

Kjell D. Josefsen

WP3: Process and technological improvements. Prosjektresultater



k3893334 www.fotosearch.com

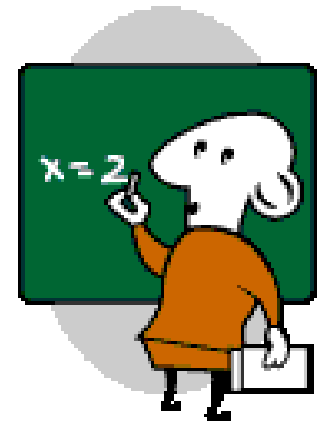
Prosjektresultater

- SINTEF rapport modellering av salting og saltdiffusjon i muskel (in prep, nesten ferdig!)
- PhD-arbeid Irina Victorovna Andreetta-Gorelkina (Turid Rustad)



Hvorfor matematiske modeller?

- Det ultimate målet er å beskrive prosessen slik at det kan designes en optimal prosess gitt bedriftens utstyr og rammebetingelser.
- Enkle modeller kan også benyttes som et "leketøy" for å få en "følelse" for hvordan ulike parametere påvirker prosessen *kvantitativt*

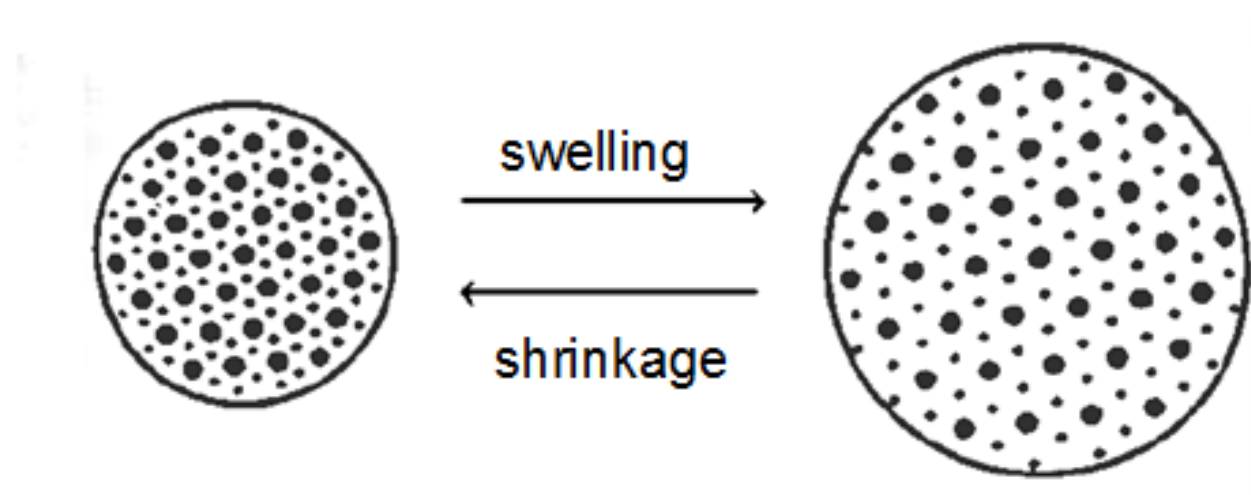




Salting og salttransport

- **Tørrsalting** – produktet legges i alternerende lag med tørt salt og væsken som dannes under saltingen dreneres bort.
- **Lakesalting** – produktet legges i en saltlake og/eller saltlake sprøytes inn i produktet.
- **Pickling** – som tørrsalting, men væsken dreneres ikke bort.
- Felles for alle tre metoder er at saltioner transporteres inn i produktet, i hovedsak ved diffusjon, men også i noen grad ved konveksjon, samtidig som vann transporteres ut eller inn avhengig av saltkonsentrasjonen.

Salting in – salting out

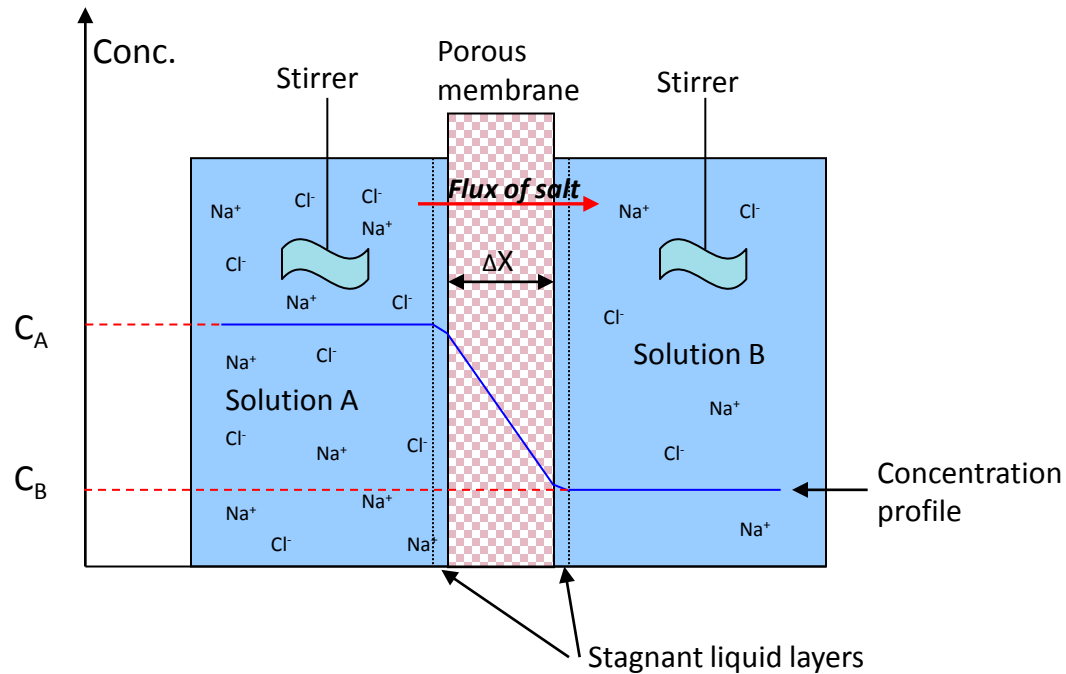


Endringer i vannbindingsevnen (WHC = water holding capacity) har sammenheng med svelling og krymping av myofibrillene i muskelen.

Salting in – når salt trenger inn i filamentene bindes kloridioner og dette fører til en ekspansjon av muskelvevet. Mer vann trengs for å hydratisere de nye negative ladningene og muskelen kan binde mer vann

Salting out – ved høyere saltkonsentrasjoner (>5 %) begynner natrium og kloridionene å konkurrere med proteinene om vannmolekylene. Proteinene felles ut av løsning, nettverket krymper og vann presses ut av muskelen

Molekylær diffusjon – en forenklet beskrivelse

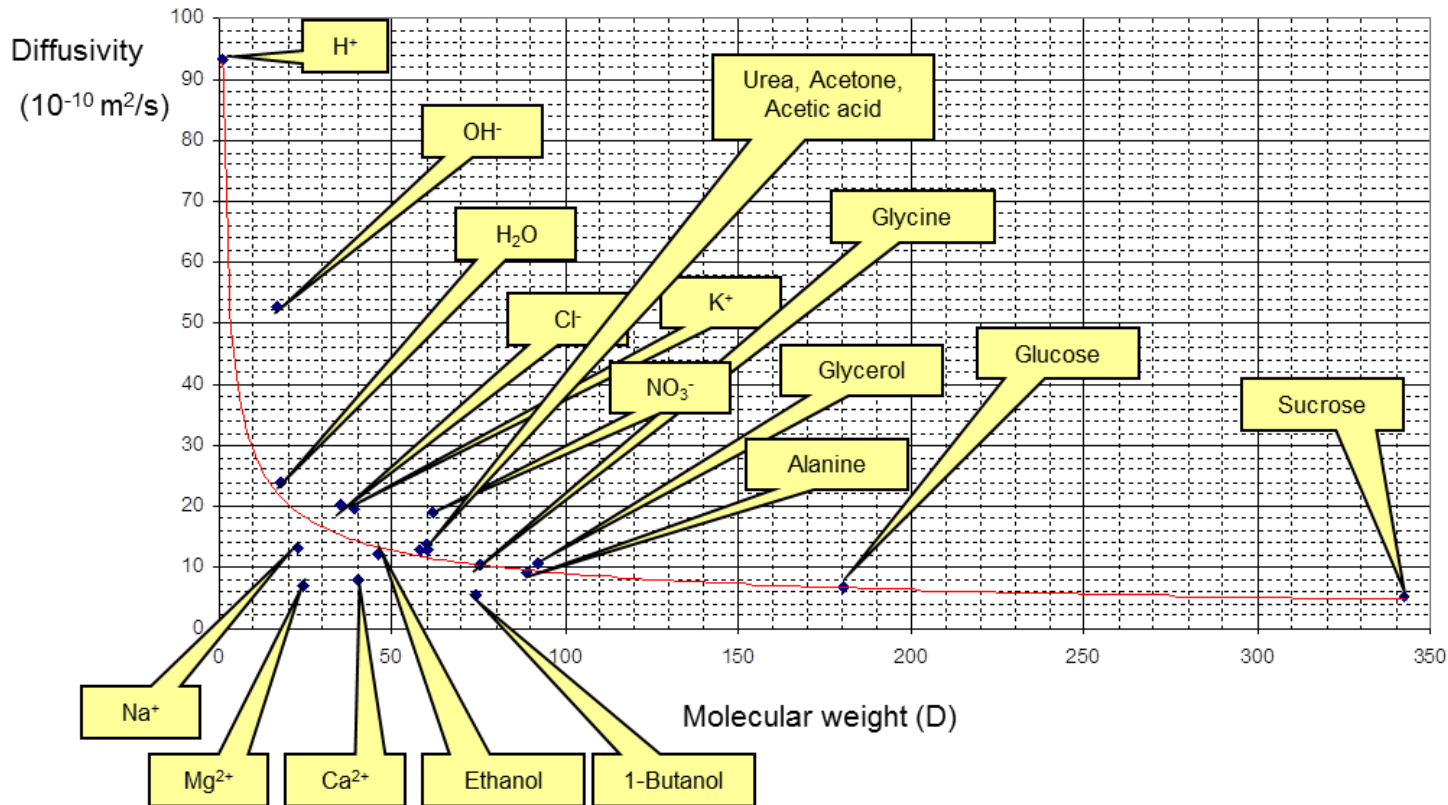


$$\text{Massetransport} = \text{membranareal} \times D \times (C_A - C_B) / \Delta X$$

D = diffusiviteten av saltionene gjennom membranen og avhenger både av membranens egenskaper og egenskapene til de diffunderende molekylene

D_e = effektiv diffusivitet (en nøkkelparameter i saltemodeller)

D_e avtar med økende molekulstørrelse



D_e i vann ved 25 °C og uendelig fortykning for noen molekyler. I muskel vil D_e (normalt) være lavere, til dels betydelig lavere.

Grovt sett ligger D_e for vann i muskel i området $0.1-10 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$, mens D_e for saltioner ligger i området $1-10 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$

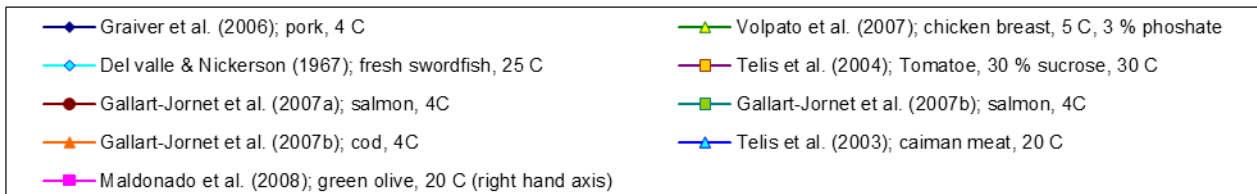
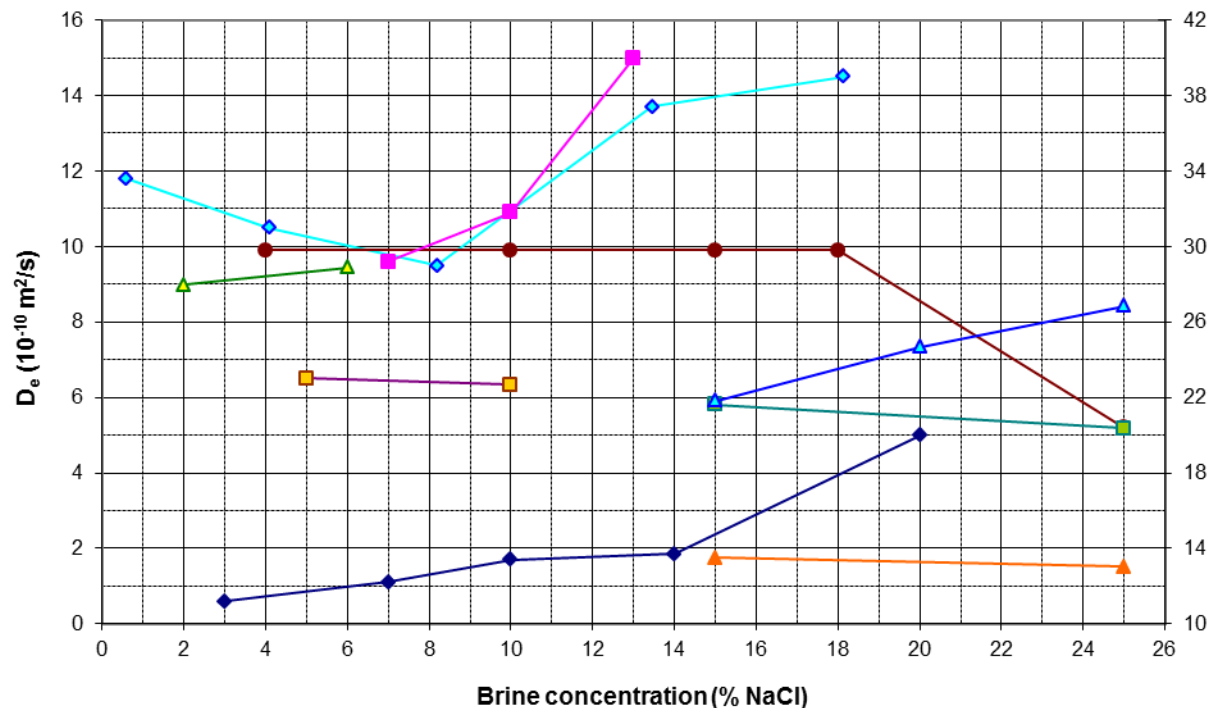
D_e er normalt lite avhengig av temperaturen

- Diffusjonshastighetens avhengighet av temperaturen kan beskrives med Arrhenius-likningen:

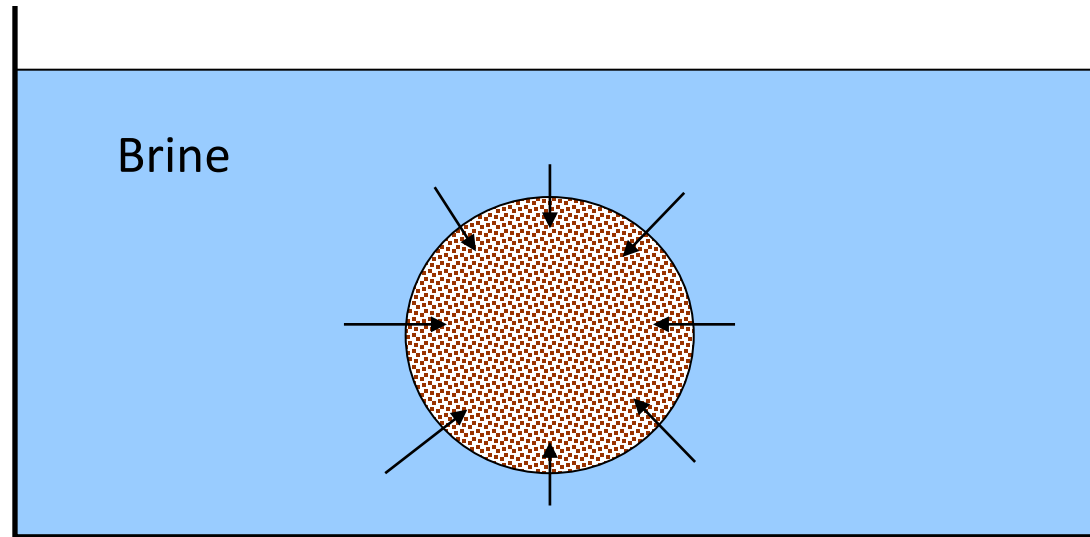
$$D_e = D_0 \times e^{(-E_a/RT)}$$

- For NaCl er E_a typisk i området 9-20 kJ/mol (enzymreaksjoner har typisk $E_a = 60$ kJ/mol).
- Temperatur og salt kan imidlertid endre andre muskelegenskaper og i noen tilfeller er det rapportert om til dels svært høye temperatureffekter, f eks $E_a = 168$ kJ/mol for salting av kaimankjøtt.

D_e er normalt bare moderat avhengig av salt-konsentrasjonen



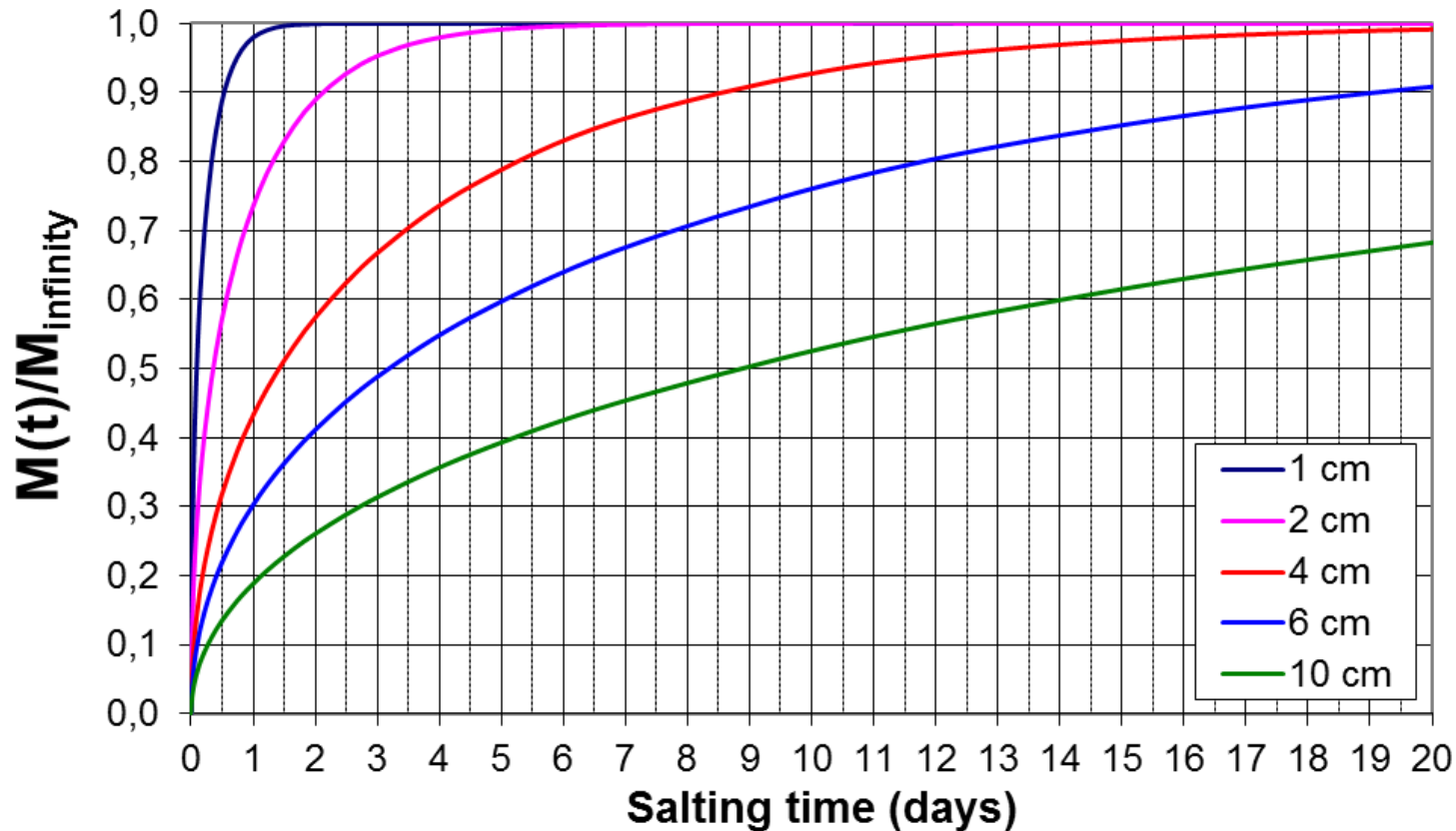
Et eksempel på en relativt enkel salte-modell (en kule i saltlake)



$$\frac{M(t)}{M_{\infty}} = 1 - \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-D_e n^2 \frac{\pi^2 t}{a^2}\right)$$

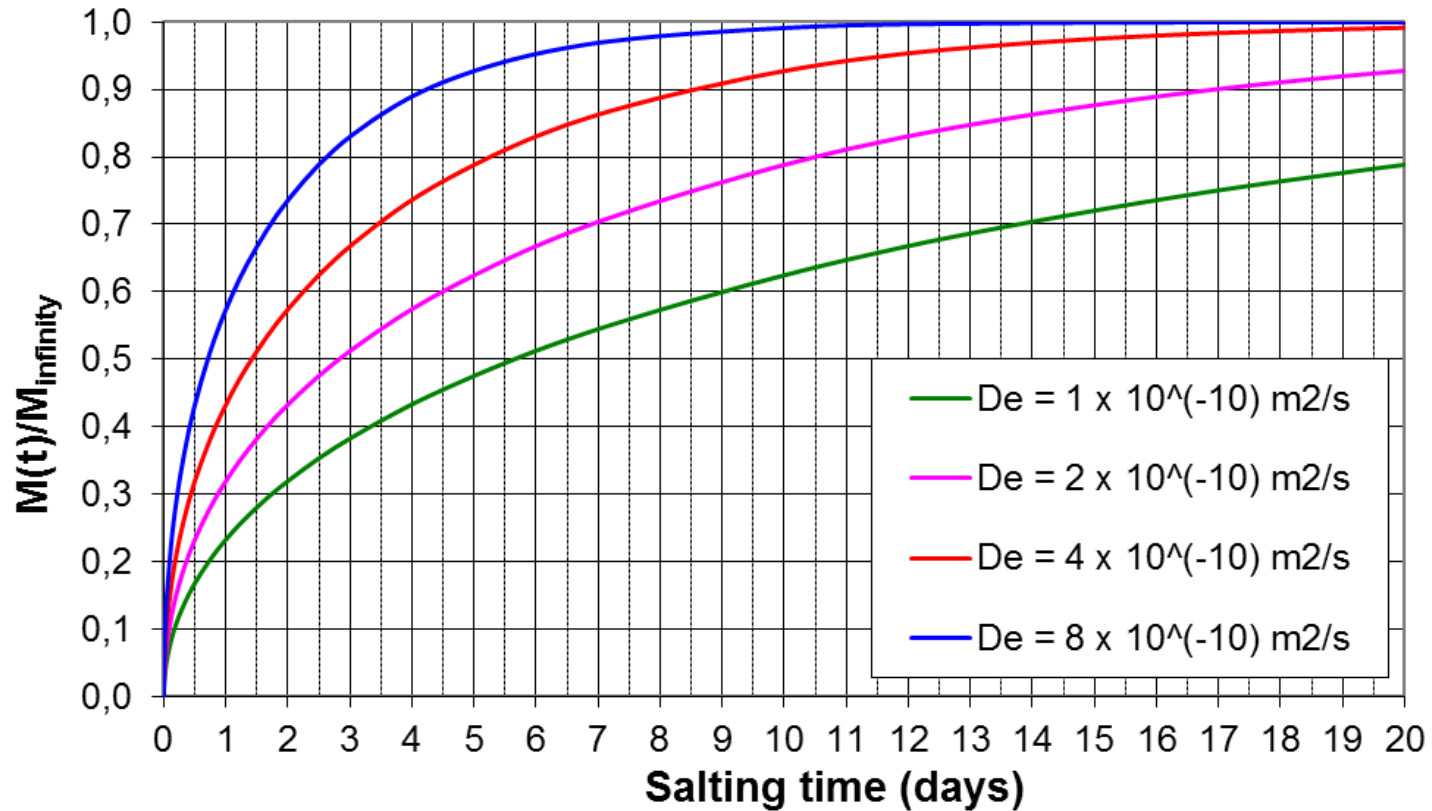
$M(t)$ er mengde salt som trenger inn i vevet i løpet av tid t , mens M_{∞} er likevektskonsentrasjonen. D_e er antatt konstant og konsentrasjonen av salt i laken endres ikke signifikant i løpet av saltingen.

Saltopptak som funksjon av radius på kula



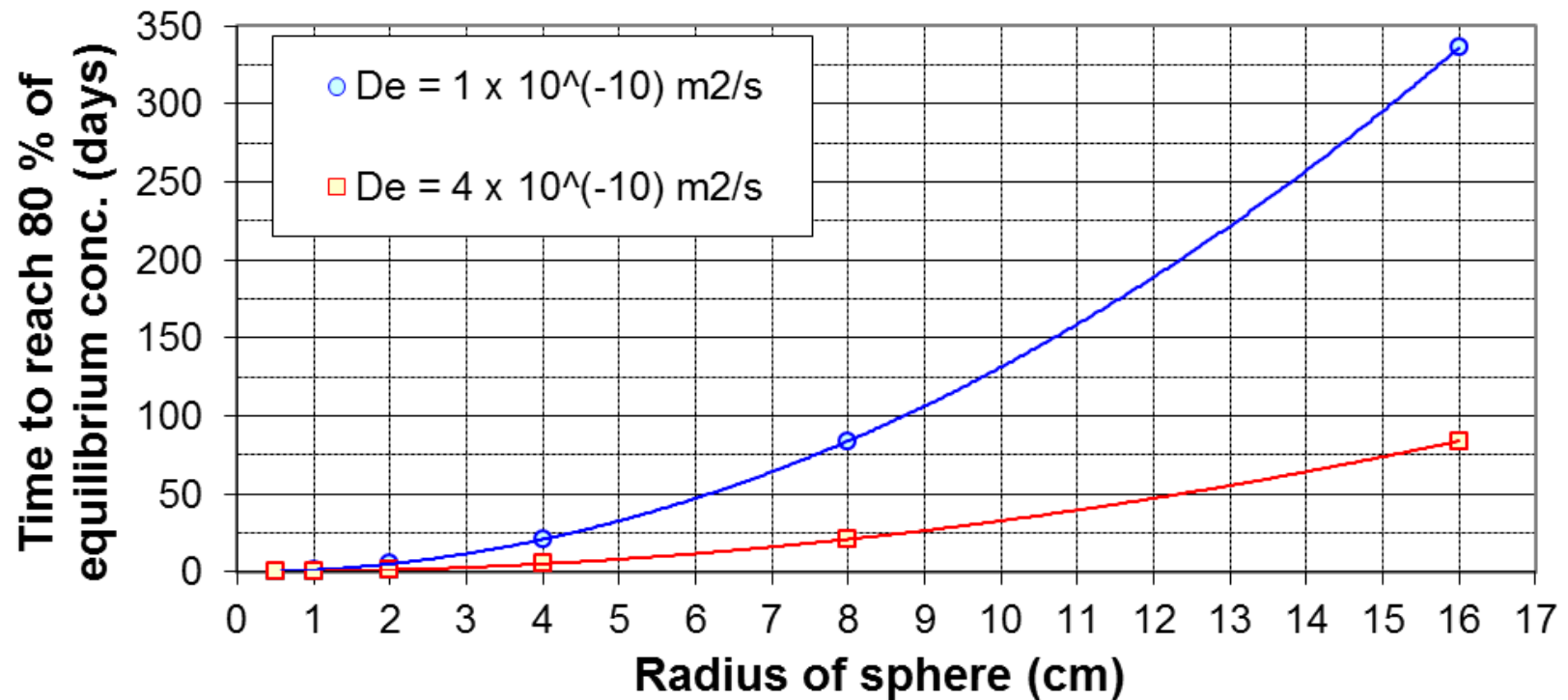
$$D_e = 4 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$$

Saltopptak som funksjon av D_e

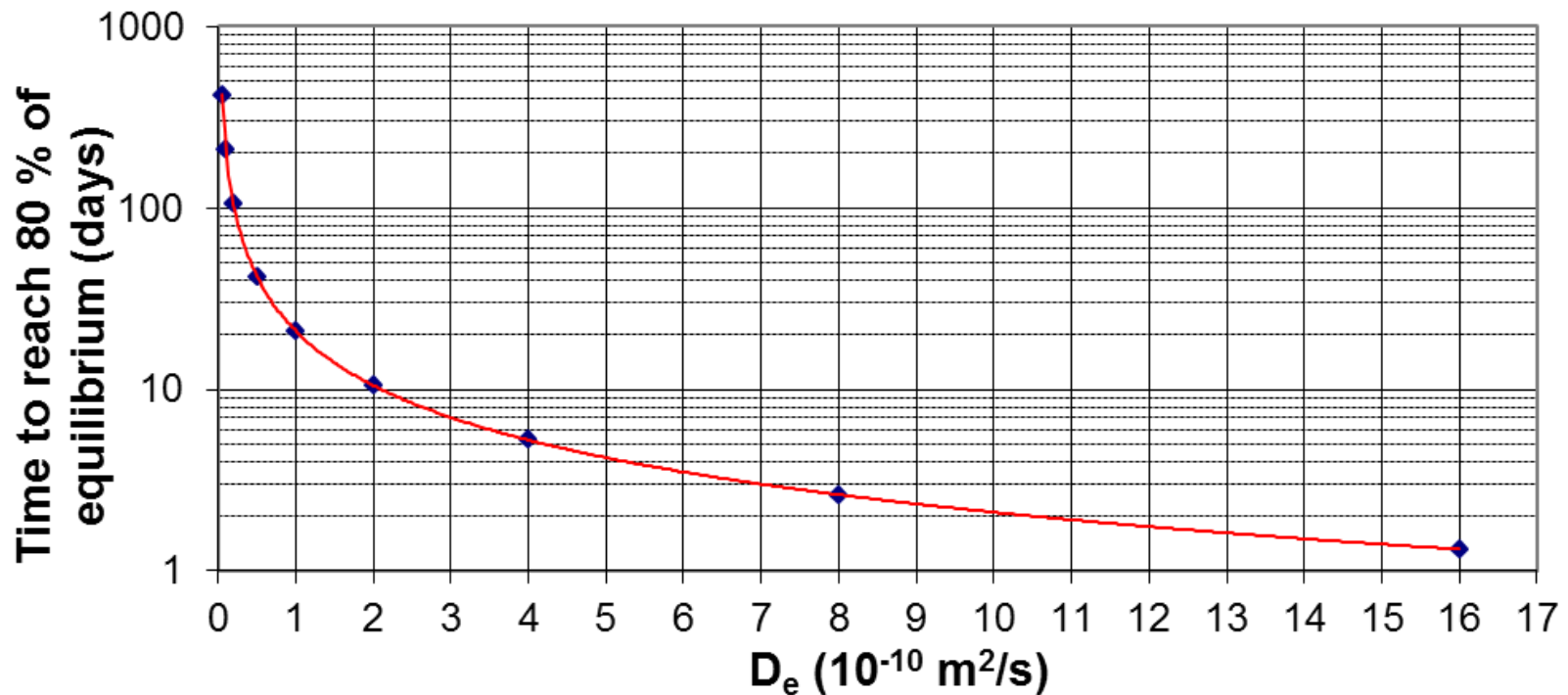


Radius = 4 cm

Saltopptak som funksjon av radius og D_e



Saltopptak i en kule (radius = 4 cm) som funksjon av D_e



Noen enkle konklusjoner

- Saltetiden vil endres dersom NaCl erstattes med et annet salt
 - I vann diffunderer kaliumioner (K^+) nesten 50 % raskere enn natriumioner (Na^+), som igjen diffunderer nesten 50 % raskere enn magnesiumioner (Mg^{2+}). Noe å tenke på dersom NaCl erstattes med andre uorganiske salter.
- Saltetiden kan reduseres ved å øke saltkonsentrasjonen i laken
 - Ved å øke saltkonsentrasjonen i laken og avslutte saltingen tidligere kan man oppnå betydelige tidsbesparelser.
- Saltetiden reduseres dersom man sørger for bevegelse i laken
 - Ved omrøring reduseres tykkelsen på den stillestående filmen rundt produktet, distansen saltet må diffundere reduseres og saltetiden reduseres.