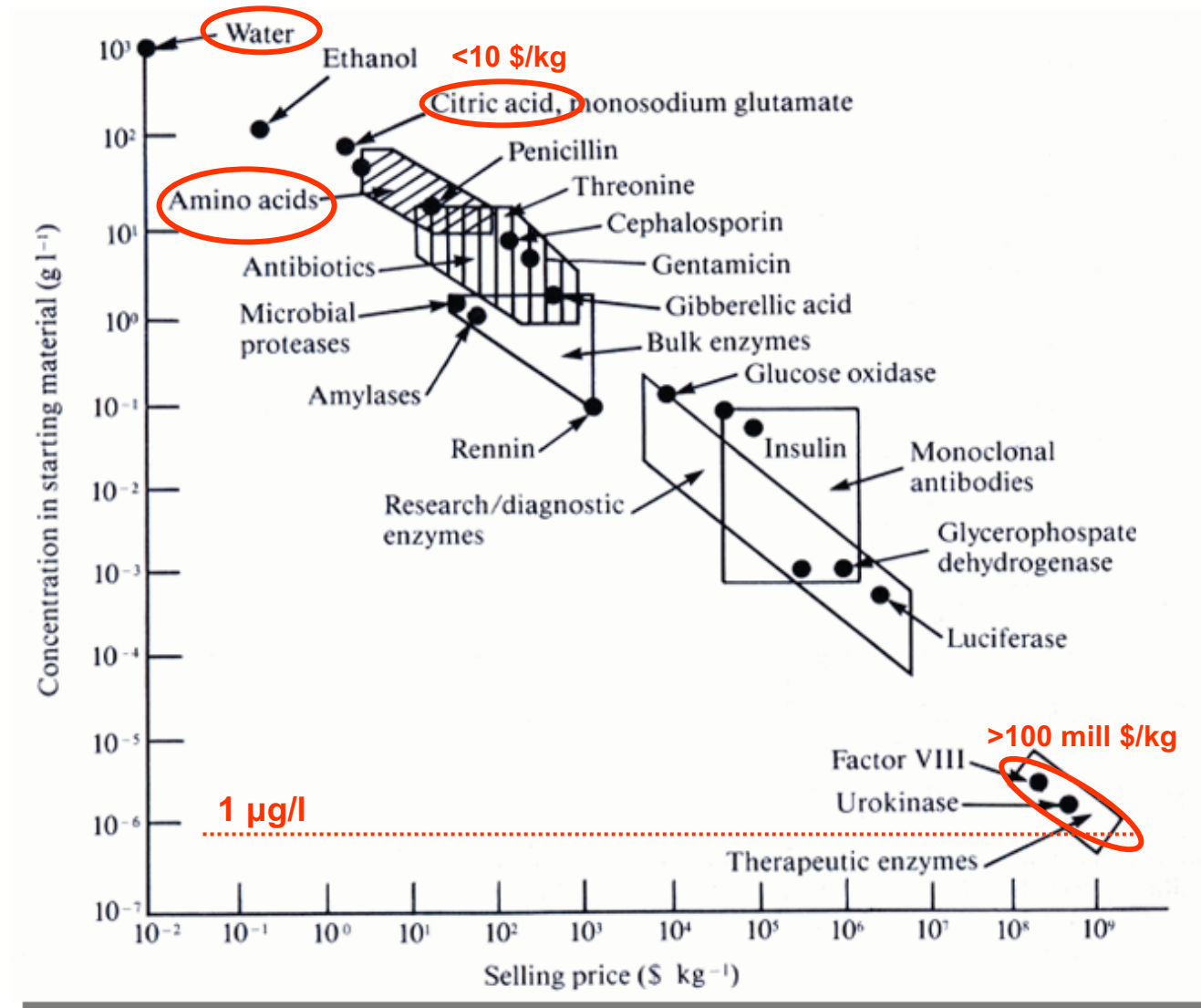


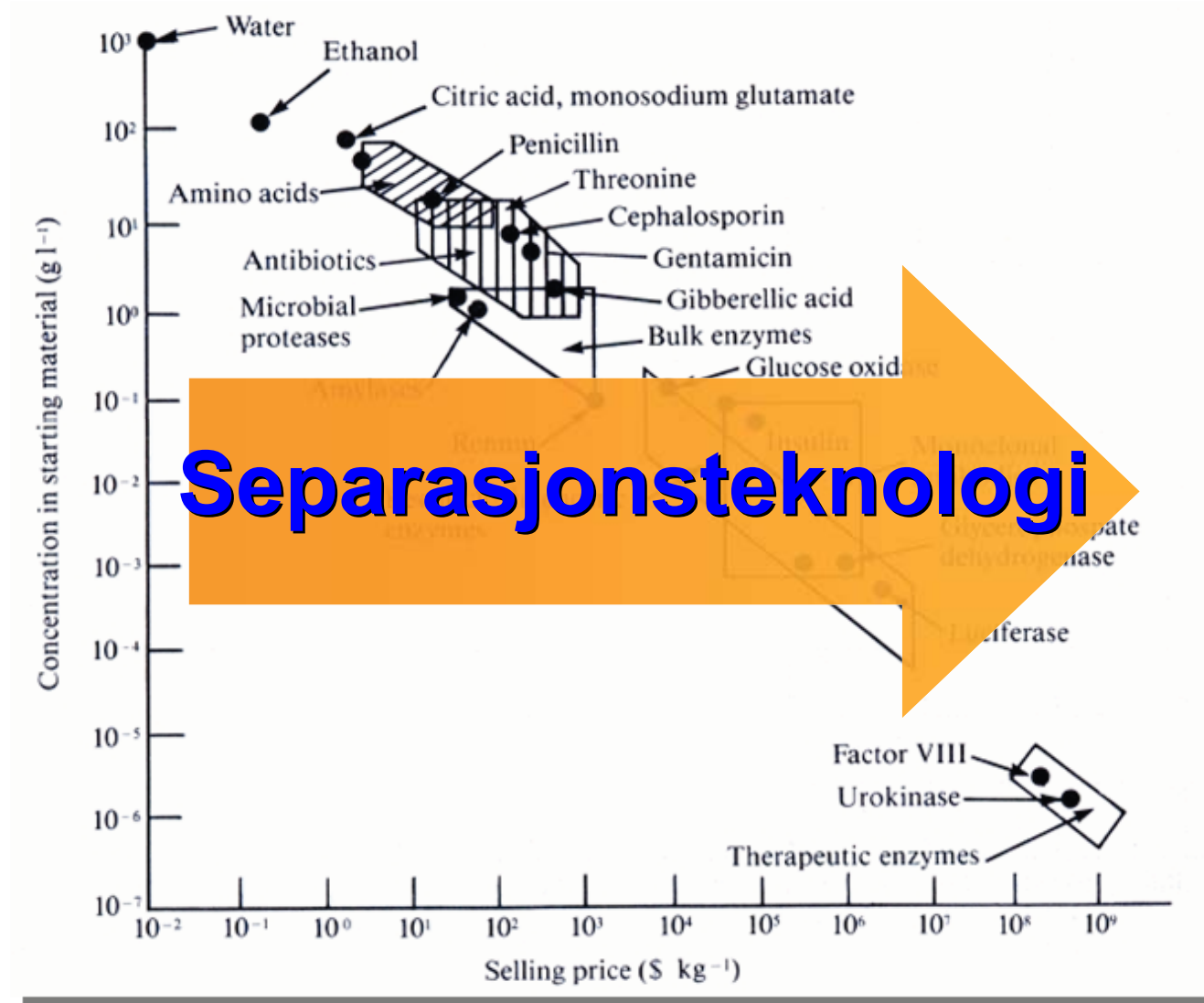
Separasjonsteknologi for fremstilling av høykostprodukter

Svein A. Mjøs
Fiskeriforskning

Sammenheng mellom pris for rent produkt og mengde i råstoffet



Sammenheng mellom pris for rent produkt og mengde i råstoffet



Separasjonsteknologi for høykostprodukter

Mye å velge i:

Ekstraksjon

- Klassisk' ekstraksjon (væske/væske eller væske/fast)
- **Ekstraksjon med faste faser**
- **Superkritisk ekstraksjon**

Kromatografi:

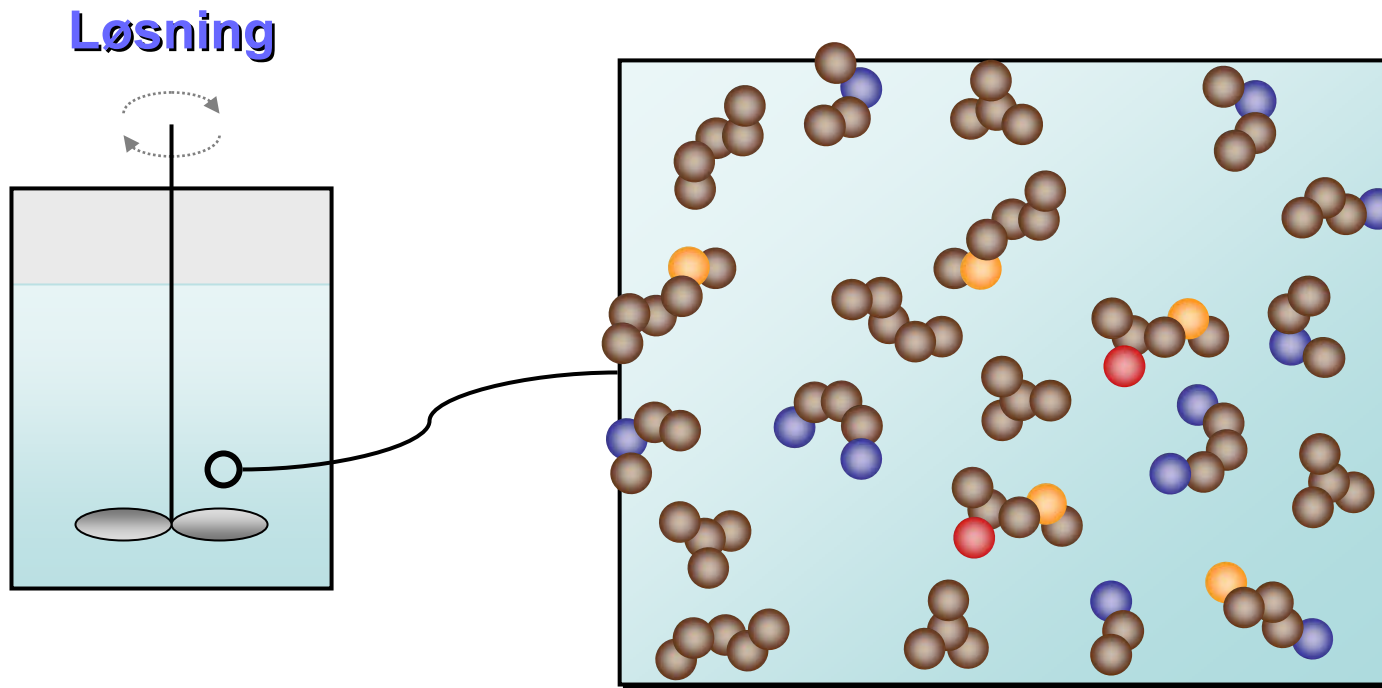
- **Kromatografi med faste faser**
- Væske/væske-kromatografi
- Superkritisk kromatografi/fraksjonering
- **Moving bed / Simulated moving bed (SMB)**

Annet:

- Filtrering
- Elektroforese
- Destillasjon
- ++

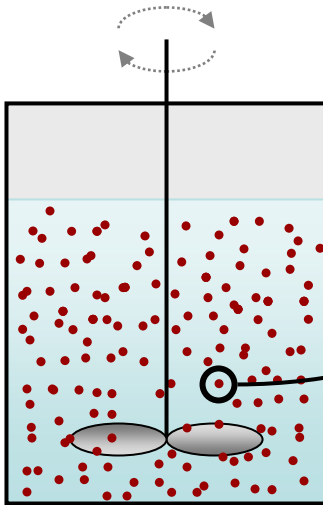
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

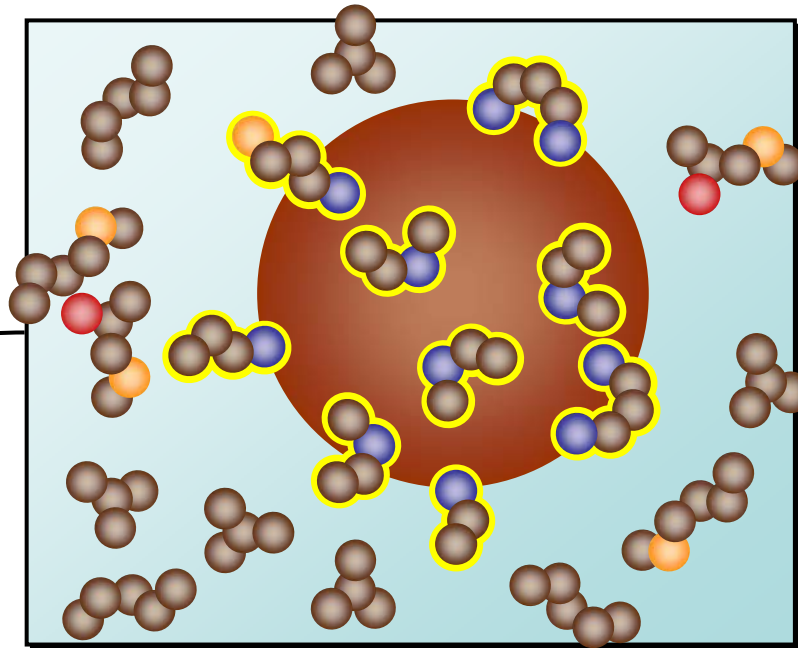


Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

Tilsett fast fase

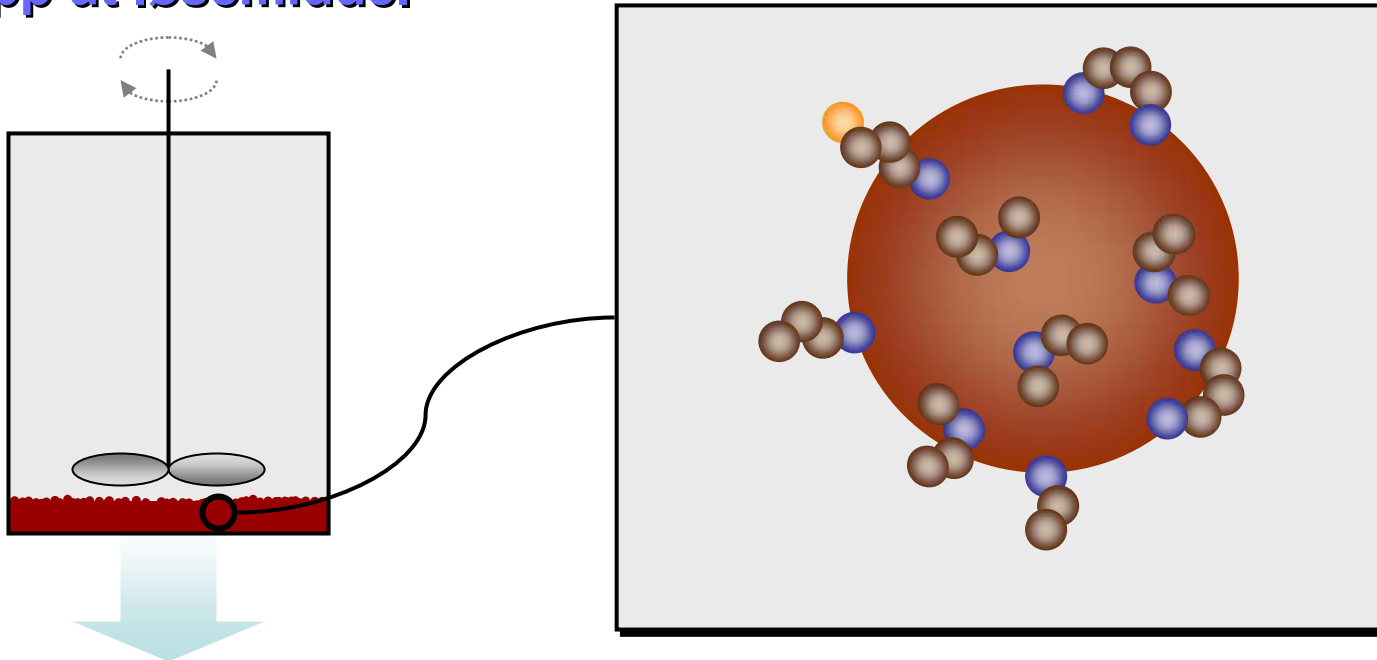


Molekyler med spesielle egenskaper bindes til fasen



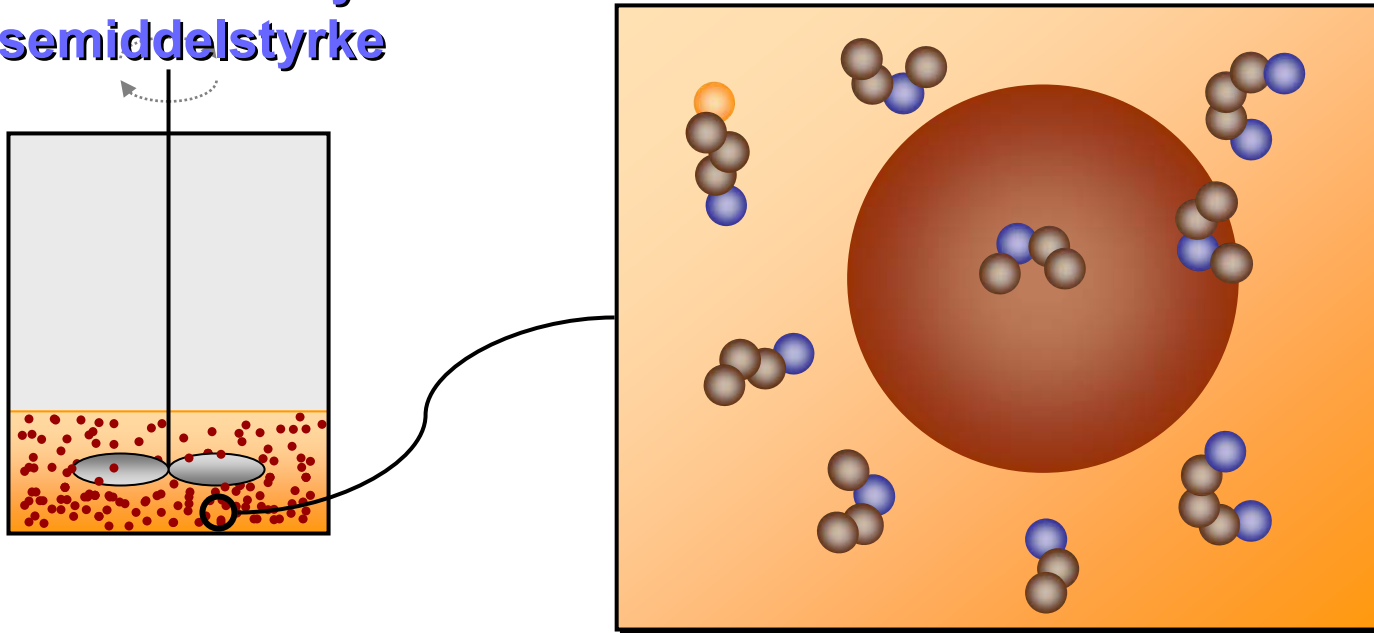
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

Tapp ut løsemiddel



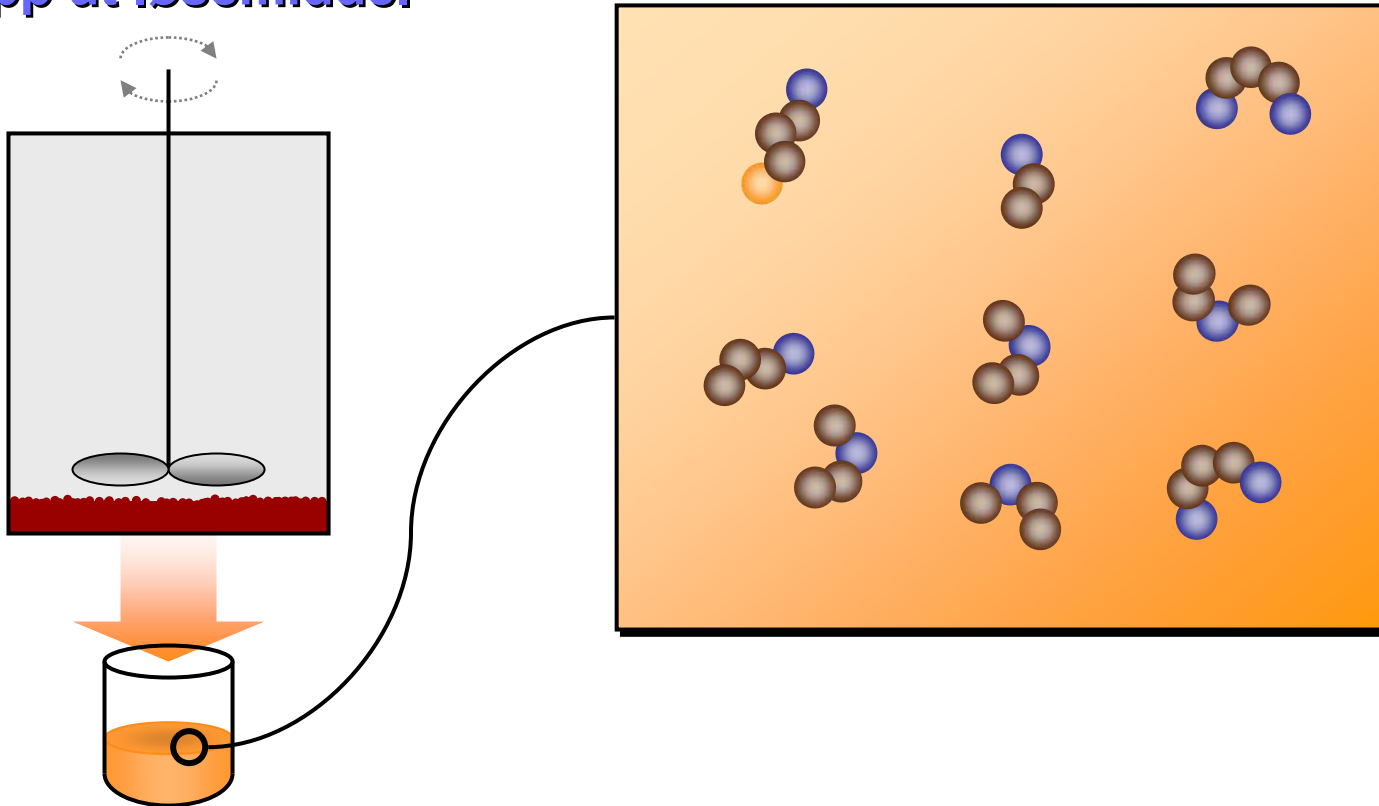
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

Ekstraher med høyere løsemiddelstyrke

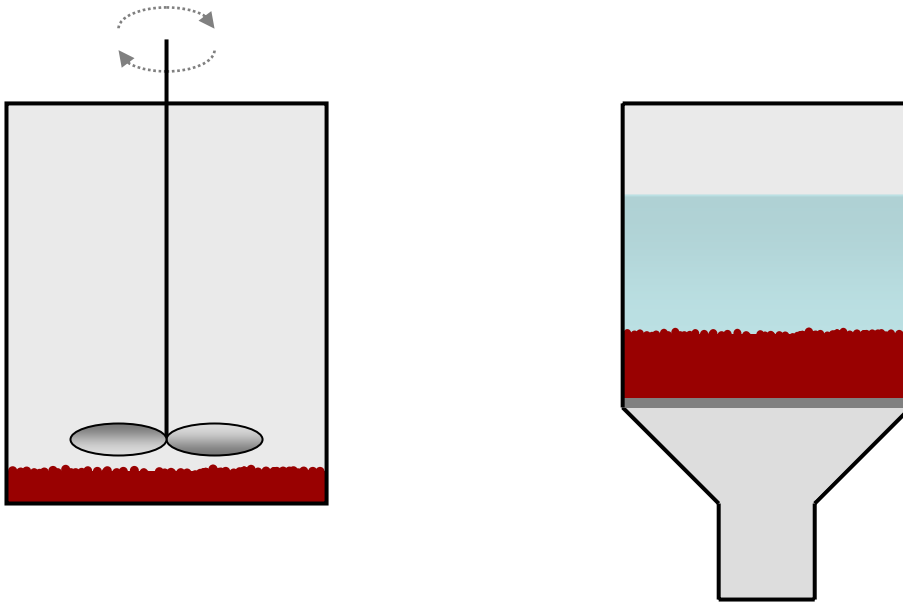


Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

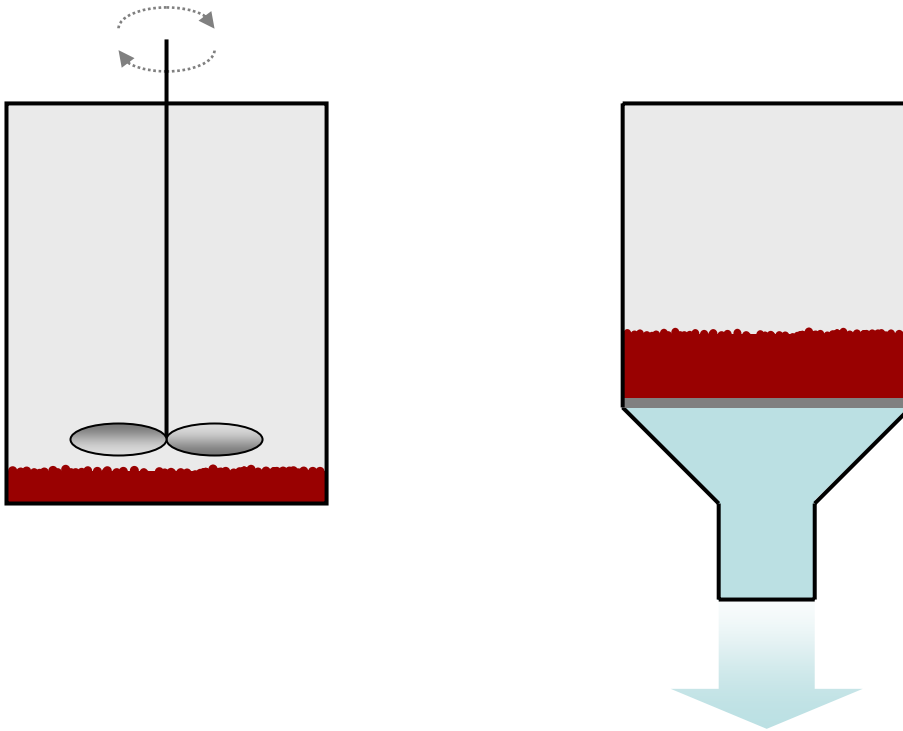
Tapp ut løsemiddel



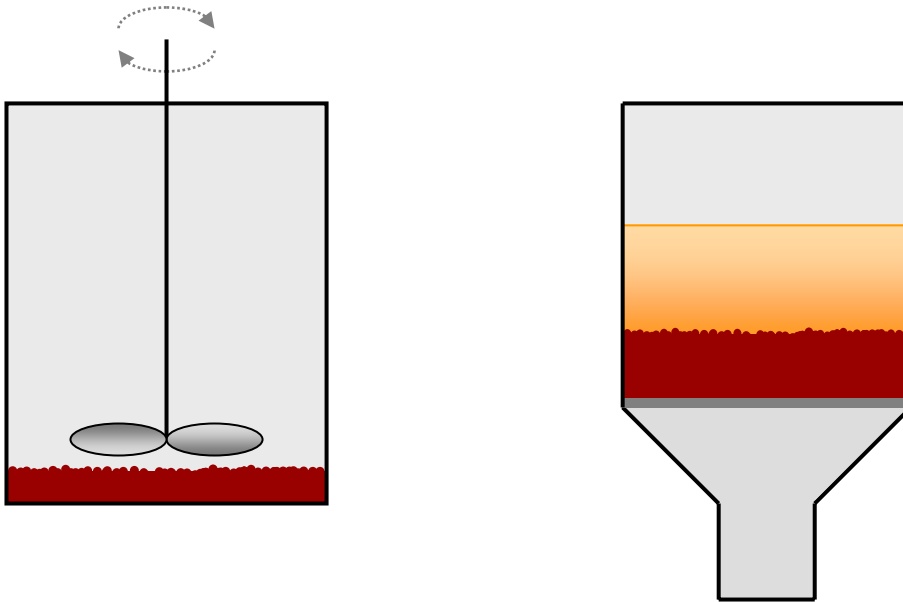
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser



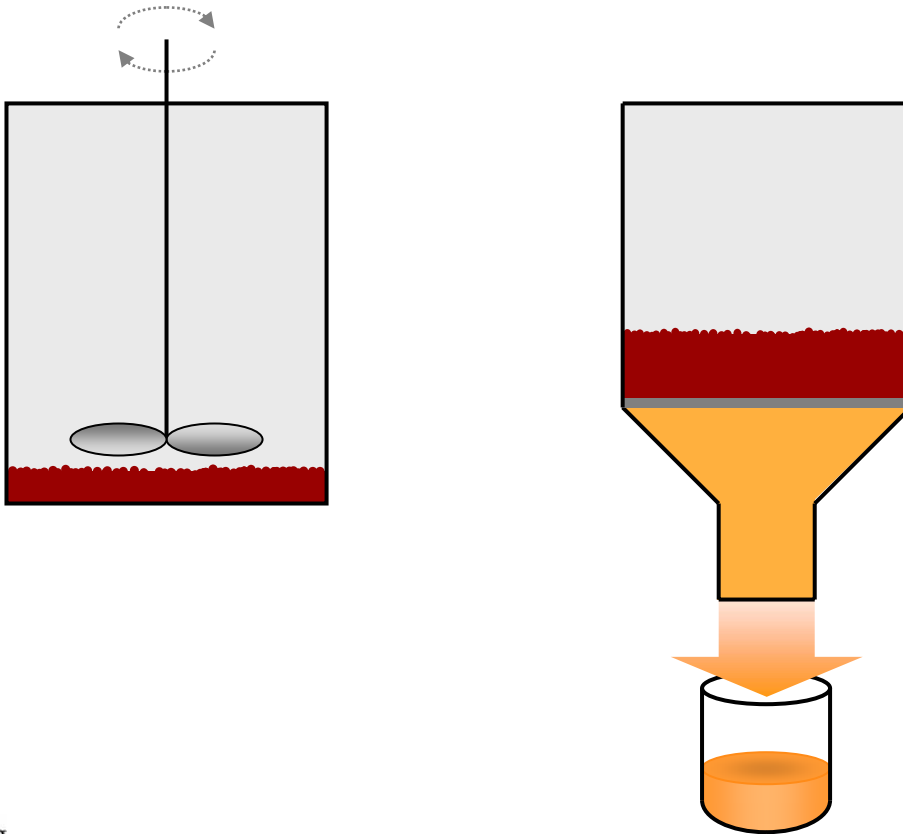
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser



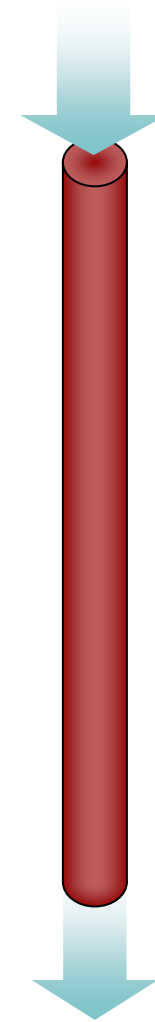
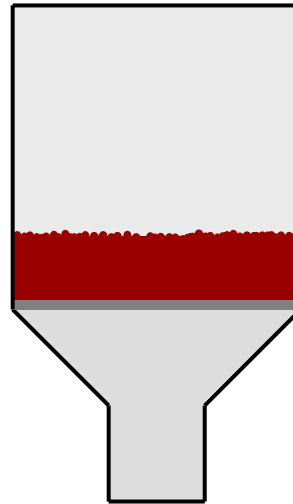
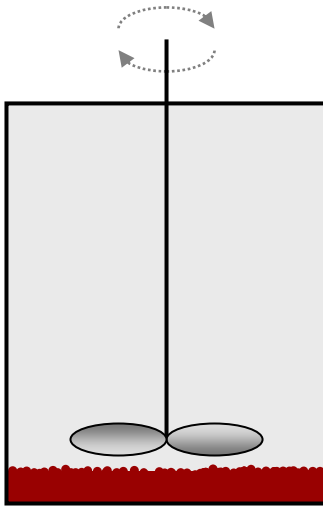
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser



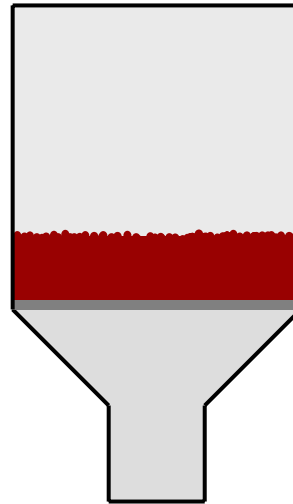
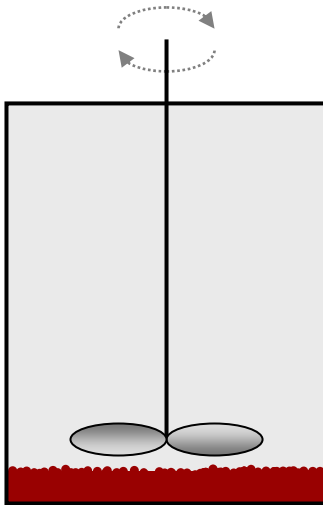
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser



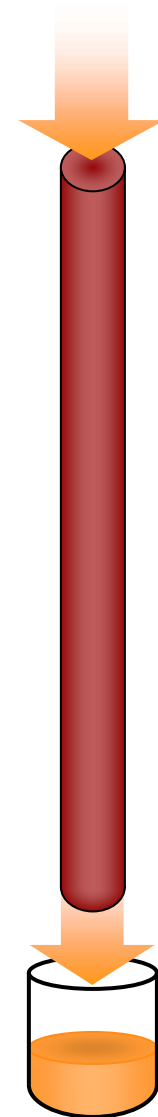
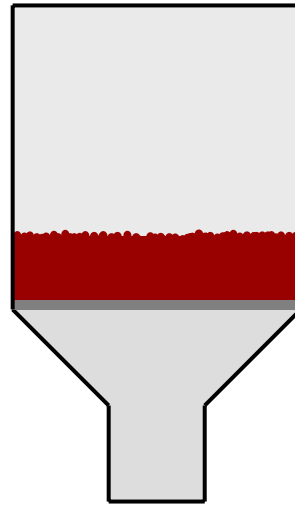
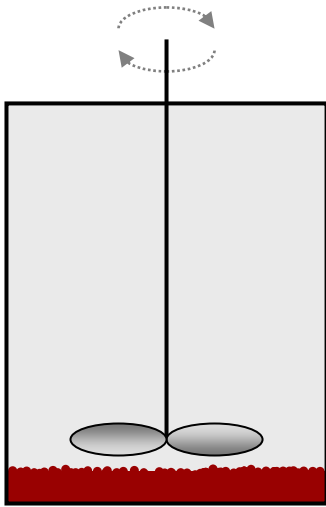
Ekstraksjon og kromatografi med faste faser



Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

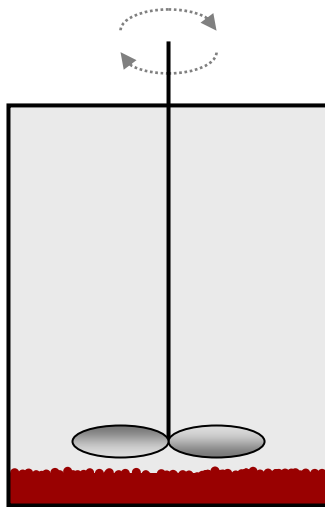


Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

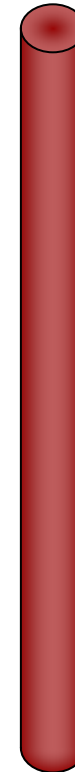


Ekstraksjon og kromatografi med faste faser

Ekstraksjon



Kromatografi

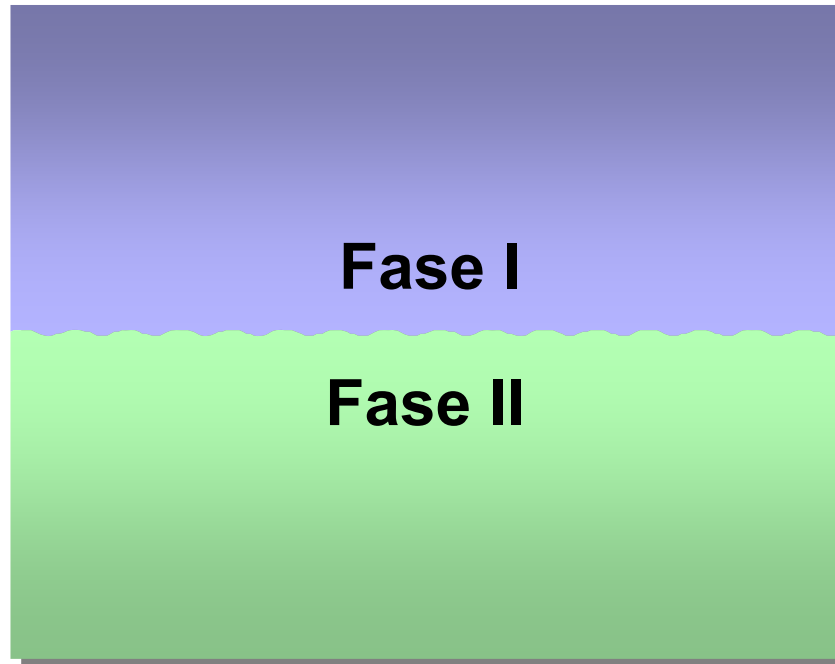


Fasefordeling

Både ekstraksjon og kromatografi handler om fasefordeling

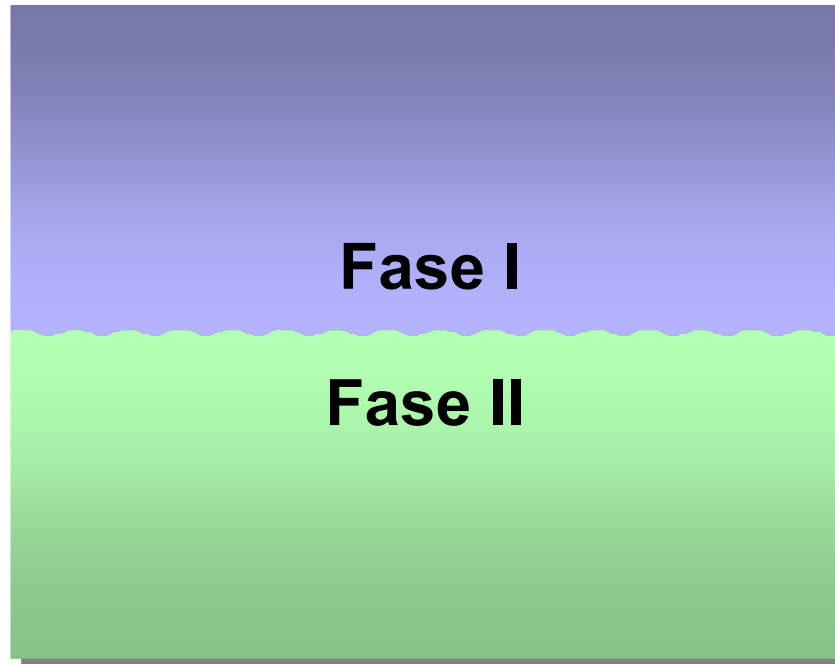
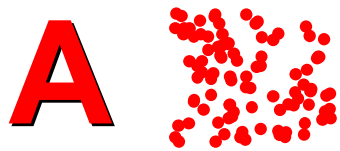
Ekstraksjon

System med to faser



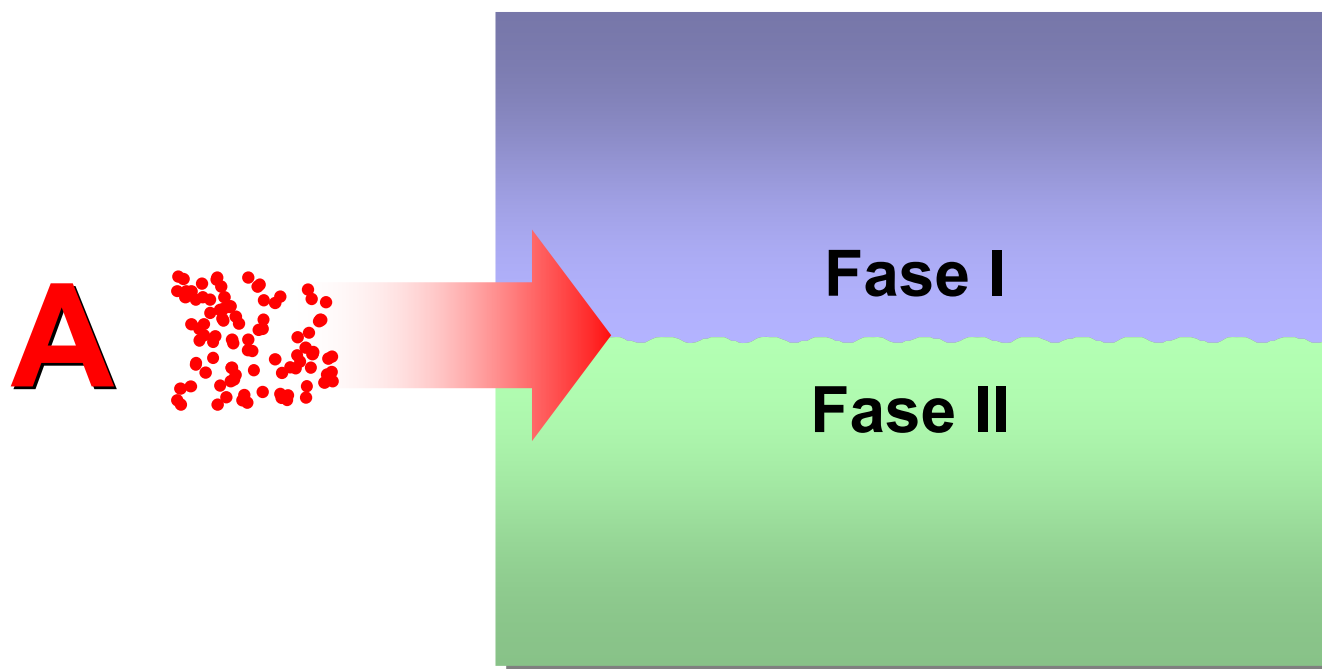
Ekstraksjon

System med to faser



Ekstraksjon

System med to faser

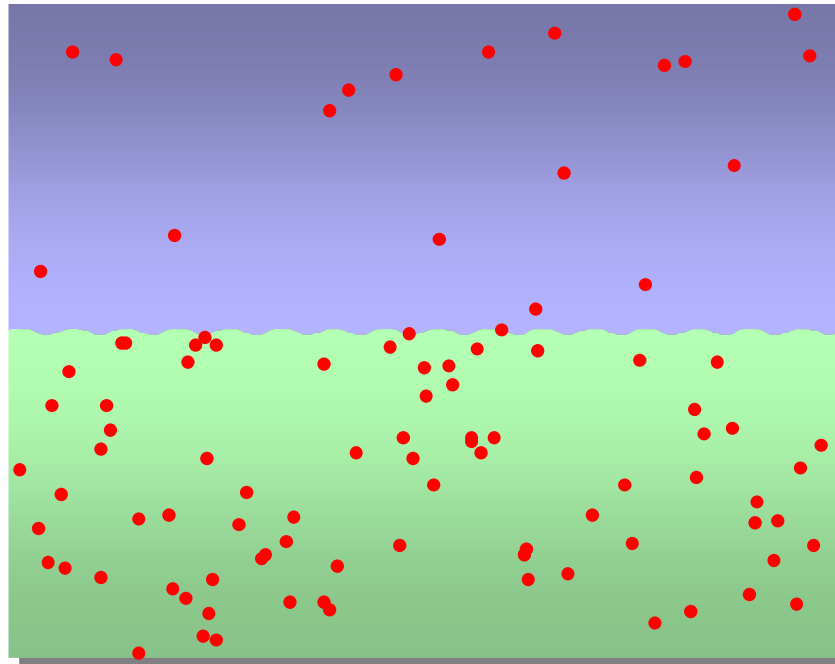


Ekstraksjon

A

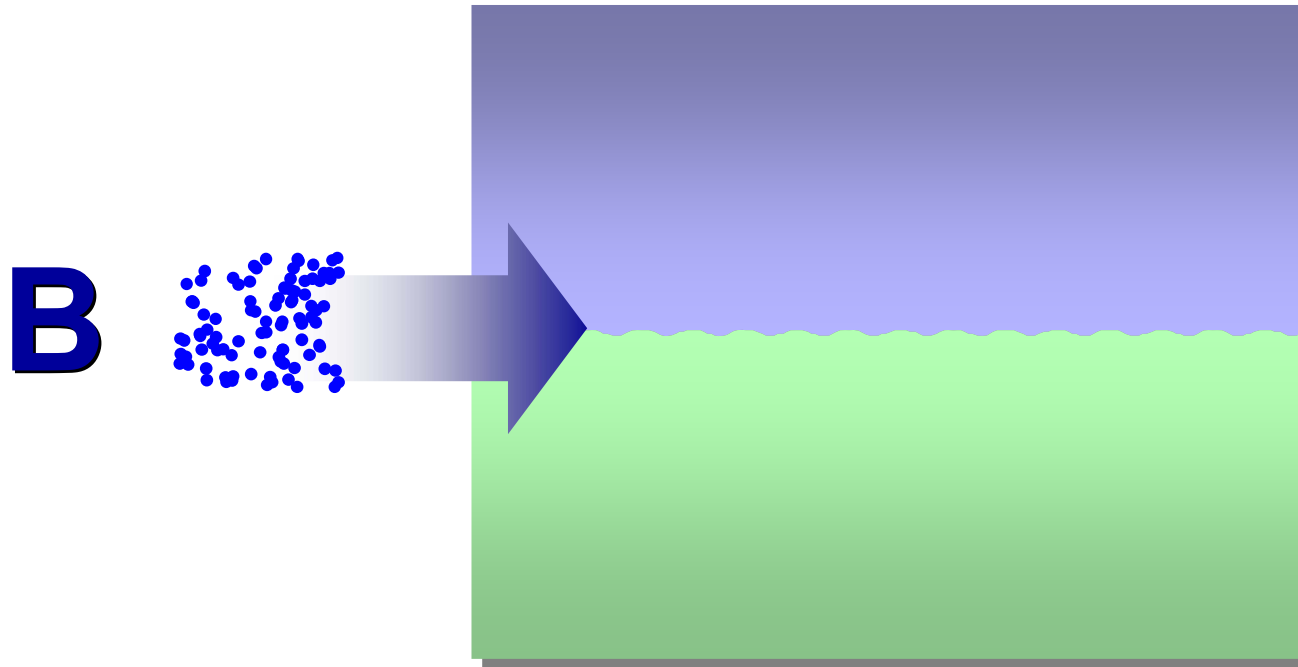
20%

80%



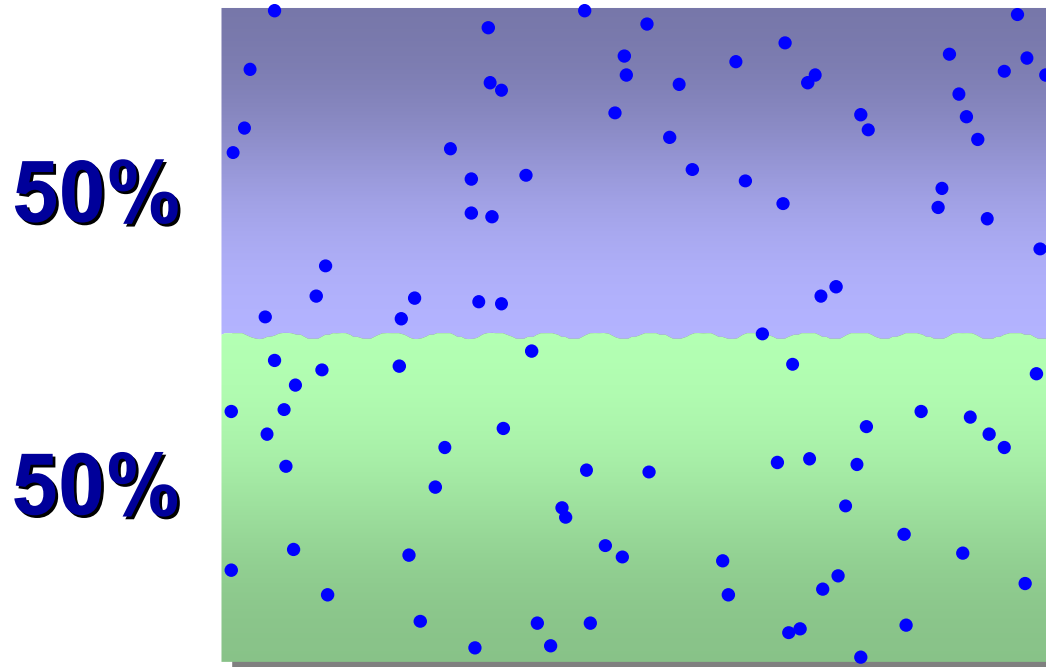
$$k = \frac{20}{80} = 0.25$$

Ekstraksjon



Ekstraksjon

B

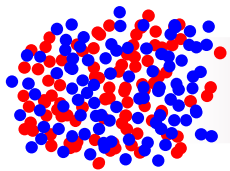


$$k = \frac{50}{50} = 0.50$$

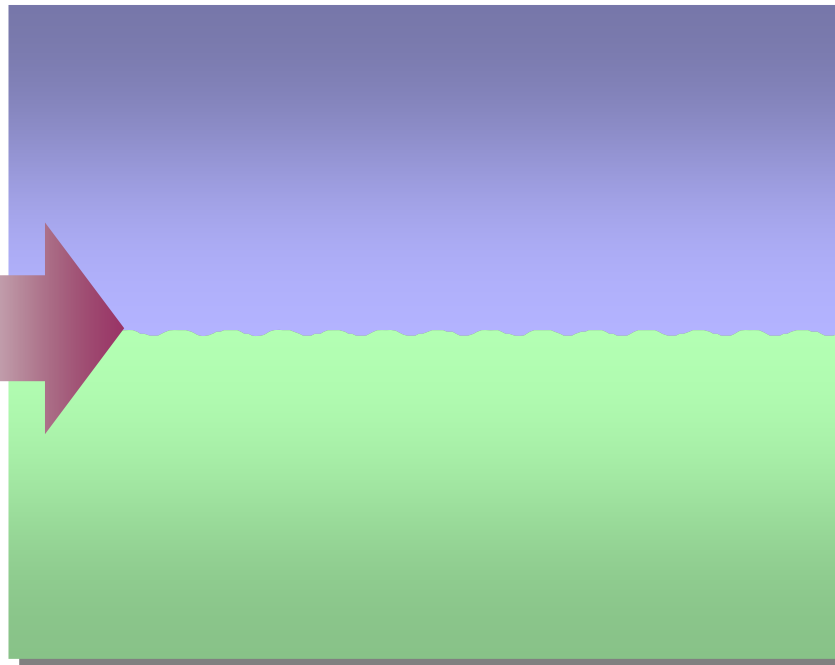
Ekstraksjon

Separasjon av blanding

100 A + 100 B



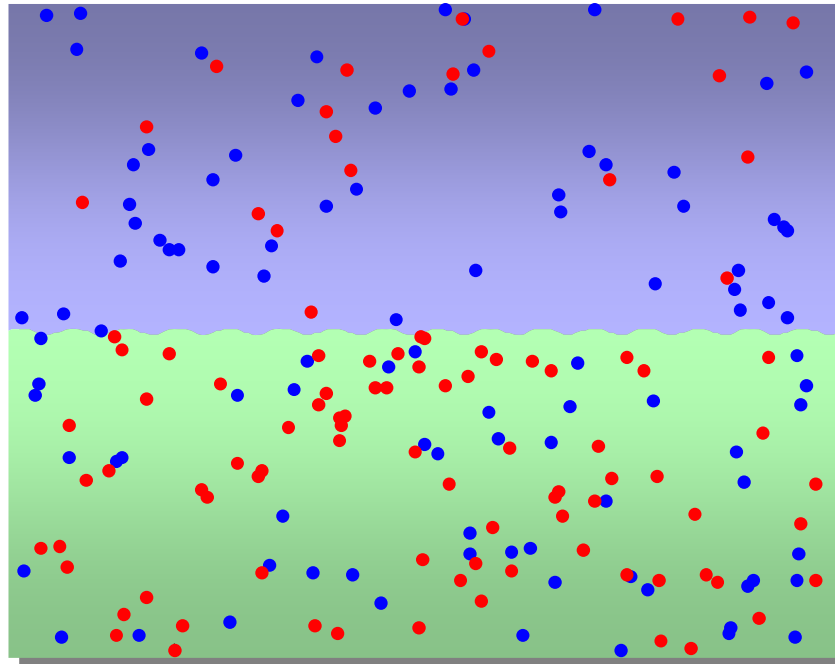
(50%A / 50%B)



Ekstraksjon

Separasjon av blanding

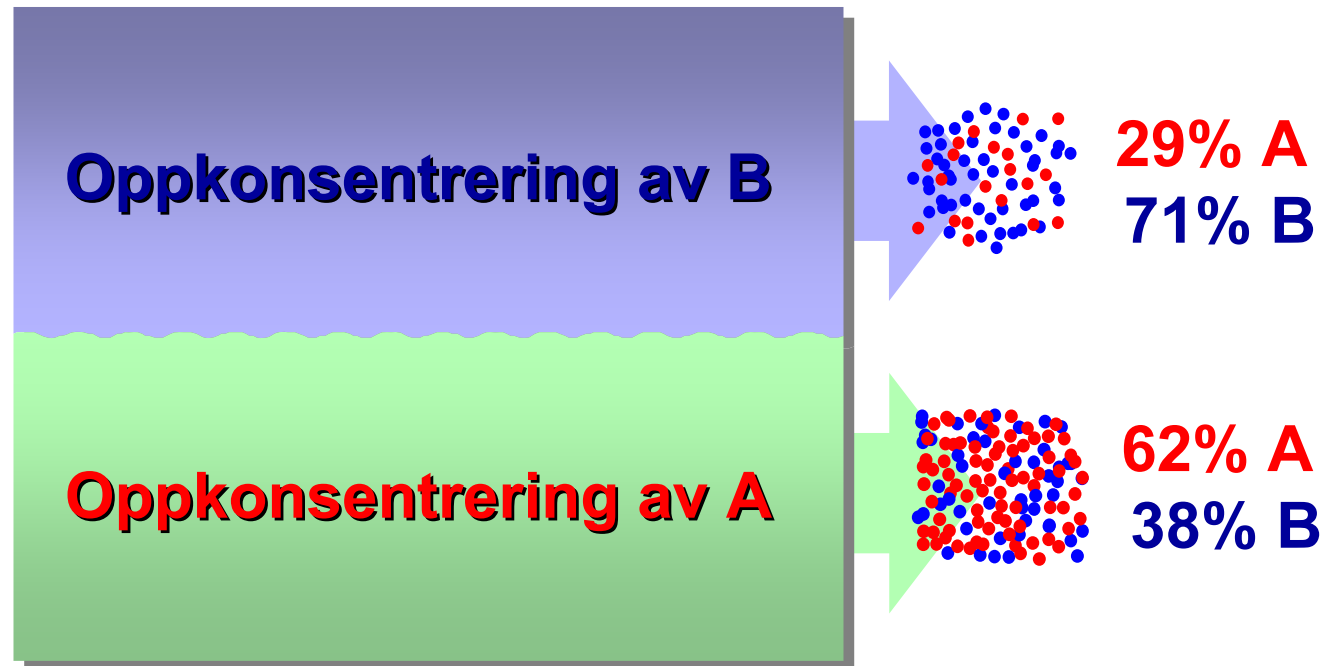
20 A + 50 B



80 A + 50 B

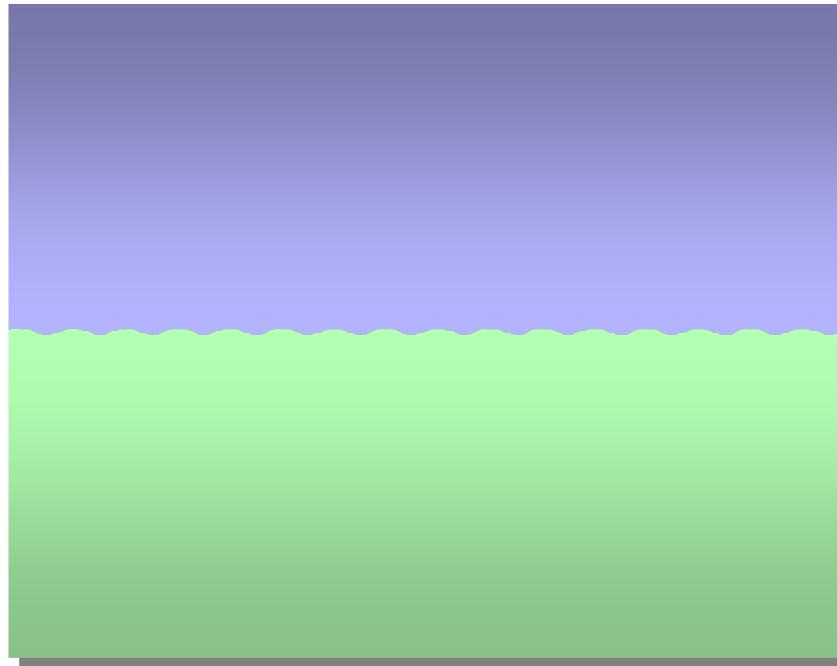
Ekstraksjon

Separasjon av blanding



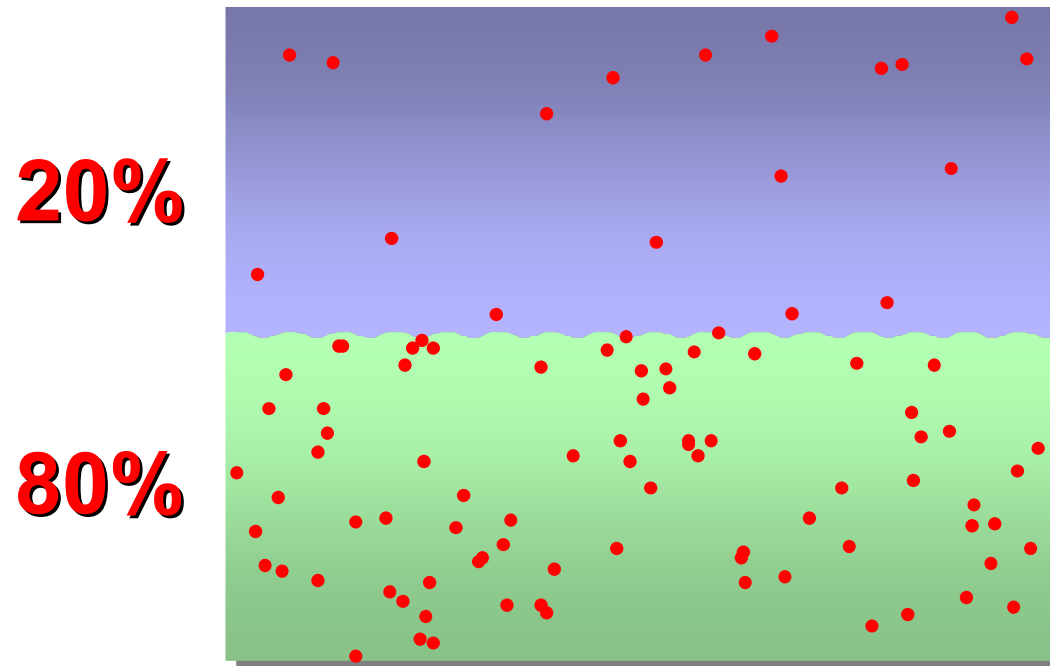
Ekstraksjon gir oppkonsentrering men ikke fullstendig separasjon

Kromatografi

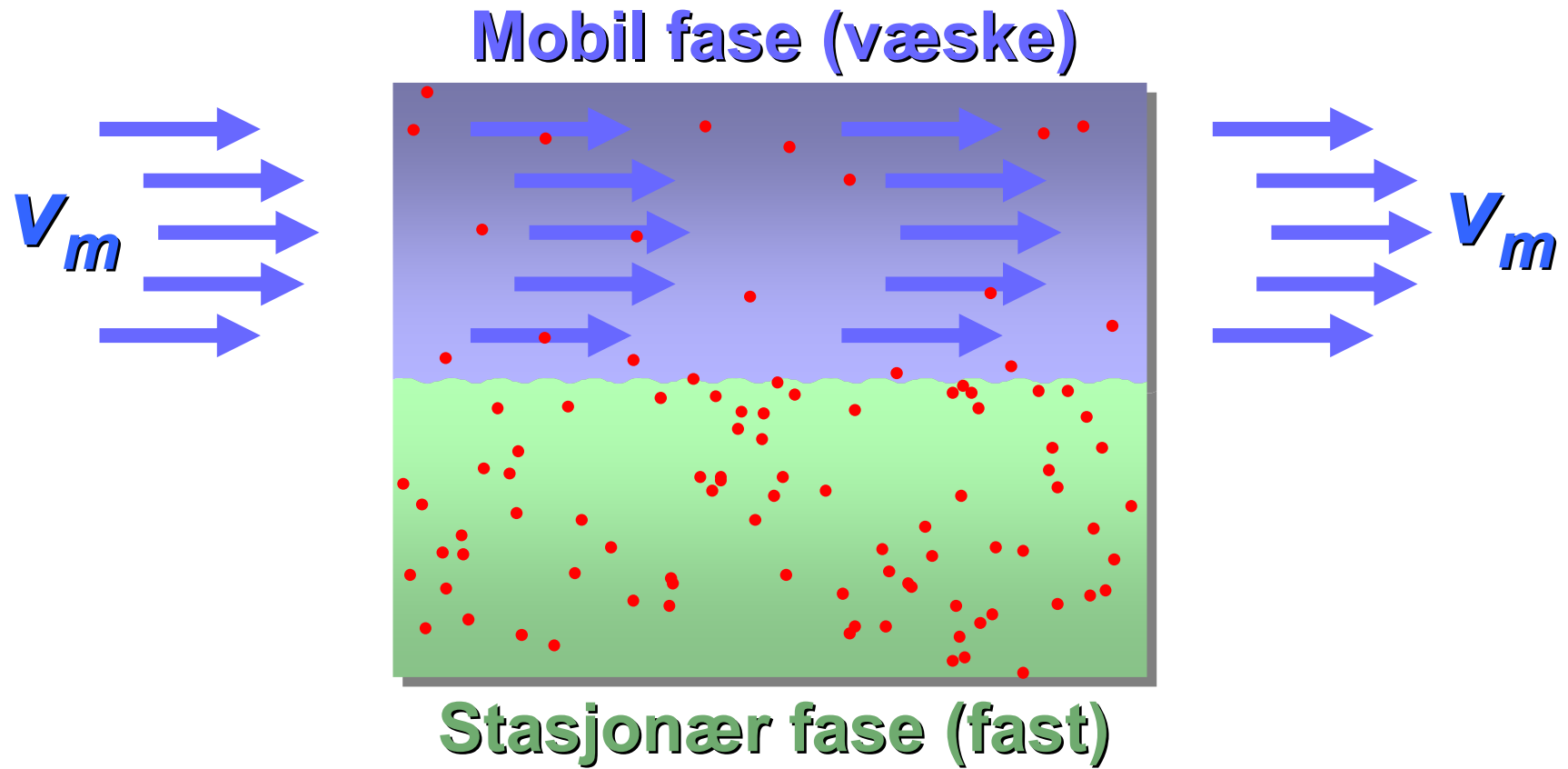


Kromatografi

A



Kromatografi

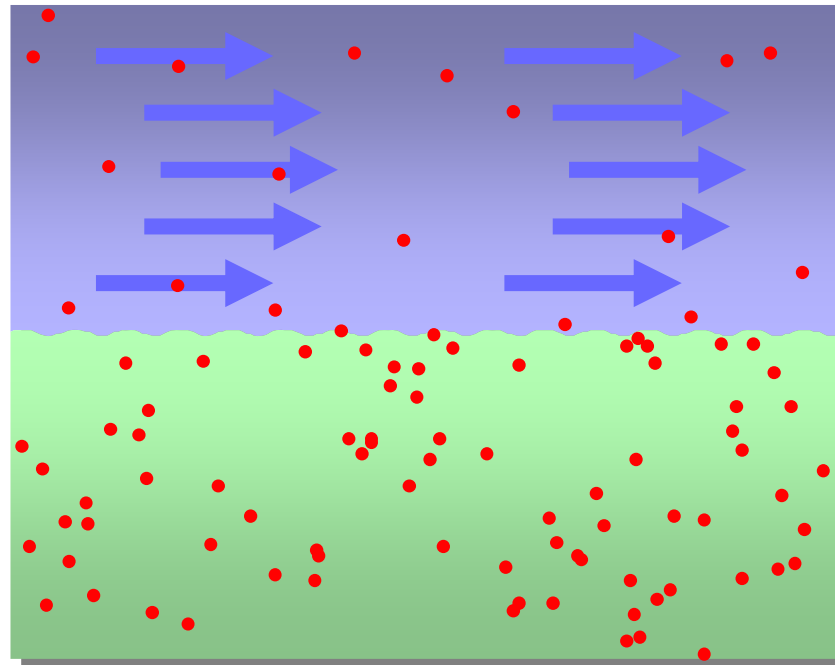


Kromatografi

$$v_A = (20/100) \times v_m$$

20% A

80% A



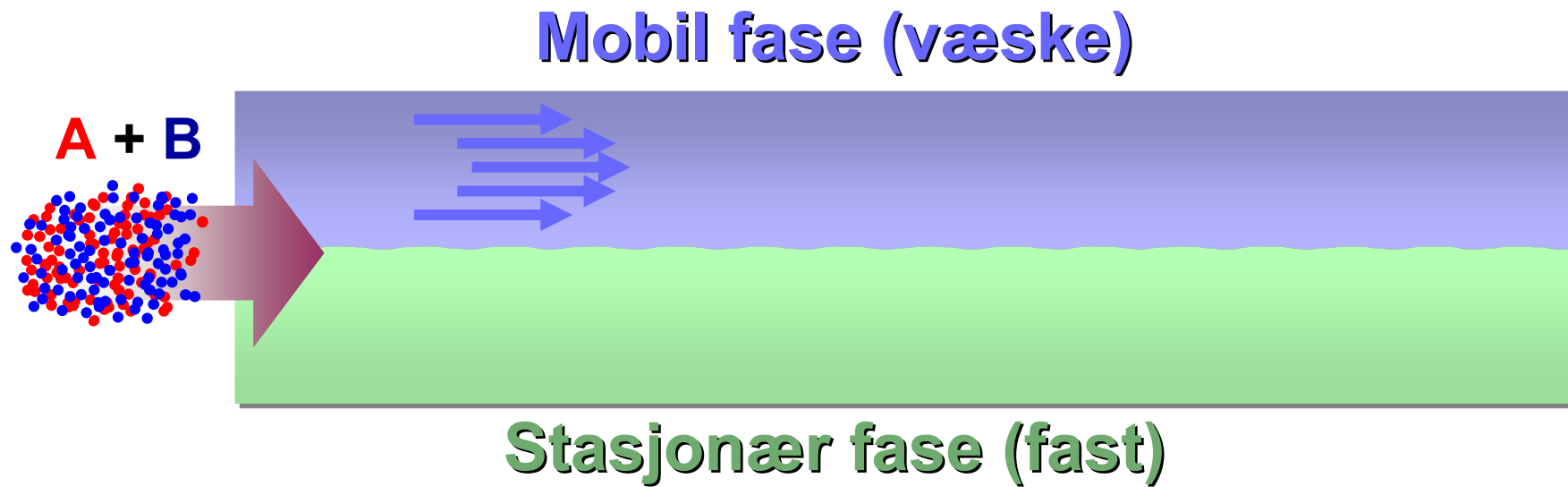
Mobil fase

$k = 0.25$

Stasjonær fase

Molekylene beveger seg med en hastighet lik fraksjonen av forbindelsen som til enhver tid er i mobilfasen multiplisert med mobilfasens hastighet

Kromatografi

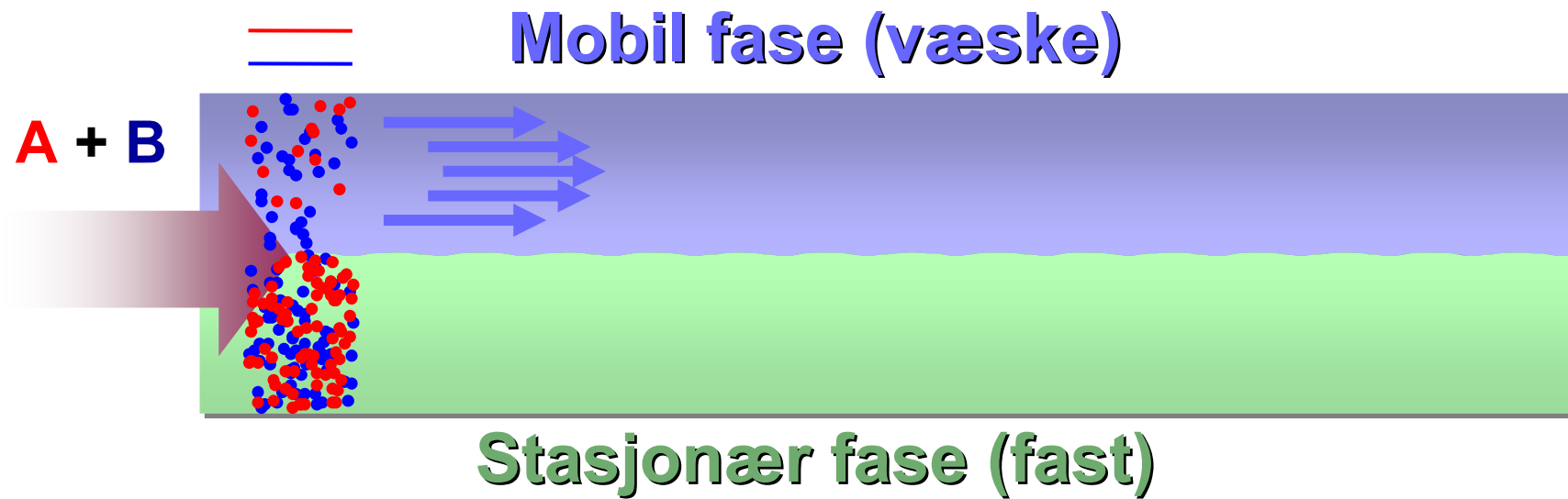


De to fasene og de to komponentene (A og B) har samme egenskaper som i eksempelet med ekstraksjon.

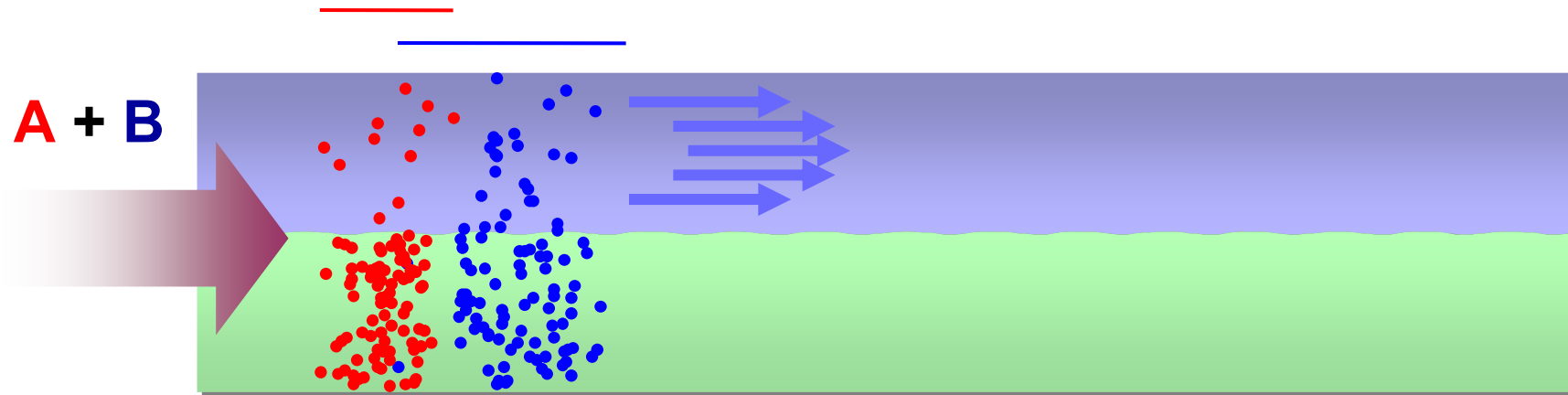
$$A : \frac{20}{80}$$

$$B : \frac{50}{50}$$

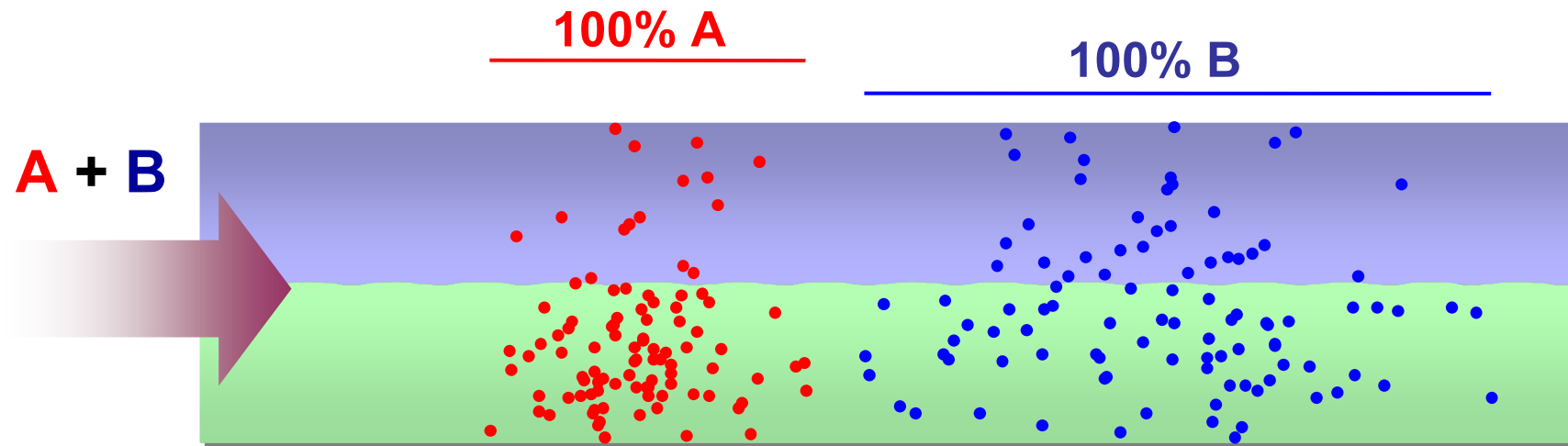
Kromatografi



Kromatografi



Kromatografi



Ekstraksjon vs kromatografi

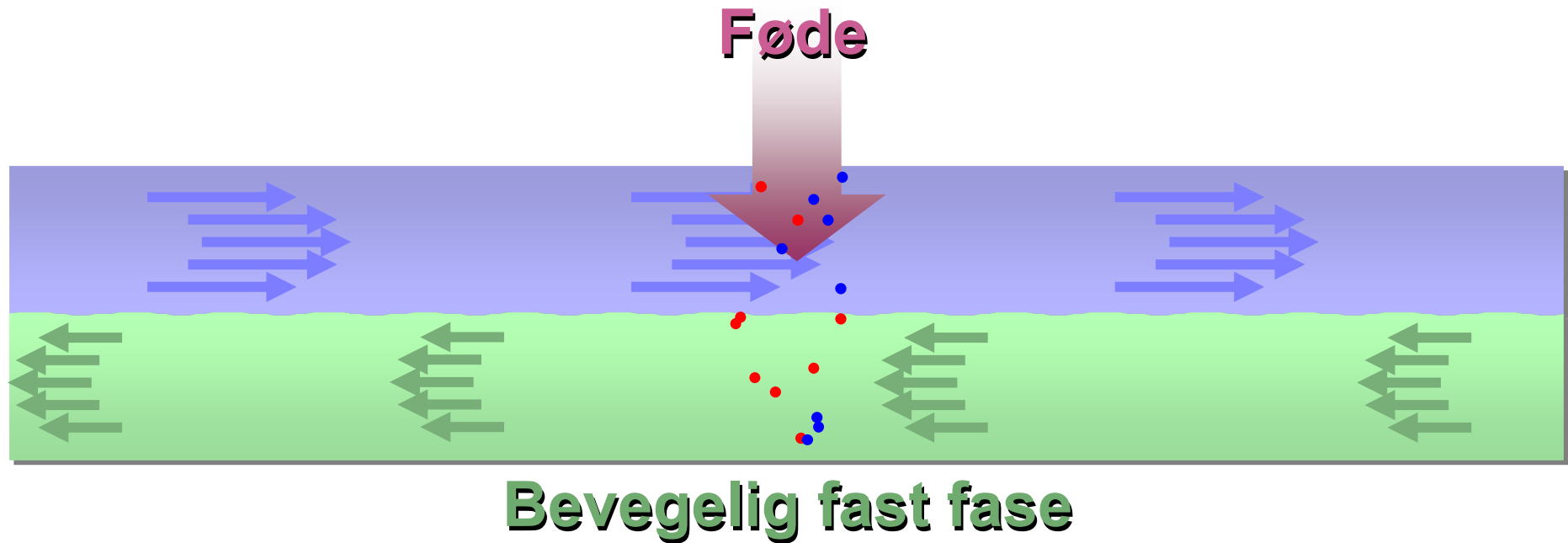
→ Ekstraksjon er kun effektivt når forskjellen i k er stor

→ En kromatografisk metode vil alltid yte bedre enn en ekstraksjon (for samme komponenter og samme faser)

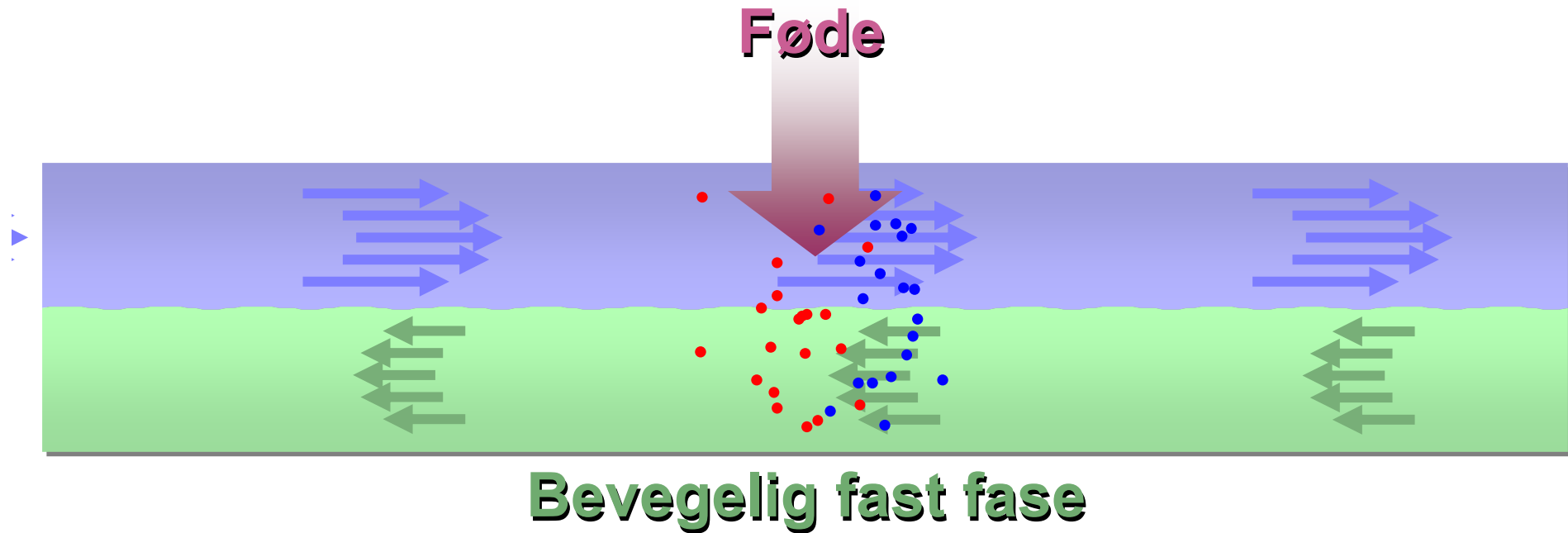
→ En kromatografisk separasjon har også vesentlig høyere kostnader.

Løsning: Moving-bed teknologier

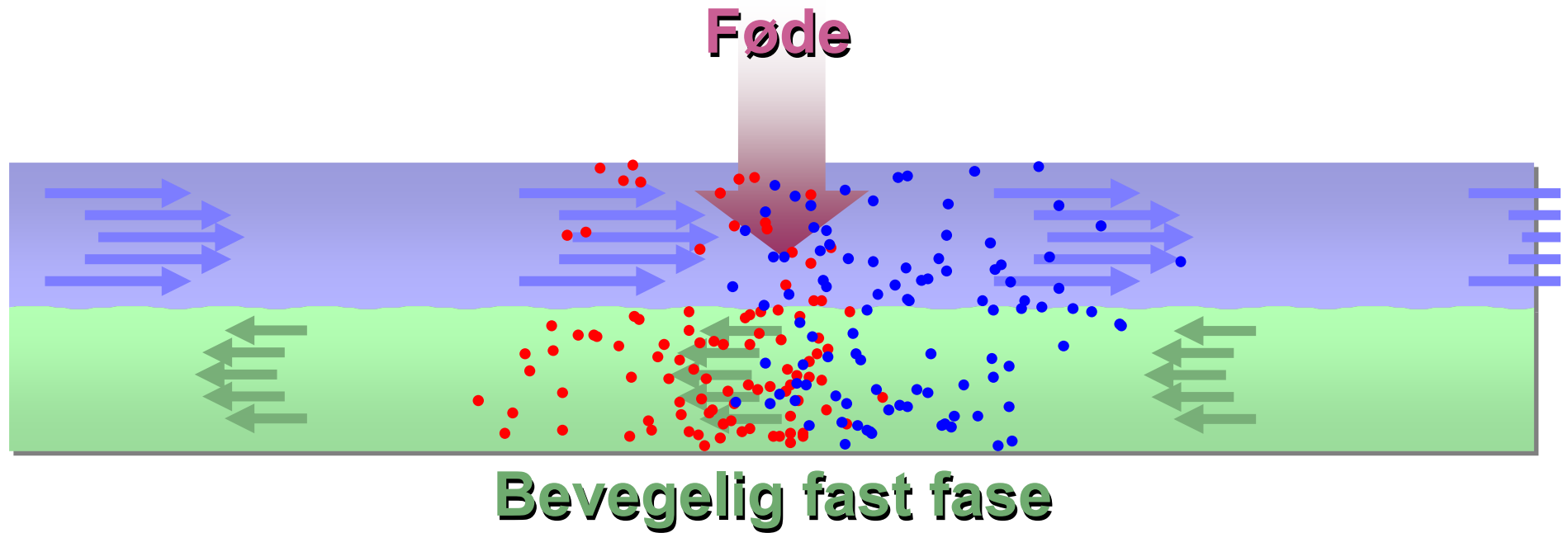
“Moving bed” kromatografi



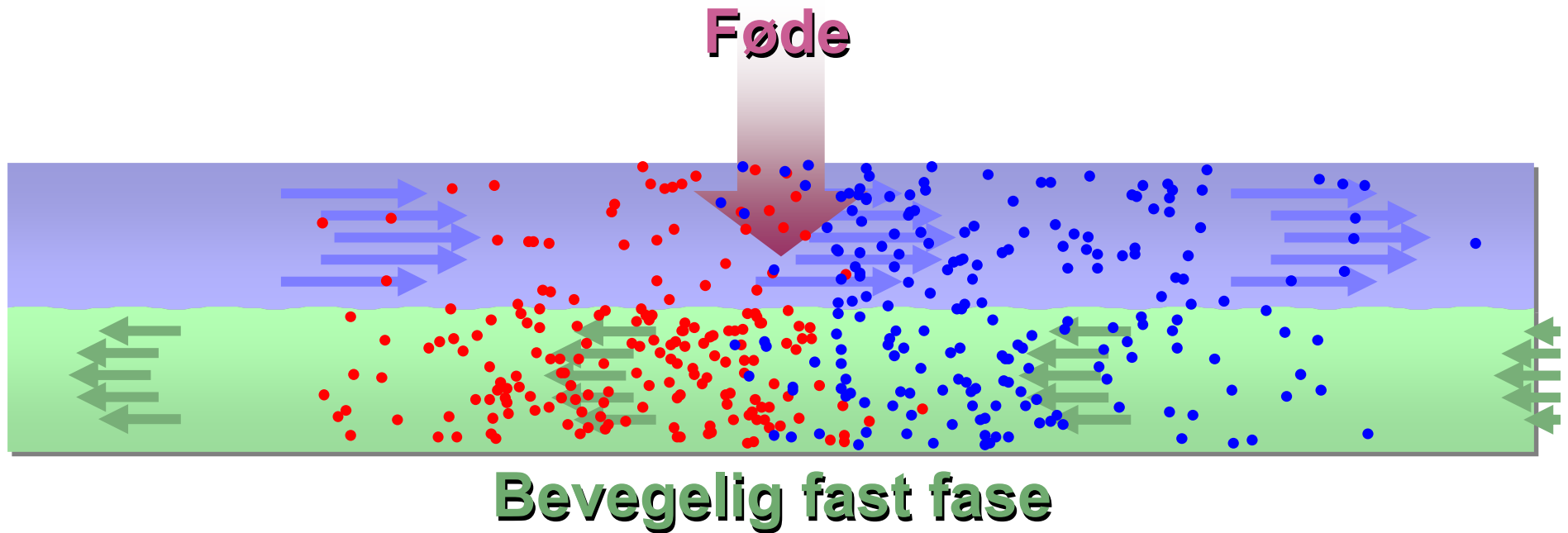
“Moving bed” kromatografi



“Moving bed” kromatografi

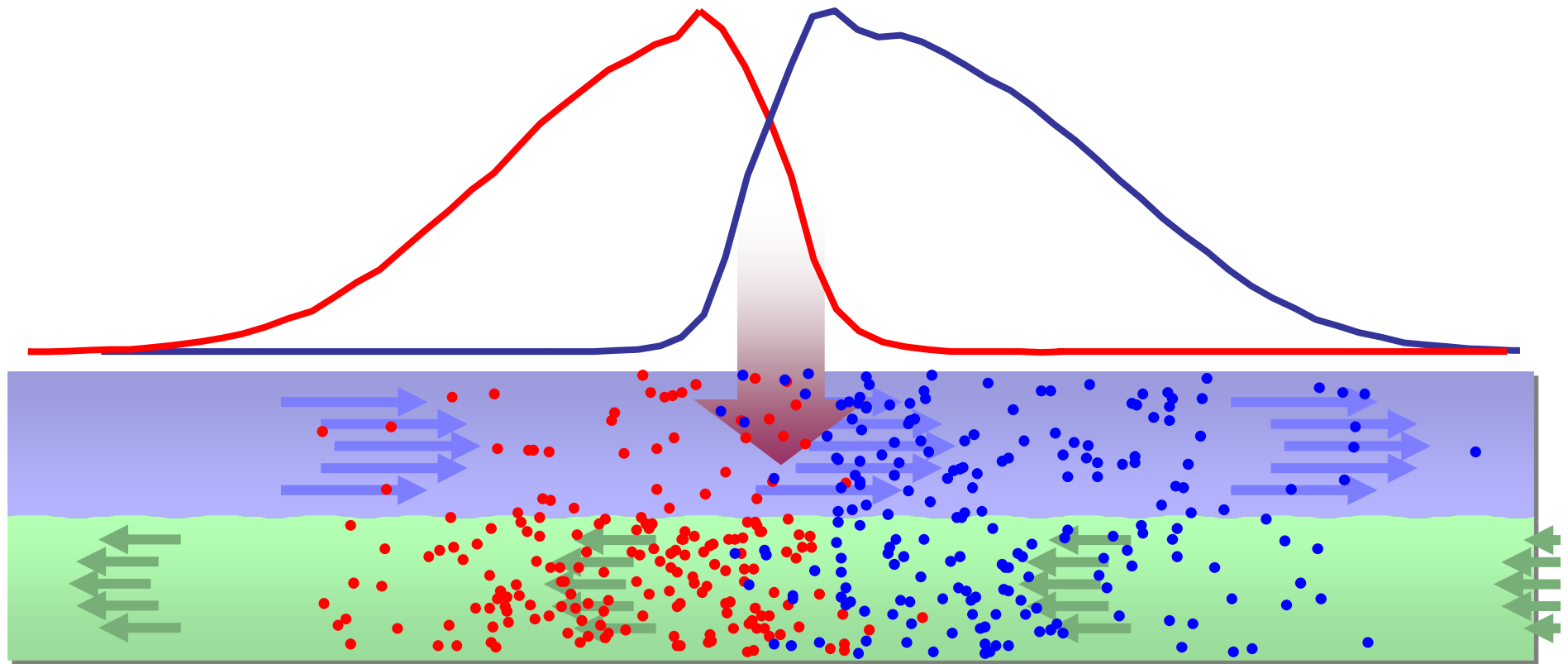


“Moving bed” kromatografi



“Moving bed” kromatografi

Konsentrasjonsprofiler

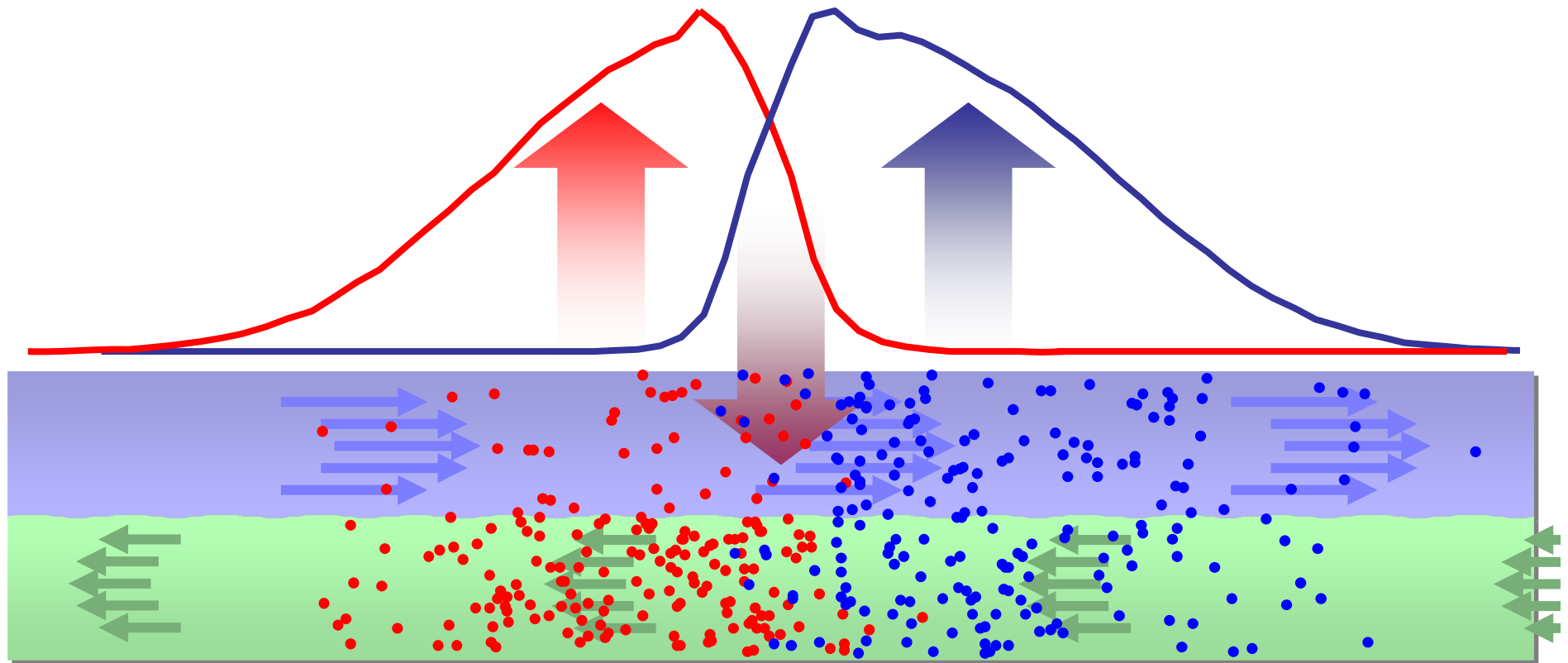


Bevegelig fast fase

“Moving bed” kromatografi

100% A

100% B

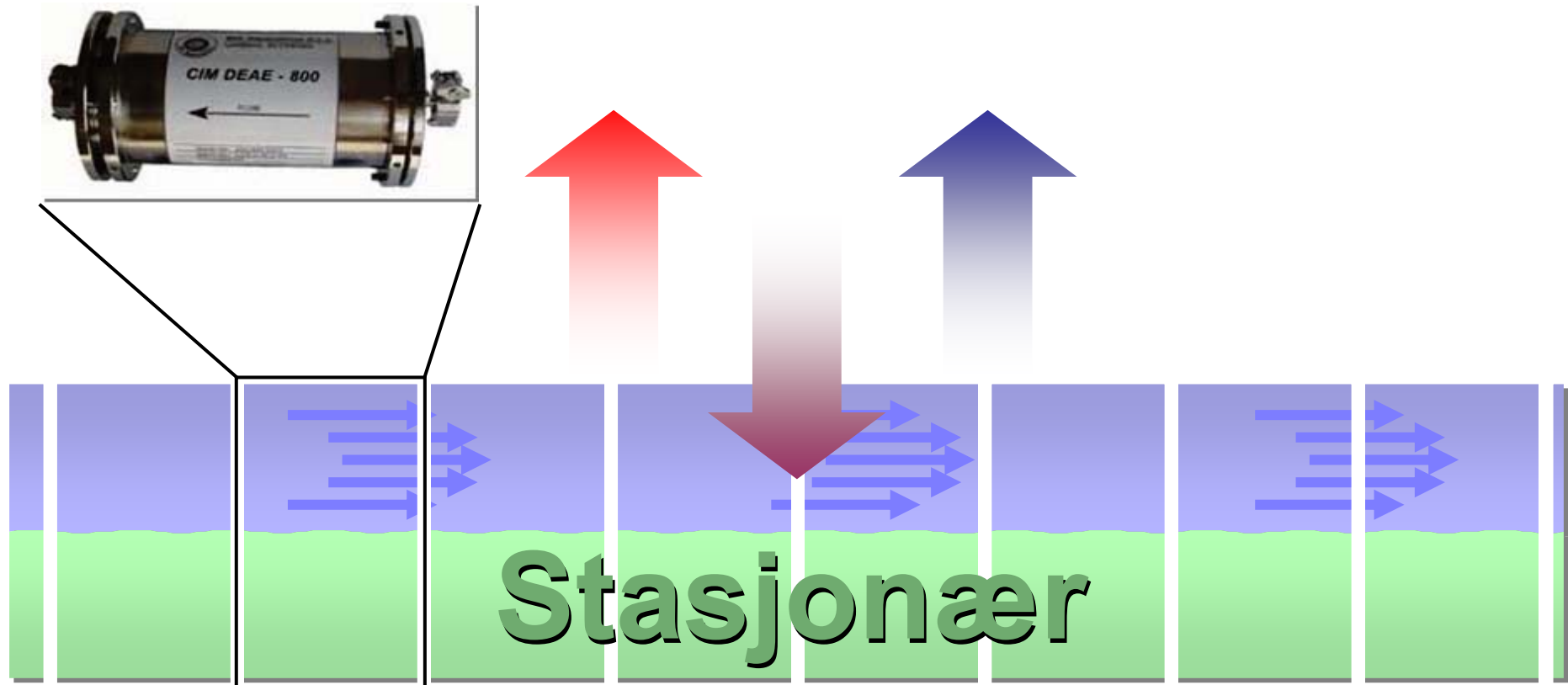


Bevegelig fast fase

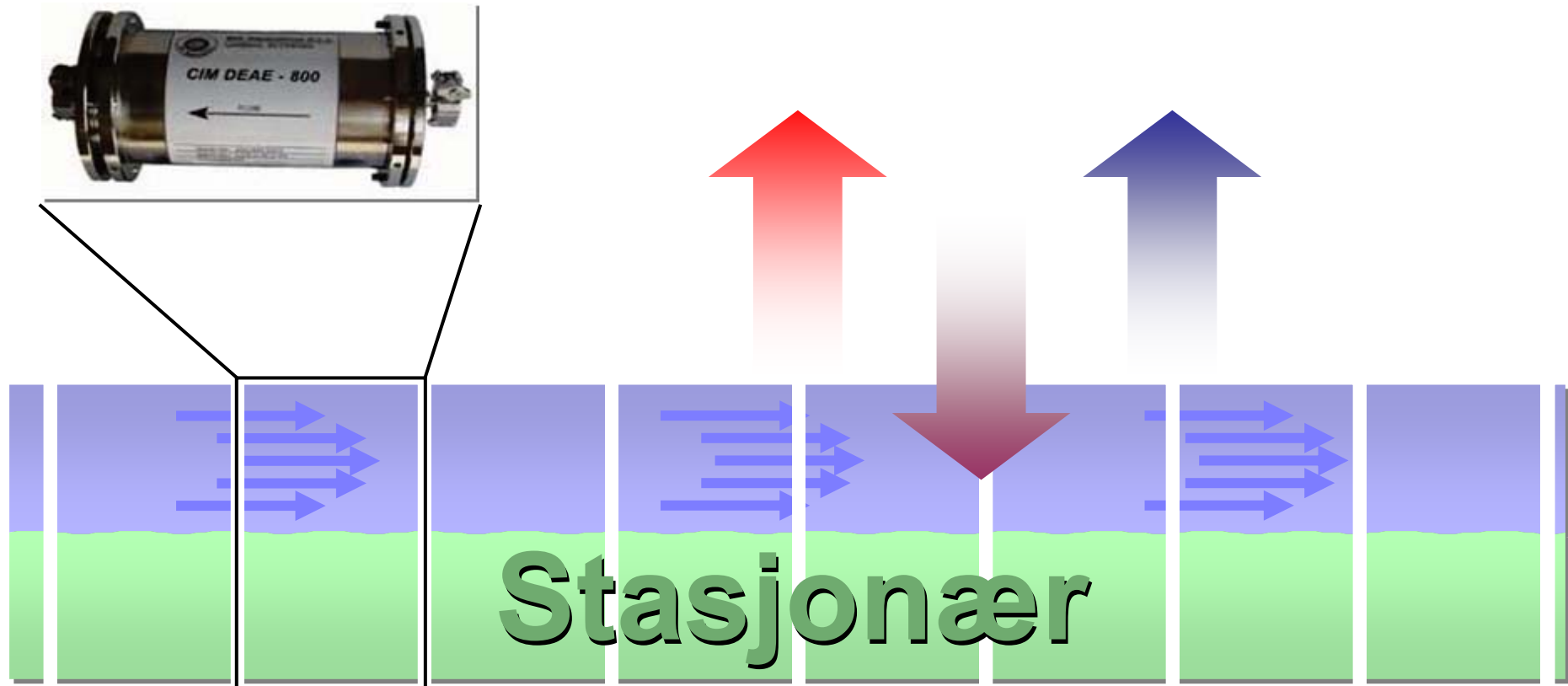
Simulated moving bed (SMB)



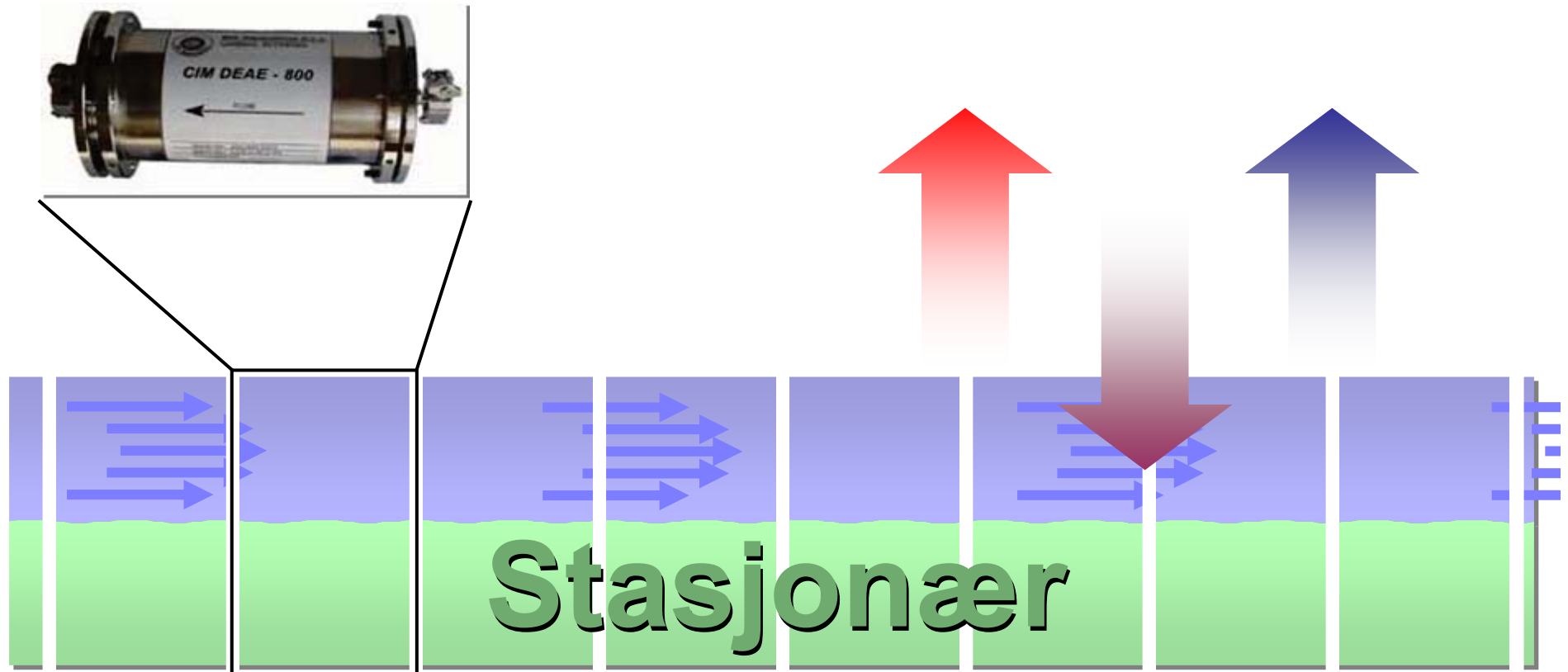
Simulated moving bed (SMB)



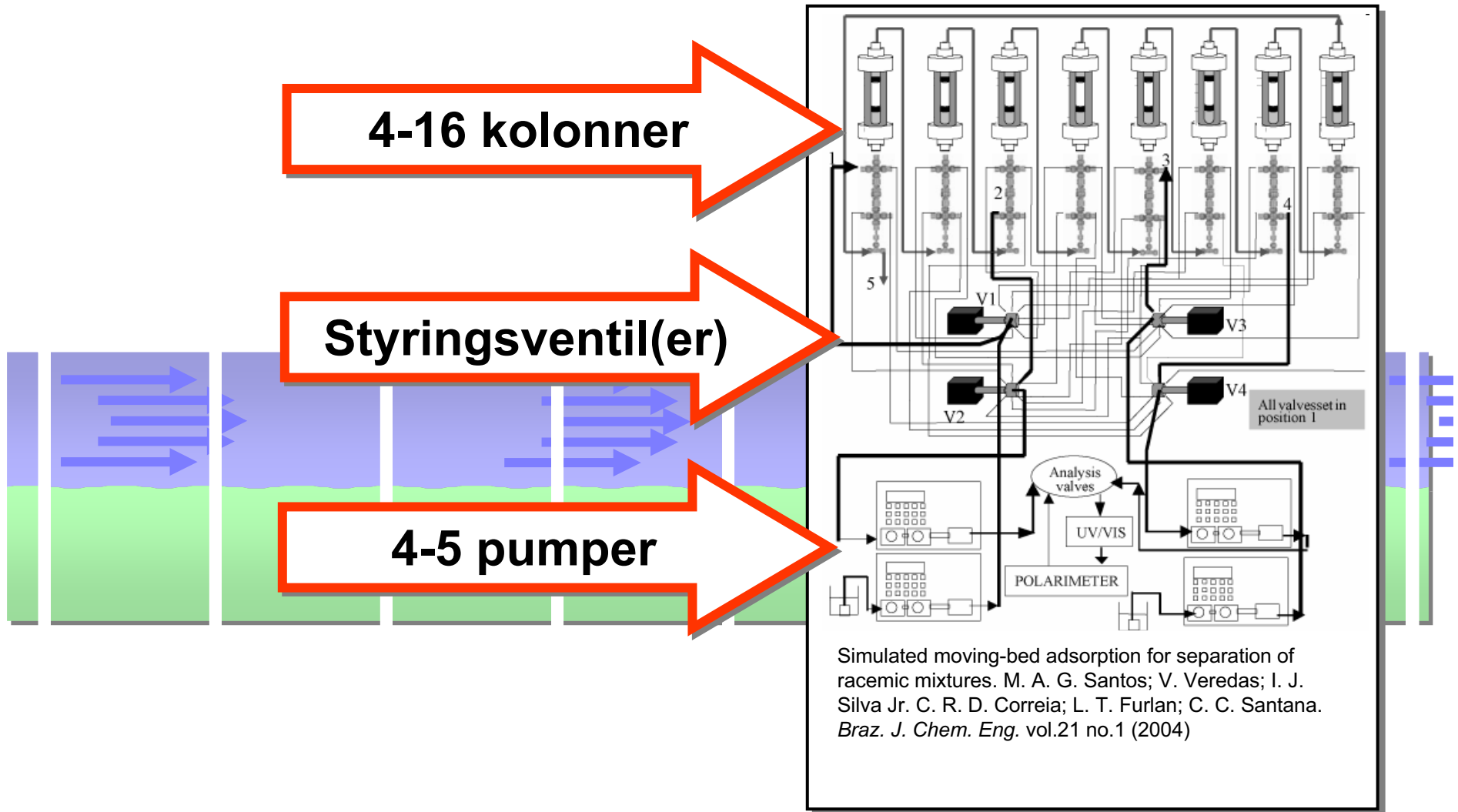
Simulated moving bed (SMB)



Simulated moving bed (SMB)



Simulated moving bed (SMB)



Simulated moving bed (SMB)

- Lavere løsemiddelkostnader (bruker ca 10% av konv. krom)

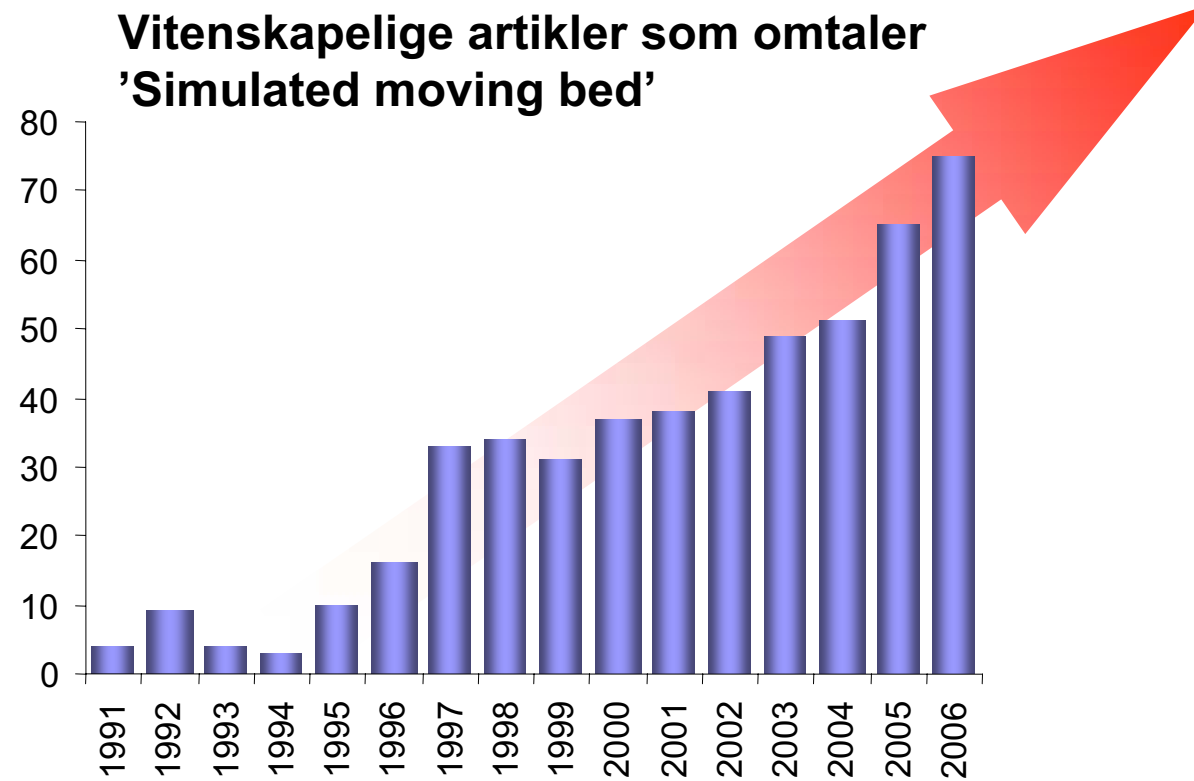


- Konsentrerte produkter
- Kontinuerlig metode



- Kan ikke benytte løsemiddelgradienter
- Kan kun levere to fraksjoner
- Høye investeringskostnader
- Vanskelig å optimalisere

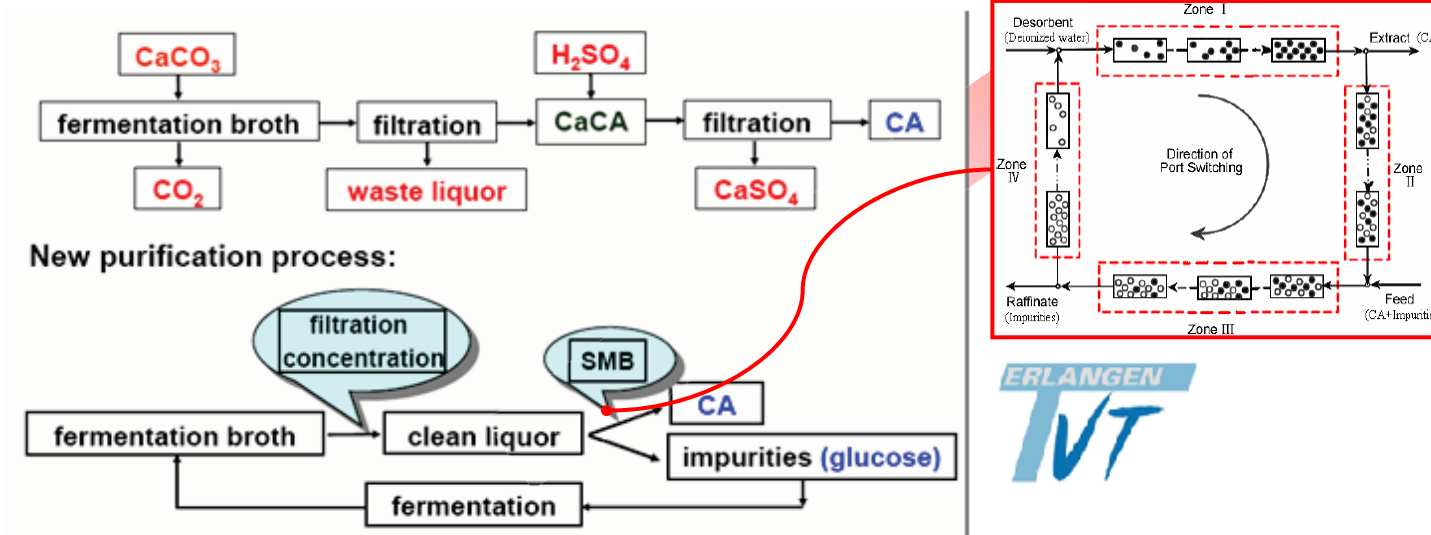
Simulated moving bed (SMB)



Simulated moving bed (SMB)

Industri anvendelse

Eksempel sitronsyre (ikke høykostprodukt)



Prosessanlegg:

Kapasitet: 50.000 t/år

Kolonnedimensjoner: 4.5 x 1.2 m (10 kolonner)

Simulated moving bed (SMB)

Industrialianvendelse

Eksempel sitronsyre (ikke høykostprodukt)

Brukes i dag i sukkerindustrien til separasjon av forskjellige karbohydrater

Stort potensiale innen lipider på grunn av lavere forbruk av (organiske) løsemidler

Faste faser i ekstraksjon og kromatografi

Faste faser i ekstraksjon og kromatografi

Større spekter av egenskaper enn væsker



Kan gi vesentlig høyere selektivitet enn væsker

Løses ikke i væskefasen

Enklere kromatografisk



Kan ha høye kostnader

Faste faser i ekstraksjon og kromatografi

Vanligvis partikler

- Bærer (ofte silica)
- Modifisert overflate

**Væskefase
(mobilfase)**

Faste faser i ekstraksjon og kromatografi

Polare (normal fase)

Apolare (revers fase)

Ionebyttere

Affinity

MIP

Tradisjonelle, billige,
begrenset selektivitet

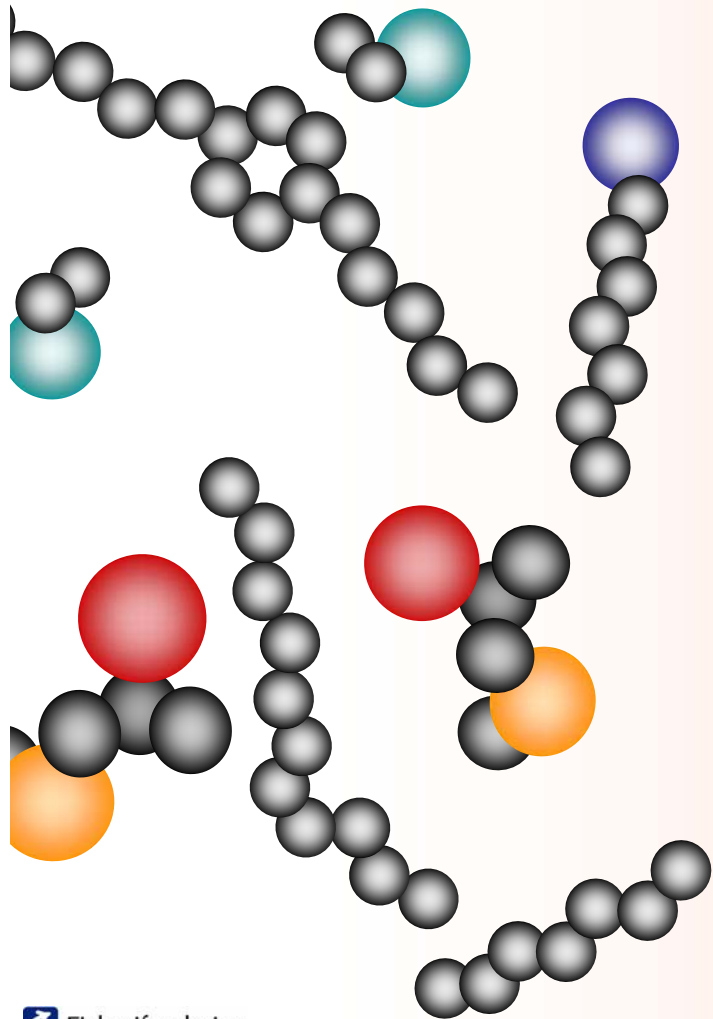
Ny teknologi, dyre,
svært høy selektivitet

Polare faste faser

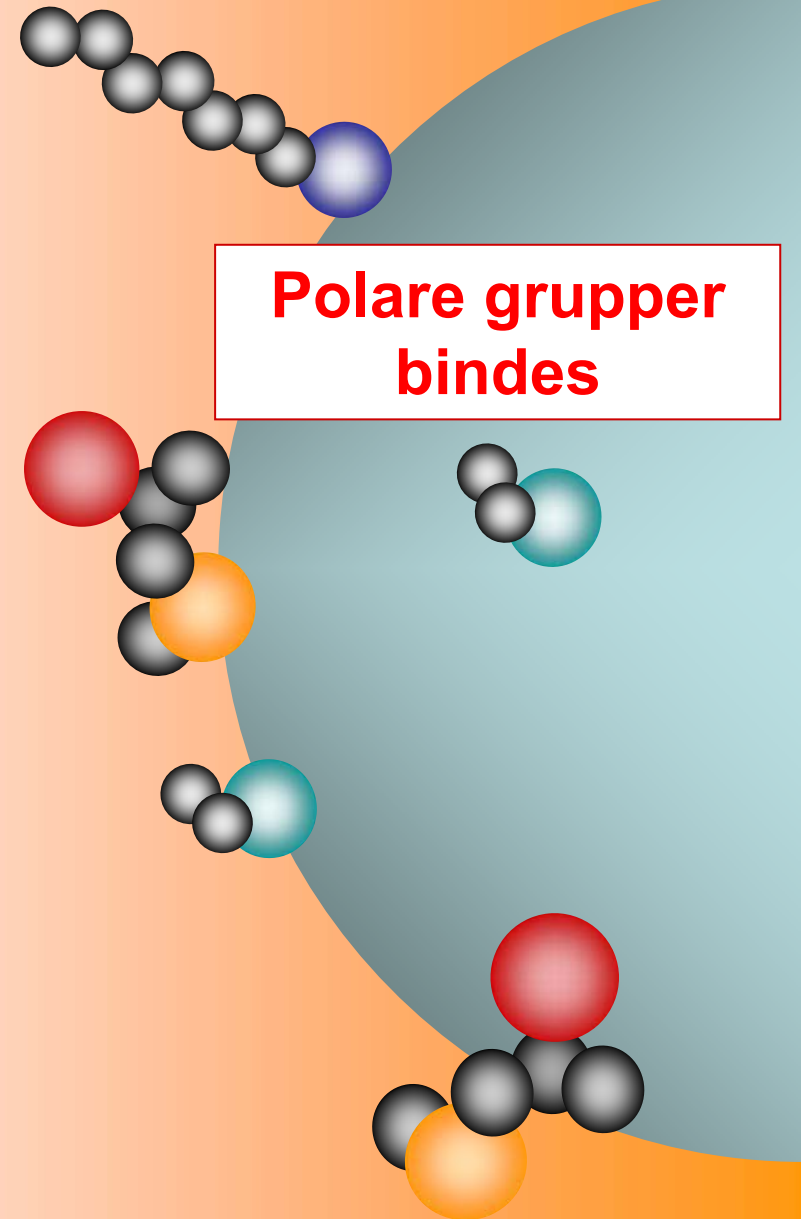
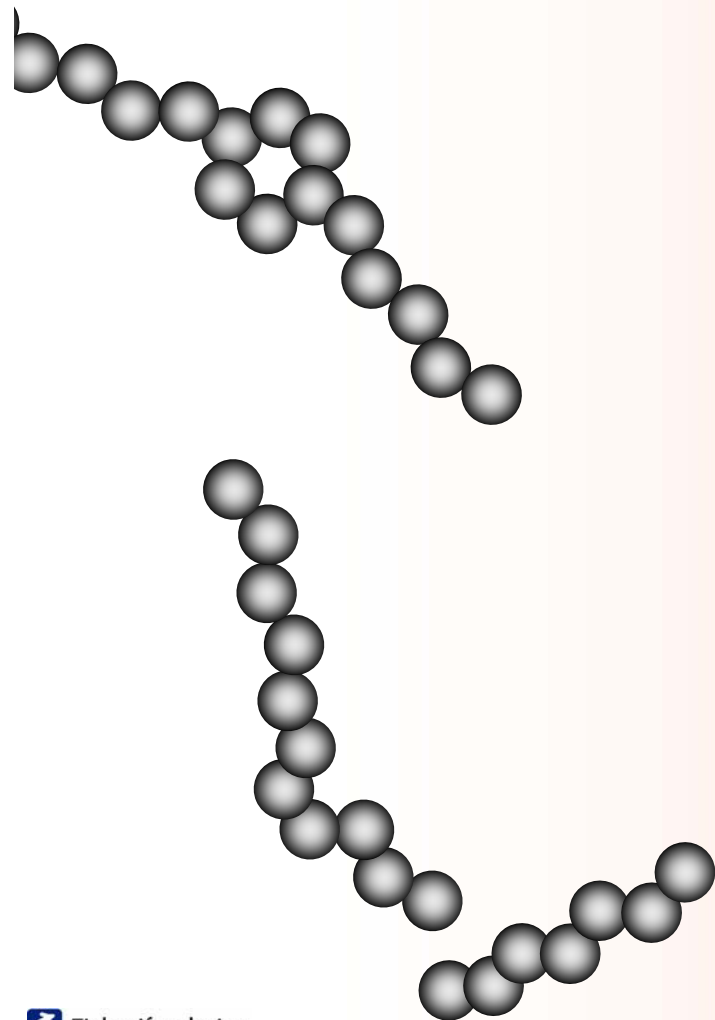
**Apolart
(organisk)
løsemiddel**

**Silica,
Alumina**

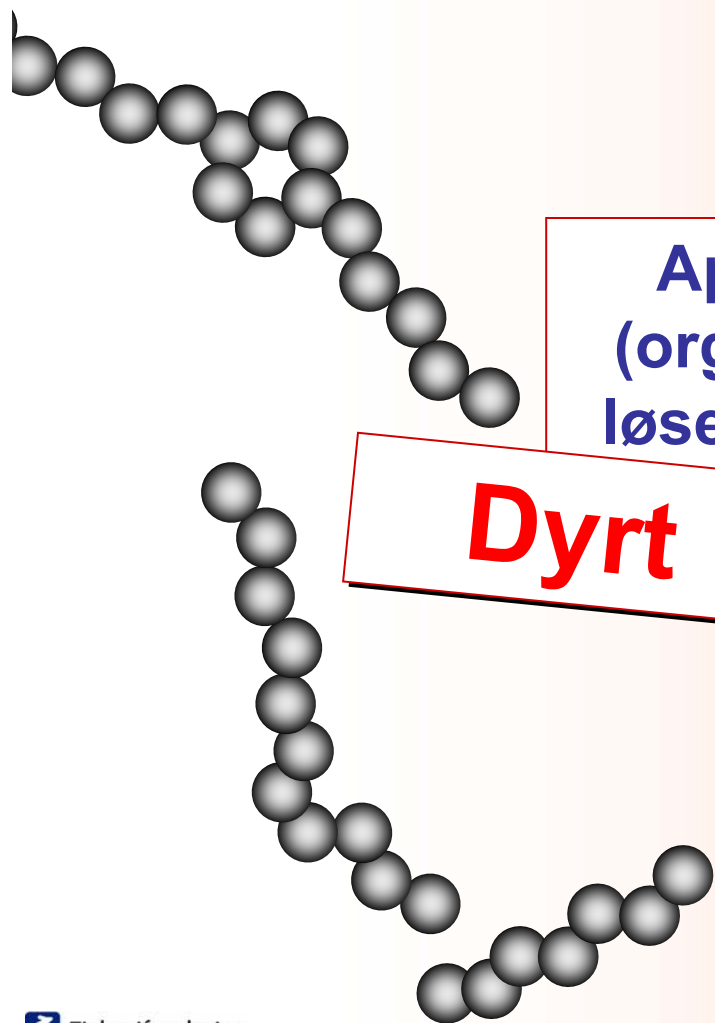
Polare faste faser



Polare faste faser

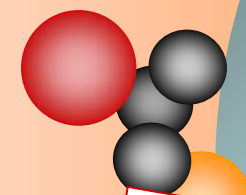
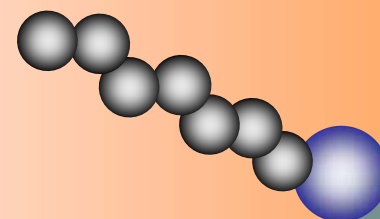


Polare faste faser



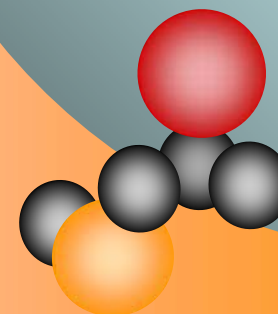
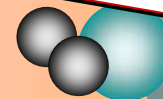
Apolart
(organisk)
løsemiddel

Dyrt

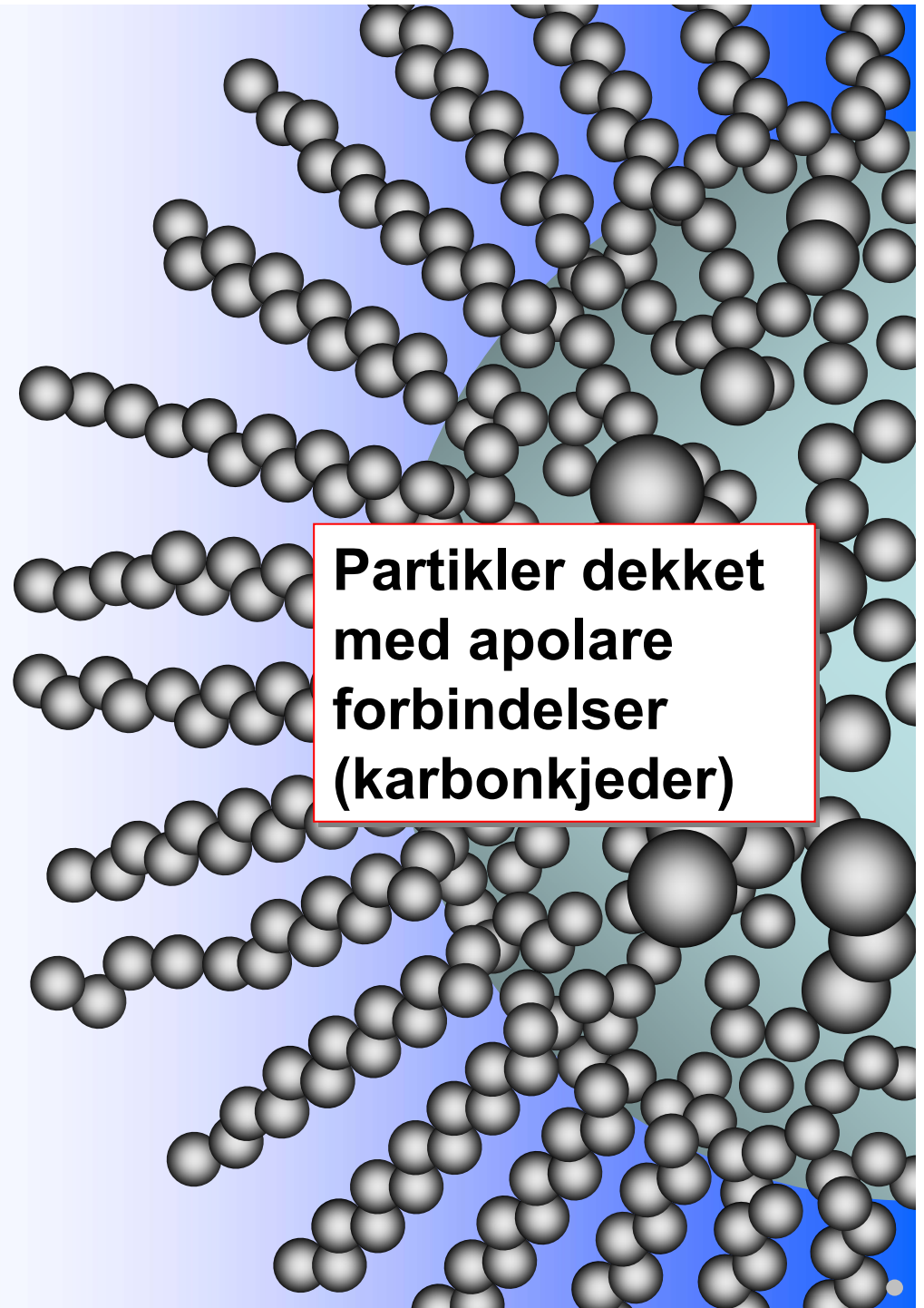


Silica,
Alumina

Billig



Apolare faser



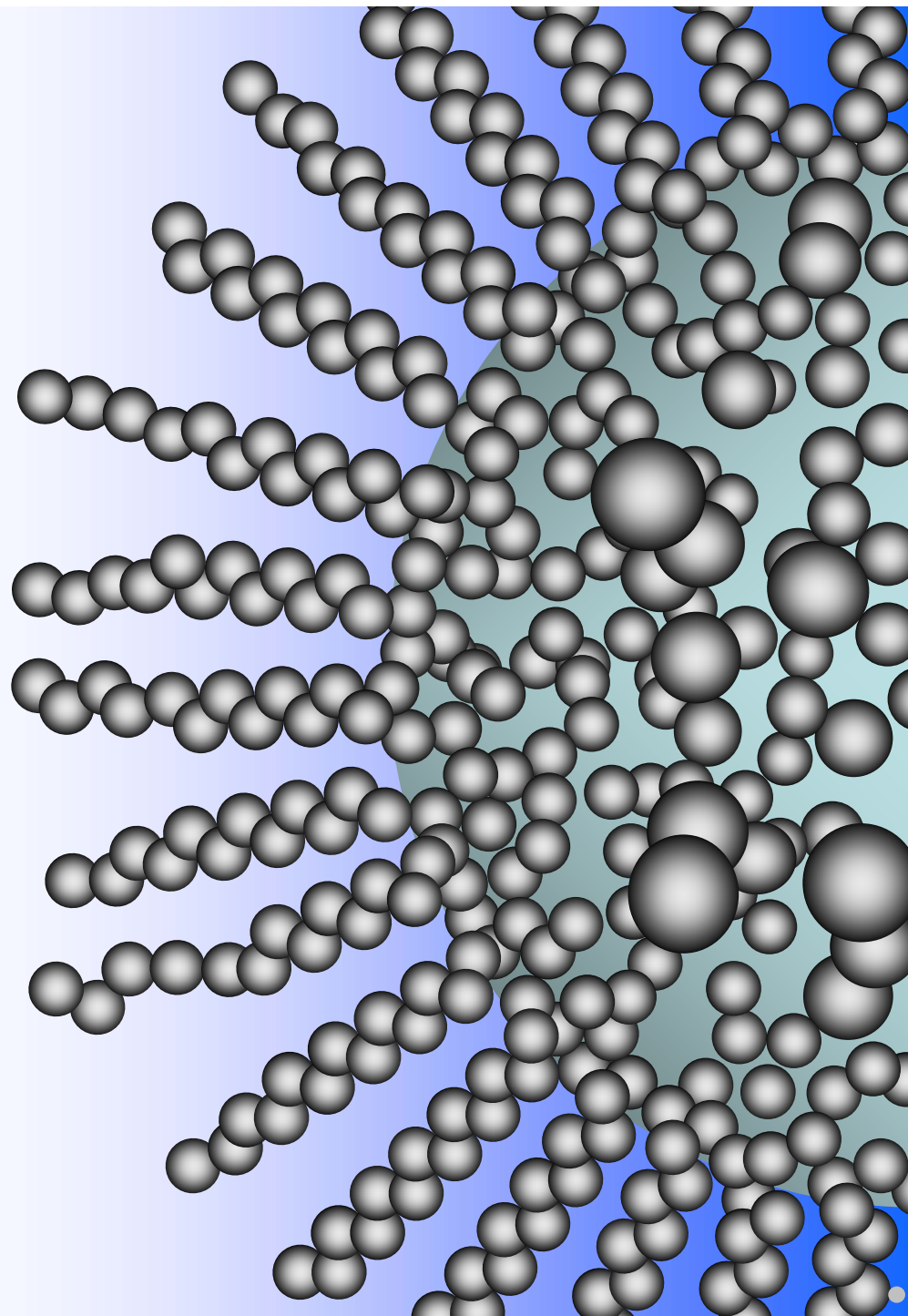
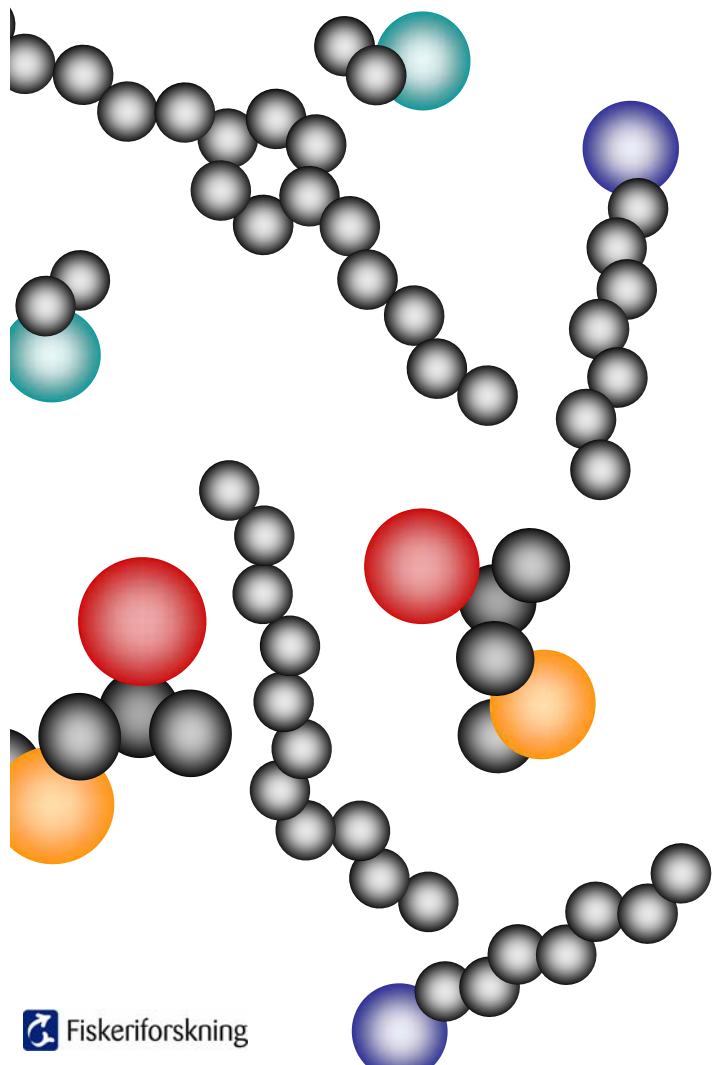
Apolare faser

Vannbasert
væskefase

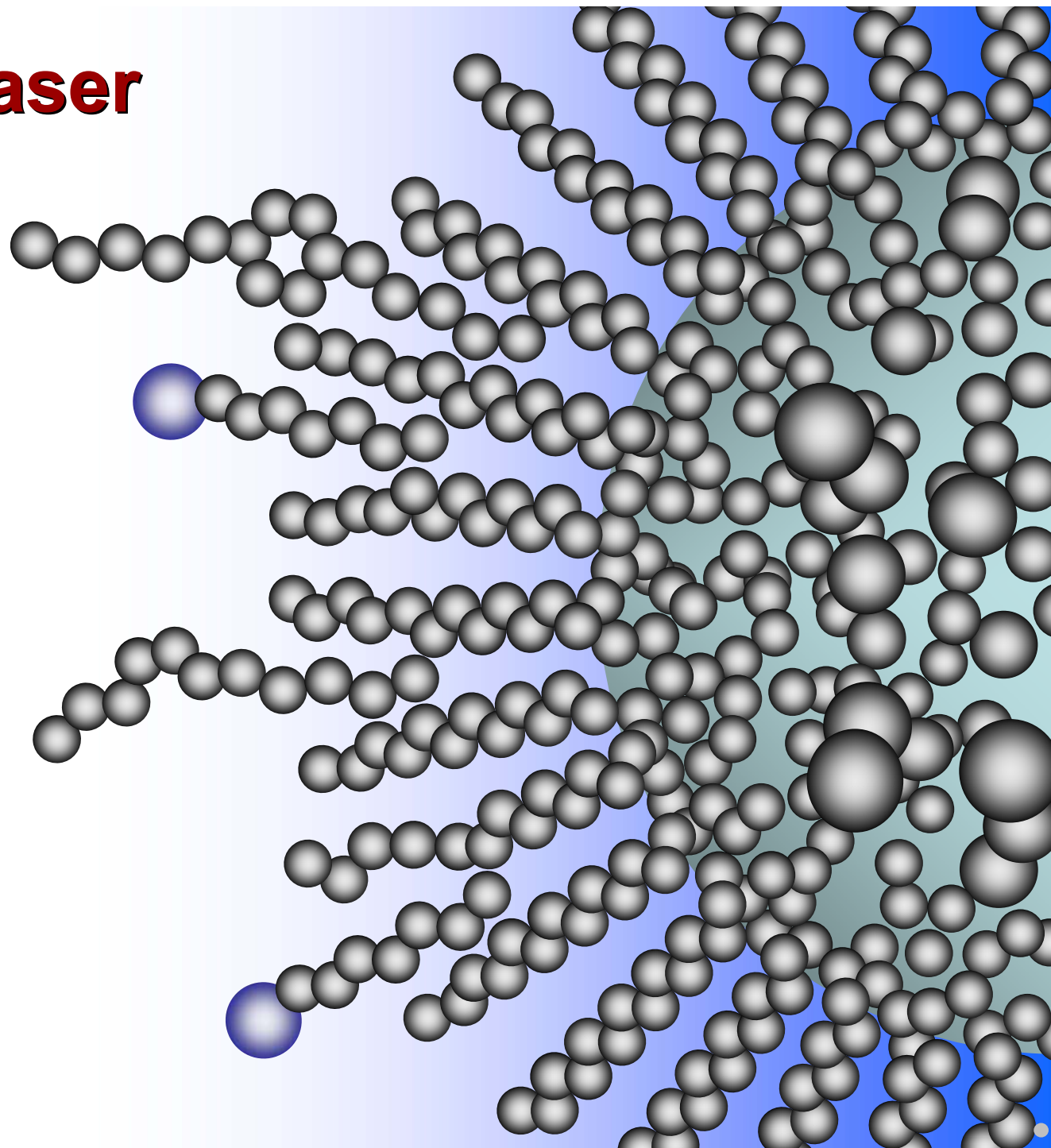
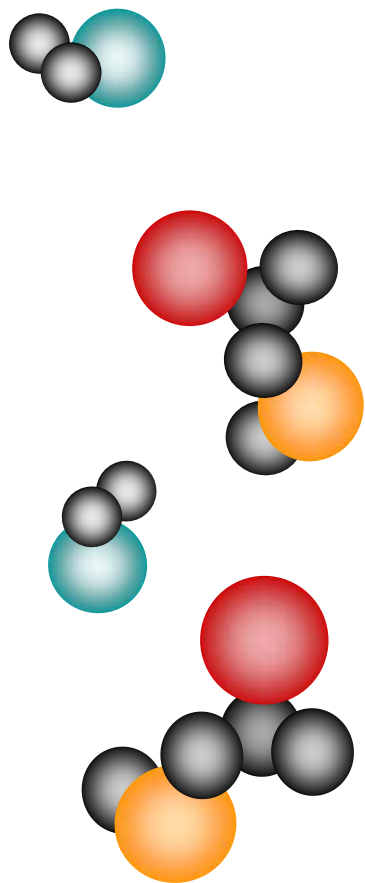
Polaritet

Partikler dekket
med apolare
forbindelser
(karbonkjeder)

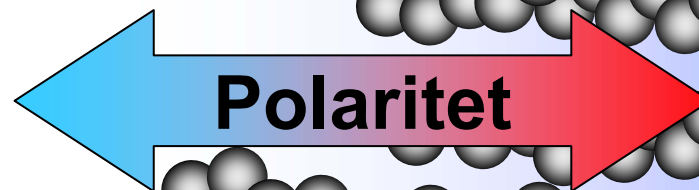
Apolare faser



Apolare faser



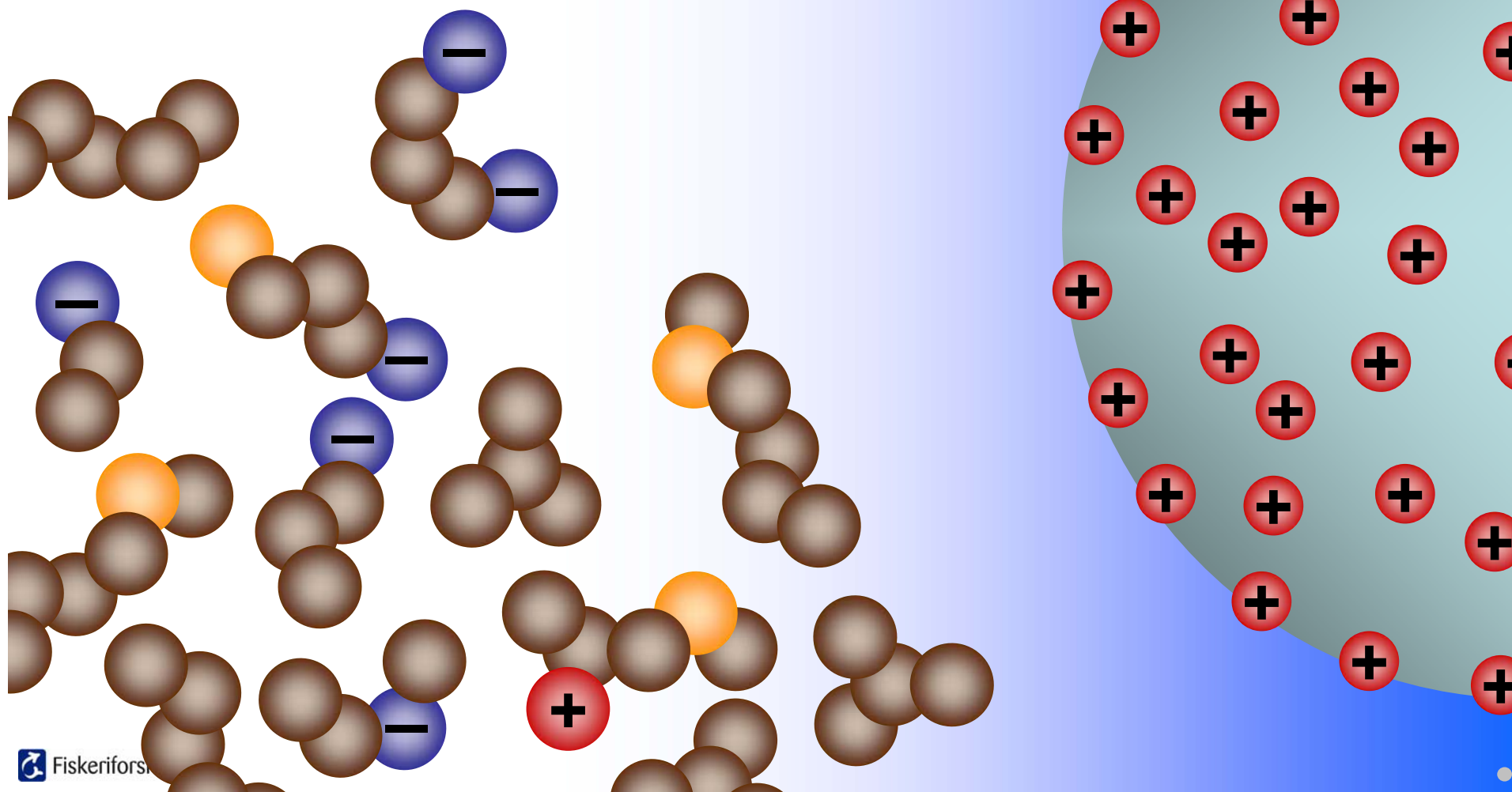
Apolare faser



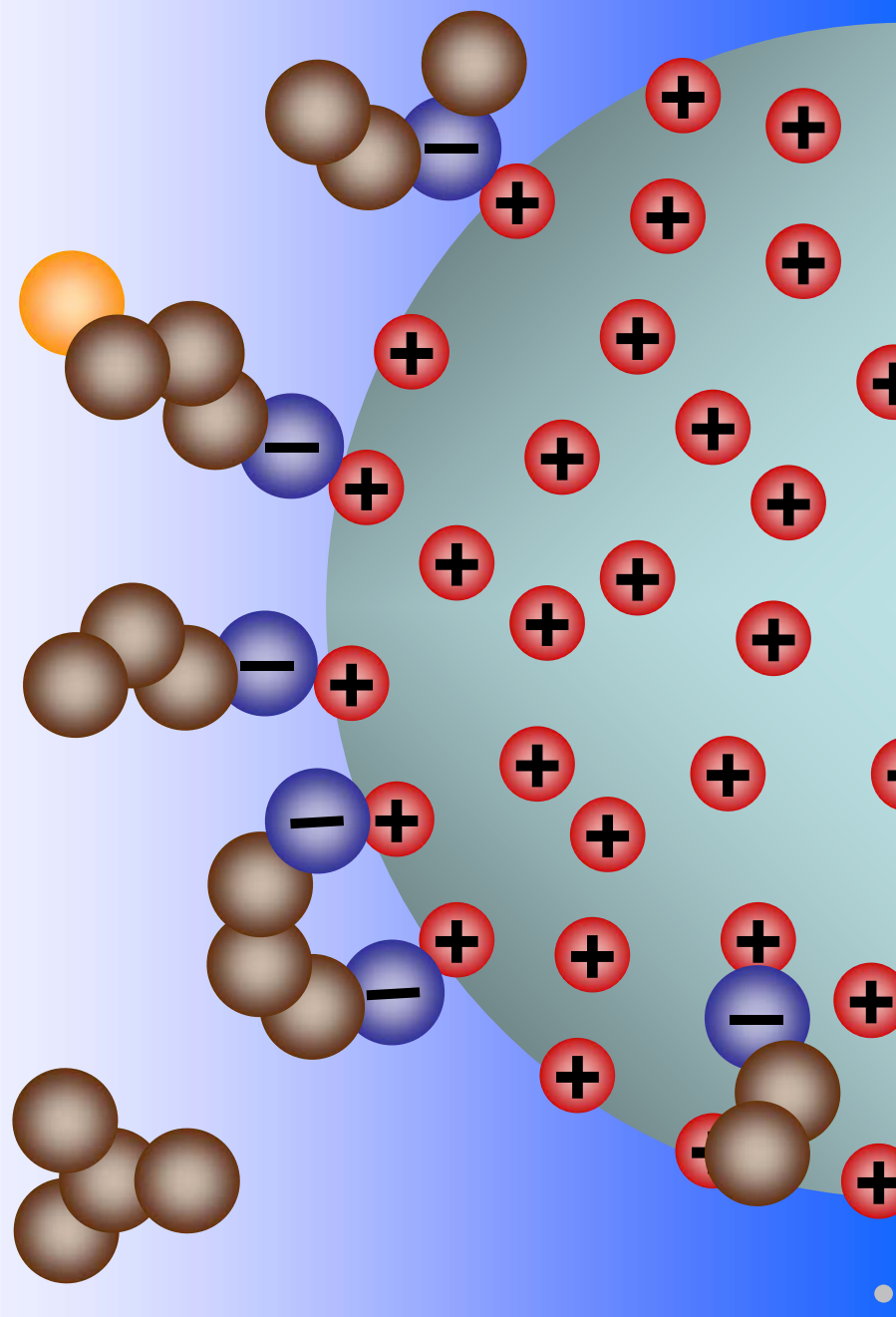
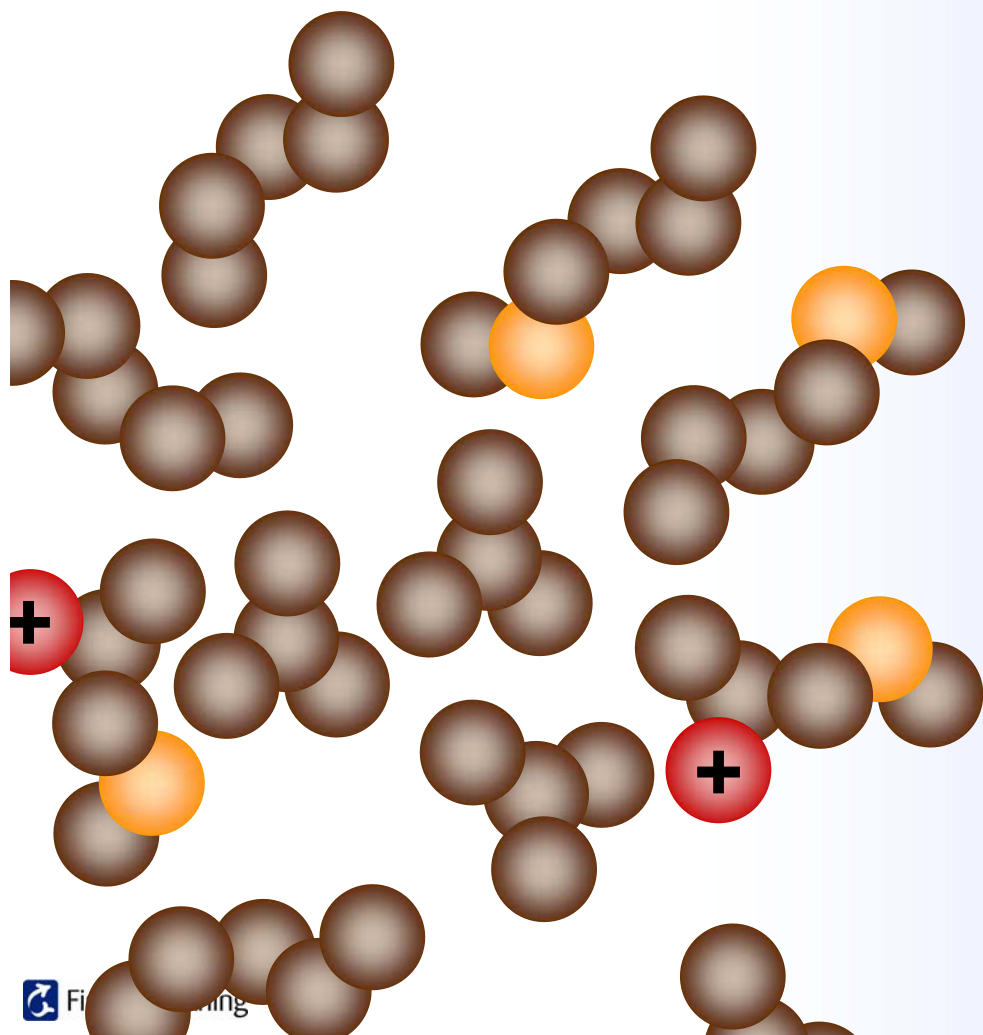
**Mye samme selektivitet som apolare
løsemidler (f.eks. heksan)**

**Mye brukt i kromatografi lite brukt i
ekstraksjon.**

Ionebyttere

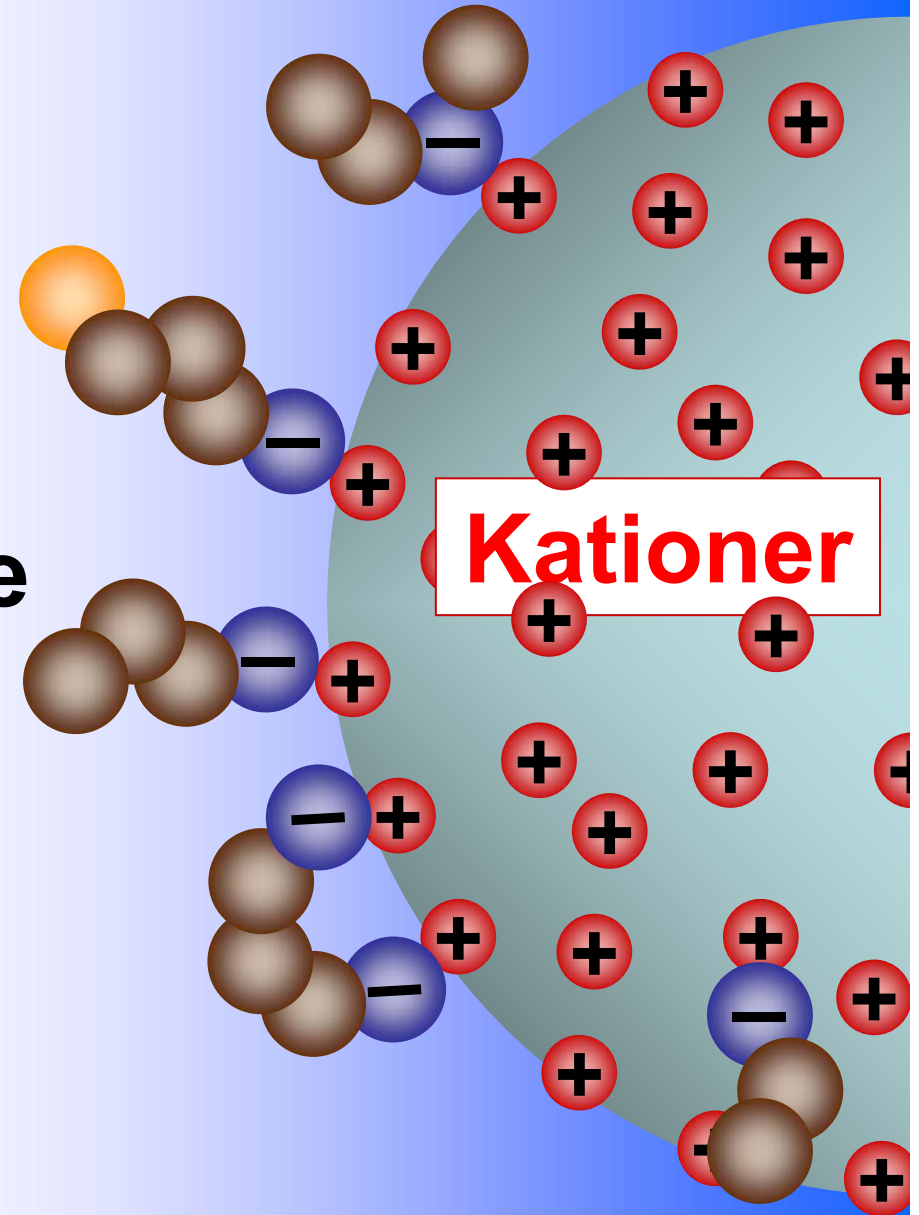


lonebyttene



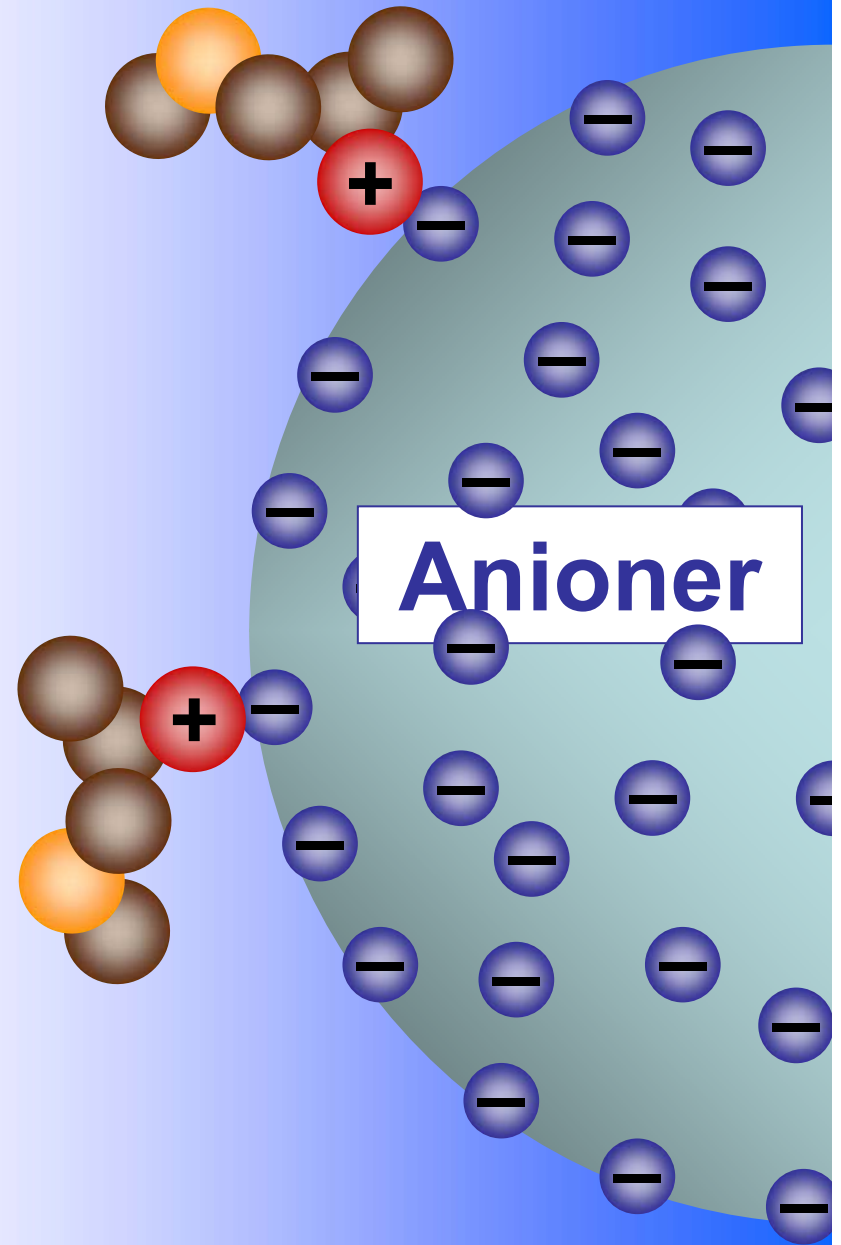
Ionebyttere

“Anion
exchange” fase



Ionebyttere

“Cation
exchange” fase



Ionebyttere

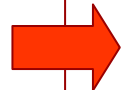


Billige stasjonærfaser

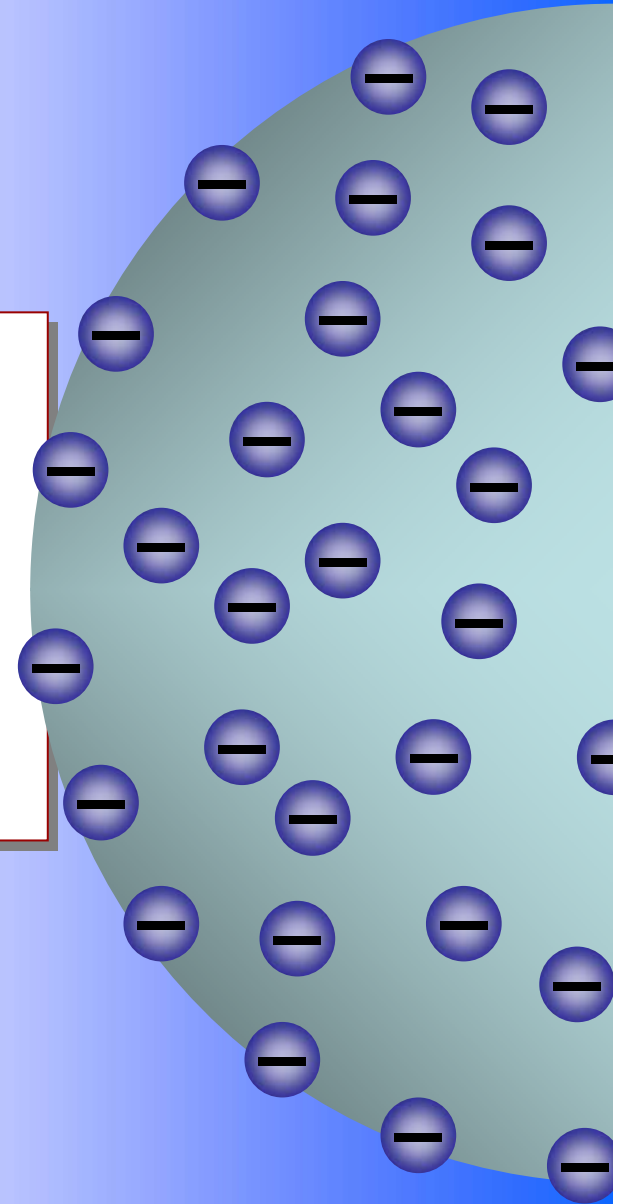
Væskefasen er vann (billig)



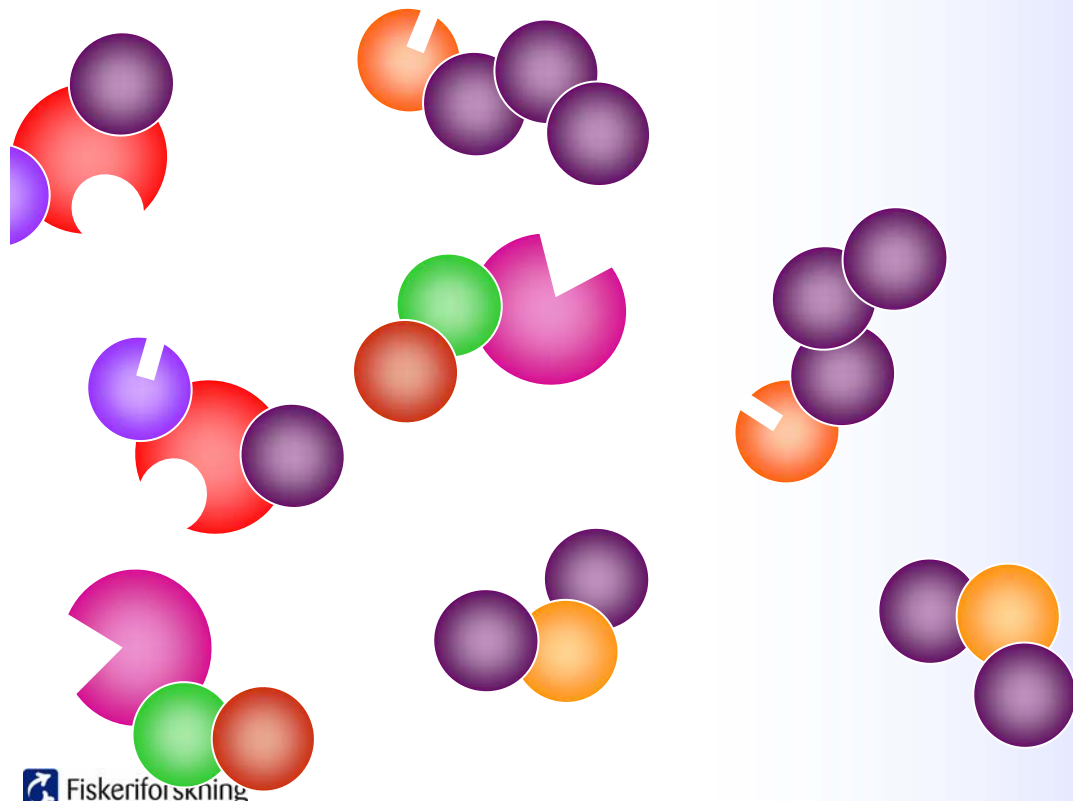
Begrenset selektivitet



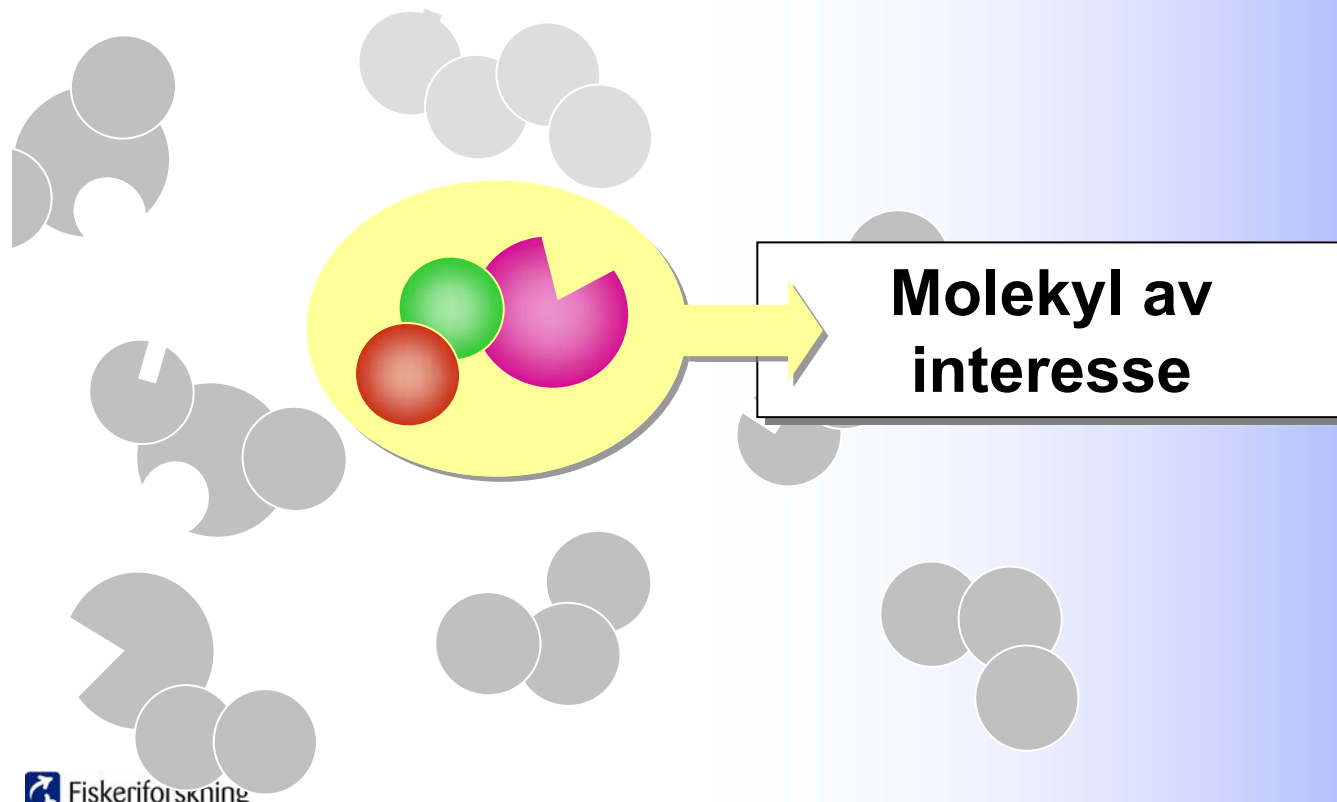
Mye brukt til proteiner og peptider



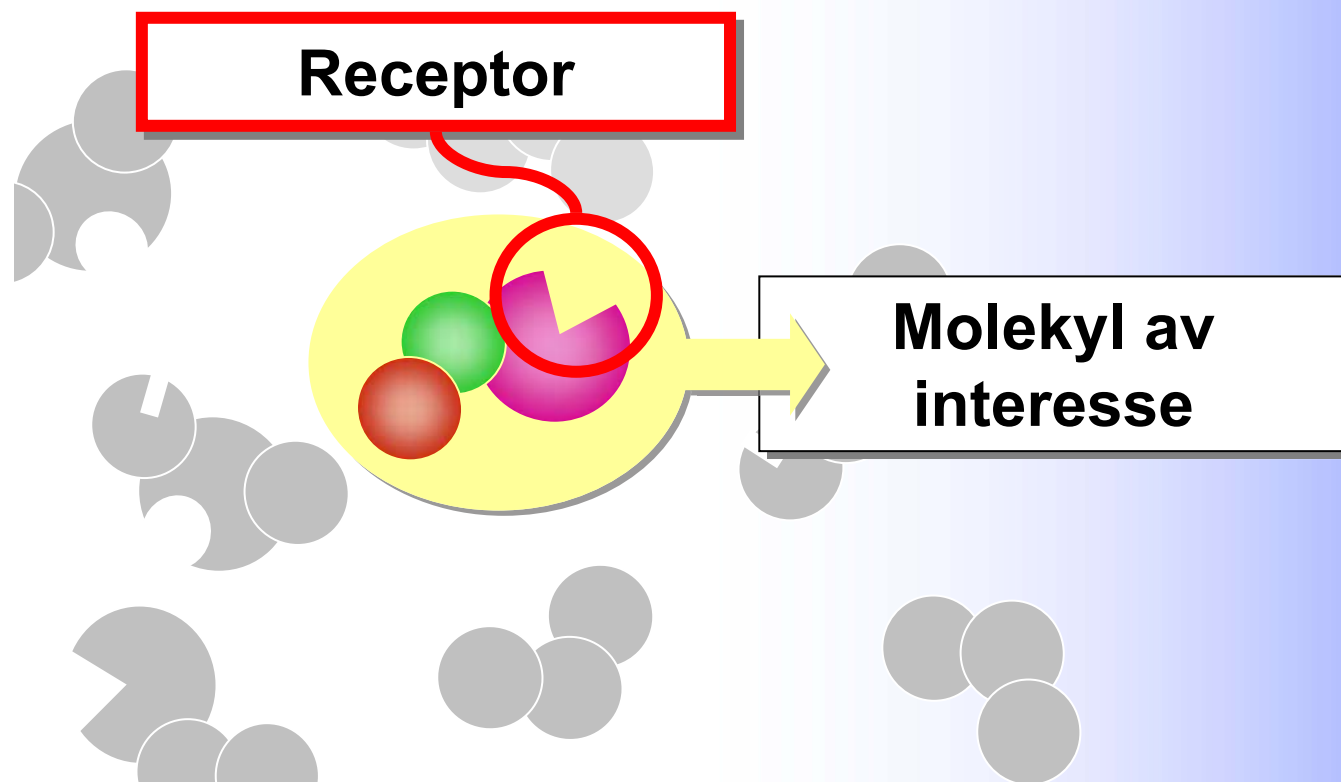
Affinitetsfaser



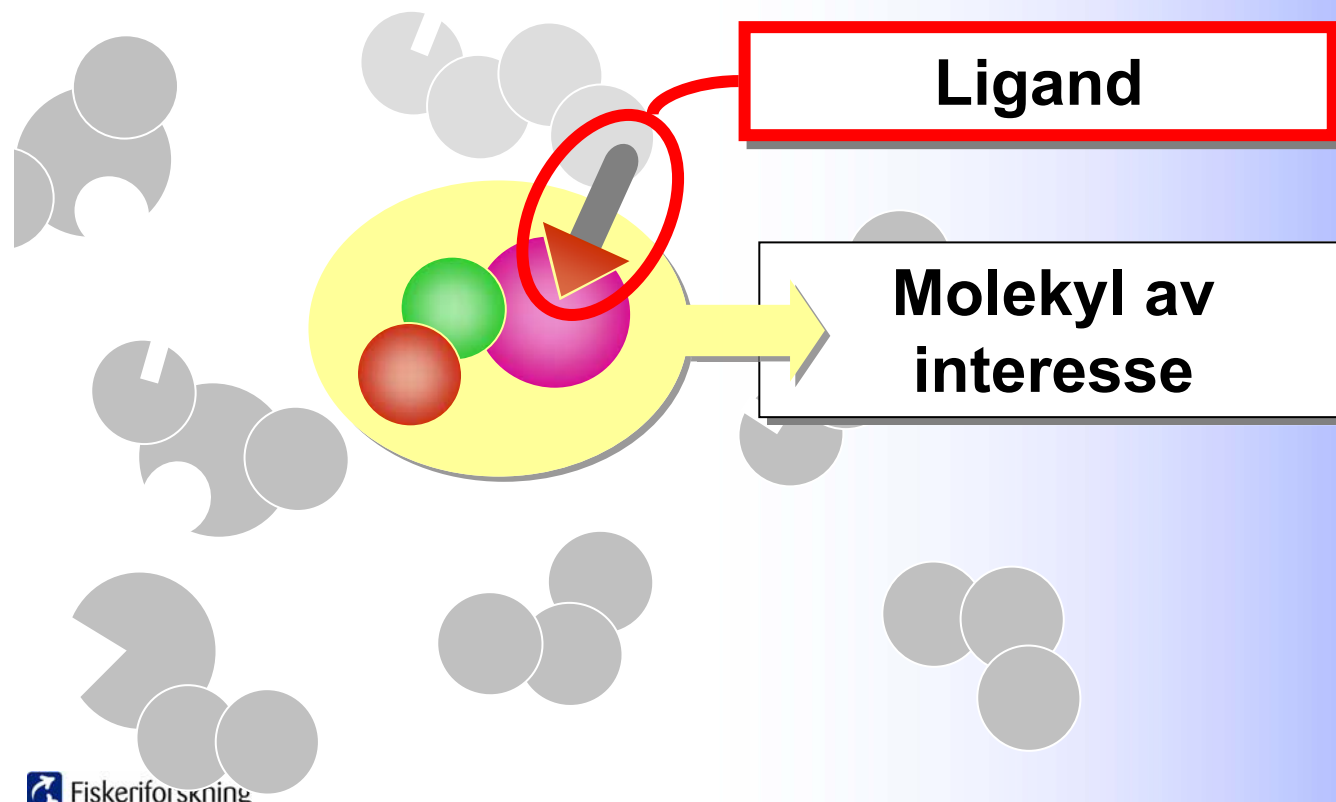
Affinitetsfaser



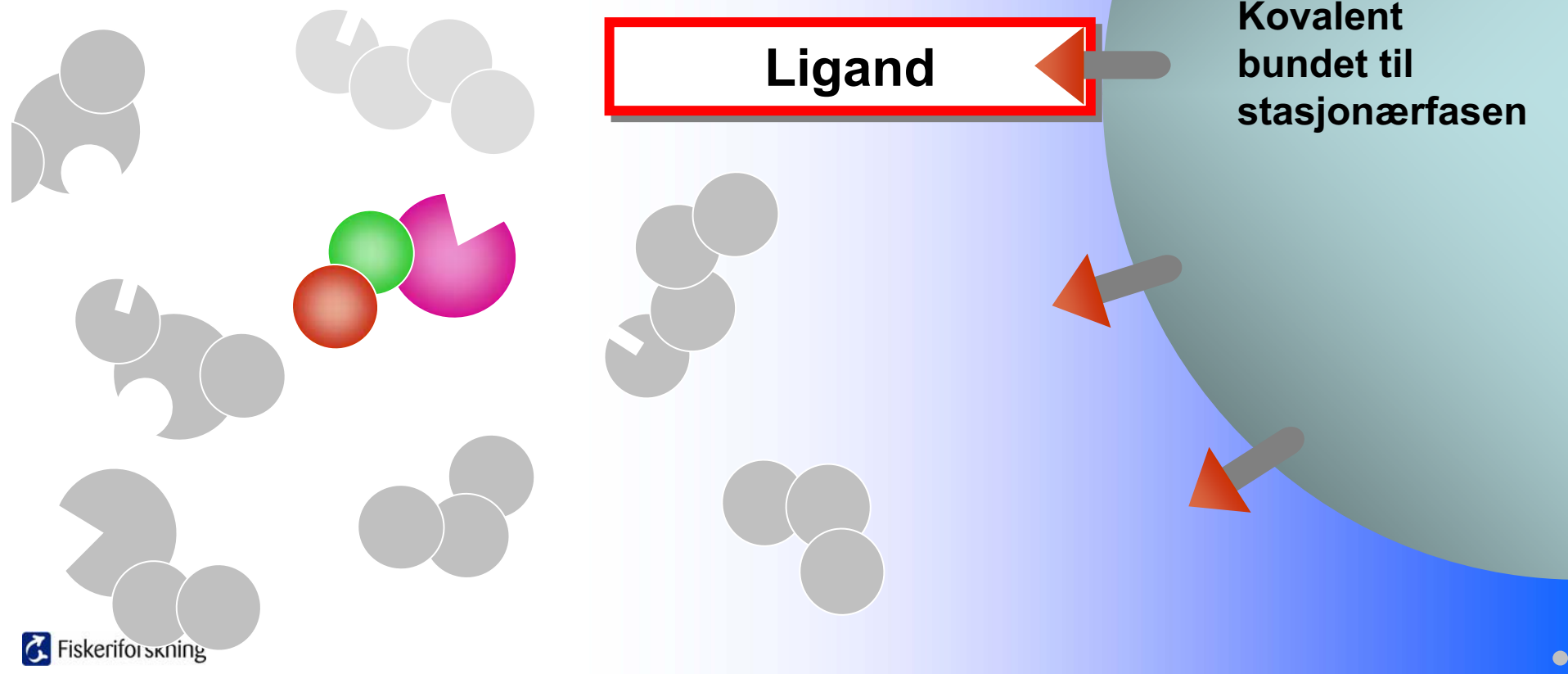
Affinitetsfaser



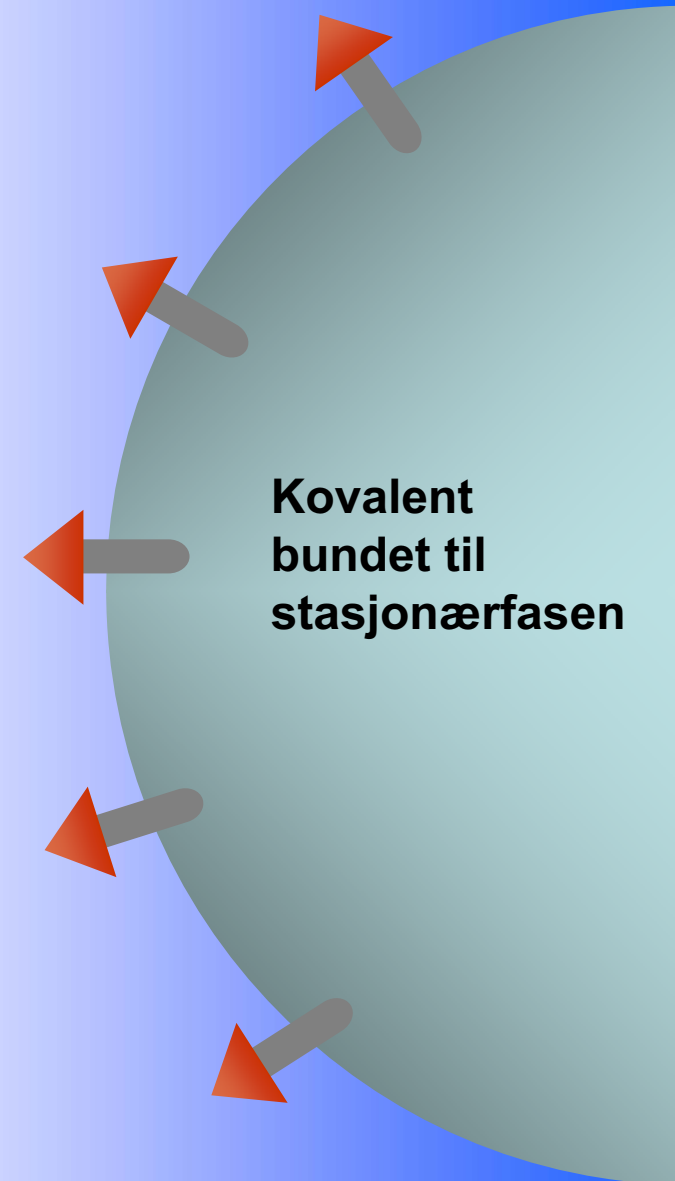
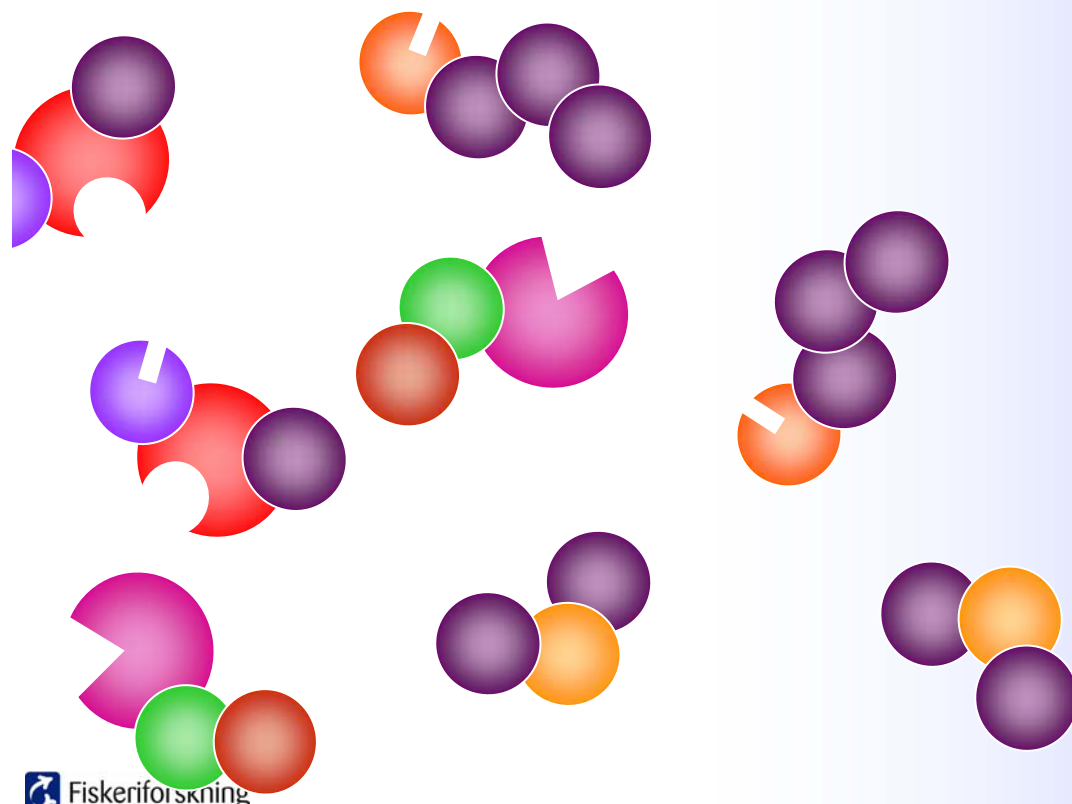
Affinitetsfaser



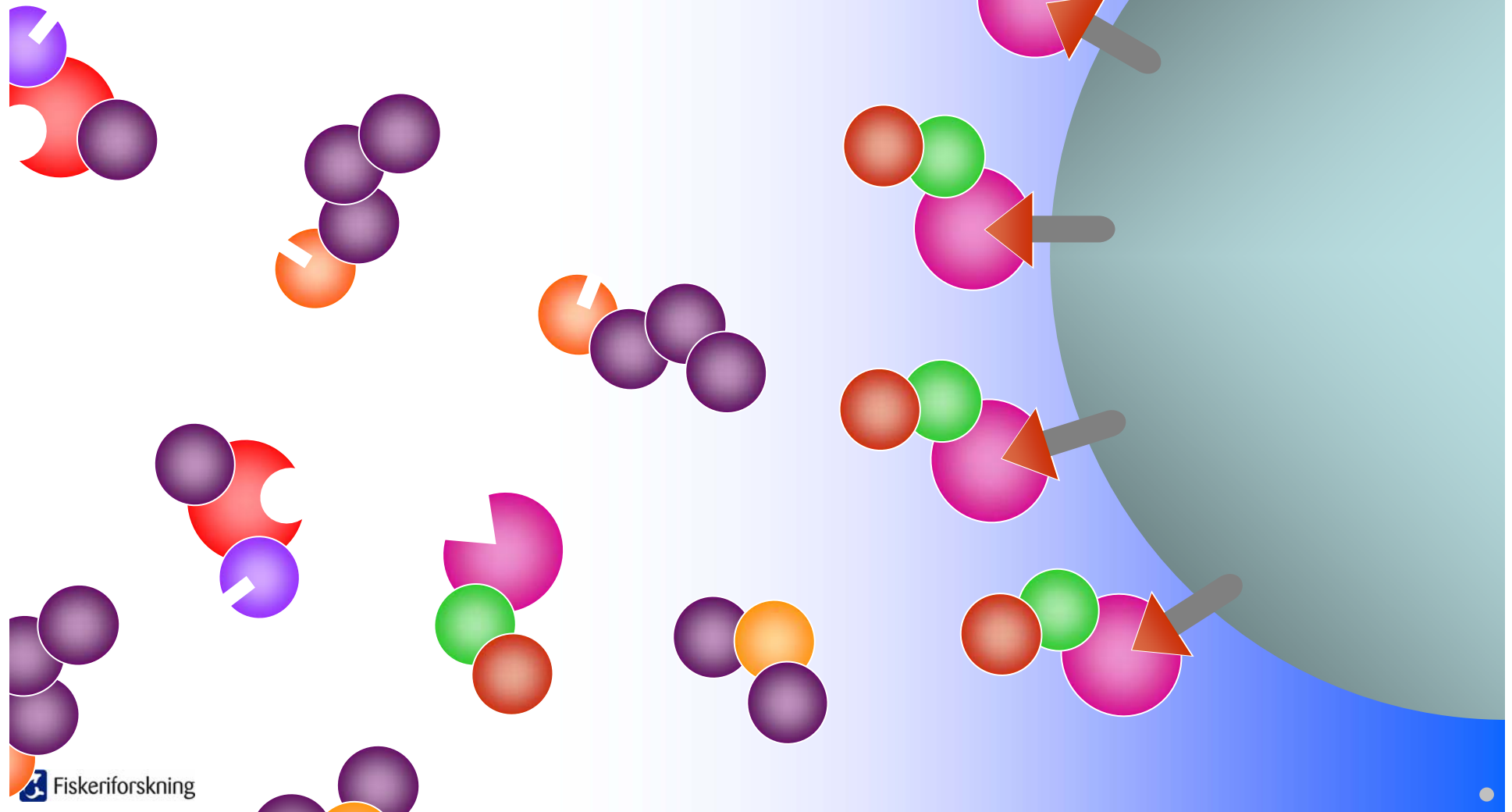
Affinitetsfaser



Affinitetsfaser

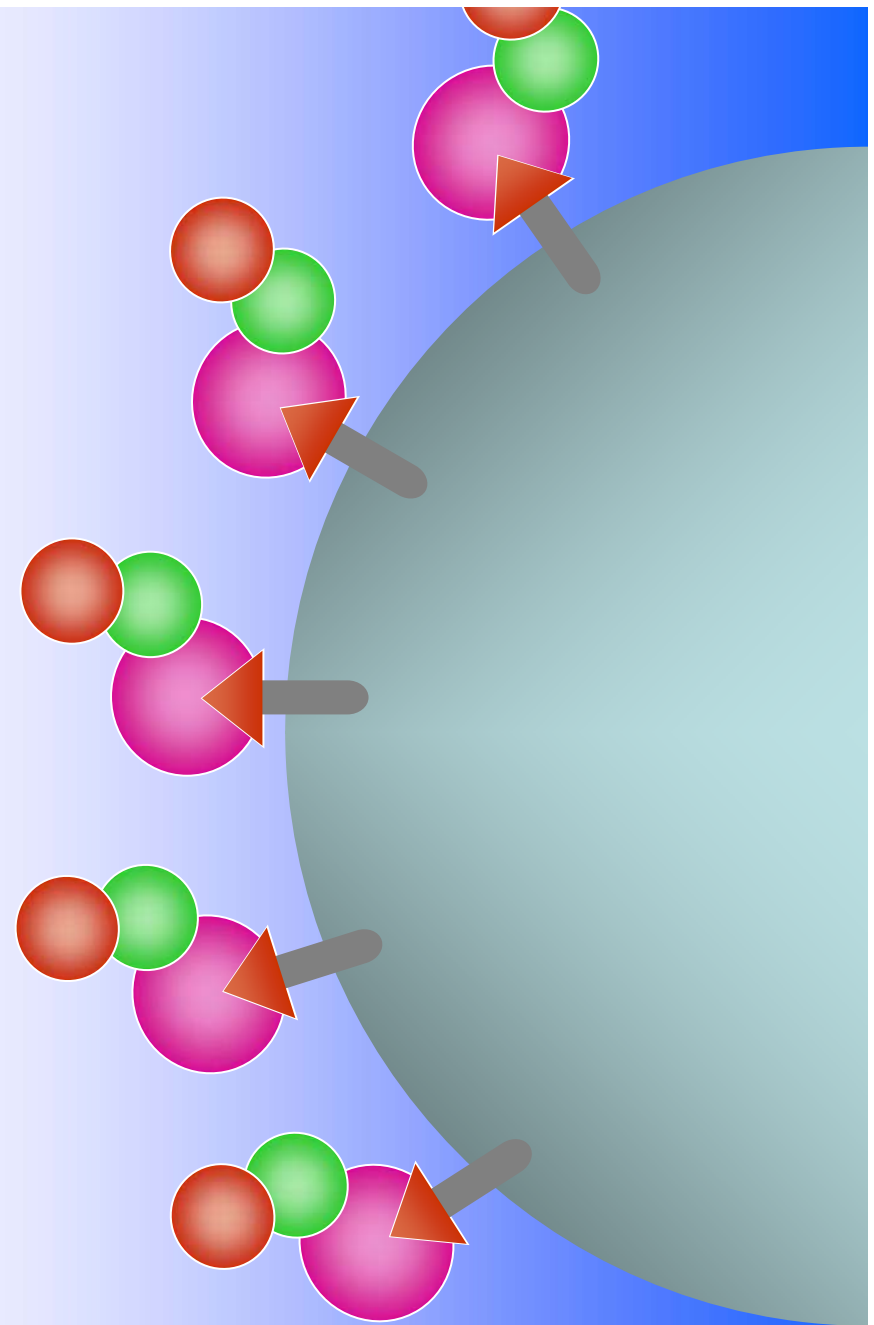


Affinitetsfaser

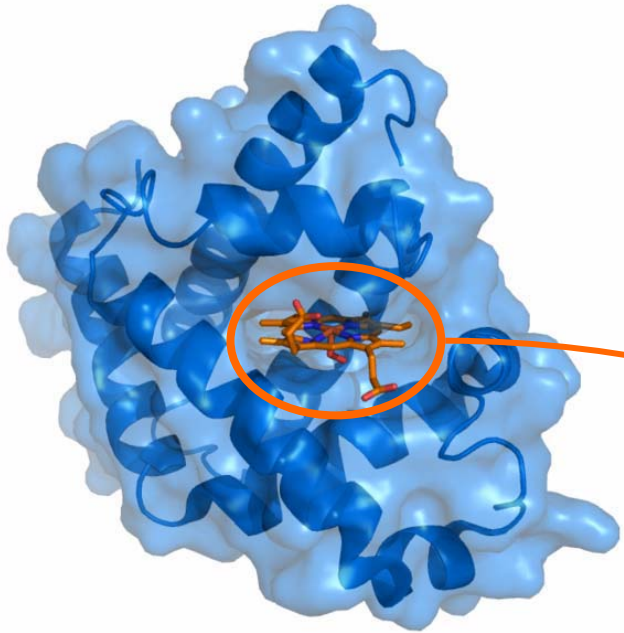


Affinitetsfaser

**Svært høy
selektivitet**



Affinitetsfaser



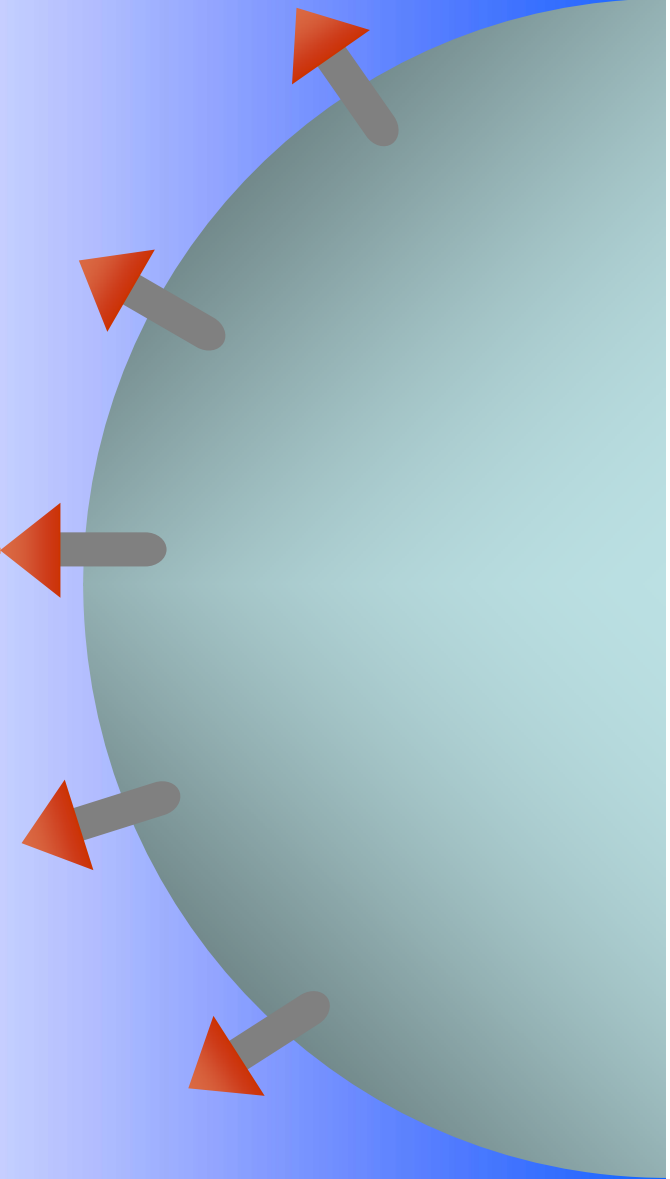
Myoglobin (blå) med heme gruppe (orange)

Thomas Splettstoesser (Uni-Heidelberg)

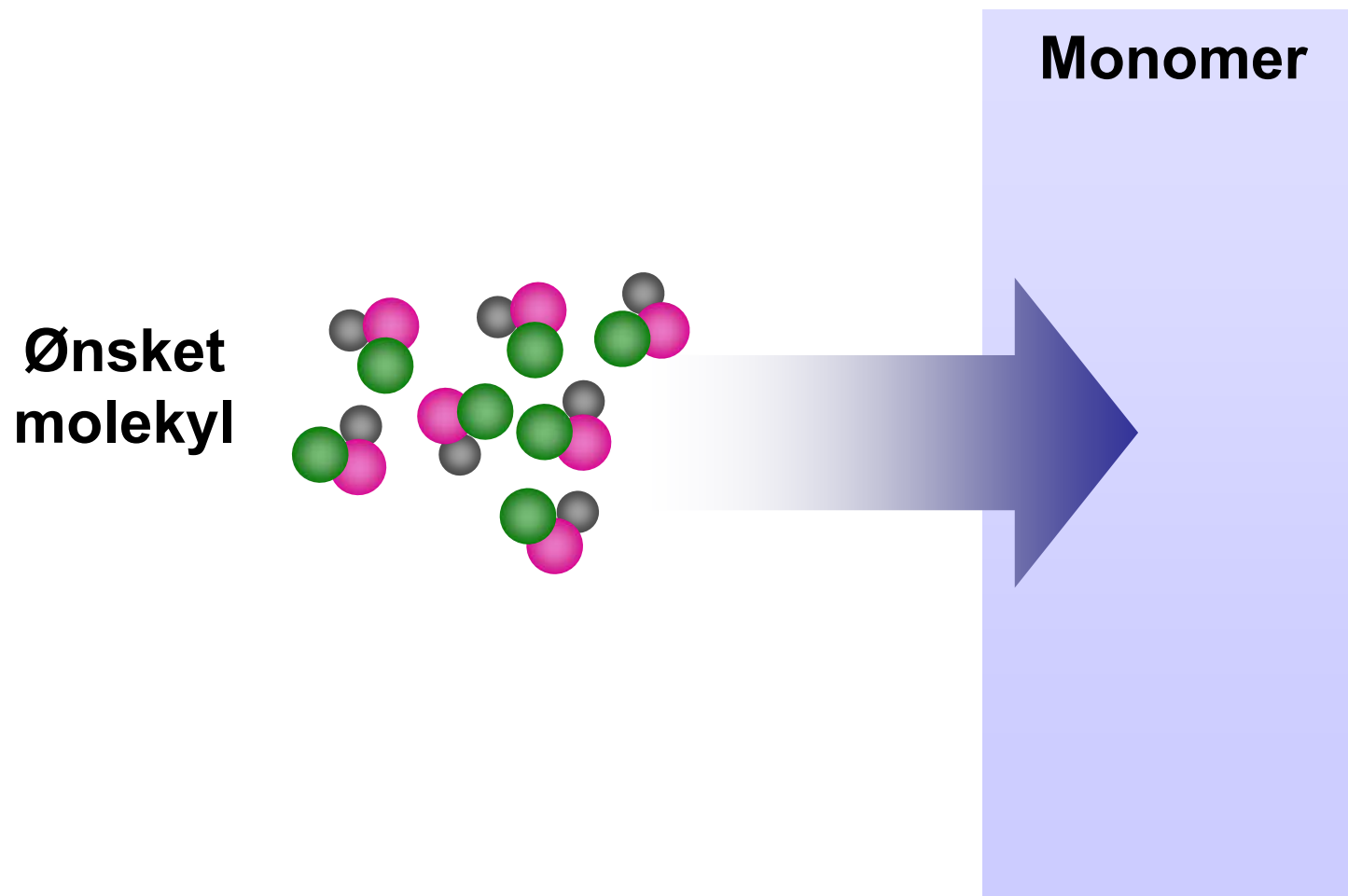
Typiske interaksjoner:

- Receptor / Ligand
- Antigen / Antibody
- Enzym / Substrat

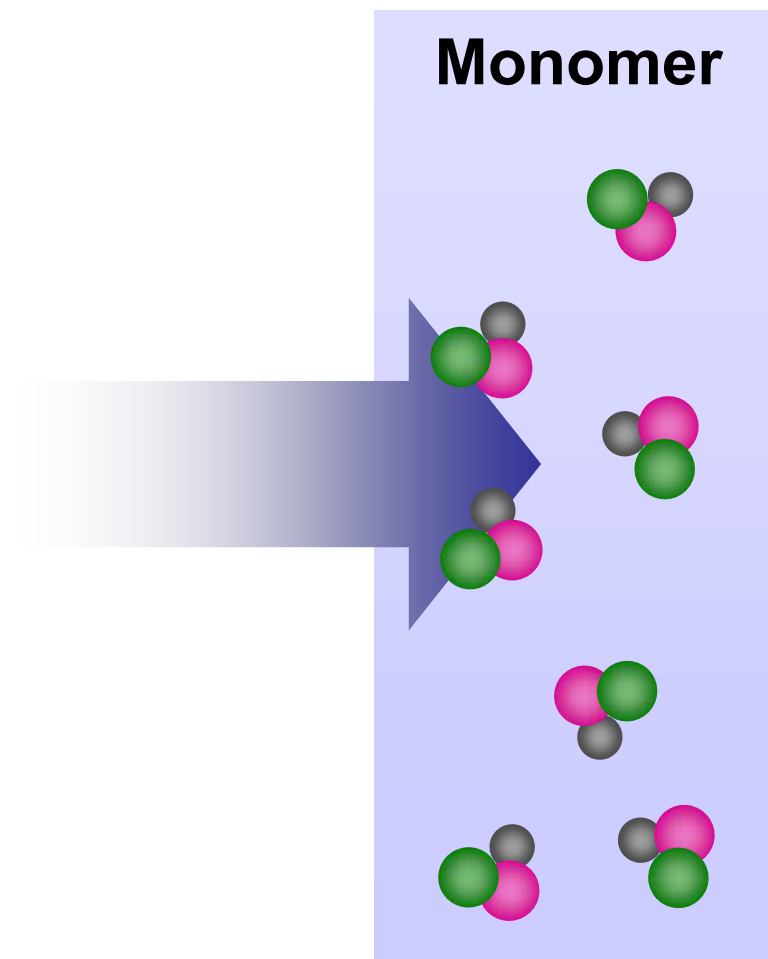
Brukes til store biomolekyler



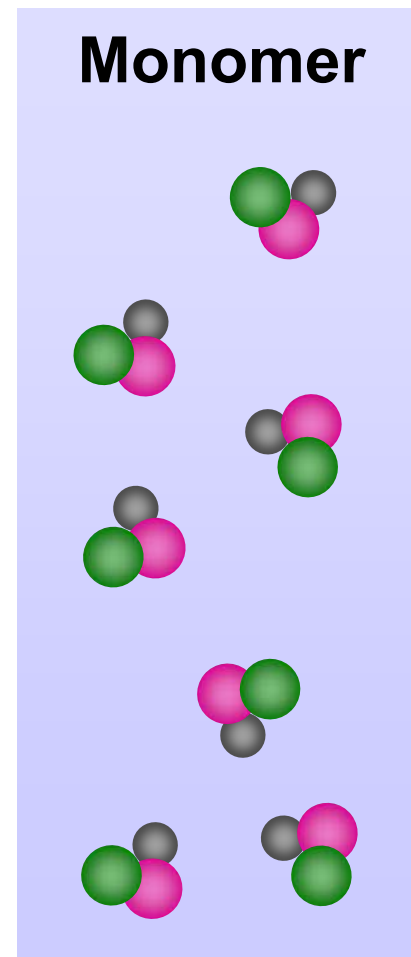
MIP (molecularly imprinted polymers)



MIP (molecularly imprinted polymers)

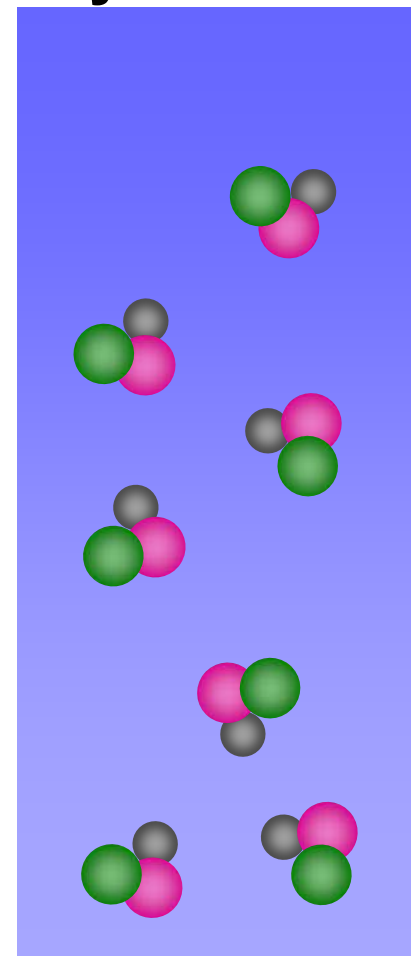


MIP (molecularly imprinted polymers)



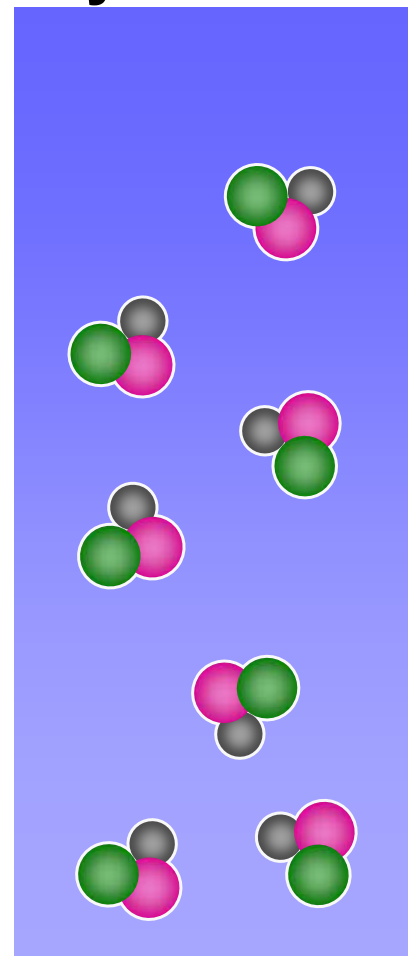
MIP (molecularly imprinted polymers)

Polymerisering



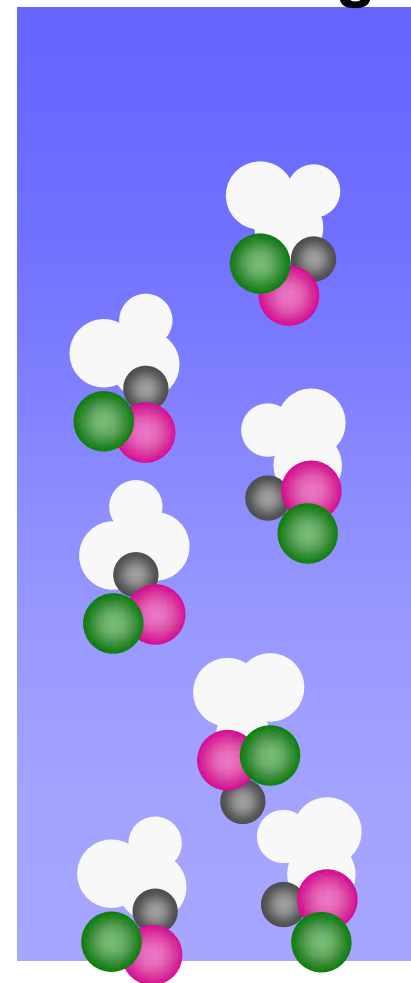
MIP (molecularly imprinted polymers)

Polymerisering



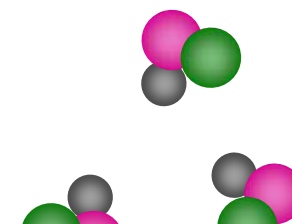
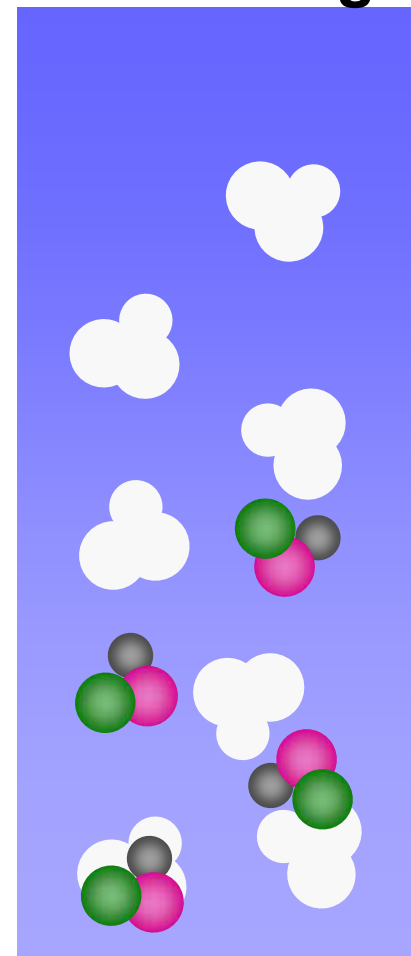
MIP (molecularly imprinted polymers)

Utvasking

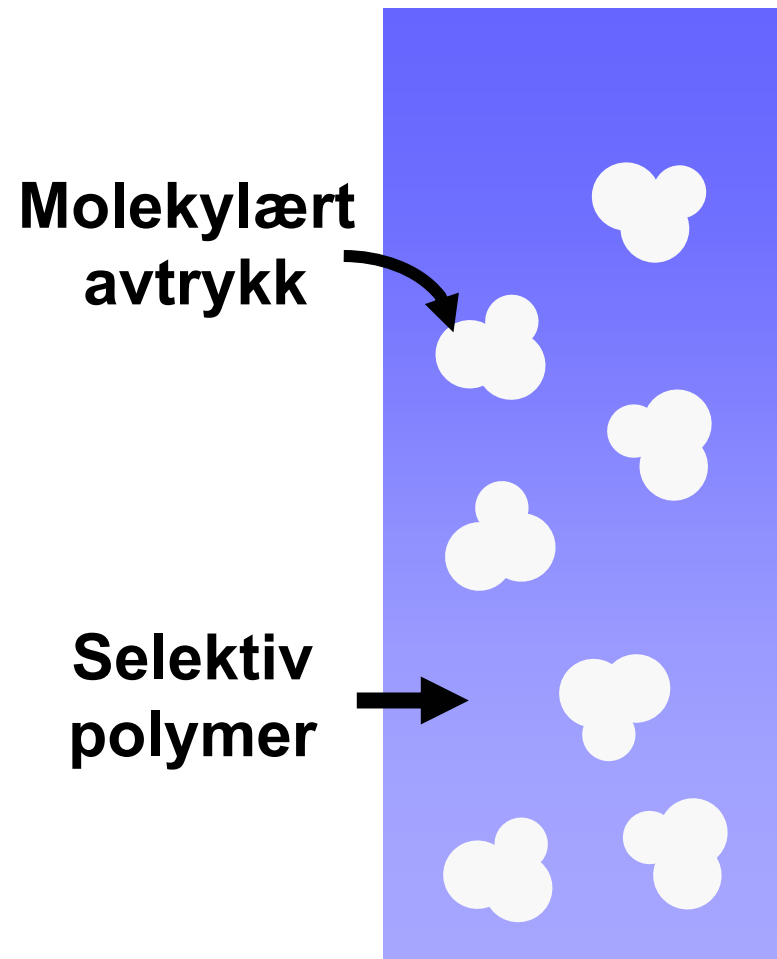


MIP (molecularly imprinted polymers)

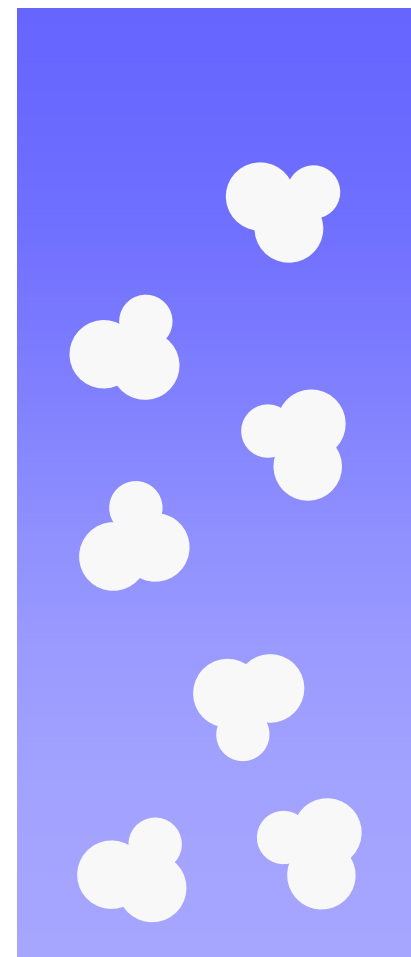
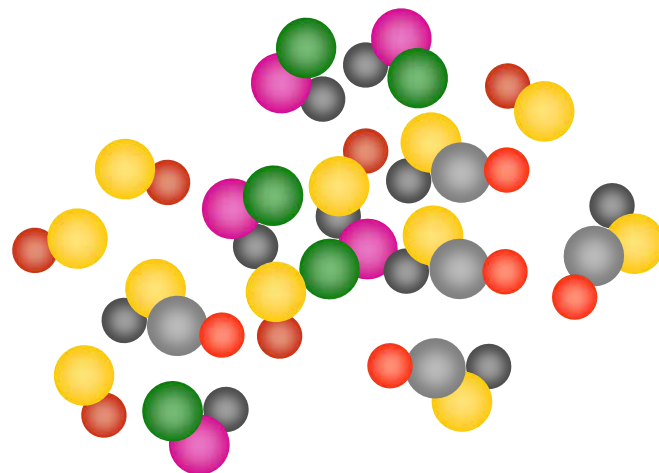
Utvasking



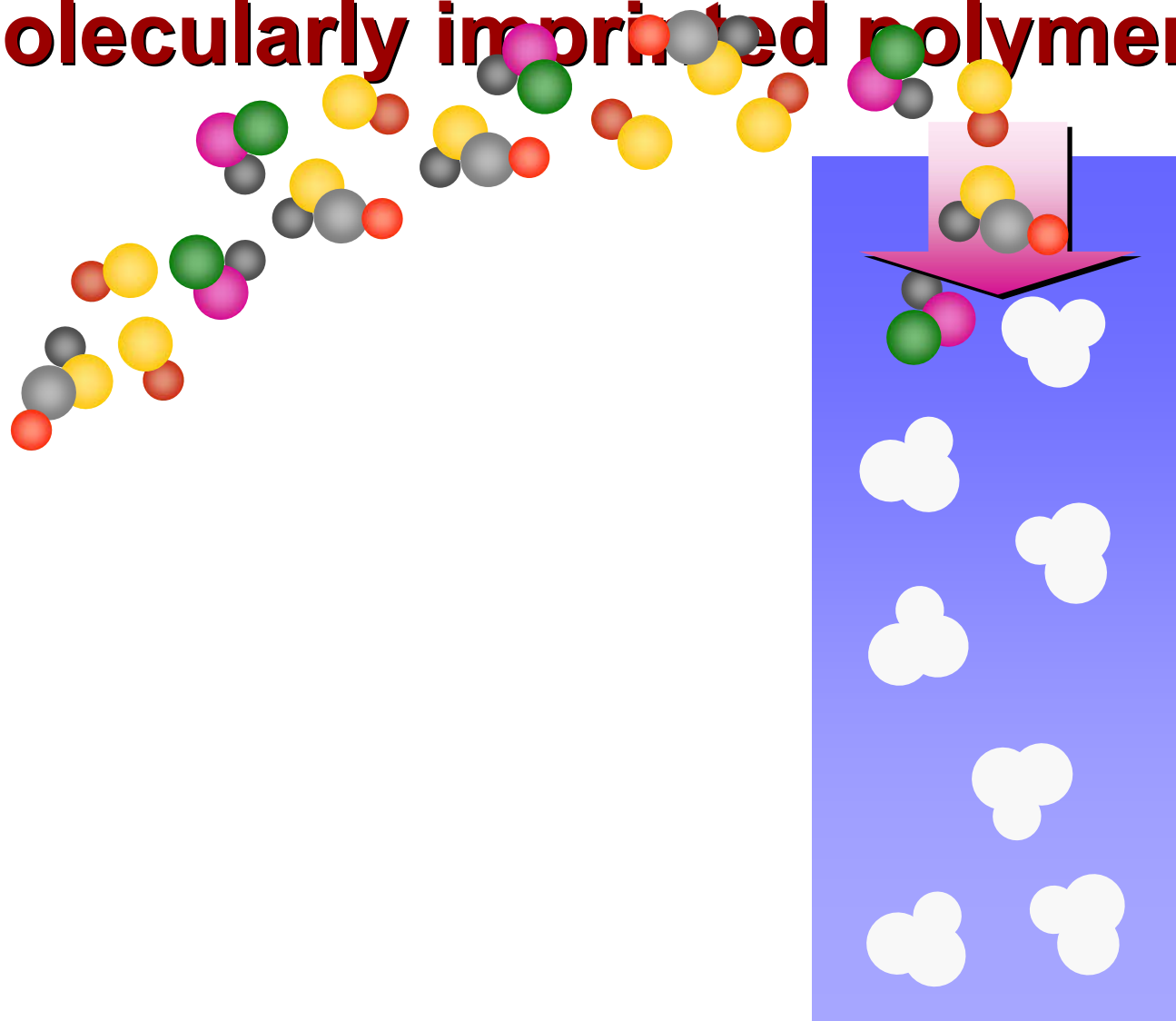
MIP (molecularly imprinted polymers)



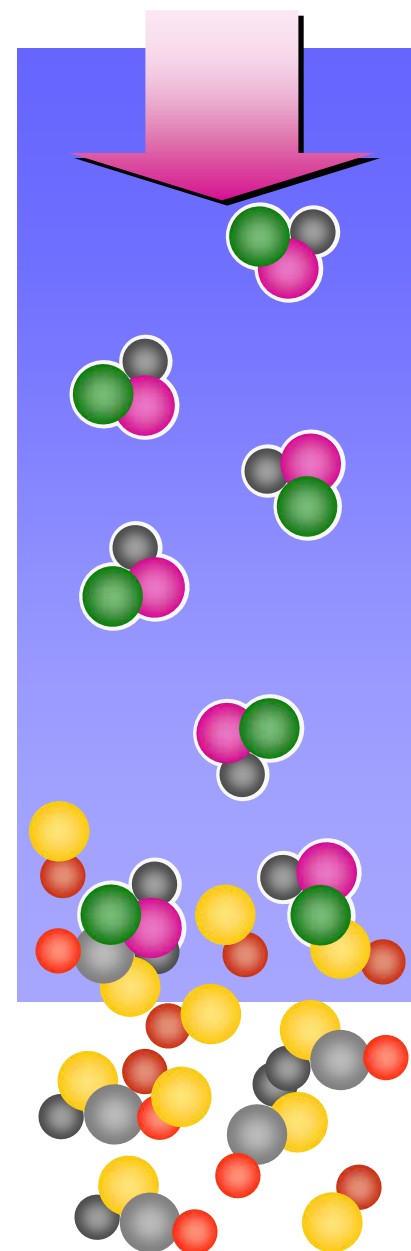
MIP (molecularly imprinted polymers)



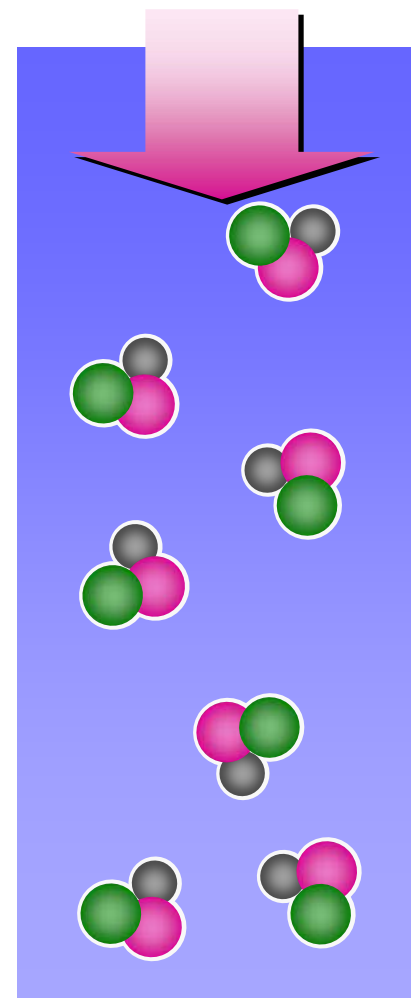
MIP (molecularly imprinted polymers)



MIP (molecularly imprinted polymers)



MIP (molecularly imprinted polymers)



MIP (molecularly imprinted polymers)

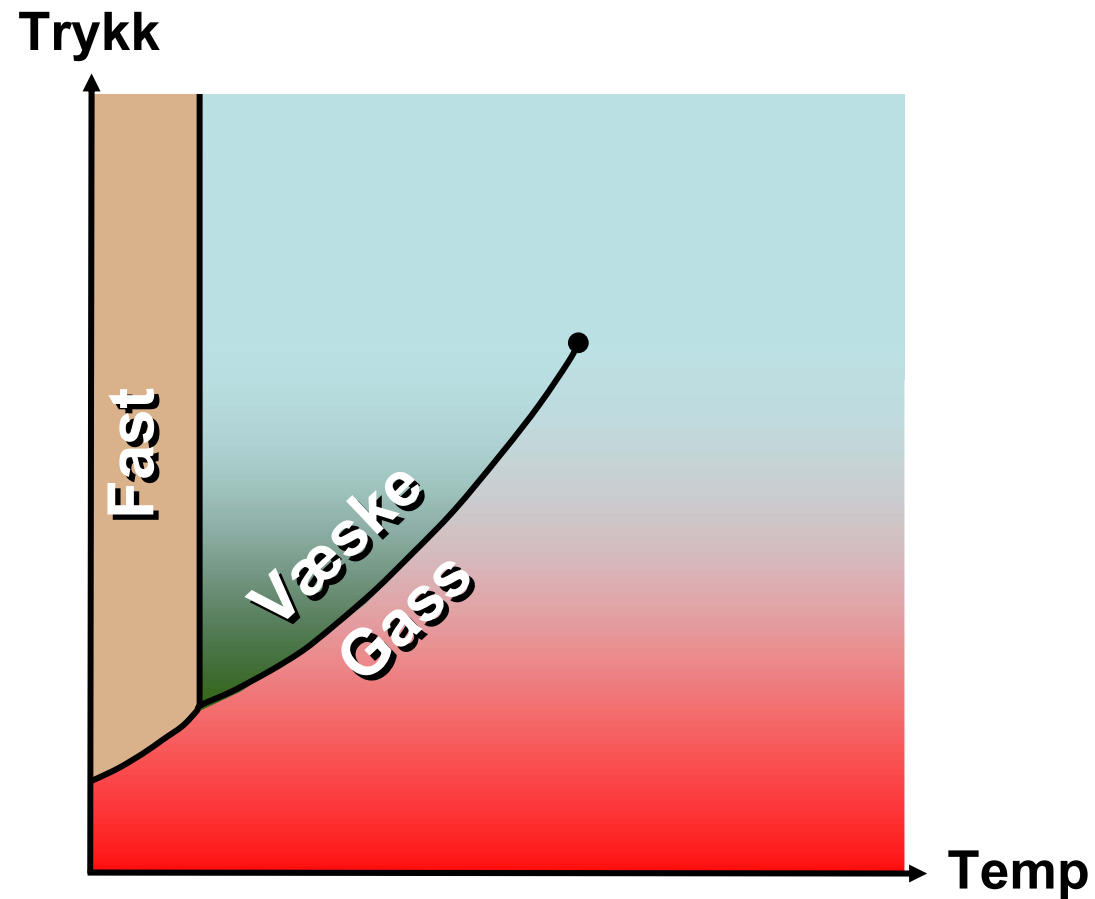
Endret
løsemiddelstyrke



Superkritiske løsemidler

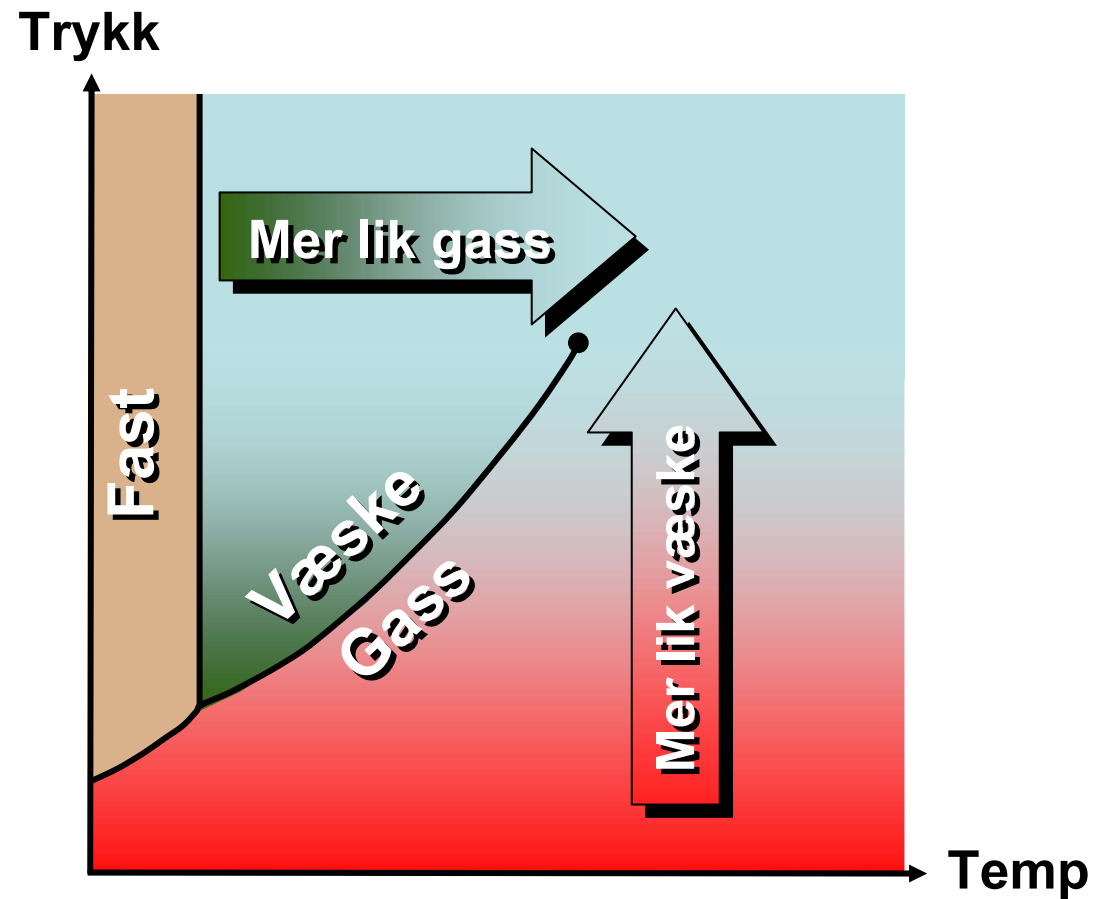
Superkritiske løsemidler

Fasediagram:



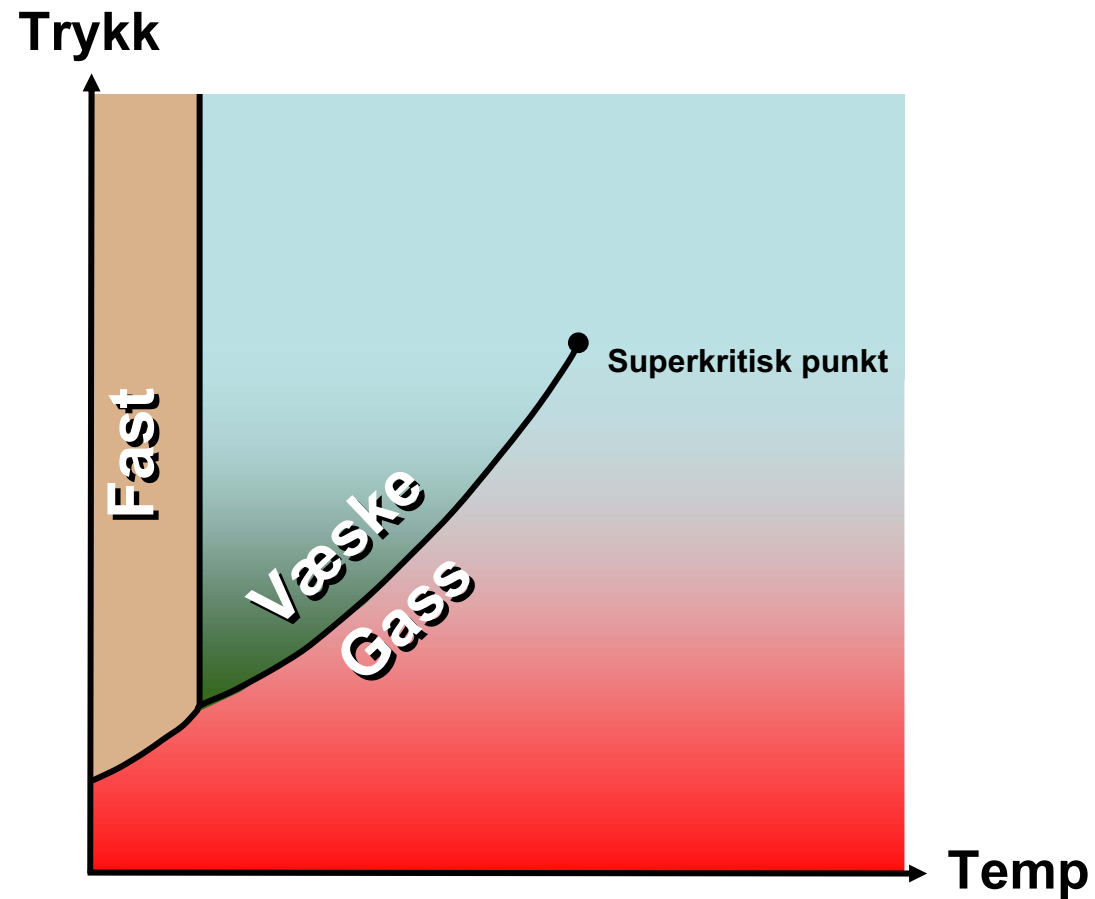
Superkritiske løsemidler

Fasediagram:



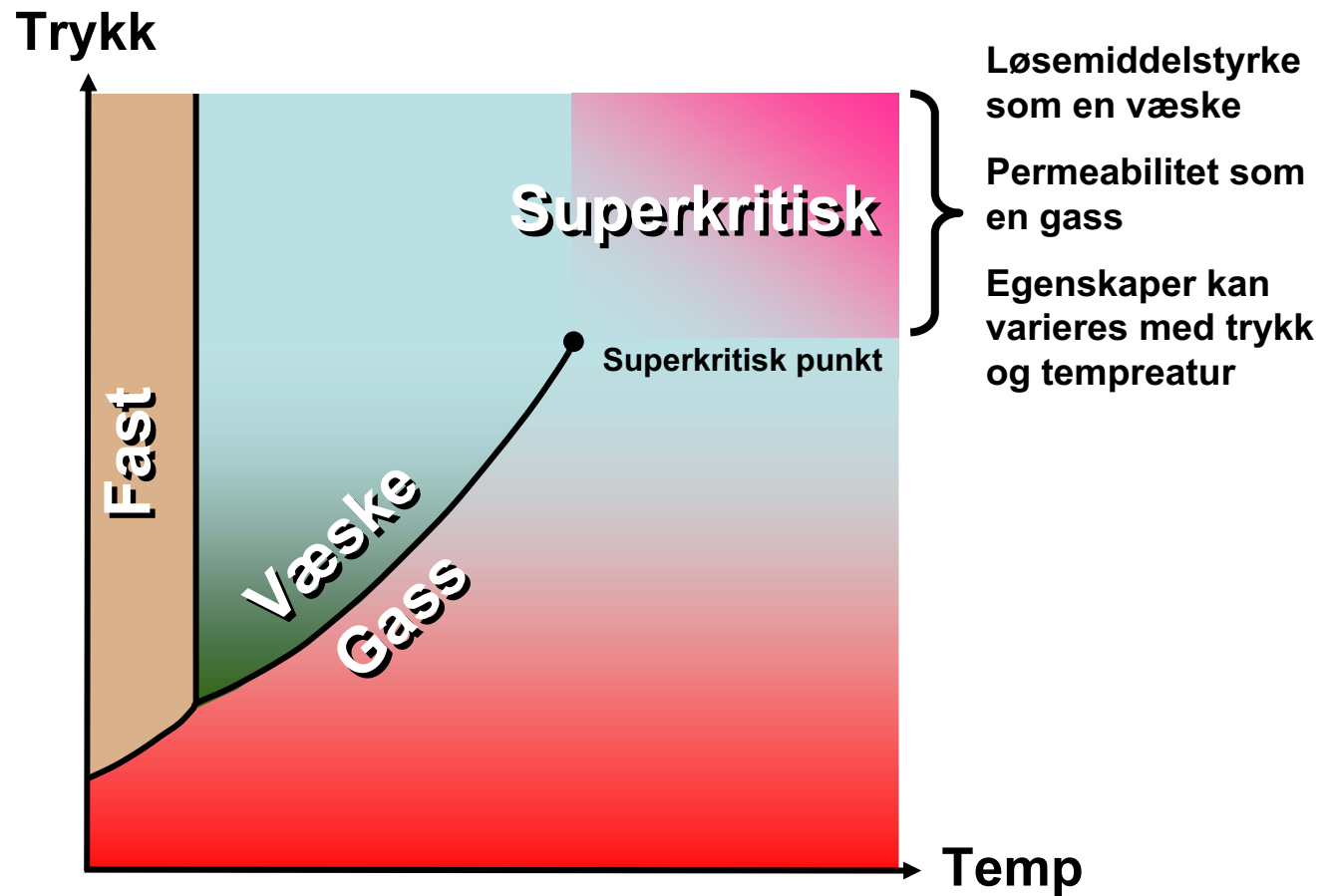
Superkritiske løsemidler

Fasediagram:



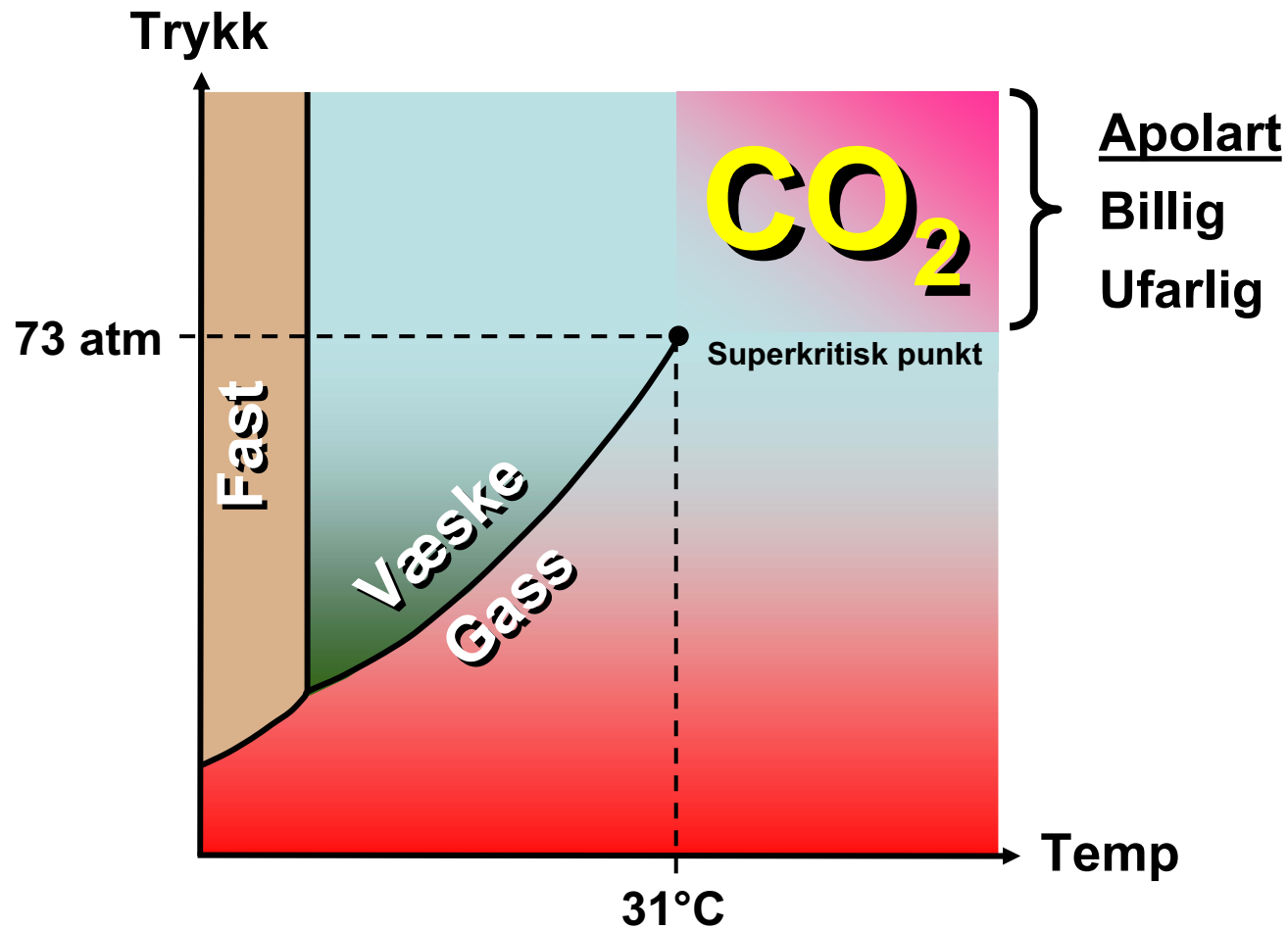
Superkritiske løsemidler

Fasediagram:



Superkritiske løsemidler

Fasediagram:



Superkritiske løsemidler

- ➔ Brukes både som erstatning for væske i ekstraksjon (SFE)
- ➔ Brukes som mobilfase i kromatografi (SFC)
- + Billig, sikkert, lett å fjerne
- + Svært mange parametre som kan varieres, særlig dersom superkritiske løsemidler kombineres med faste faser.
- ➔ Etablert teknikk, mye er patentert, men potensialet er neppe tatt ut

Superkritiske løsemidler



Brukes både som erstatning for væske i ekstraksjon (SFE)

Ekstraksjon av fett

Avfetting av protein og fosfolipider

Separasjon av lipidfraksjoner

Reduksjon av kolesterol

Fettløselige vitaminer

Karotenoider

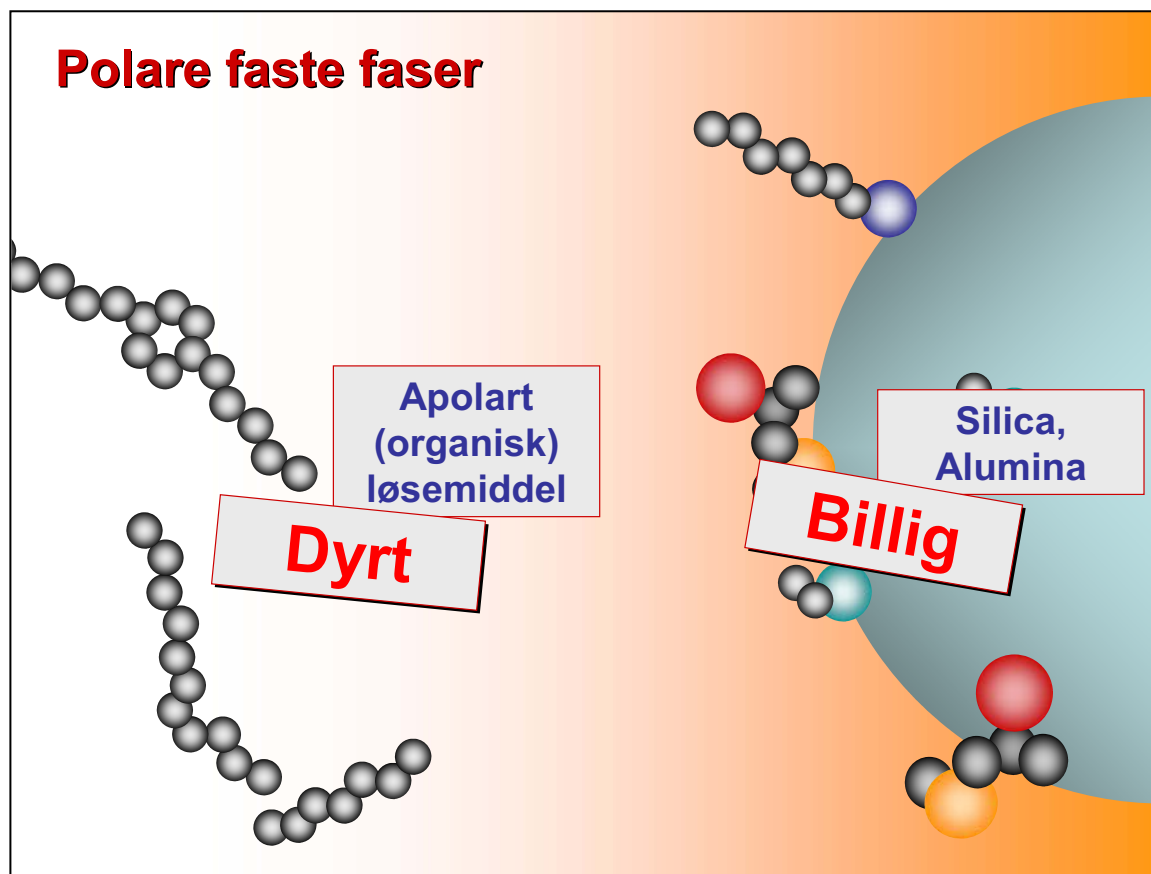
++

Superkritiske løsemidler

➔ Brukes som mobilfase i kromatografi (SFC)

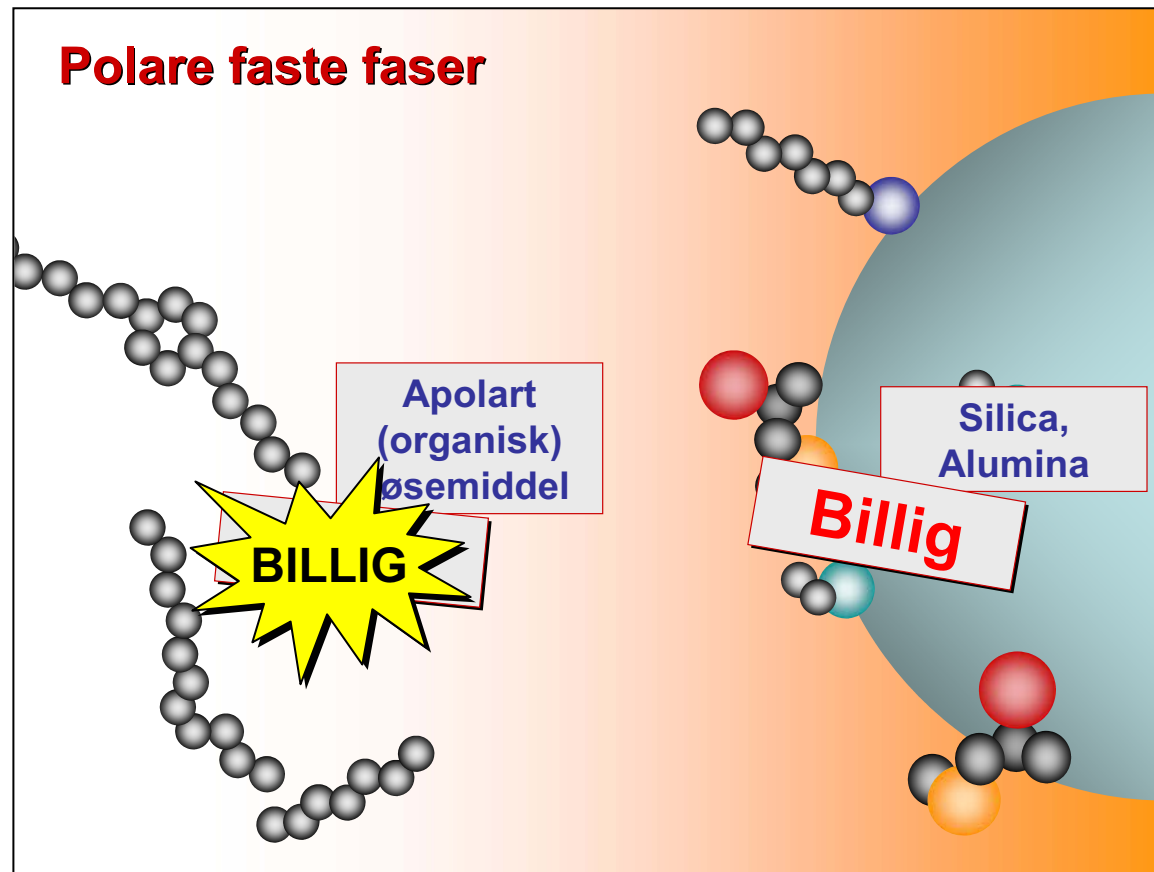
Superkritiske løsemidler

➔ Brukes som mobilfase i kromatografi (SFC)



Superkritiske løsemidler

➔ Brukes som mobilfase i kromatografi (SFC)



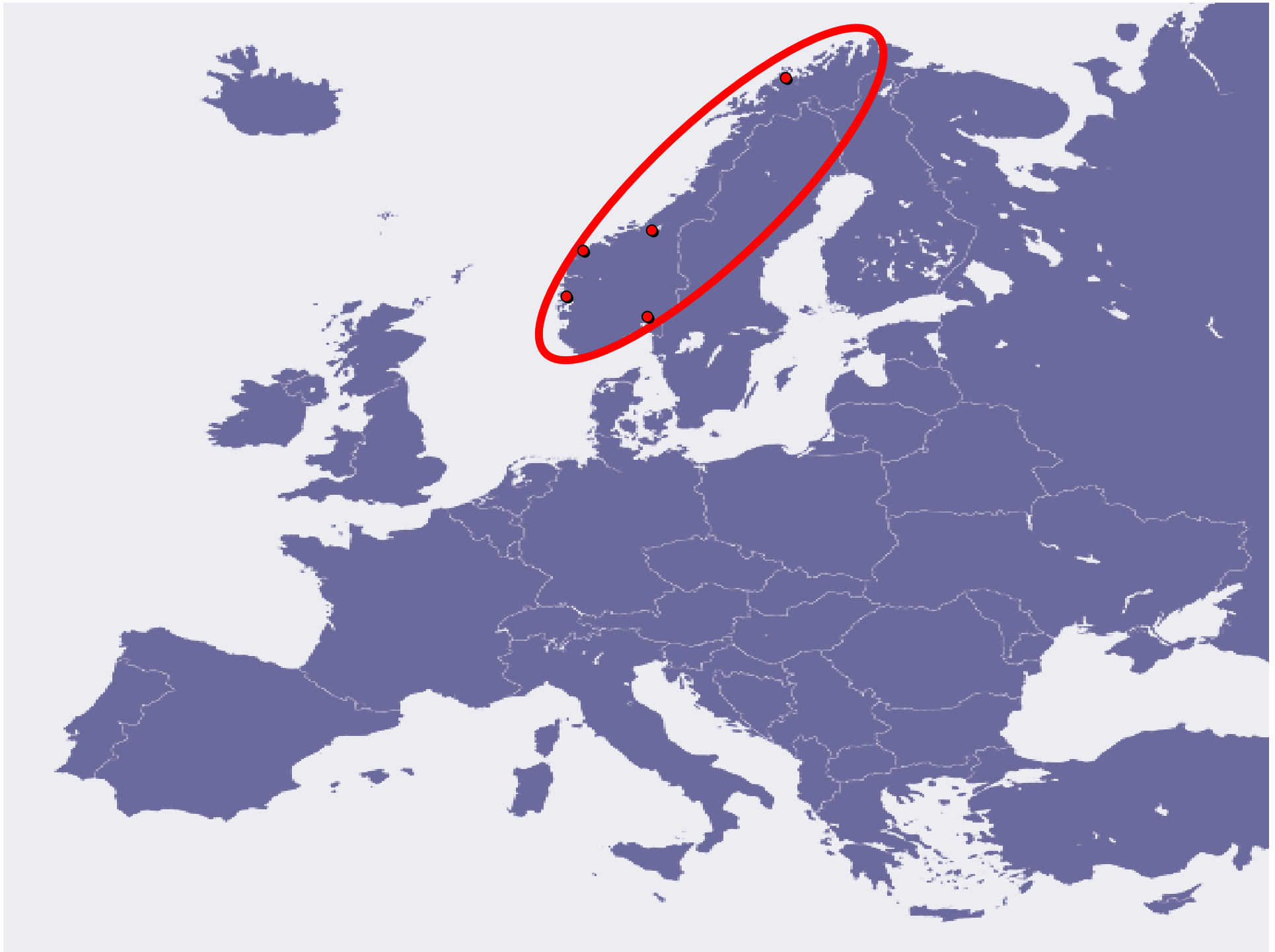
Oppsummering

Oppsummering

- **Stort spekter av teknologier**
- **Høye kostnader**
- **Viktig men vanskelig å foreta riktig valg av teknologi**
- **For å foreta riktige valg må man ha kunnskap om og tilgang til et bredt utvalg av teknologier**

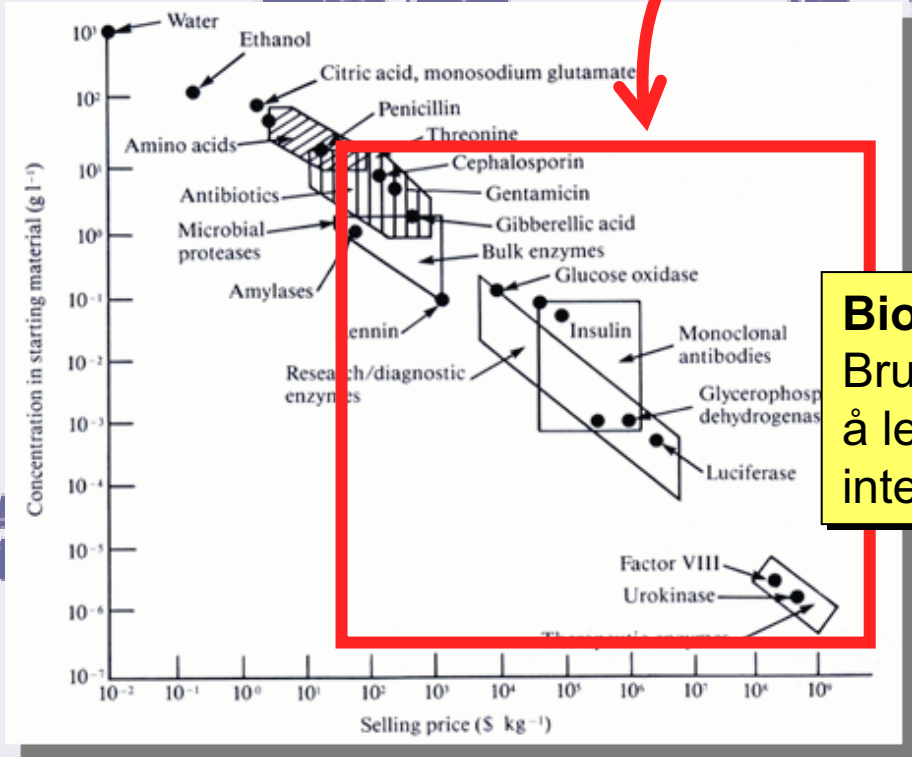
Oppsummering

- ➔ **Stort spekter av teknologier**
- ➔ **Høye kostnader**
- ➔ **Viktig men vanskelig å foreta riktig valg av teknologi**
- ➔ **For å foreta riktige valg må man ha kunnskap om og tilgang til et bredt utvalg av teknologier**

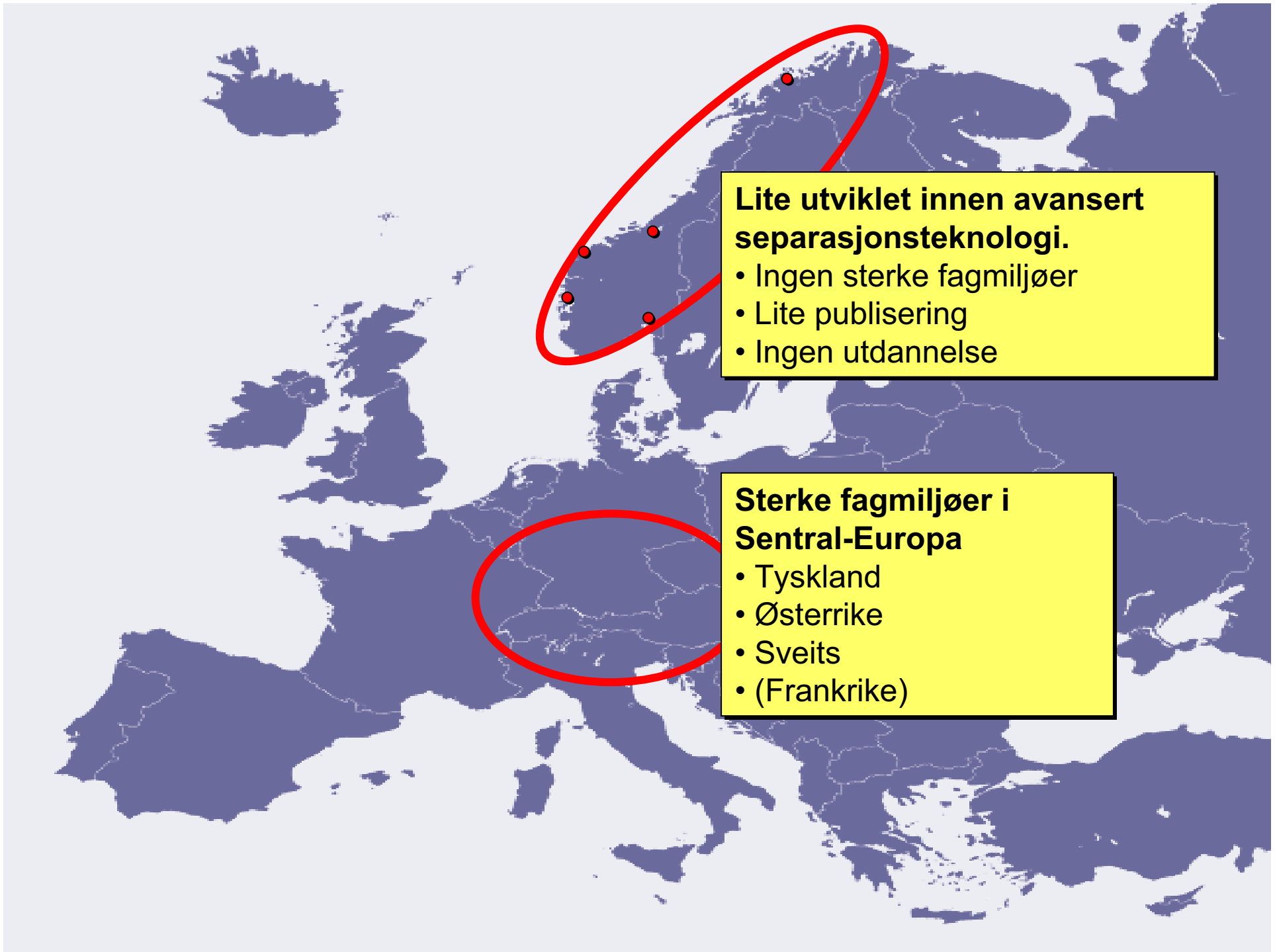


Lite utviklet innen avansert separasjonsteknologi.

- Ingen sterke fagmiljøer
- Lite publisering
- Ingen utdanning



Bioprospektering:
Bruker relativt mye ressurser på å lete etter molekyler med interessante egenskaper.



Lite utviklet innen avansert separasjonsteknologi.

- Ingen sterke fagmiljøer
- Lite publisering
- Ingen utdanning

Sterke fagmiljøer i Sentral-Europa

- Tyskland
- Østerrike
- Sveits
- (Frankrike)

TAKK TIL:

Norges Sildesalgslag

- Finansiering



Lehrstuhl für Thermische Verfahrenstechnik

Universität Erlangen Nürnberg



- Bredt utvalg av separasjonsteknologi

- Superkritisk ekstraksjon/fraksjonering
- SMB

Universität für Bodenkultur Wien Institute of Applied Microbiology



- Spesialisert på separasjon av proteiner