

A photograph of a forest stream with a title overlay. The stream flows through a dense forest of tall, thin trees. The water is clear and flows over rocks, creating small rapids. The surrounding forest is lush with green and brown foliage. The title is written in white, serif font, centered over the stream.

POCHRANA PODZEMNÍCH VOD

II.

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 (NOx) , Particulate Matter (PM) , Propellants , Sulfur Oxides (SOx) , 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 (NOx) , Perchloroethylene (PCE) , Phthalates , Radioactive Substances , Radionuclides , Styrene , Sulfur Oxides (SOx) , 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

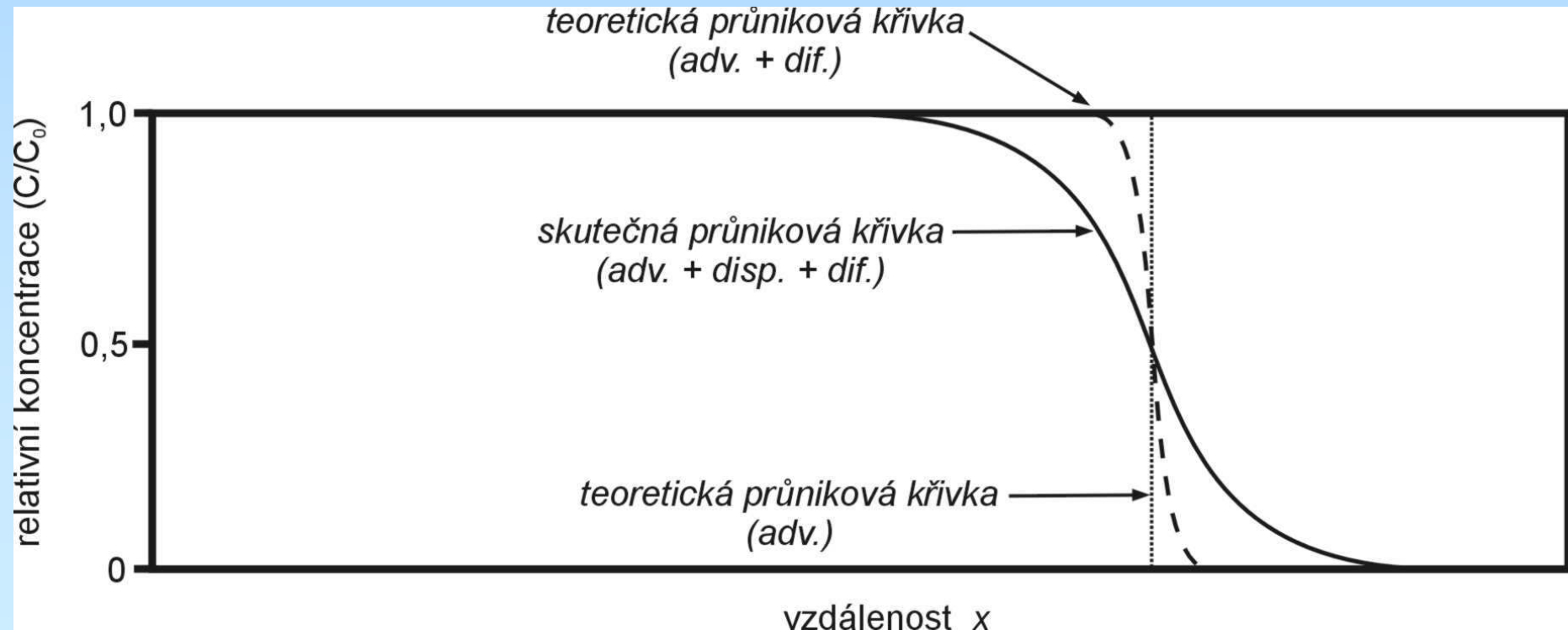
Kontaminanty v horninovém prostředí

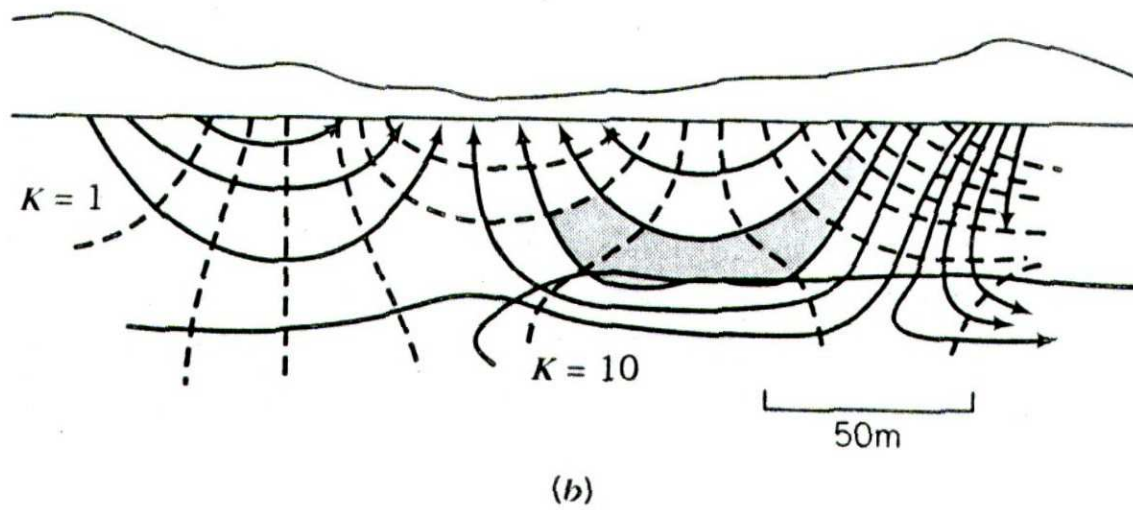
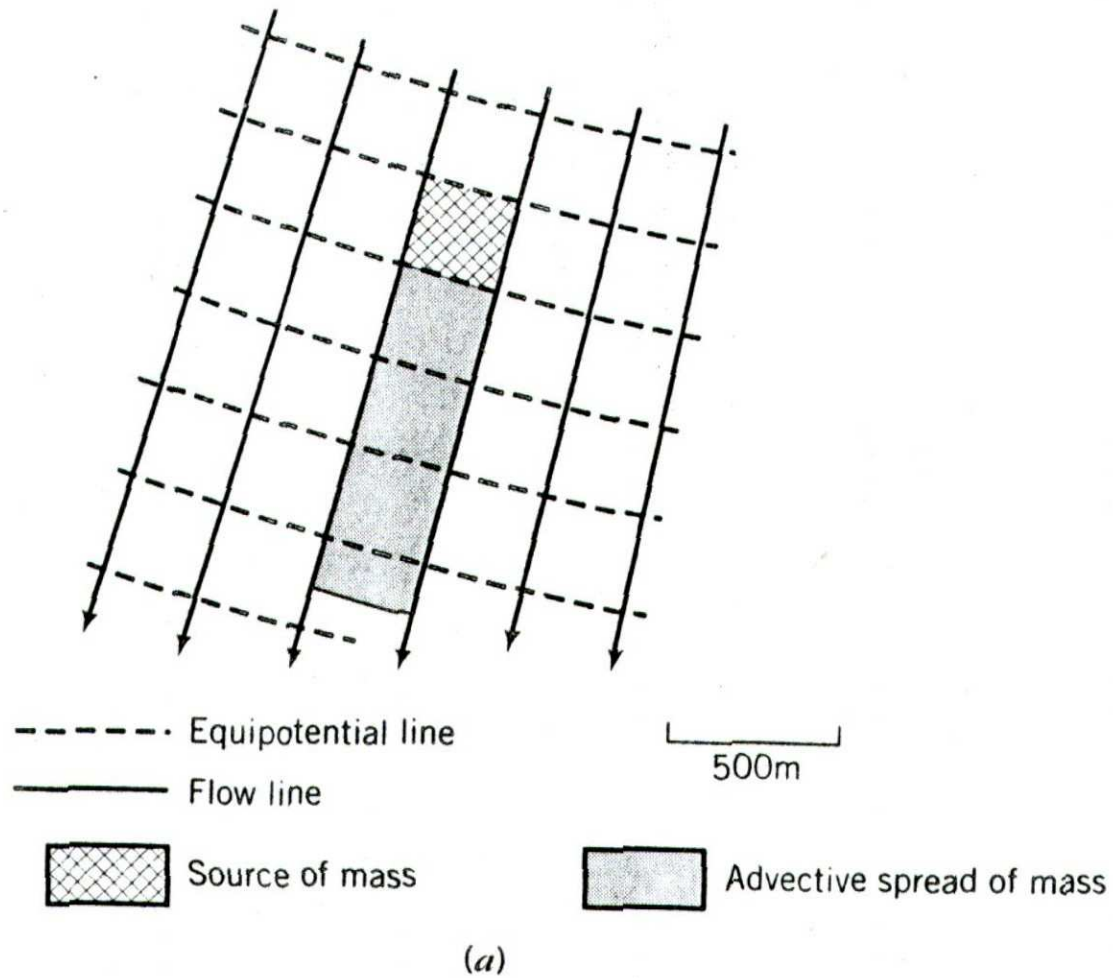
- rozpuštěné, nerozpuštěné (pevné, plynné, volné fáze organických kapalin, kapalně reziduální, páry v půdním vzduchu, sorbované (aerační i saturovaná zóna))

MIGRACE LÁTEK HORNINOVÝM PROSTŘEDÍM

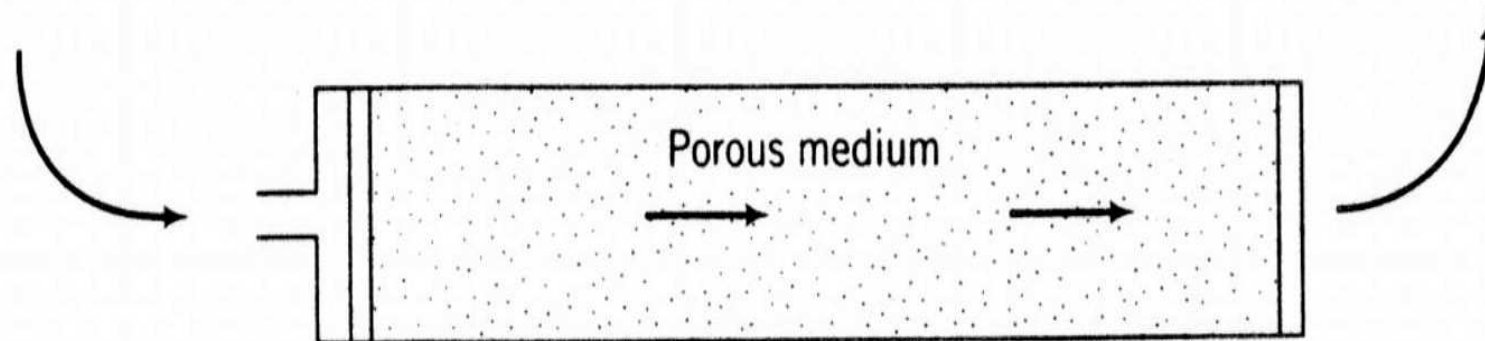
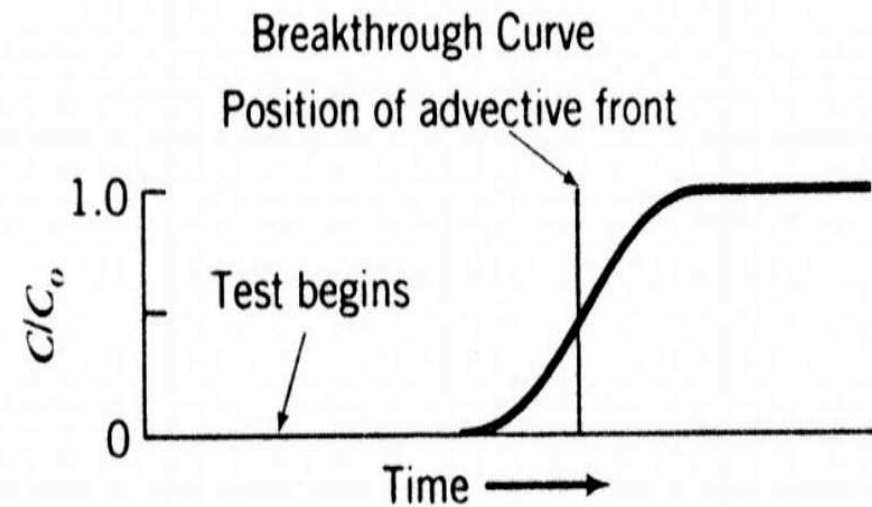
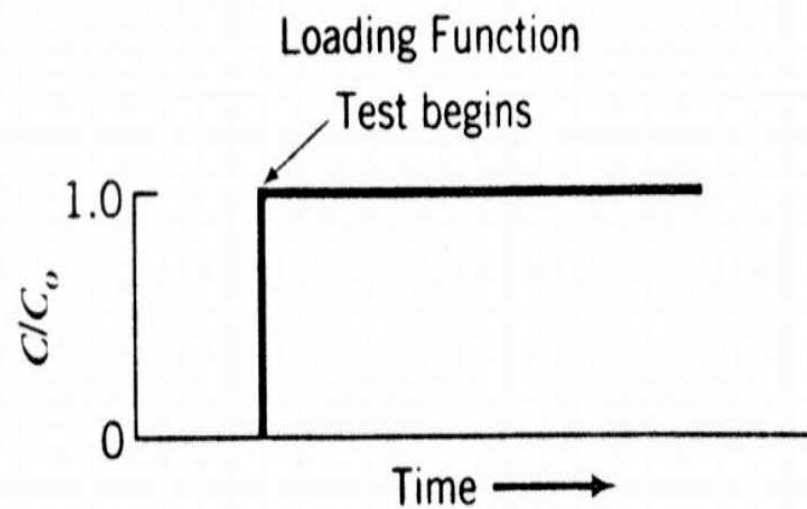
SATUROVANÁ ZÓNA

- 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

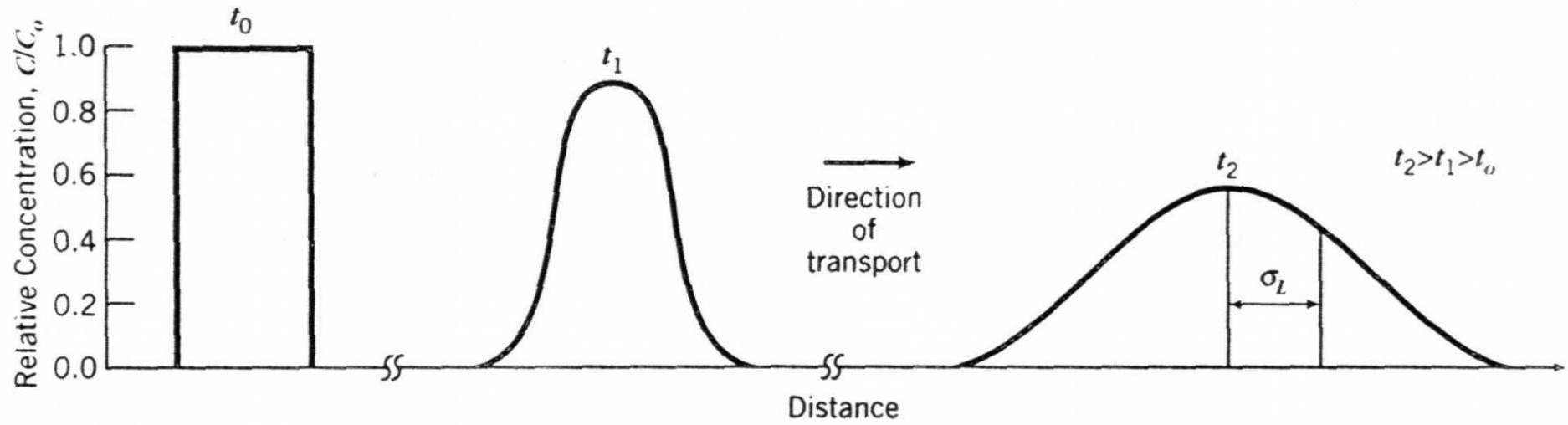




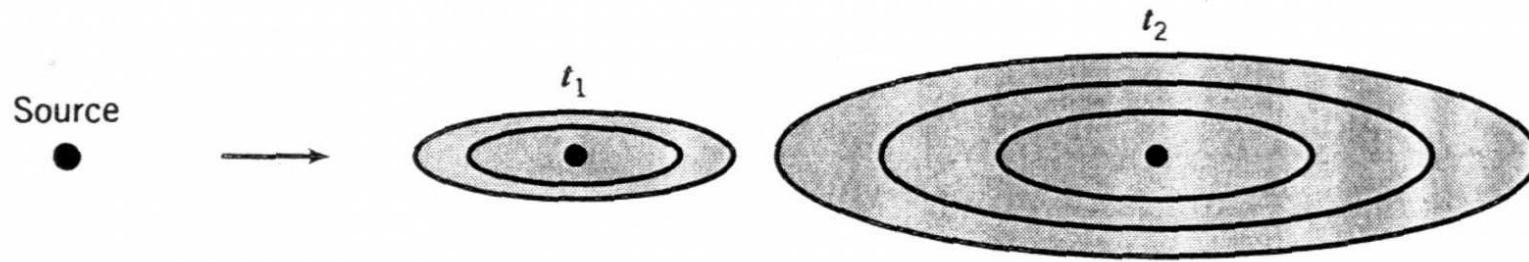
- další vlivy při migraci rozpuštěných látek v podzemní vodě – disperze + difúze, sorpce
- disperze (rozptyl) + difúze
- v české terminologii odlišné od anglické, česká mechanismy striktně odlišuje, anglické řadí difúzi do souboru jevů tzv. hydrodynamické disperze



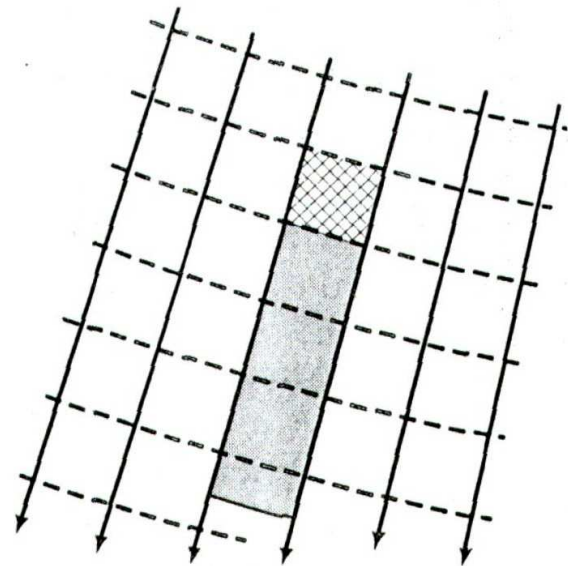
Pohyb v horninovém prostředí – působení ve všech směrech (3-D, x - y - z)



(a)

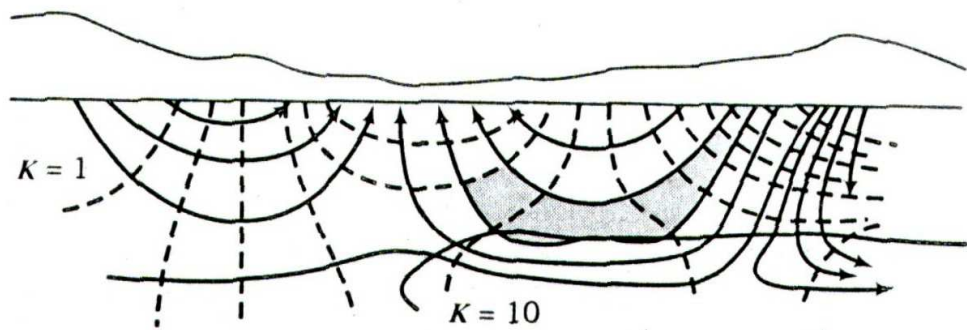


(b)

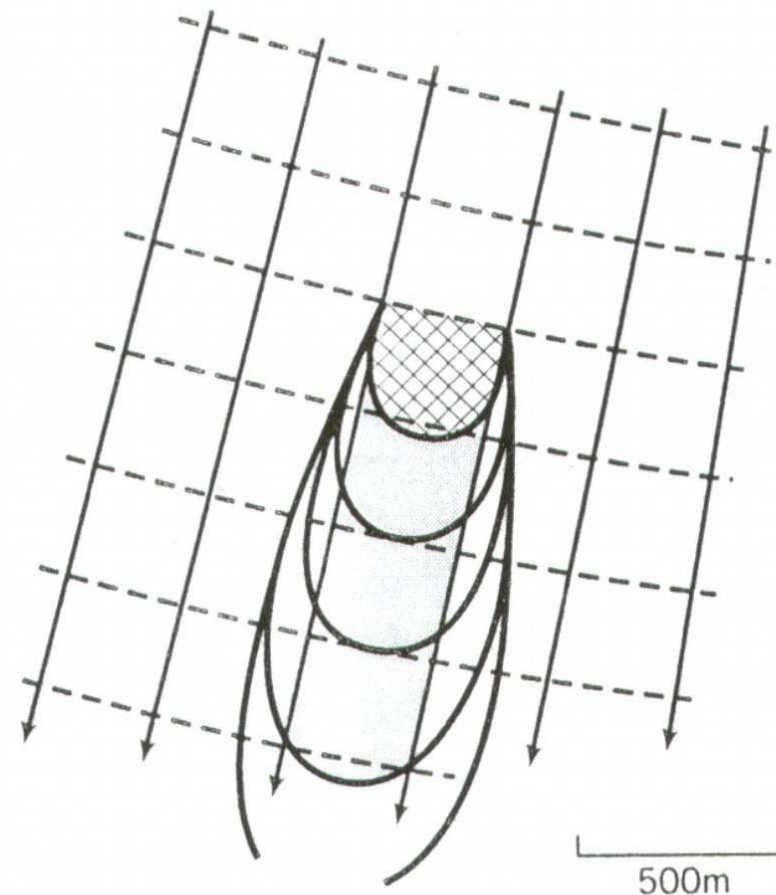


- Equipotential line
- Flow line
- ▨ Source of mass
- Advective spread of mass

(a)



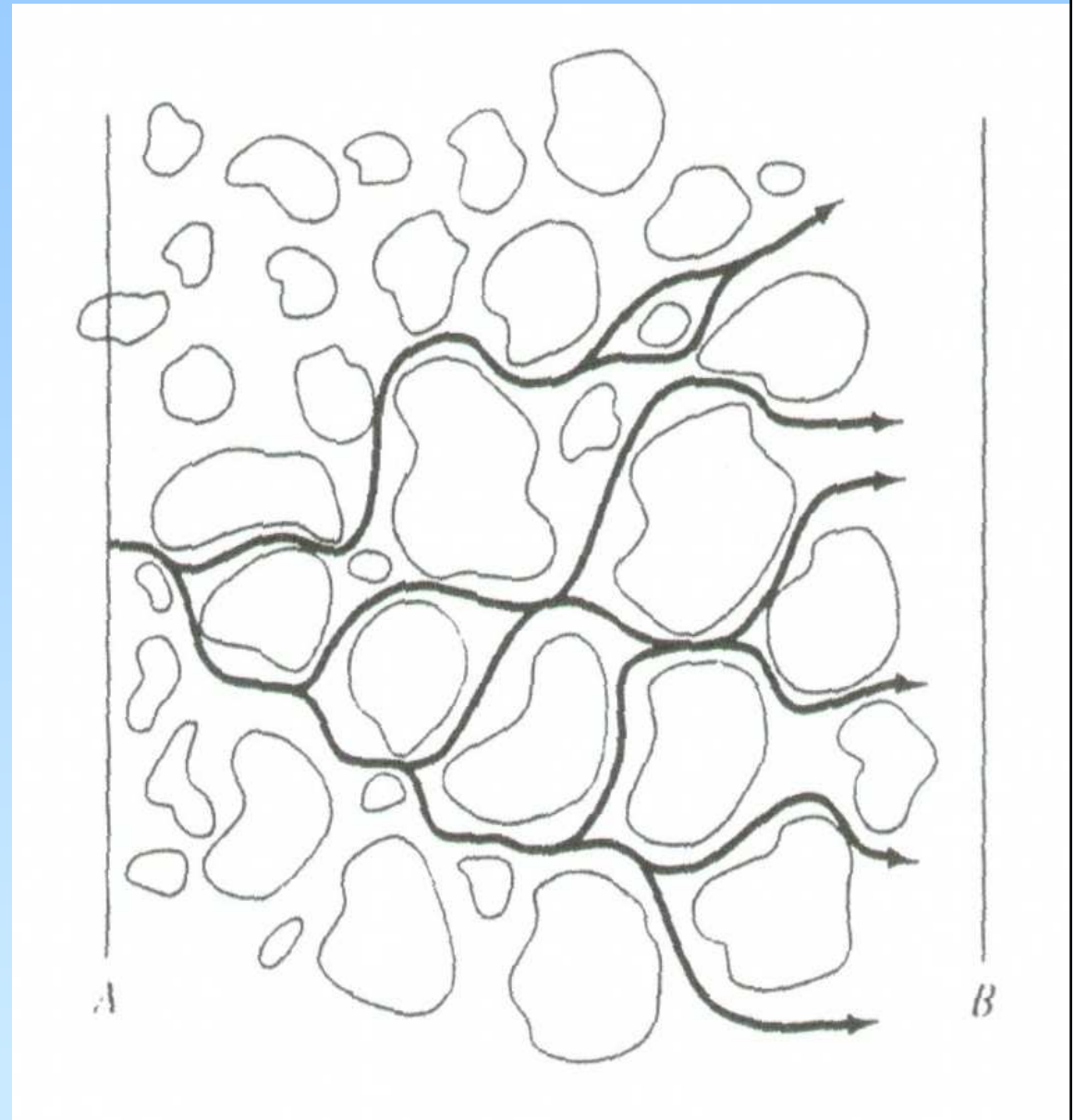
(b)



- Equipotential line
- Flow line
- Concentration

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

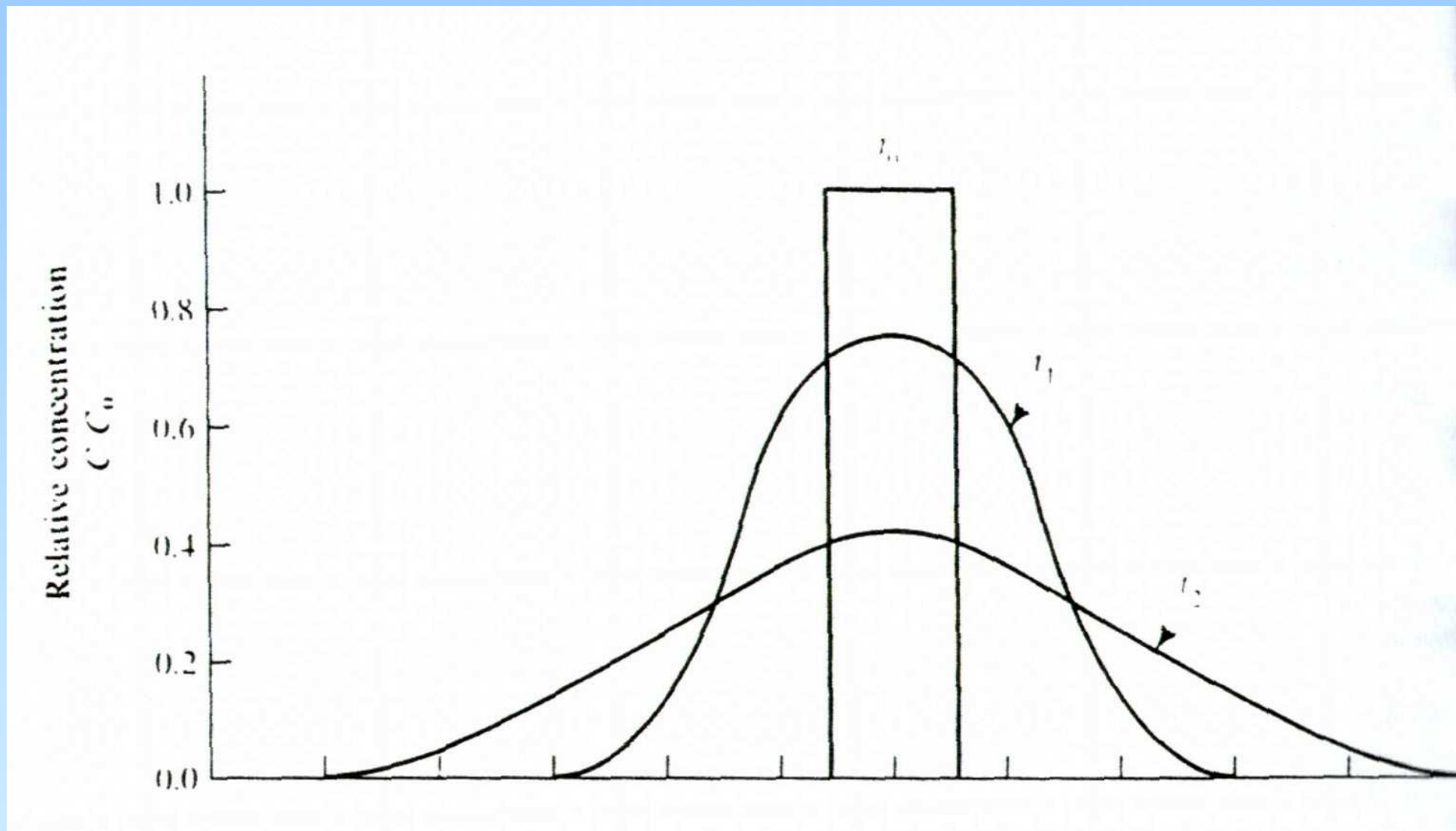
koncentrace v roztoku (konstantní)

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

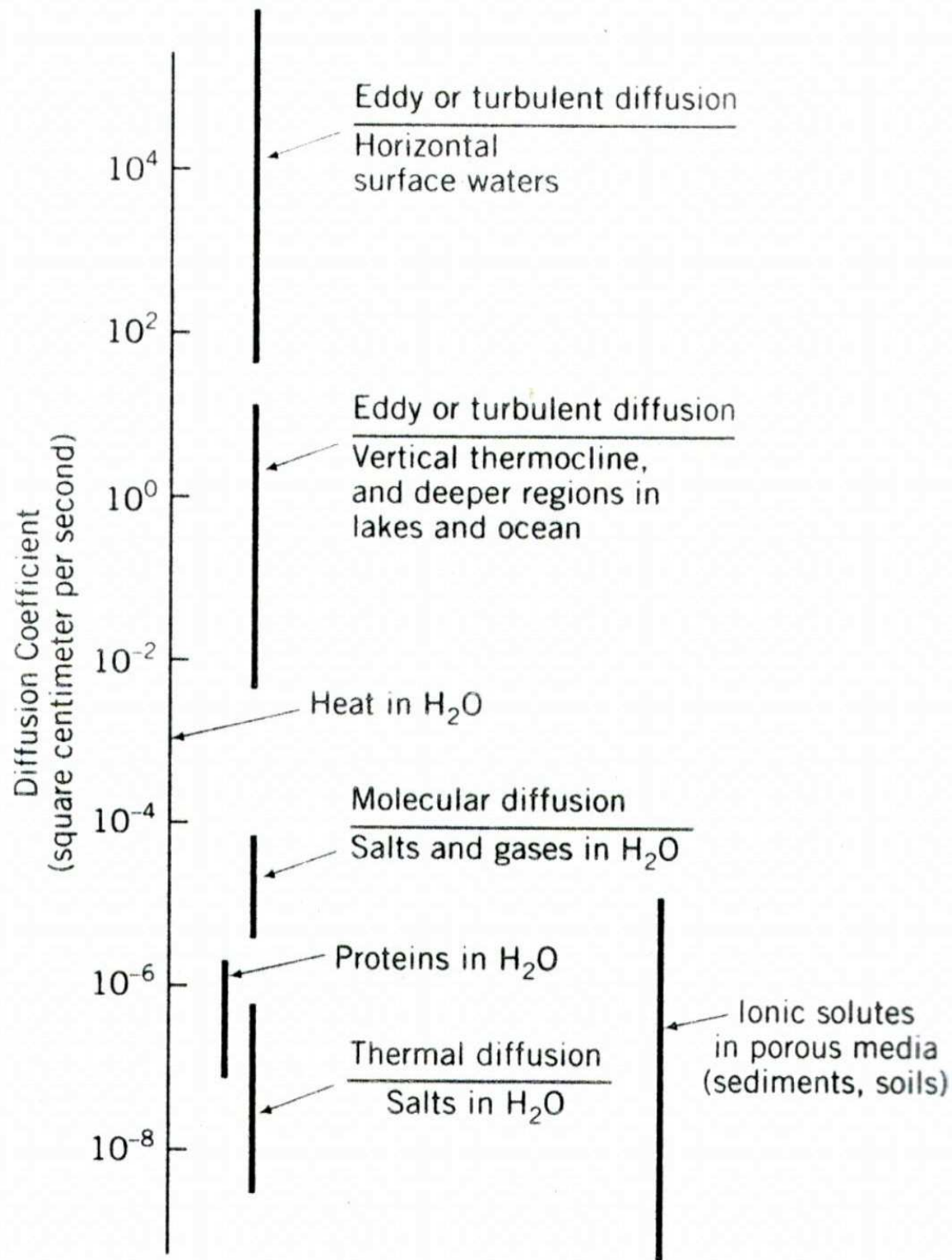
horninové prostředí

- 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
- $5 \times 10^{-6} - 20 \times 10^{-6}$ 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

