

Petrofyzika

Elektrické vlastnosti hornín

Elektrické vlastnosti hornín

určujú chovanie hornín v
elektrickom poli

Existujú dva základné parametre

1. **Elektrická vodivosť**
2. **Permitivita**

Elektrická vodivost'

- fyzikálna veličina, ktorá vyjadruje schopnosť vodiča viesť elektrický prúd.
- Jednotka vodivosti je 1 siemens (1S)
- El. vodivost' je prevrátenou hodnotou elektrického odporu
- $1\text{S} = 1/\Omega$
- 1S je vodivost' vodiča, v ktorom pri napätí 1V tečie prúd 1A.

Elektrická vodivost'

- Symbol G alebo σ
- $G=1/R=I/U$
- R je elektrický odpor vodiča - udáva sa ohmoch (Ω)
- I je prúd prechádzajúci vodičom - udáva sa v ampéroch (A)
- U je elektrické napätie - rozdiel elektrických potenciálov - udáva sa vo voltoch (V)

Permitivita

opisuje:

- elektrickú polarizáciu – charakterizuje diaelektrické vlastnosti látok
- vzťah medzi vektormi elektrického poľa a elektrickej indukcie v prípade striedavého poľa alebo elektromagnetického vlnenia

Značka: ε

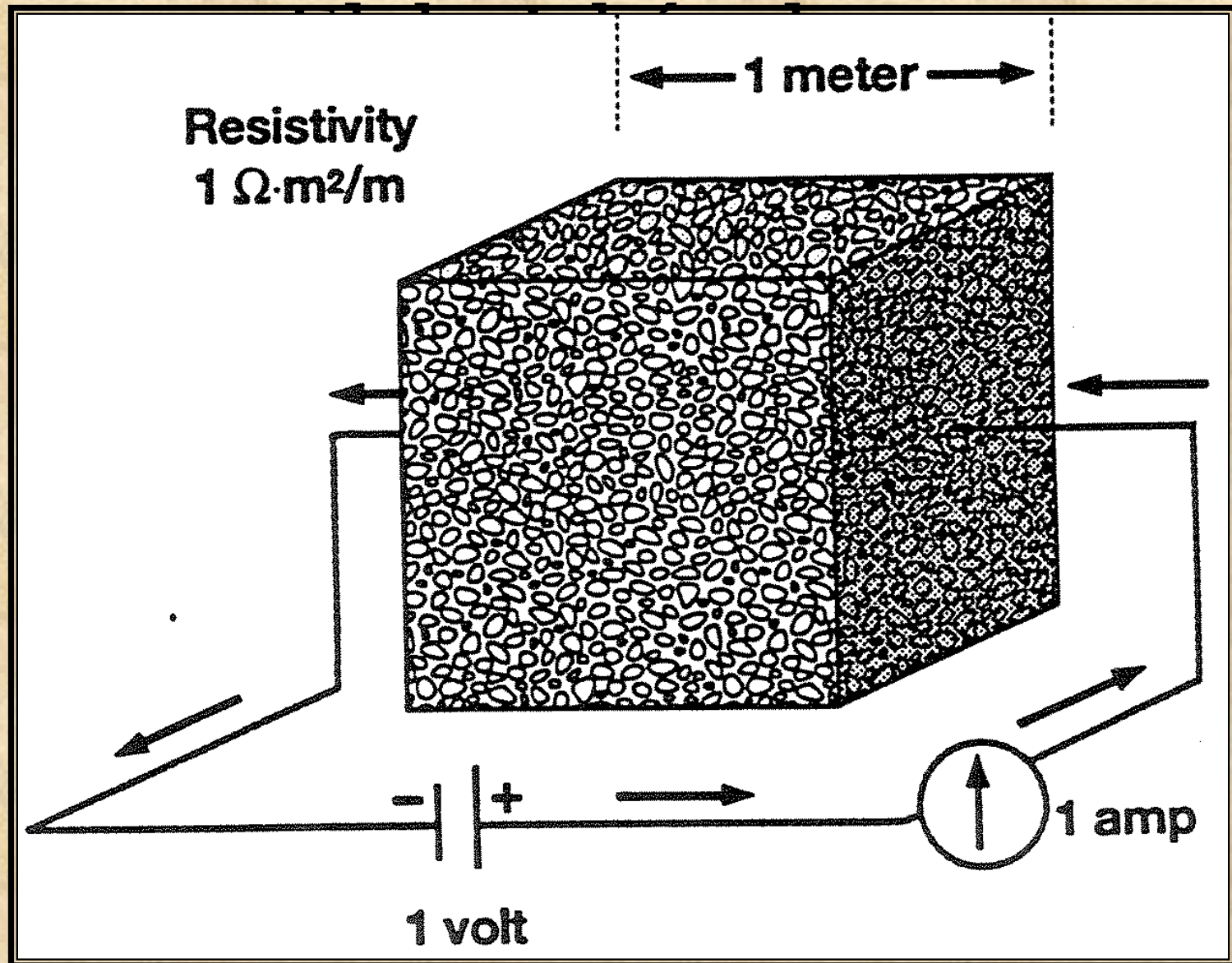
Výpočet: $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$

Oba parametre závisia na frekvencii poľa, na teplote a tlaku a na obsahu vody

Elektrický odpor

- Závisí od geometrických rozmerov vodiča
- Definícia:

Ohmmeter je rezistivita (merný elektrický odpor) takého materiálu, z ktorého zhotovená kocka o hrane 1 m má odpor 1 ohm, pričom medzi protil'ahlými stenami kocky preteká elektrický prúd.



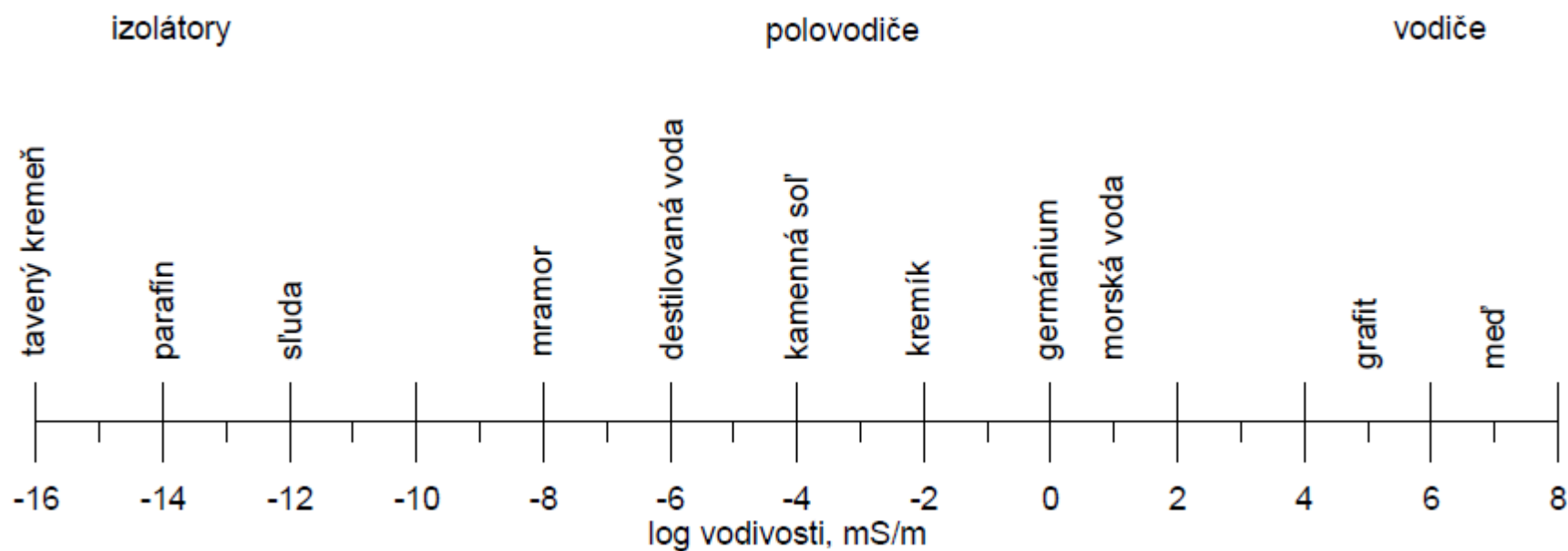
Ohmov zákon

- Pre elektrický prúd platí ohmov zákon $R = U/I$ [$\Omega \text{ m}$] kde U/I je potenciálny rozdiel odporu a prúdu.
- Ohmov zákon môžeme napísať ako $\rho = E/J$ [$\Omega \text{ m}$] kde E je intenzita elektrického pola, J je prúdová hustota
- OHM Georg Simon, 1787-1854, nemecký fyzik

Geoelektrika

- V odporových metódach používame jednosmerný prúd, pretože meraním striedavého prúdu nezistíme hodnotu elektrického odporu, ale hodnotu impedancie celého obvodu.

Spektrum elektrických vodivostí niektorých látok



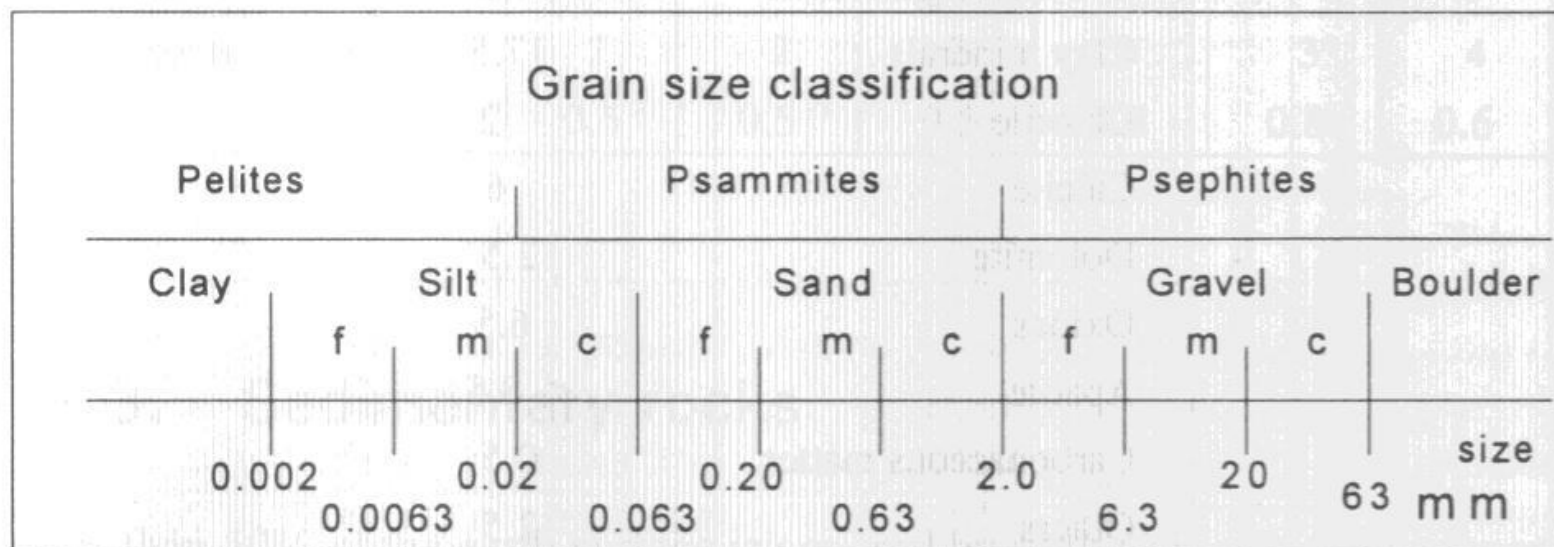
Elektrická vodivosť a horninové prostredie

- Pre popis elektrickej vodivosti sa dobre hodí IG klasifikácia, ktorá hodnotí pevnú látku podľa zrnitosti častíc, do ktorých je rozdelená.

Horninové prostredie

- Pevná fáza – skelet
- Kvapaliny – elektrolit – zmes rôznych soli
- Plynná fáza

Elektrická vodivost' a horninové prostředí



Klasifikácia HP

- frakcia zŕn menších ako 0,002 mm označovaná ako íl, frakcia od 0,002 mm do 0,063 mm ako prach, od 0,063 mm po 2,0 mm ako piesok, od 2,0 mm po 63 mm ako štrk, a frakcia nad 63 mm ako balvan.

Klasifikácia HP

- Veľkosť zŕn častíc pevnej látky vymedzuje aj priemer kanálov a dier pórového priestoru (čím menšie zrno, tým menší je priemer kanálov pórového priestoru) a tento úzko súvisí s mechanizmom elektrickej vodivosti.

Klasifikácia HP

Elektrický náboj sa v horninovom prostredí prenáša elektrónmi, iónmi a tzv. dierami (v polovodičoch).

Vodivosť pevných látok

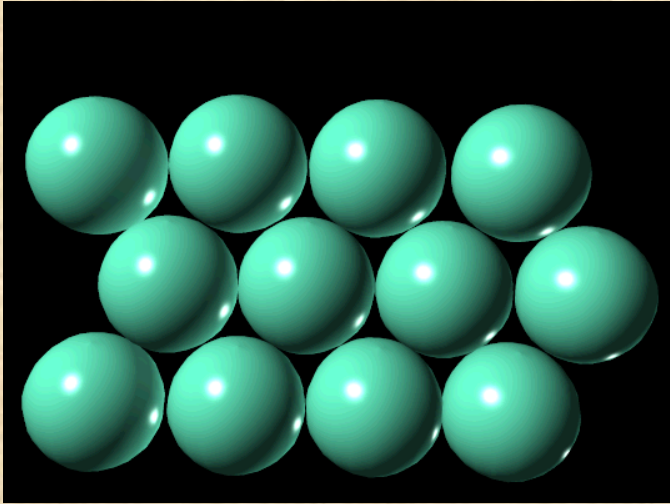
- Elektróny sú v horninovom prostredí dostupné v mineráloch kovov (elektrónová vodivosť),
- diery (kladné) v niektorých polovodičových mineráloch (dierová vodivosť)

Elektrolytická vodivosť

- ióny (kladné i záporné) v podzemnej vode a vlhkosti prítomnej v pórovom priestore horninového prostredia (iónová vodivosť)

HP

prevažná časť pevnej látky
horninového prostredia je tvorená
nevodivými minerálmi, tak
prakticky najväčšia časť elektrickej
vodivosti sa realizuje iónovou
vodivosťou.



Toto je tiež príčina úzkej súvislosti medzi priemerom pórov a elektrickou vodivosťou horninového prostredia.

ak je priemer pórov oveľa väčší, ako priemer iónov tak ich pohyb je málo ovplyvňovaný skeletom

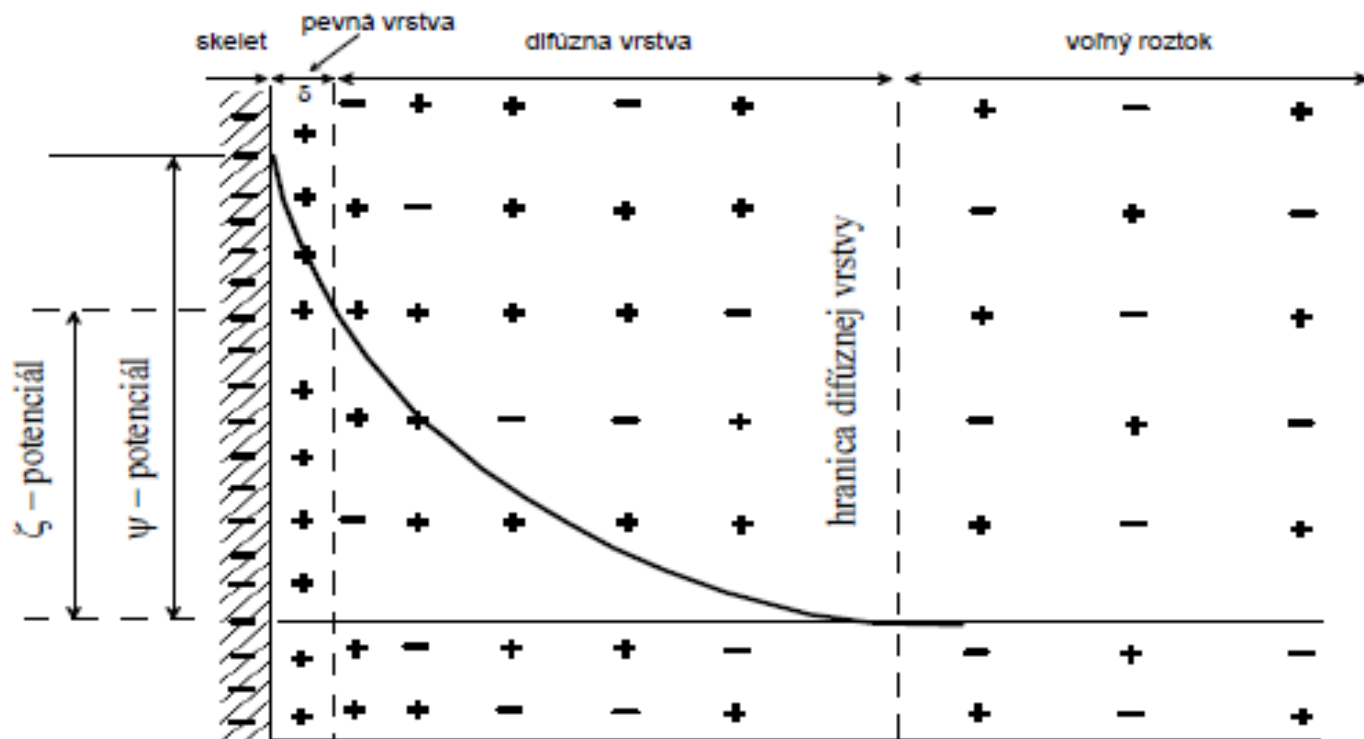
Ale

ak je priemer pórov blízky priemeru iónov ???

začína sa tu uplatňovať fenomény ako:

- povrchový náboj skeletu
- elektrická dvojvrstva
- vznik a pohyb koloidov (koloidná vodivosť)
- kl'ukatost' pórov
- slepé póry a i.

Štruktúra elektrickej dvojvrstvy



Typ sedimentu	Priemer zrn (mm)	Celková pór. (%)	Efektívna pór. (%)
Stredný štrk	2,5	45	40
Hrubo zrný piesok	0,25	38	34
Stredno zrný piesok	0,125	40	30
Jemno zrný piesok	0,09	40	28
Veľmi jemne zrn. pies.	0,045	40	24
Prachový piesok	0,005	32	5
Prach	0,003	36	3
Ílovitý prach	0,001	38	-
íl	0,0002	47	-

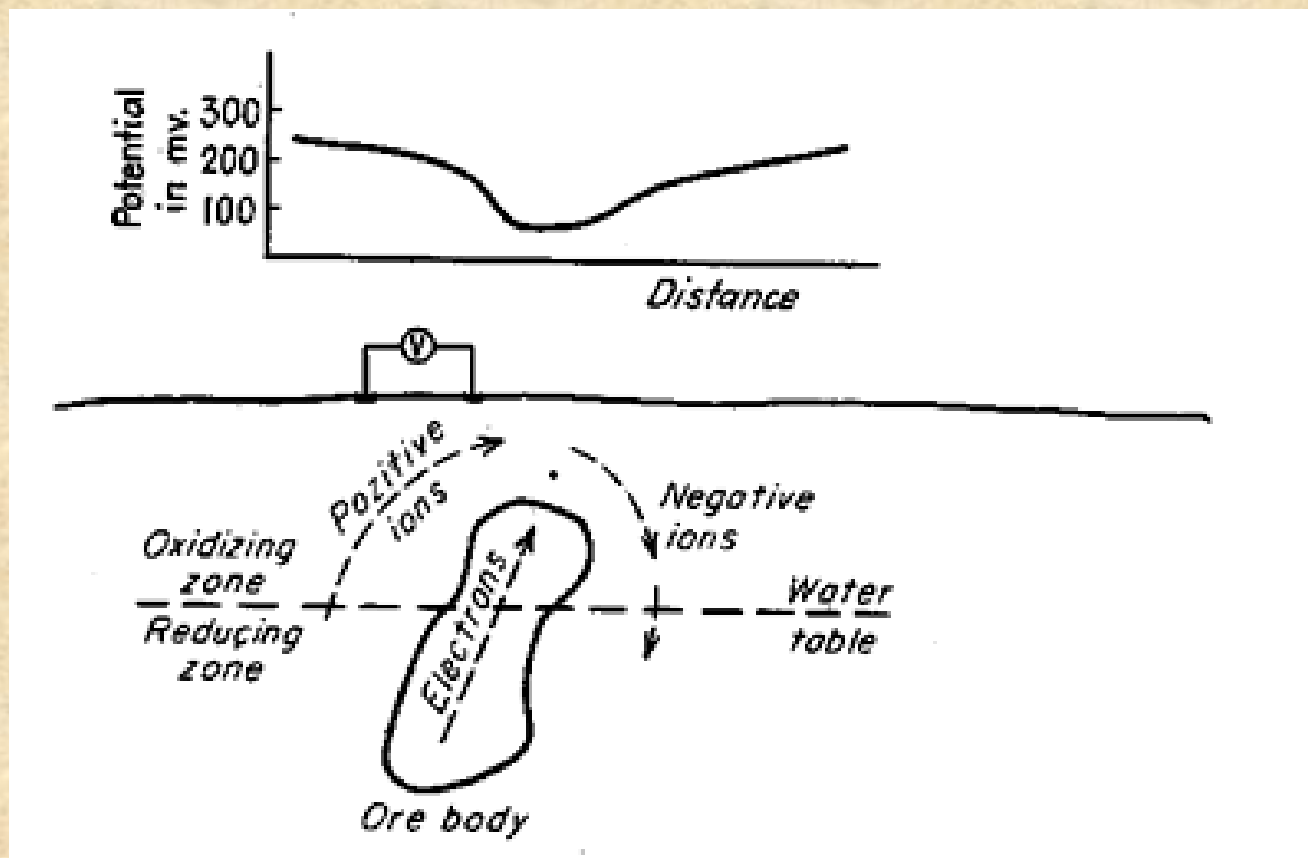
Elektrochemické reakcie

- Difúzia –samovolné premiešavane látok (prechod 1. el naboja do druhého, vyrovnanie koncentracii)
- Oxidácia-redukcia – procesy pribiehajú v oxidačnej zóne (nad hladinou p.v.)
- Filtrácia – pohyb vody cez pórový priestor

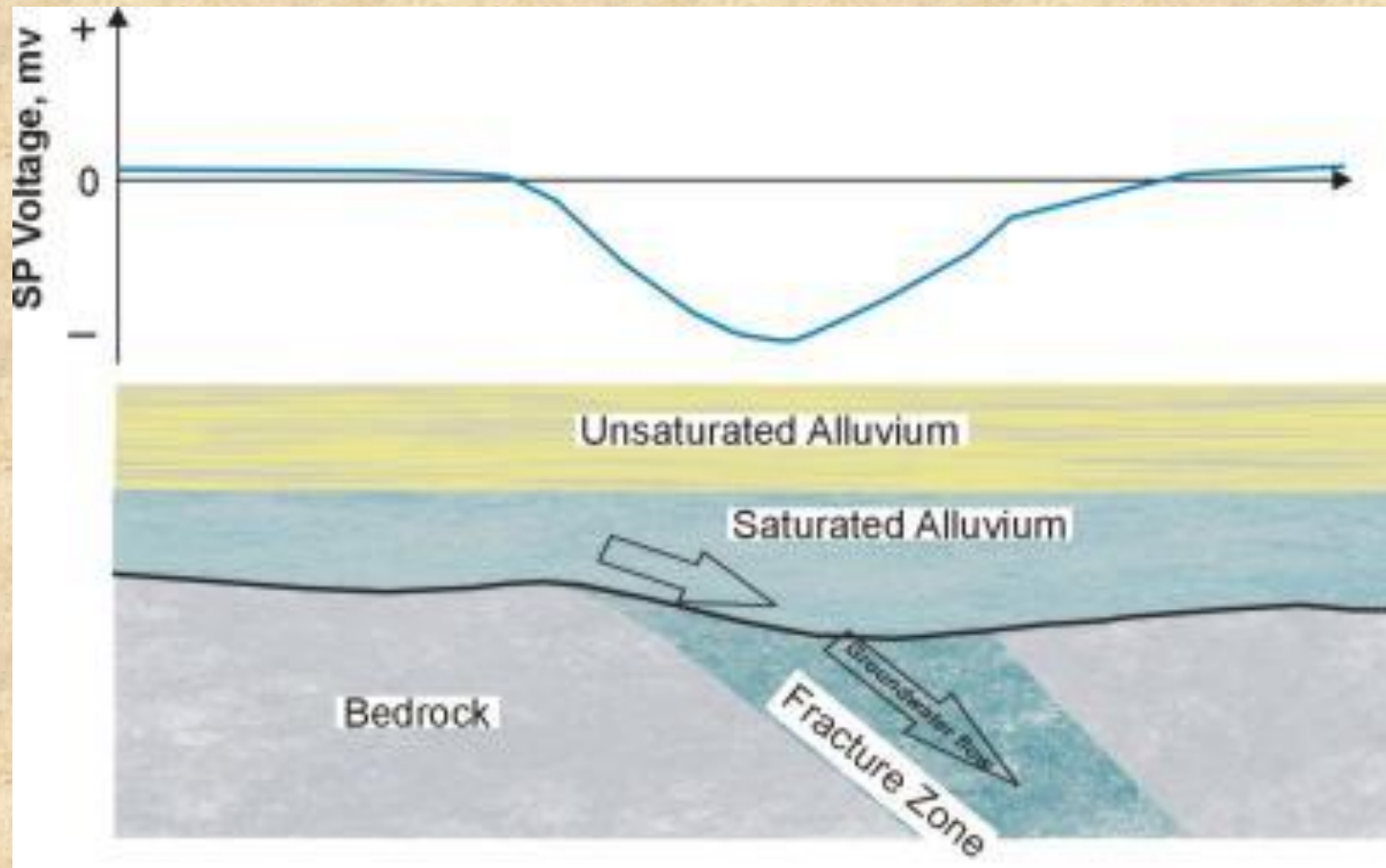
Hlavný zdroj akumulácie el. napätia

- Difúzne napätie – premiešanie dvoch roztokov – rozdiel potenciálov
- Filtračné napätie – v smere pohybu podzemnej vody - sp
- Oxidačno redukčné napätie – pozorované na el. vodičoch napr. ložisko grafitu

Oxidačno redukčné prostredie

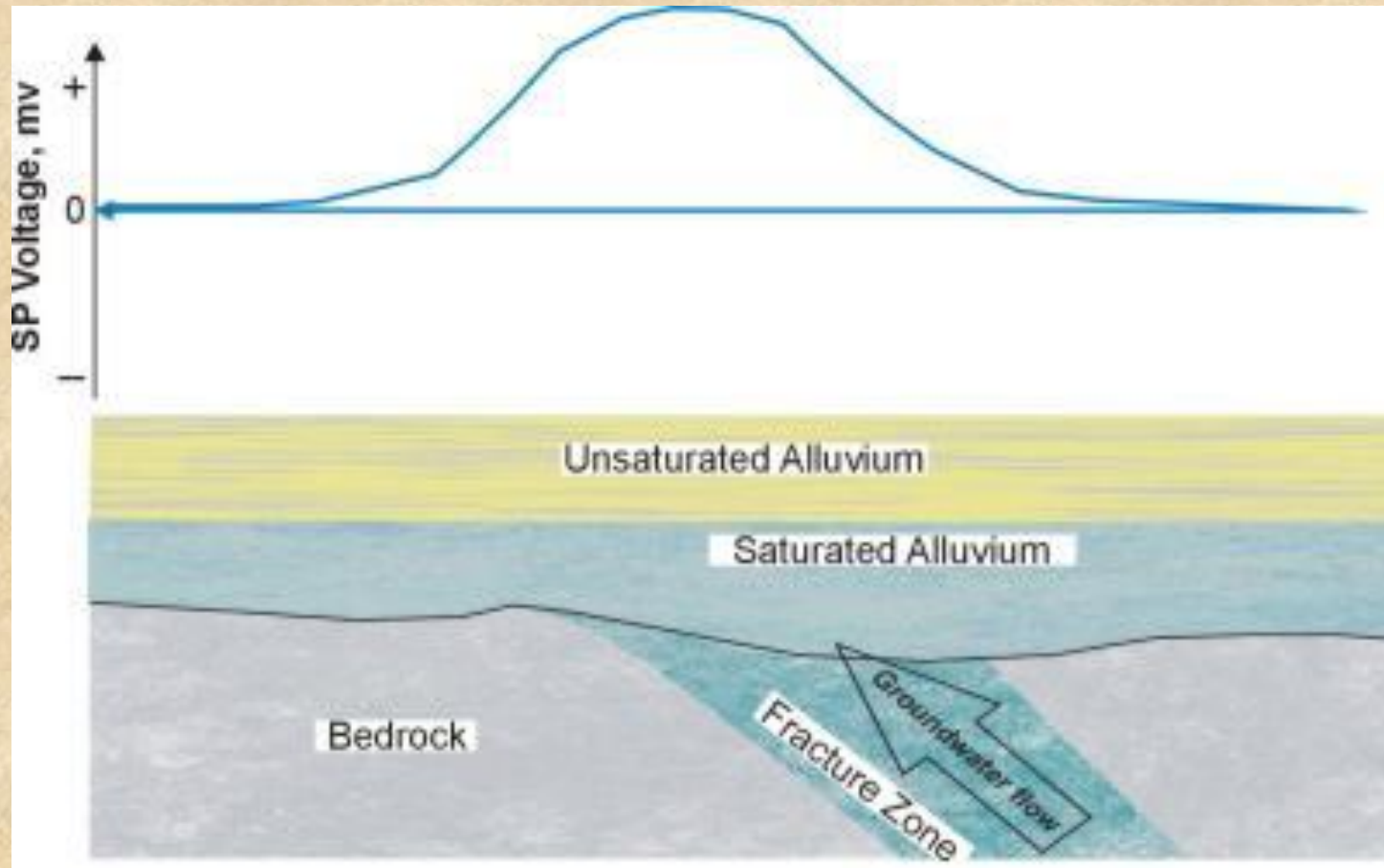


Filtračné potenciály

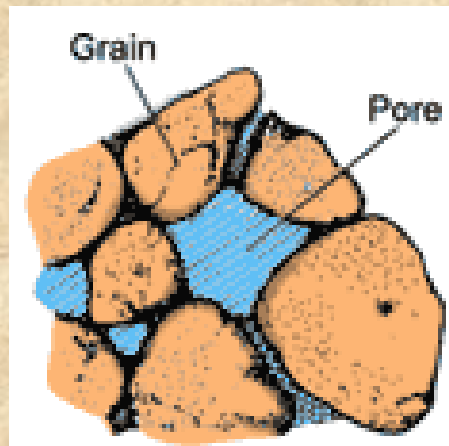


Place of infiltration

Filtračné potenciály



anomaly above outflow underground water



Celkovú pórovitosť
Efektívnu pórovitosť

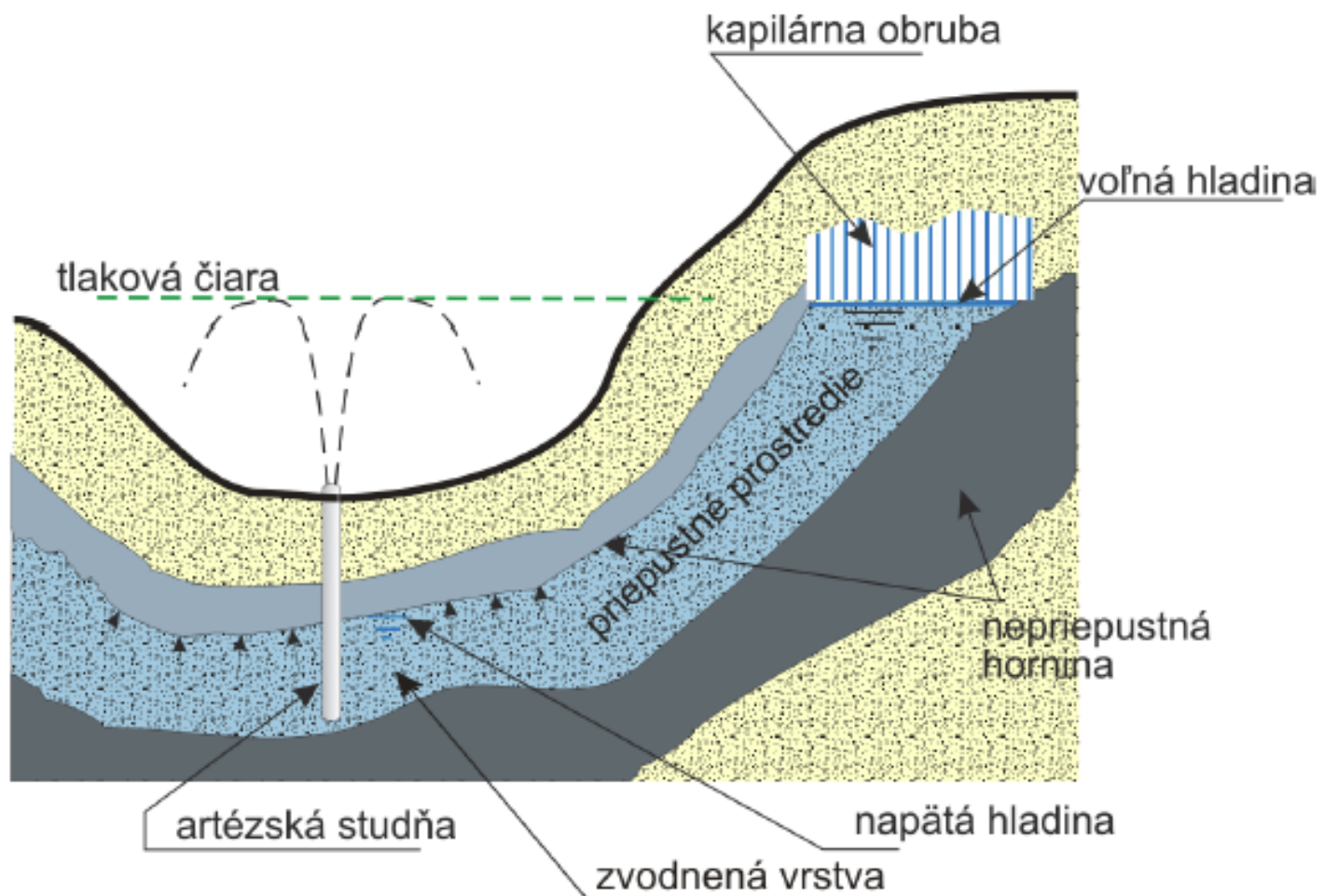
$$\text{Celková pórovitosť} = \phi_c = \frac{\text{objem dier}}{\text{celkový objem horniny}}$$

$$\text{Efektívna pórovitosť} - \phi_e = \frac{\text{celkový objem prepojený dier}}{\text{celkový objem horniny}}$$

Priepustnosť

- s pórovitosťou hornín úzko súvisí ich priepustnosť.
- priepustnosť sa chápe ako schopnosť určitého prostredia umožniť kvapaline tečť cez toto prostredie.
- vyjadrená Darcyho koeficientom priepustnosti K

Podzemná voda



Elektrolytická (iónová) vodivosť

Prúd je prenášaný iónmi elektrolytu, ktorý je prítomný v pórovom priestore HP.

Odpor hornín obsahujúcich vodu bude potom závisieť:

- na kvalite elektrolytu, t.j. na rezistivite prírodnej vody v póroch a teda na množstve rozpustených solí v elektrolyte
- na množstve elektrolytu prítomného v jednotkovom objeme horniny
- na spôsobe rozdelenia elektrolytu (geometria pórového priestoru a geometria jeho vyplnenia elektrolytom).

Kvalita vody v horninách

Závisi na

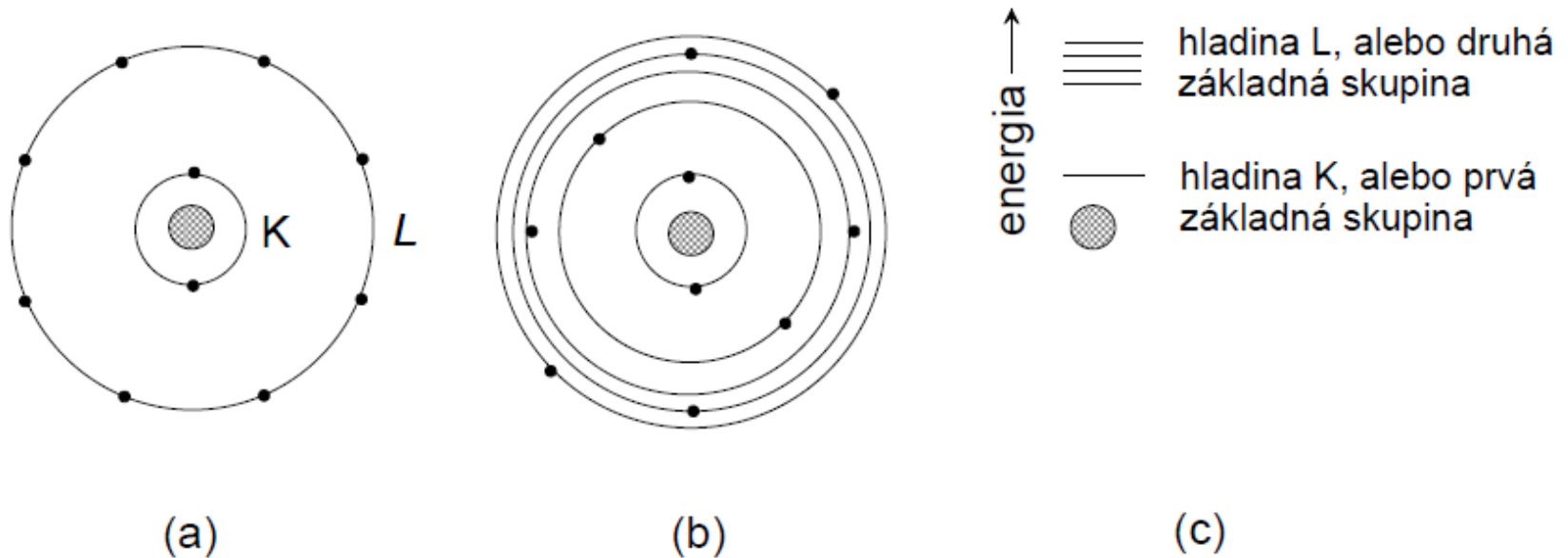
- Povahe pôvodnej vody
- Rozpustnosti minerálov horniny
- Veku horniny

hornina s jemnými pórmí bude obsahovať slanšiu a vodivejšiu vodu ako priepustnejšie horniny

Elektrónová vodivosť

- je to náhodný pohyb valenčných elektrónov, pohybujúcich sa medzi atómami, pričom tento pohyb je usmerňovaný vonkajším elektrickým poľom

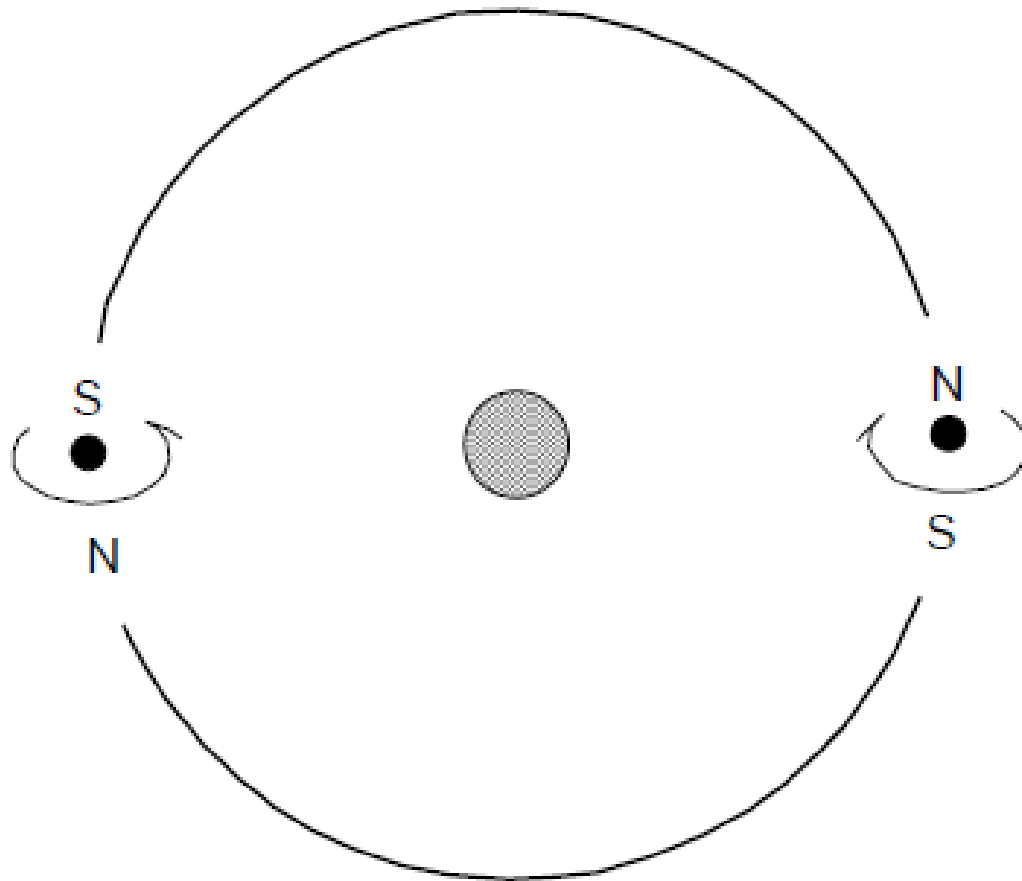
Vodivosť pevných látok



*Úrovne energií elektrónov pre neón; (a) energetické úrovne,
(b) energetické hladiny,
(c) zobrazenie energetických hladín*

1. Okolo každého atómu existujú elektrónové energetické hladiny. Elektróny sa nemôžu nachádzať v priestore medzi týmito hladinami;
2. elektróny zaplňajú najprv najnižšiu energetickú hladinu. Aby sa elektrón premiestnil do nasledujúcej vyššej hladiny, musí dostať určité špecifické množstvo energie nazývané kvantum;
3. každá energetická hladina môže byť obsadená maximálne dvoma elektrónmi;
4. tieto dva elektróny s rovnakou energiou sú si zrkadlovo podobné; odlišujú sa iba opačne orientovanými spinmi

Opačné spiny elektrónov



Praktické skúsenosti ukazujú, že v prípade nasýtenia pórového priestoru vodou (t.j. pod hladinou podzemnej vody – nasýtenie je tu $= 1$, t.j. 100%), majú štrky hodnotu elektrickej rezistivity nad 300 ohm.m, piesky zhruba od 100 do 300 ohm.m, prachy od 20 do 100 ohm.m, íly do 10 ohm.m.

