

PRINCIP EFEKTIVNÍCH NAPĚTÍ

Vztah popisující efektivní napětí ($\sigma' = \sigma - u$) formuloval Terzaghi v roce 1936. Symboly ve vztahu vyjadřují: σ' – efektivní napětí, σ – totální napětí, u – neutrální napětí. Veškeré měřitelné efekty změn napětí (objemové změny) a změn smykové pevnosti zeminy jsou způsobeny pouze efektivním napětím. Princip efektivních napětí platí jen pro normálová napětí σ , protože smyková napětí τ voda nepřenáší a jsou tedy vždy efektivní.

Vymezení pojmů

Objemová tíha zeminy

Objemová tíha zeminy vyjadřuje tíhu její objemové jednotky (jednotka $[\text{kN/m}^3]$). V závislosti na poloze vrstvy zeminy vůči hladině podzemní vody uvažujeme ve výpočtech tyto varianty objemových tíh:

- | | |
|--|--|
| a) Objemová tíha zeminy v přirozeném uložení | γ |
| b) Objemová tíha nasycené zeminy | γ_{sat} |
| c) Objemová tíha zeminy pod hladinou podzemní vody | $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$ |

Objemová tíha vody se značí γ_w a uvažuje se hodnotou 10 kN/m^3 .

Hladina podzemní vody (HPV)

Volná statická hladina podzemní vody je úroveň vody, pro kterou platí, že tlak vody má v této úrovni stejnou hodnotu jako tlak atmosférický. Je to plocha omezující shora volnou zvodeň, která tvoří rozhraní mezi saturovanou a nesaturovanou zónou zeminy.

Geostatické napětí σ_{OR}

Geostatické napětí je normálové napětí (svislé) vyvozené vlastní tíhou zeminy nad uvažovaným bodem v hloubce h pod terénem

Totální napětí σ

Totální (celkové) napětí je přenášeno zrny zeminy a vodou vyplňující její póry. Je to napětí působící na uvažovaný bod v dané hloubce pod povrchem terénu vyvozené tíhou zeminy a tíhou vody nad uvažovaným bodem.

Efektivní napětí σ'

Efektivní napětí je napětí přenášené zrny zeminy (skeletem). Je definováno jako rozdíl mezi velikostí totálního napětí a velikostí pórového tlaku ($\sigma' = \sigma - u$).

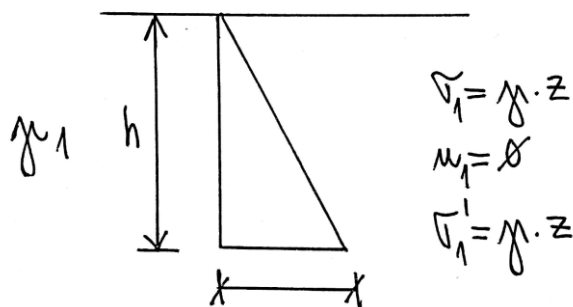
Neutrální napětí u

Neutrální napětí (pórový tlak u) je napětí přenášené tlakem vody v pórech zeminy. Za hydrostatických podmínek (bez proudění podzemní vody) je pórový tlak roven hydrostatickému tlaku vyvozenému tíhou sloupce vody nad uvažovaným bodem.

Výpočet geostatického napětí – bez vlivu podzemní vody

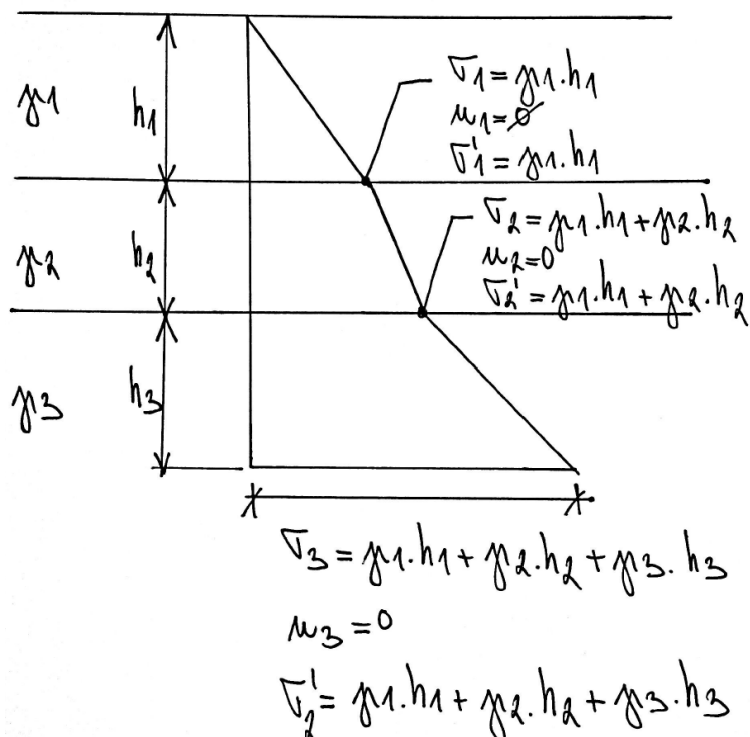
Na následujících obrázcích jsou odvozeny příklady výpočtu geostatického napětí pro homogenní a vrstevnaté profily. Dále je demonstrován vliv změn hladiny vody na hodnotu efektivního napětí podle vztahu $\sigma' = \sigma - u$.

Homogenní podloží bez vlivu podzemní vody



Obr. 1 Průběh geostatického napětí v homogenním podloží

Vrstevnaté podloží bez vlivu podzemní vody



Obr. 2 Průběh geostatického napětí ve vrstevnatém podloží

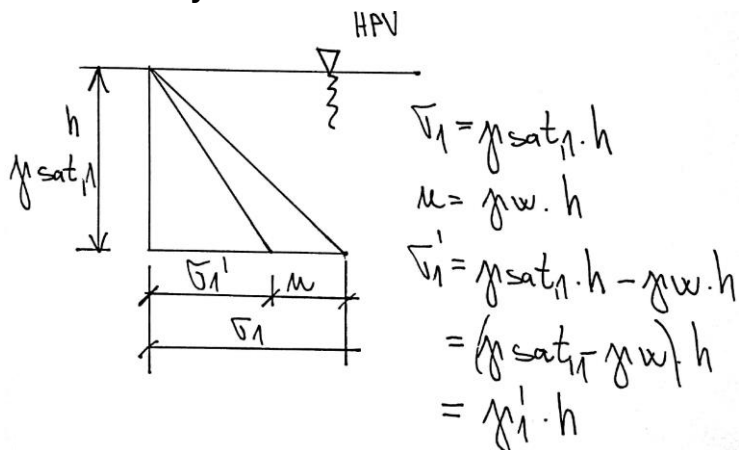
Výpočet geostatického napětí – vliv podzemní vody

Změny úrovně HPV, které se odehrávají pod terénem (např. kolísání HPV v průběhu ročního období či snížení HPV způsobené čerpáním podzemní vody), mají za následek změny efektivních napětí v bodech pod touto hladinou. Příklad je zřejmý z porovnání situace na obrázcích Obr. 3 a Obr. 4. V obou případech je uvažován stejný homogenní profil a je vyjádřeno geostatické napětí v hloubce h pod terénem. V příkladu na obrázku Obr. 4. došlo oproti původnímu stavu k poklesu hladiny podzemní vody, čímž došlo k rozdělení profilu na vrstvu h_1 nad úrovní HPV a vrstvu h_2 pod úrovní HPV. Výsledné efektivní napětí ve stejné hloubce nabývá při poklesu HPV vyšší hodnoty.

Změny úrovně hladiny probíhající nad terénem (Kolísání hladiny řek či vodních nádrží nad jejich dnem) změny efektivních napětí nezpůsobují. Při porovnání stavu HPV na obrázcích Obr. 3 a Obr. 5 došlo v druhém případě k vzestupu hladiny vody nad úroveň terénu na výšku h_w . Porovnáme-li však hodnoty efektivního napětí v hloubce h pod úrovní terénu, vidíme že dosahují stejné hodnoty.

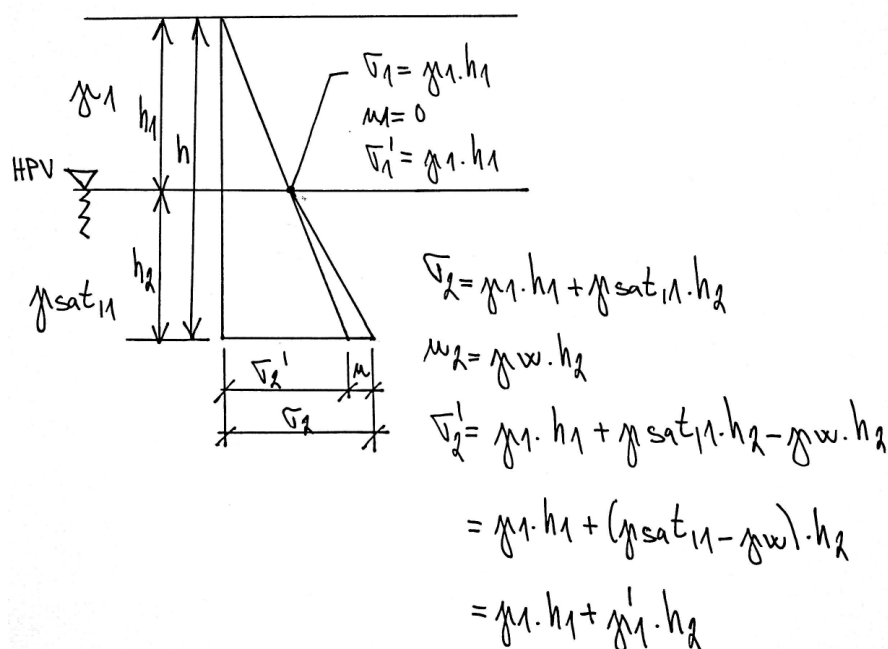
Pozn: Uvedené obecné vztahy si lze ověřit dosazením číselných hodnot (např.: $h = 3,0$ m; $h_1 = 1,0$ m; $h_w = 1,0$ m; $\gamma_{sat,1} = 18$ kN.m⁻³; $\gamma_1 = 16,5$ kN.m⁻³ $\gamma_w = 10$ kN.m⁻³).

Homogenní podloží – hladina vody v úrovni terénu



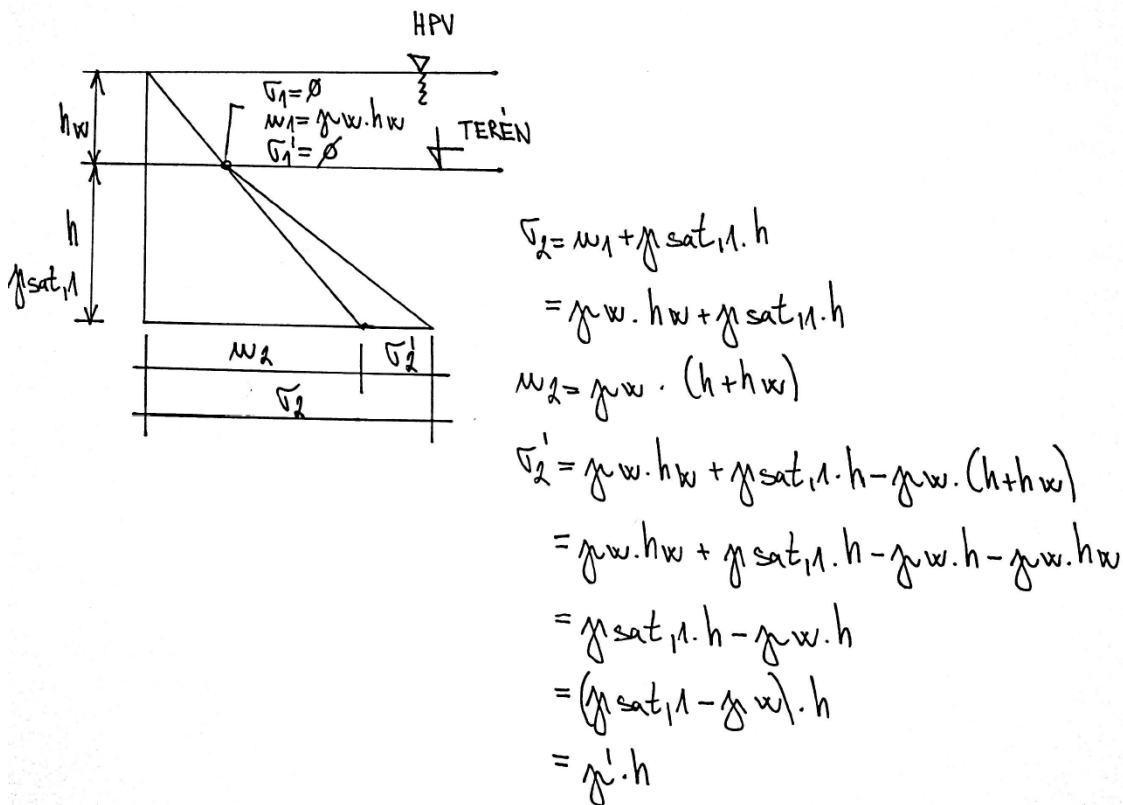
Obr. 3 Průběh geostatického napětí v homogenním podloží s hladinou podzemní vody v úrovni terénu

Homogenní podloží – pokles hladiny podzemní vody pod úroveň terénu



Obr. 4 Průběh geostatického napětí v homogenním podloží při poklesu hladiny podzemní vody

Homogenní podloží – hladina vody nad úrovní terénu



Obr. 5 Průběh geostatického napětí s hladinou vody nad úrovní terénu