

A black and white photograph of a forest stream. The stream flows through a dense forest of tall, thin trees. The water is slightly blurred, suggesting movement. The text 'OCHRANA PODZEMNÍCH VOD' is overlaid in the center of the image in a bold, serif font.

OCHRANA PODZEMNÍCH VOD

KLASIFIKACE KONTAMINANTŮ

1. fyzikálně-chemická klasifikace kontaminantů

- alespoň omezeně vyjadřuje vlastnosti látek z hlediska jejich chování v horninovém prostředí
- význam i z hlediska migračních parametrů – jsou odrazem fyz. + chem. vlastností

2. chemická klasifikace

- význam z hlediska posuzování vlastností skupin kontaminantů
(např. halogenované organické látky)

anorganické látky

- hlavní kationty a anionty, živiny, stopové prvky, radioaktivní látky

organické látky

- ropné uhlovodíky
 - $C_4 - C_{12}$ alkany, $C_4 - C_7$ alkeny, aromatické (BTX), C_3 a C_4 benzeny – dobře rozpustné (< 220)
 - $C_{10} - C_{24}$ alkany, C_3 a C_5 benzeny, naftaleny a anthraceny – špatně rozpustné (< 310)
 - $C_{20} - C_{78}$) alkany, PAU – prakticky nerozpustné (> 310)
- halogenované uhlovodíky (alifatické a aromatické), PCB, ostatní

biologické

- viry, patogenní bakterie, paraziti, ...

3. aplikované klasifikace

- různá hlediska
- nejčastěji podle původu kontaminantů a podle jejich společných vlastností
- např. klasifikace U.S.EPA – pro všechny složky životního prostředí

Agricultural Chemicals

Air Pollutants

Aerosols , Asbestos , Carbon Monoxide , Criteria Air Pollutants , Ground Level Ozone , Lead , Nitrogen Oxides (NO_x) , Particulate Matter (PM) , Propellants , Sulfur Oxides (SO_x) , Radon , Hazardous Air Pollutants (HAPs) , Refrigerants , Volatile Organic Compounds (VOCs)

Biological Contaminants

Carcinogens

Chemicals

Chlorinated Solvents , Chlorofluorocarbons (CFCs) , Ether , Ethylbenzene , Furans , Halons , Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) , Methyl-T-Butyl-Ether (MTBE) , Nitrogen Oxides (NO_x) , Perchloroethylene (PCE) , Phthalates , Radioactive Substances , Radionuclides , Styrene , Sulfur Oxides (SO_x) , Trichloroethylene (TCE) , Volatile Organic Compounds (VOCs) , Benzene , Methyl Bromide , Toluene , Methyl Chloride , Organic Cyanides , Dioxins , Heavy Metals , Inorganic Cyanides , Endocrine Disruptors , Polychlorinated Biphenyls (PCBs) , Hazardous Air Pollutants (HAPs) , Particulate Matter (PM) , Dichloroethylene (DCE) , Ketones

Extremely Hazardous Substances (EHS)

Microorganisms

Coliform , Cryptosporidium , Pfiesteria , Viruses

Ozone

Radiation

Radiation Protection , Radionuclides , Radon

Soil Contaminants

Acetone , Arsenic , Barium , Benzene , Cadmium , Chloroform , Cyanide , Lead , Mercury , Polychlorinated Biphenyls (PCBs) , Toluene , Trichloroethylene (TCE) , Tetrachloroethylene

Toxic Substances

Persistent Bioaccumulative Toxic Pollutants (PBTs) , Persistent Organic Pollutants (POPs) , Toxicological Profiles

Water Pollutants

Contaminated Sediment , Disinfection Byproducts , Dredged Material , Microbial Pathogens , Arsenic

FORMY VÝSKYTU LÁTEK VE VODĚ

formy výskytu pevných látek ve vodě

- pravé roztoky ($< 10^{-9}$ m)
- koloidní soustavy ($10^{-6} - 10^{-9}$ m)
- suspenze ($> 10^{-6}$ m)

formy výskytu kapalných látek ve vodě

- s vodou mísitelné – volně nebo omezeně
- s vodou nemísitelné – LNAPL's nebo DNAPL's
- emulze

formy výskytu plynných látek ve vodě

- rozpuštěné
- samostatná fáze
- aerosol

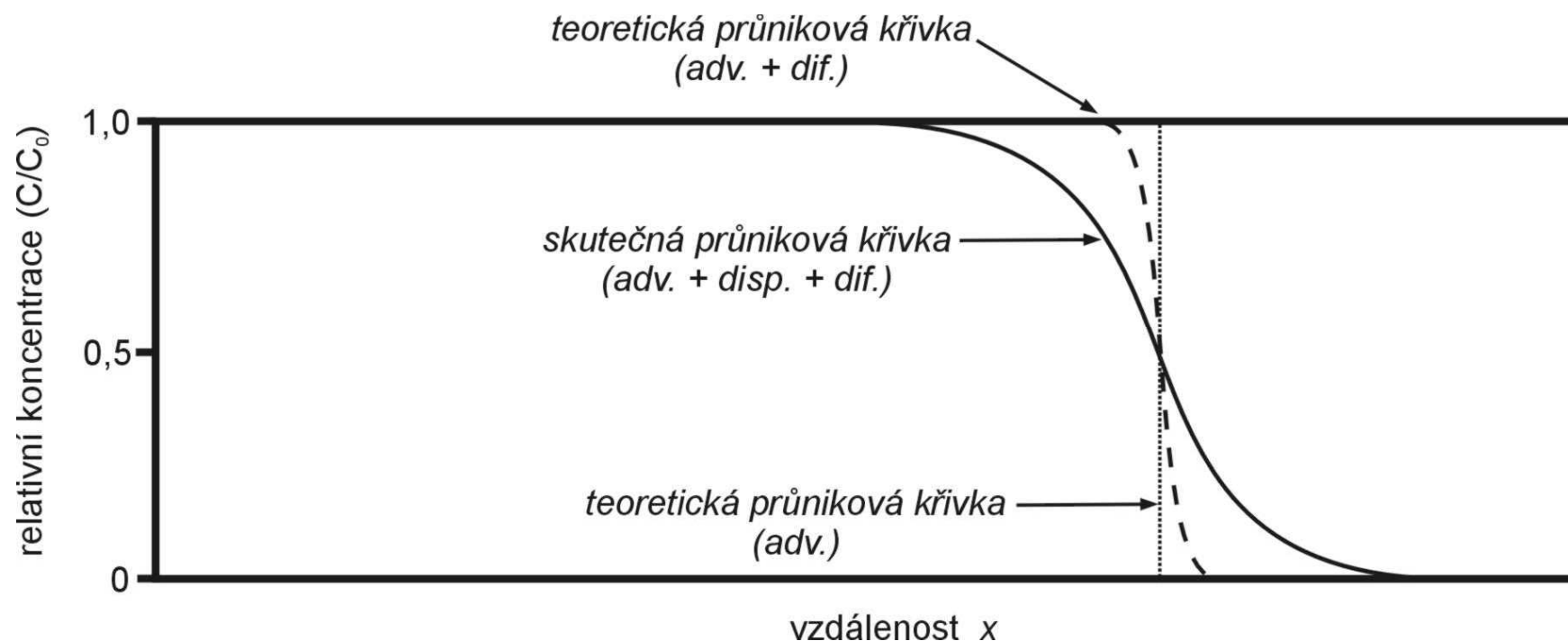
Kontaminanty v horninovém prostředí

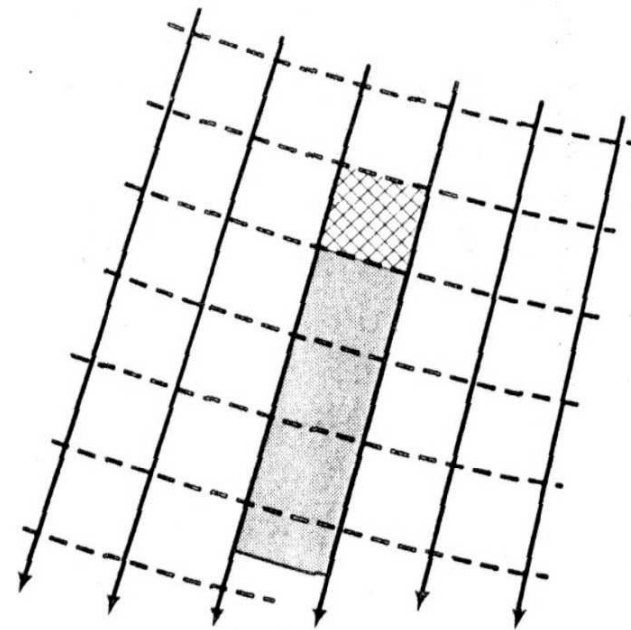
- rozpuštěné, nerozpuštěné (pevné, plynné, volné fáze organických kapalin, kapalně reziduum), páry v půdním vzduchu, sorbované (aerační i saturovaná zóna)



MIGRACE LÁTEK HORNINOVÝM PROSTŘEDÍM

SATUROVANÁ ZÓNA

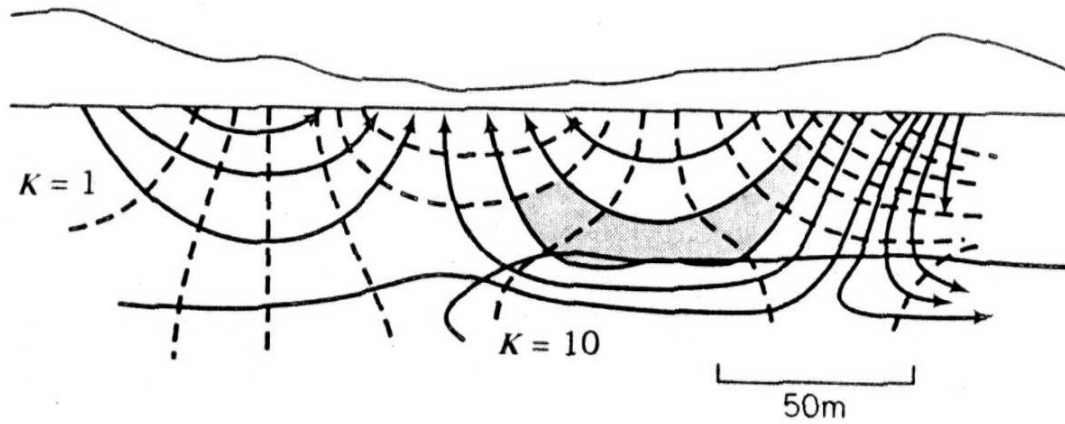
- dominantní vliv advektivního pohybu souhlasně se směrem pohybu částic proudící kapaliny
- pohyb ve směru poklesu hydrostatického tlaku (základy hydrauliky)
- samotná advekce – popis Darcyho zákonem a v prostoru v proudové síti
- ovlivněno geologickými faktory, čerpáním, zvlněním terénu, apod. (spíše „makrovlivy“)
- nejvýznamnější proces z hlediska migrace látek rozpuštěných v podzemní vodě





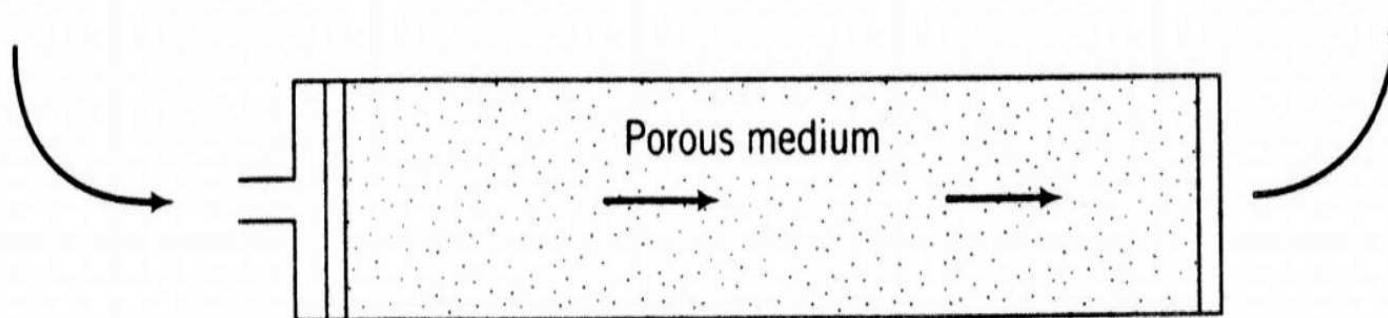
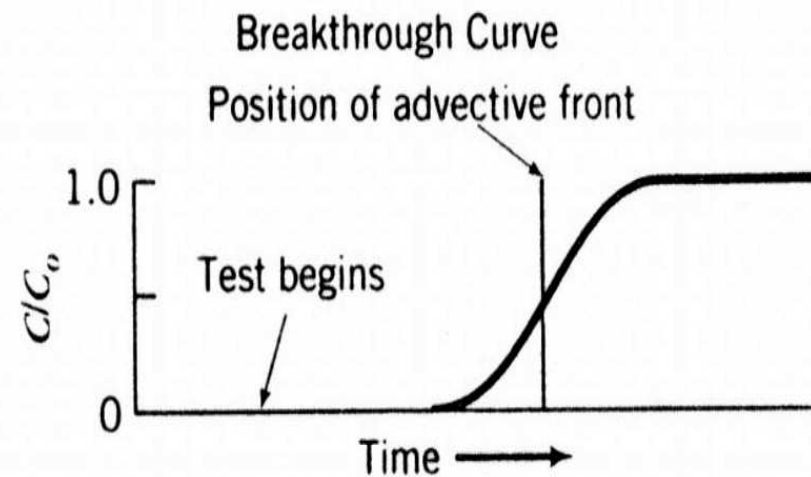
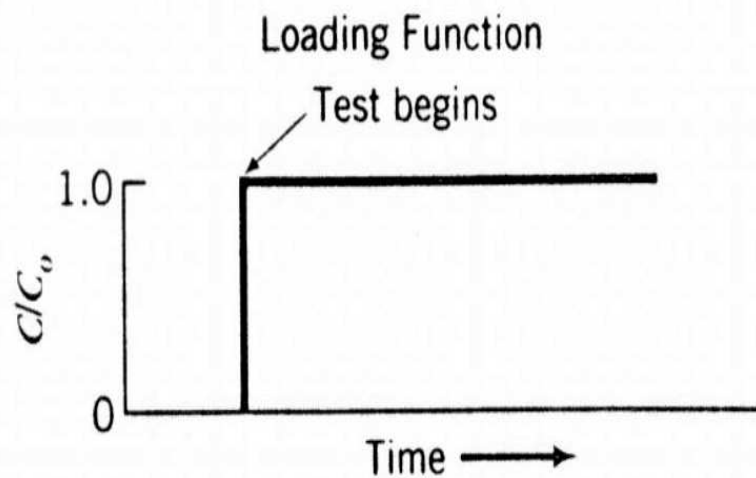
- Equipotential line
- Flow line
-  Source of mass
-  Advective spread of mass

(a)

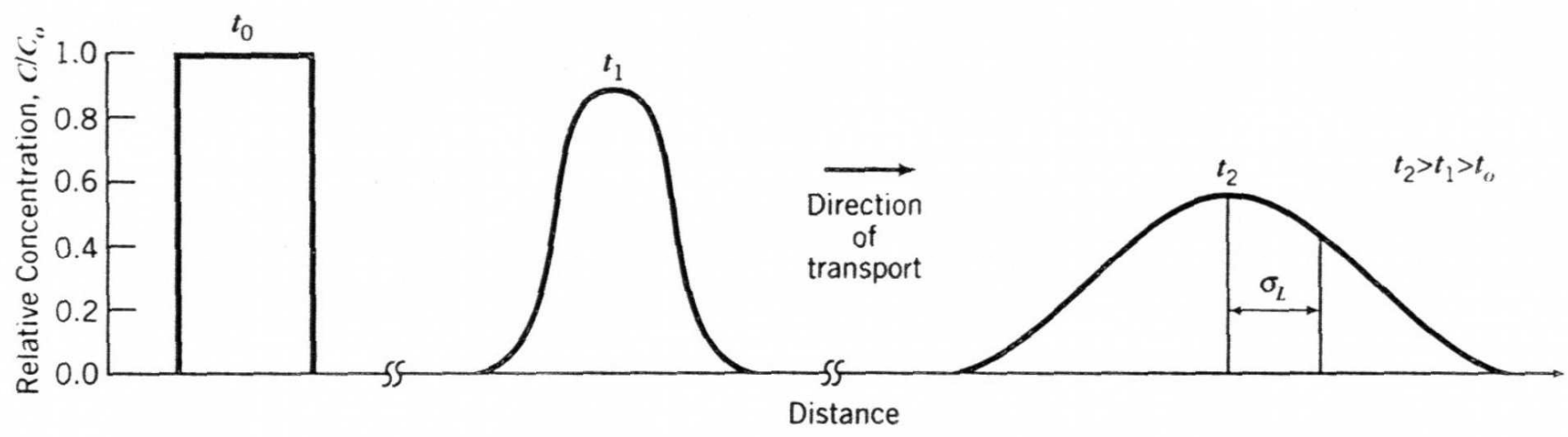


(b)

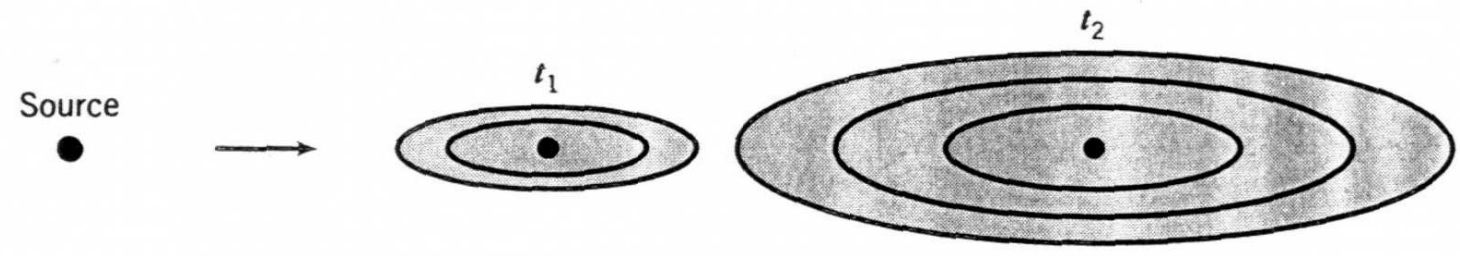
- další vlivy při migraci rozpuštěných látek v podzemní vodě – disperze + difúze, sorpce
- disperze (rozptyl) + difúze
- v české terminologii odlišné od anglické, česká mechanismy striktně odlišuje, anglické řadí difúzi do souboru jevů tzv. hydrodynamické disperze



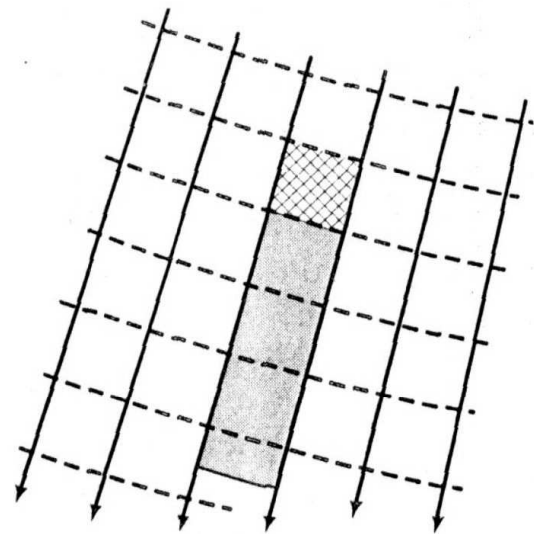
Pohyb v horninovém prostředí – působení ve všech směrech (3-D, x - y - z)



(a)



(b)

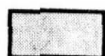


----- Equipotential line

————— Flow line



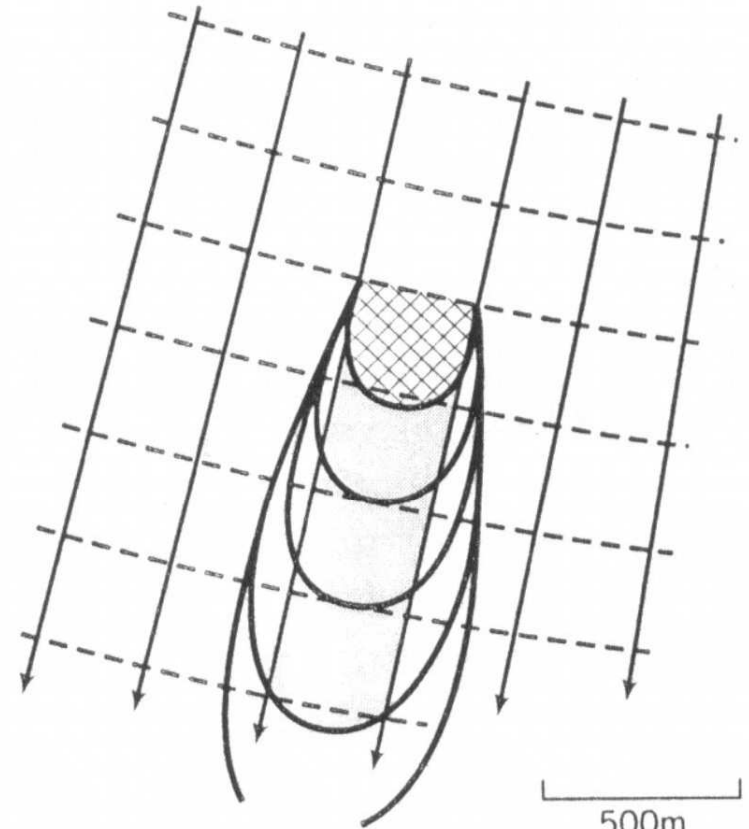
Source of mass



Advective spread of mass

500m

(a)

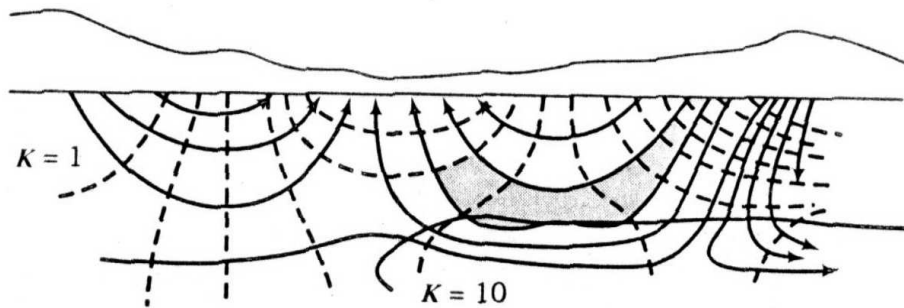


500m

----- Equipotential line

————— Flow line

————— Concentration



$K = 1$

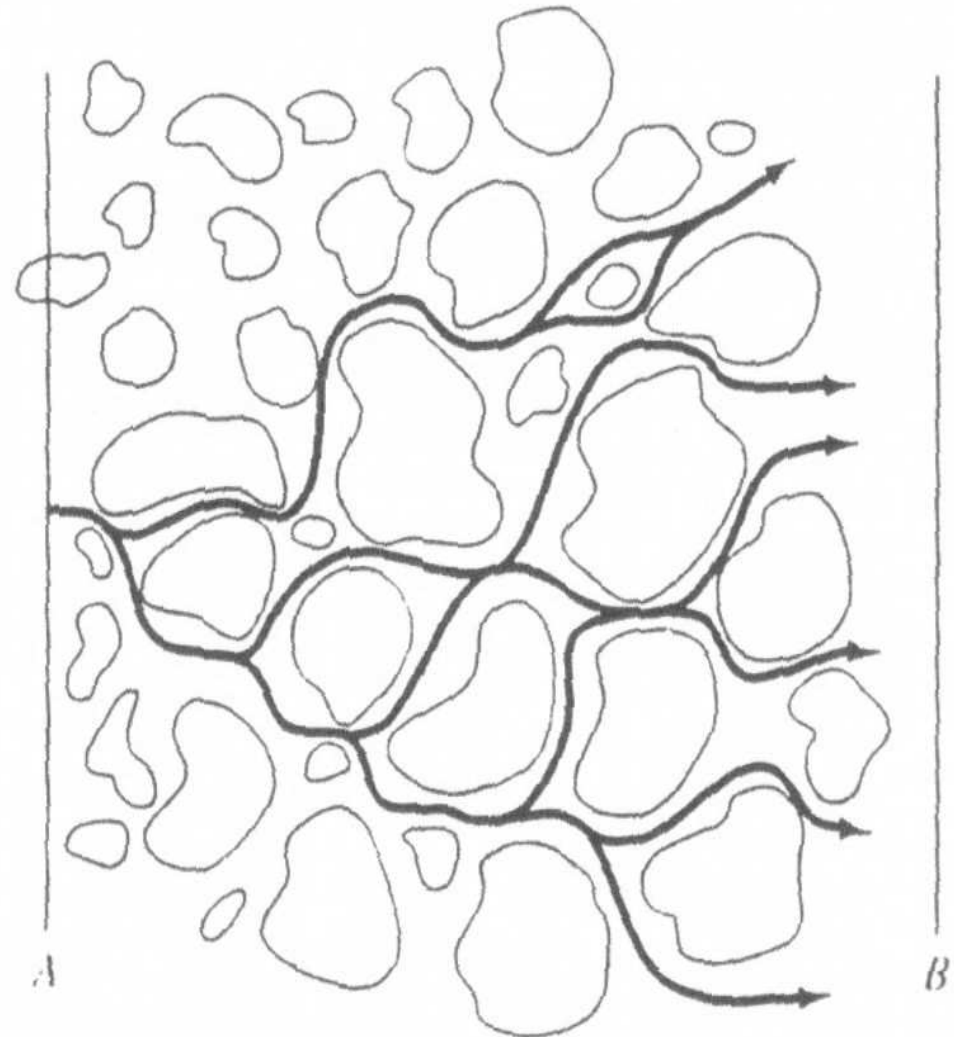
$K = 10$

50m

(b)

popis mechanismů disperze

- vliv variabilní rychlosti proudění v pórech (vliv velikosti pórů a „kanálek“)
- vliv tvaru „kanálek“
- vliv distribuce vektoru rychlosti v pórech



DIFÚZE

- pohyb rozpuštěných látek ve formě molekul nebo atomů ve směru koncentračního gradientu
- všesměrný pohyb
- dochází k němu i ve fluidech která se nepohybují
- dochází k němu tak dlouho, dokud existuje koncentrační gradient
- z hlediska času (dlouhodobě) i v opačných směrech – např. rozpuštěné látky v matrix puklinově porózních hornin, méně propustných nehomogenitách

1. Fickův zákon

pro vodné prostředí obecně a v 1-D – pouze funkcí vlastnosti látky (za daných P a T podmínek)

$$F = -D_d \cdot (dC / dx)$$

D_d ... L^2/t

difuzivní koeficient

F ... mol/L^2t

změna objemu látky na jednotkovou plochu

C ... mol

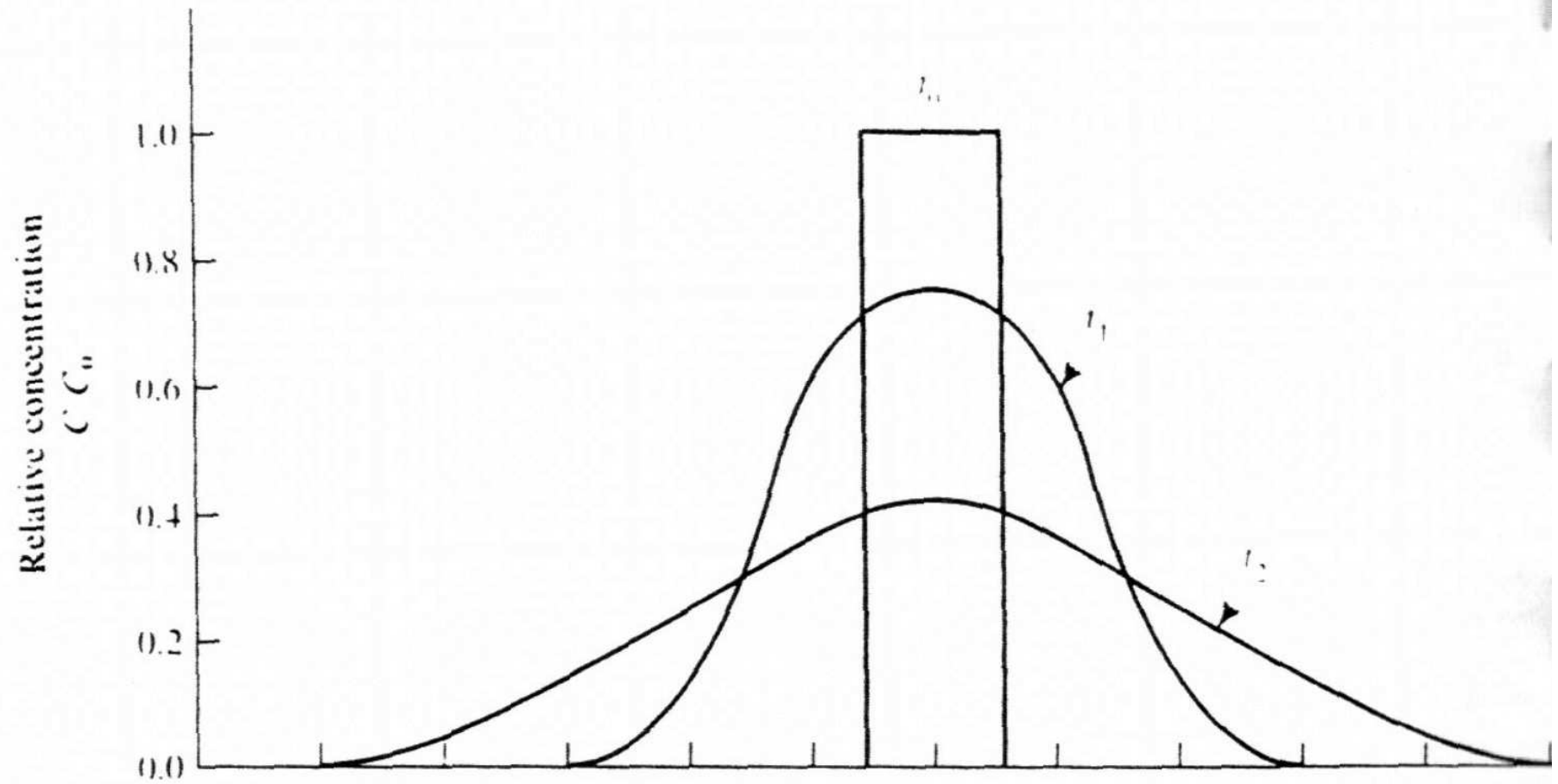
koncentrace v roztoku (konstantní)

2. Fickův zákon

pro vodné prostředí obecně a v 1-D

$$\partial C / \partial t = -D_d \cdot \partial^2 C / \partial x^2$$

DIFÚZE



- porózní prostředí – difúze je omezena pouze na póry mezi zrny
- nutné uvažovat i vlastnosti prostředí

tortuozita

- vyjadřuje klikatost průtočných kanálků při difúzním pohybu
- nejčastější definice – poměr mezi skutečnou a teoreticky nejkratší trajektorií částic

$$\tau = L_e / L$$

- číslo je vždy > 1 v porózním prostředí (teoreticky je $= 1$ v kapilárách)
- definice Beara (1972) – opačná

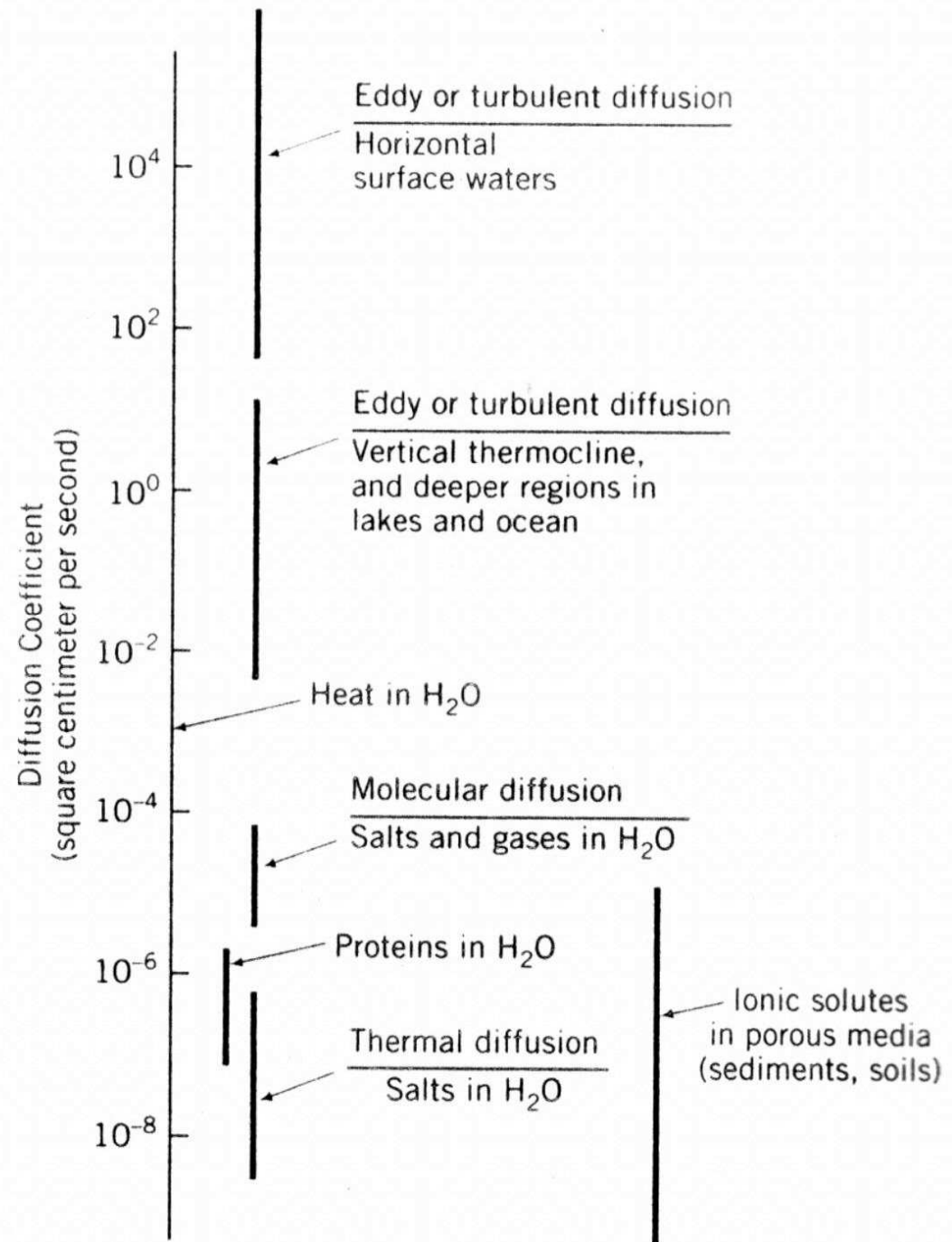
horninové prostředí

- efektivní difuzivní koeficient ... D'_d

$$D'_d = \frac{n}{\tau} D_d$$

- obecně roste s rostoucí porozitou prostředí

- hodnoty difuzivního koeficientu iontů klesají s rostoucím počtem nábojů
- nejčastěji v řádu 10^{-6} cm^2/s
- 5×10^{-6} – 20×10^{-6} cm^2/s
- nejvyšší hodnoty mají H^+ a OH^-



řešení difúze při přesné hranici a počátečních podmínkách

$$C_i(x, t) = C_0 \cdot \operatorname{erfc} \frac{x}{2(D'_d \cdot t)^{0,5}}$$

C_i koncentrace ve vzdálenosti x v čase t od zahájení difúzního pohybu

C_0 počáteční koncentrace která zůstává konstantní ve zdroji

erfc komplementární chybová funkce

komplementární chybová funkce

- spojena s normálním (Gaussovým) rozdělením hodnot
- tabelována

