



# Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Zakládání staveb – Průzkum staveniště a napětí v základové půdě

doc. Dr. Ing. Hynek Lahuta



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



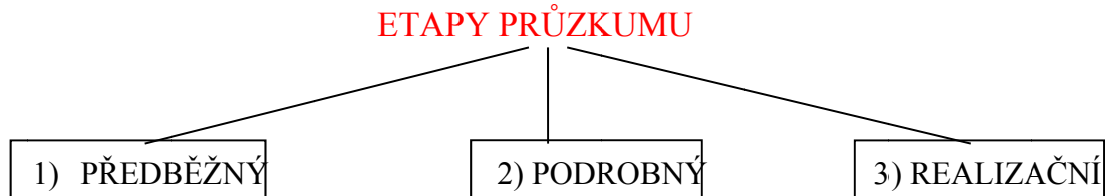
OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Inovace studijního oboru Geotechnika CZ.1.07/2.2.00/28.0009.  
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

## PRŮZKUM STAVENIŠTĚ

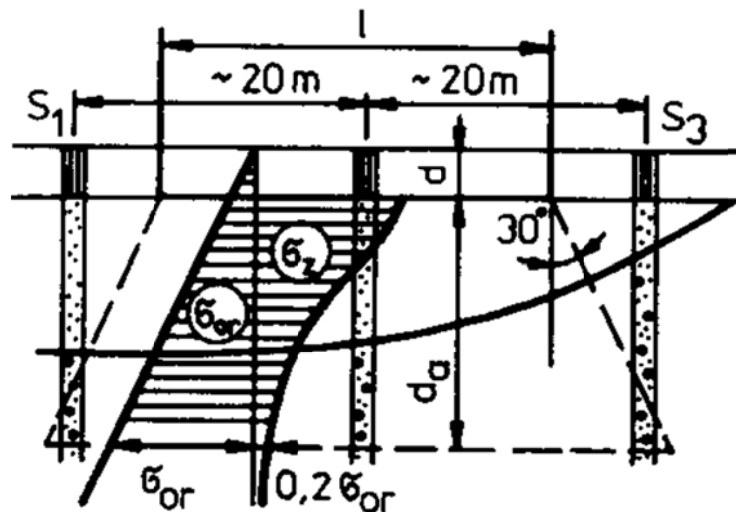
Cílem je poznání vlastností podloží (zemín) a dalších skutečností pro správné založení a funkčnost objektu (podrobně IGP průzkum (obecněji Geotechnický průzkum) a hydrogeologických poměrů)



AD 1) hledání vhodného staveniště, příprava investiční úlohy, využití mapových podkladů (mapa geologické, hydrogeologické, rajónové), využití dokumentů Geofondu, prohlídka lokalit, v některých případech kopané sondy, použití nepřímých metod (geofyzikální průzkum, družicové nebo letecké snímky)

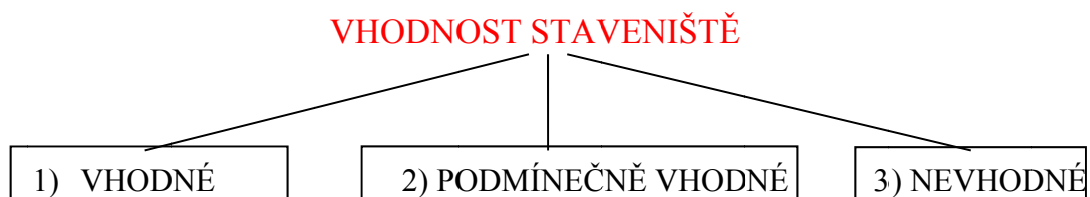
AD 2) provádí se pro konkrétní objekt, tvorba geologických profilů a získání údajů o vlastnostech zemín (laboratorní a polní metody). Odhad hloubky průzkumných sond viz obr.1.

AD 3) někdy též doplňkový, v průběhu stavby (hloubení stavební jámy), kontroluje, doplňuje a zpřesňuje výsledky předcházejících etap průzkumu



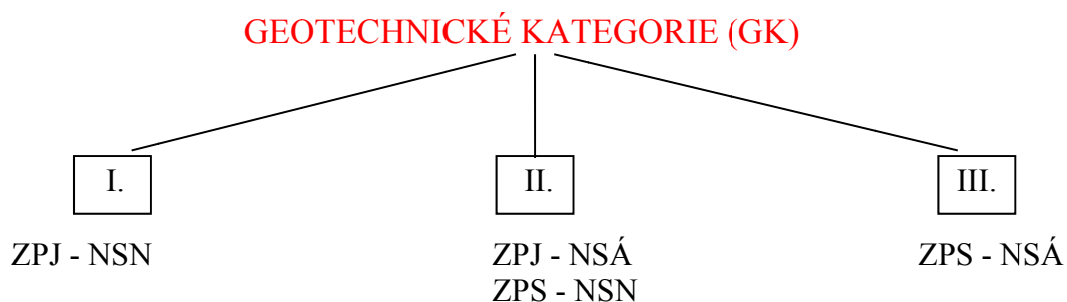
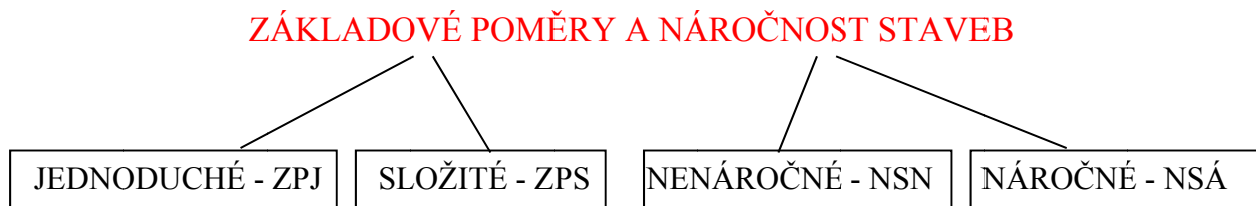
Obr. 1. Hloubka průzkumných sond

$d$  - hloubka založení,  $d_a$  - aktivní hloubka,  $\sigma_{or}$  - orig. napětí,  $\sigma_z$  - svislé napětí



AD 1) vodorovný povrch, půda pevná, málo stlačitelná, voda trvale pod úrovní základové spáry

AD 3) kvalitní hospodářská půda, zásoby pitné vody, paliv a nerostných surovin, nestabilní svahy, poddolovaná území, záplavová území, chemicky znečištěná území



I GK: malé a relativně jednoduché konstrukce, riziko ohrožení majetku a života zanedbatelné, základové poměry jsou známy a jasné ze srovnatelných zkušeností z obdobných podmínek či průzkumu, výkopové práce nebudou prováděny pod hladinou podzemní vody.

- jednoduché jedno či dvou podlažní domy, zemědělské stavby s max. návrhovým zatížením v patě sloupu 250 kN nebo zdi 100 kN/m založené na běžných typech plošných nebo pilotových základech
- opěrné zdi a pažení výkopů, výšek menších než 2 m
- malé výkopy pro odvodňovací práce, pokládku potrubí apod.

II GK: běžné typy konstrukcí a základů bez velkého rizika, základové poměry nebo zatěžovací podmínky nejsou neobvyklé, jsou požadovány kvantitativní geotechnické údaje a statický výpočet

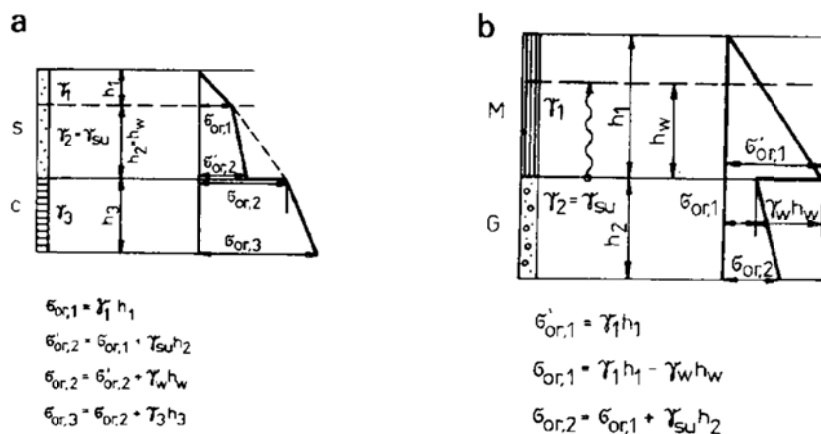
- plošné základy, základové rošty, pilotové základy
- podzemní stěny a další konstrukce zadržující nebo podpírající zeminu nebo vodu
- výkopy, pilíře a opěry mostů, násypy a zemní práce
- zemní kotvy a ostatní systémy přenášející tlaky zpět do masivu
- tunely ve skalních horninách bez zvláštních požadavků na vodotěsnost

III GK: ostatní stavby, velmi velké nebo neobvyklé konstrukce s abnormálním rizikem nebo neobvyklé či výjimečně obtížné základové poměry nebo zatěžovací podmínky, stavby ve vysoce seismických oblastech

## NAPĚTÍ V ZÁKLADOVÉ PŮDĚ

### 1) ORIGINALNÍ NAPĚTÍ

$$\sigma_{or} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \pm \gamma_w \cdot h_w$$



Obr. 2. Originální napětí ve vrstevnatém prostředí

### 2) NAPĚTÍ ZPŮSOBENÉ ZATÍŽENÍM

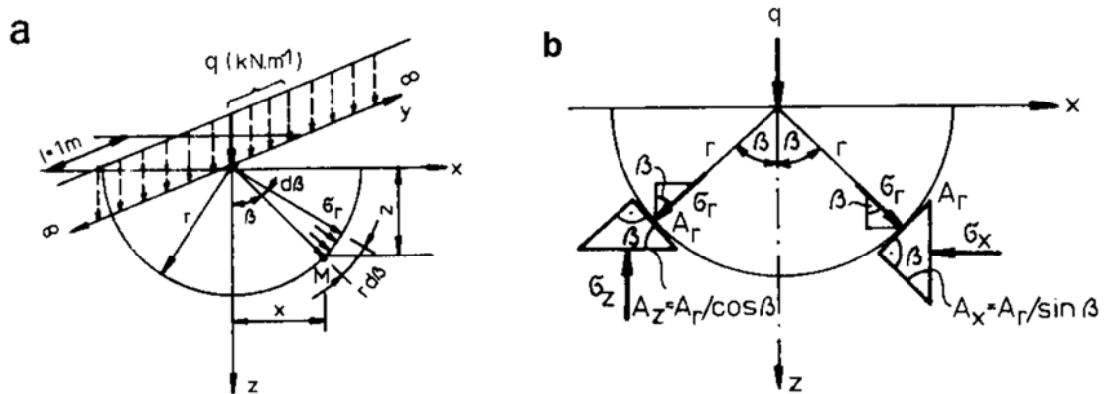
předpoklady pro zjištění napětí:

- náhrada pružným poloprostorem
- látka ideálně pružná, homogenní, izotropní
- platnost Hookova zákona
- výsledné deformace jsou malé - nenarušení spjitosti
- platnost zák. superpozice

a) ROVINNÉ PROBLÉMY - Flamant

$$\text{radiální napětí } \sigma_r = K \frac{\cos \beta}{r}$$

konstanta  $K$  pro podmínky rovnováhy



Obr. 3. Symboly pro zjištění napětí pod svislým spojitým přímkovým zatížením

Musí platit  $q = \int_0^{\pi/2} 2K \cos^2 \beta d\beta = \int_0^{\pi/2} K d\beta + \int_0^{\pi/2} \cos^2 \beta d\beta K$

Po integraci a zanedbání druhého členu  $K = \frac{2q}{\pi}$

Napětí ve směru os obr. 3 b):  $A_z = \frac{A_r}{\cos \beta}$ ,  $A_x = \frac{A_r}{\sin \beta}$

Podmínka rovnováhy u trojbokých hranolů: osa z  $\rightarrow \sigma_r A_r \cos \beta = \sigma_z A_z = \sigma_z \frac{A_r}{\cos \beta}$ ,

$$\sigma_z = \sigma_r \cos \beta^2 = \frac{2q \cos \beta}{\pi r} \cos \beta^2$$

osa x  $\rightarrow \sigma_r A_r \sin \beta = \sigma_x A_x = \sigma_x \frac{A_r}{\sin \beta}$ ,

$$\sigma_x = \sigma_r \sin \beta^2 = \frac{2q \cos \beta}{\pi r} \sin \beta^2$$

Náhrada ;  $\sin \beta = \frac{x}{r}$ ;  $\cos \beta = \frac{z}{r}$  pak:

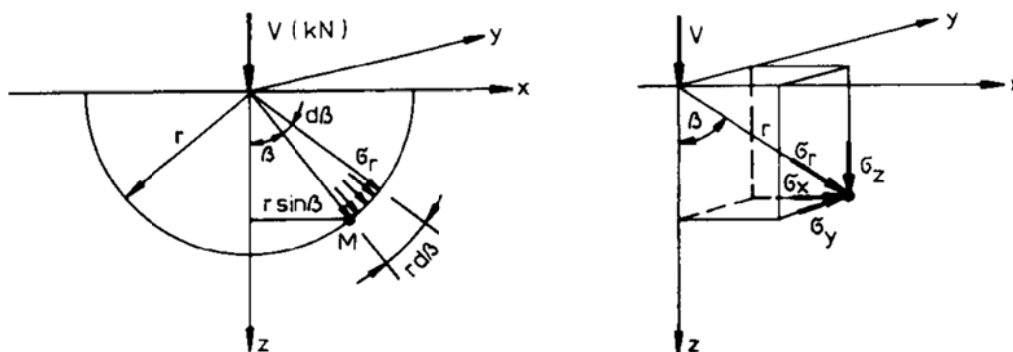
$$\sigma_z = K \frac{z^3}{r^4}$$

$$\sigma_x = K \frac{zx^2}{r^4}$$

$$\sigma_r = K \frac{z}{r^2}$$

Pro tento případ  $\sigma_y = 0$  tedy  $\tau_{zx} = \tau_{xz} = \sigma_r \sin \beta \cos \beta = K \frac{zx^2}{r^4}$

b) PROSTOROVÉ PROBLÉMY



Obr. 4. Symboly pro zjištění napětí pod svislou silou

radiální napětí  $\sigma_r = K \frac{\cos \beta}{r^2}$

$$q = \int_0^{\pi/2} \sigma_r \cos \beta 2\pi r \sin \beta r d\beta = \frac{2}{3} \pi K$$

konstanta  $K$  pro podmínky rovnováhy

$$\sigma_r = K \frac{z}{r^3}$$

$$\sigma_z = K \frac{z^3}{r^5}$$

$$\sigma_x = K \frac{zx^2}{r^5}$$

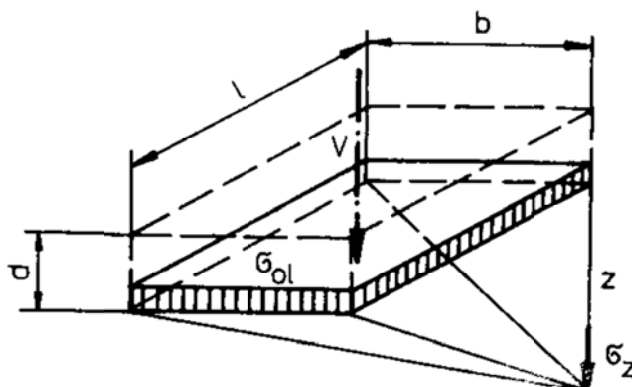
$$\sigma_y = K \frac{zy^2}{r^5}$$

$$\tau_{zx} = \tau_{xz} = K \frac{xz^2}{r^5} \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = K \frac{yxxz}{r^5} \quad \tau_{zy} = \tau_{yz} = K \frac{yzy^2}{r^5}$$

### 3) ZATÍŽENÍ NA OBDÉLNÍKOVÉ PLOŠE

a) POD ROHEM DLE STEINBRENNERa

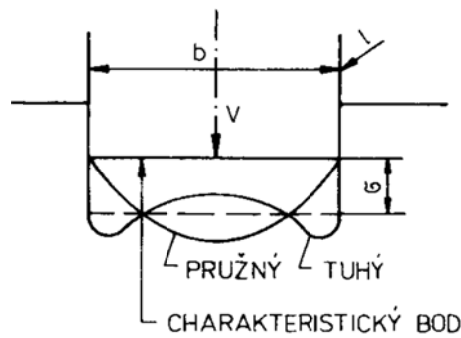
- kontaktní napětí  $\sigma_k$
- orig. napětí v hloubce  $d$
- skutečné napětí na základové spáře



Obr. 5. Symboly pro výpočet svislých napětí pod rohem obdélníkové plochy

$$\sigma_z = \frac{\sigma_{ol}}{2\pi} \left[ \operatorname{arctg} \frac{lb}{zC} + \frac{lbz}{C} \left( \frac{1}{A^2} + \frac{1}{B^2} \right) \right]$$

## b) POD CHARAKTERISTICKÝM BODEM



Obr. 6. Kontaktní napětí pod pružným a tuhým základem.

Kontaktní napětí – teorie pružnosti

Při stanovení napětí v podzákladě ze kterého se počítají deformace, se vychází z teorie pružnosti

TUHOST (Schultze)

$$K = \frac{E_k \cdot I_k}{E_{def} \cdot b \cdot l^3}$$

$K > 1$  tuhý

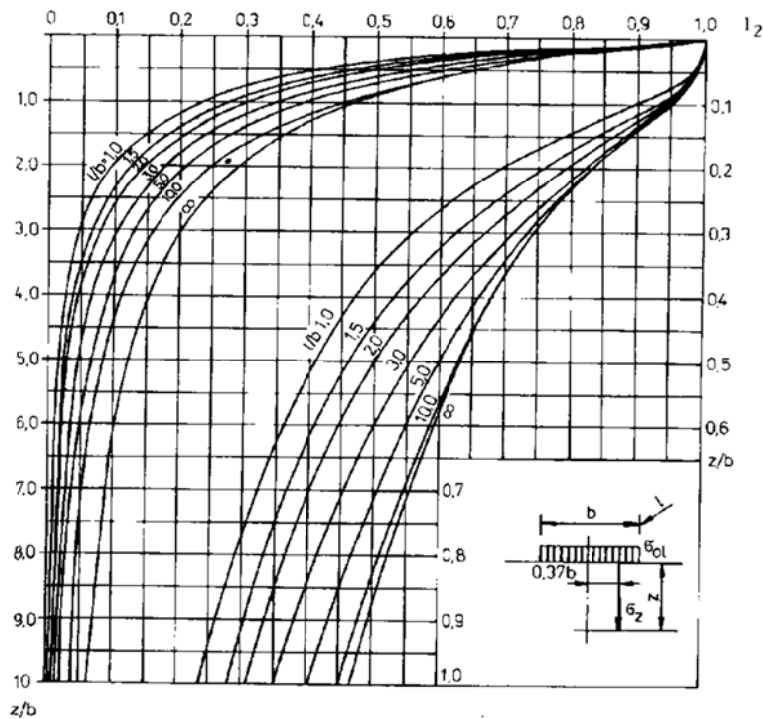
$K < 1$  pružný

při  $I_k = \frac{1}{12} b \cdot t^3 \cong 0,1 b \cdot t^3$

$$K = \frac{E_k}{E_{def}} \left( \frac{t}{l(b)} \right)^3$$

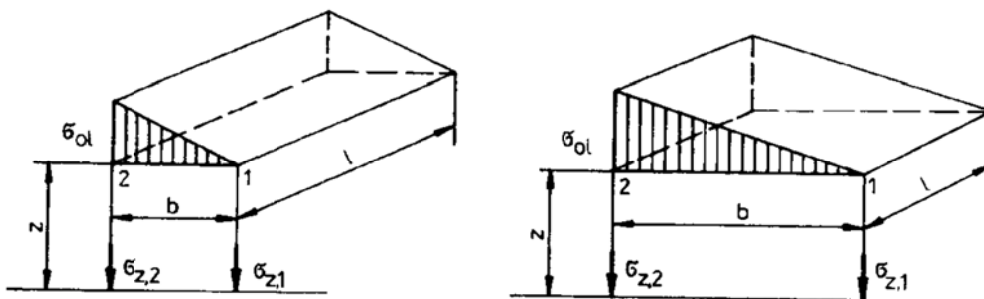
$$\sigma_z = \sigma_{0l} I_2$$

Umístění charakteristického bodu  $0,37b(1)$  pro obdélníkový základ,  $0,85r$  pro kruhový



Obr. 7. Součinitel  $I_2$  pro výpočet svislých napětí pod charakteristickým bodem.

### c) TROJÚHELNÍKOVÉ ZATÍŽENÍ



Obr. 8. Trojúhelníkové zatížení na obdélníkové ploše.

$$\text{napětí pod nezatíženým rohem} \quad \sigma_{z,M} = \frac{\sigma_{ol}}{2\pi} \left[ \frac{lbz}{CB} + \frac{lz}{bC} \cdot \frac{C-A}{A} \right]$$

$$\text{napětí pod zatíženým rohem} \quad \sigma_{z,M'} = \frac{\sigma_{ol}}{2\pi} \left[ \frac{lb}{zC'} + \frac{lz}{A'} \cdot \frac{C'-A'}{b} \right]$$



#### d) LICHOBĚŽNÍKOVÉ ZATÍŽENÍ

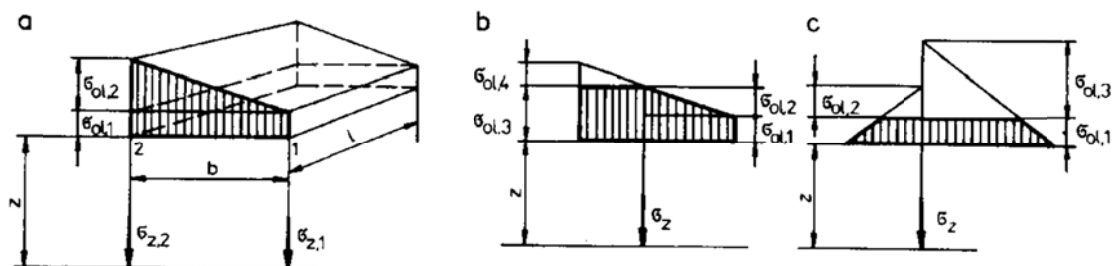
principem řešení je rozdělení na rovnoměrné a trojúhelníkové zatížení

obr. 9a)  $\sigma_{z1} = R \cdot Obd(\sigma_{ol1}) + R \cdot TrMz(\sigma_{ol2})$

obr. 9a)  $\sigma_{z2} = R \cdot Obd(\sigma_{ol1}) + R \cdot TrVz(\sigma_{ol2})$

obr. 9b)  $\sigma_z = R \cdot Obd(\sigma_{ol1}) + R \cdot TrVz(\sigma_{ol2}) + R \cdot Obd(\sigma_{ol3}) + R \cdot TrMz(\sigma_{ol4})$

obr. 9c)  $\sigma_z = R \cdot TrVz(\sigma_{ol1} + \sigma_{ol2}) + R \cdot TrVz(\sigma_{ol2}) + R \cdot TrVz(\sigma_{ol1} + \sigma_{ol3}) + R \cdot TrVz(\sigma_{ol3})$



Obr. 9. Charakteristické tvary lichoběžníkových zatížení. b) libovolná svisllice pod lichoběžníkovým zatížením c) lichoběžníkové z obou stran

#### 4) ZATÍŽENÍ NA KRUHOVÉ PLOŠE

Rovnoměrné -  $\sigma_z = q(1 - \cos^3 \alpha)$      $q$  – napětí od zatížení ( $\sigma_{ol}$ )

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{r}{z}$$

Parabolické -  $\sigma_z = 2q(1 - 2 \cot^2 \alpha(1 - \cos \alpha))$      $2q = q_{\max}$

Kuželové -  $\sigma_z = 3q(1 - \cos \alpha)$      $3q = q_{\max}$