

Odvodňování

Problematika odvodňování bývá z důvodu její dočasnosti mnohdy podceňována, zapomíná se na ekonomické náklady spojené se zhotovením suchého pracovního prostoru. Je třeba věnovat pozornost konstrukčnímu uspořádání, dodržení technologických zásad, ale i zohlednění vlivu odvodňování na blízké okolí stavební jámy.

Nejdůležitější charakteristikou zeminy, je součinitel filtrace k .

Stavební jámu je třeba pro zakládání objektů připravit tak, aby podzemní voda neznemožňovala samu práci nebo nezhoršovala vlastnosti zemin pod základovou spárou.

Odvodňování

Výchozí předpoklady

- Hydrogeologický průzkum (hladina HPV, kolísání, zjištění k)
- Inženýrskogeologický průzkum
- Propustnost vrstev – různá pro různé vrstvy
- Směry proudění – v některých vrstvách může převládat proudění v horizontálním směru, v jiných ve vertikálním směru
- Zdroje napájení
- Možnosti odtoku vody z jámy
- Geometrické uspořádání staveniště (tvar stavební jámy)
- Technologická kritéria

Odvodňování

Možnosti, jak vytvořit suché pracovní prostředí:

- 1 - odvodňovat
- 2 - utěsnit prostor, do něhož prosakuje podzemní voda

Odvodnění stavebních jam může být:

1. povrchové
2. hloubkové:
 - gravitačně čerpacími studnami
 - gravitačně čerpacími jehlami
 - vakuově čerpacími jehlami

Odvodňování

| Způsob odvodnění | Součinitel filtrace k [m/s] | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|--|
| | 10^{-9} | 10^{-8} | 10^{-7} | 10^{-6} | 10^{-5} | 10^{-4} | 10^{-3} | 10^{-2} | 10^{-1} | | |
| těsněná jáma | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| betonování pod vodou | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| povrchové odvodnění | | ■ | ■ | | | ■ | ■ | | | | |
| čerpací studně | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| čerpací jehly | | | | | ■ | | | | | | |
| vakuově čerpací jehly | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| elektroosmóza | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| Vysvětlivky | | | | | | | | | | | |
| | ■ | rozsah použití | | | | | | | | | |
| | ■ | doporučovaná metoda | | | | | | | | | |

1. Povrchové odvodňování

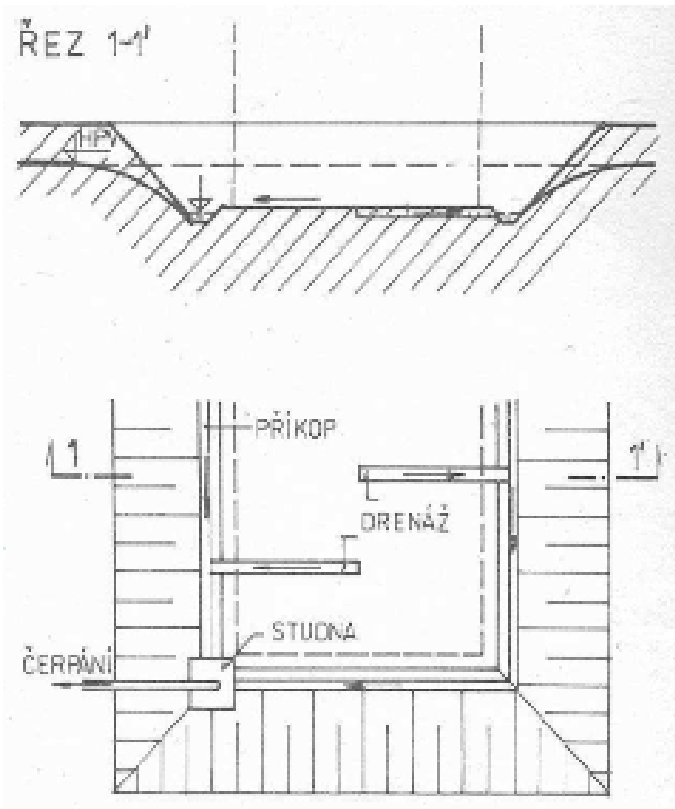
Při **povrchovém odvodňování** staveb se hloubí svahovaná jáma, do které prosakuje voda svahy a dnem. Toto řešení je ekonomicky nejvýhodnější v relativně mělkých stavebních jámách. Uplatňuje se ve šterkovitých, případně hrubozrnných písčitých zeminách (u jemnozrnných zemin může dojít k odplavování a následně prolomení dna).

Prosakující voda se u paty svahu zachytává systémem obvodových rigolů a nebo drenů, v prostoru dna výkopu plošnými dreny, přivádí se do jedné a nebo několika sběrných studní a odtud odčerpává mimo stavební jámu.

Sklony svahů se navrhují podle daných zásad. Upozornit je potřeba také na zmírnění sklonů svahů pod úrovní hladiny podzemní vody. Zvyšuje se tak **požadavek na dostatečně velký půdorysný prostor** kolem samotného nového objektu, což bývá v zastavěném území omezujícím faktorem.

Pokud je zemina pod HPV, snižuje se stabilita svahu na polovinu => o polovinu menší sklon. Nesmíme zapomenout, že musíme HPV stáhnout alespoň 0,5 m pod dno stavební jámy.

1. Povrchové odvodňování



Příklad: Chceme-li udělat základ 20x30 m, budeme potřebovat stavební jámu o celkových rozměrech 72x62 m

Odvodňovací systém musí být dimenzován nejen na povrchovou vodu, ale i na podzemní – po vytvoření příkopů se k nim stáhne HPV

1. Povrchové odvodňování

Celkové množství vody Q přitékající do hydraulicky **nedokonalé** stavební jámy

$$Q = Q_1 + Q_2 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Kde

Q_1 – přítok ze svahů

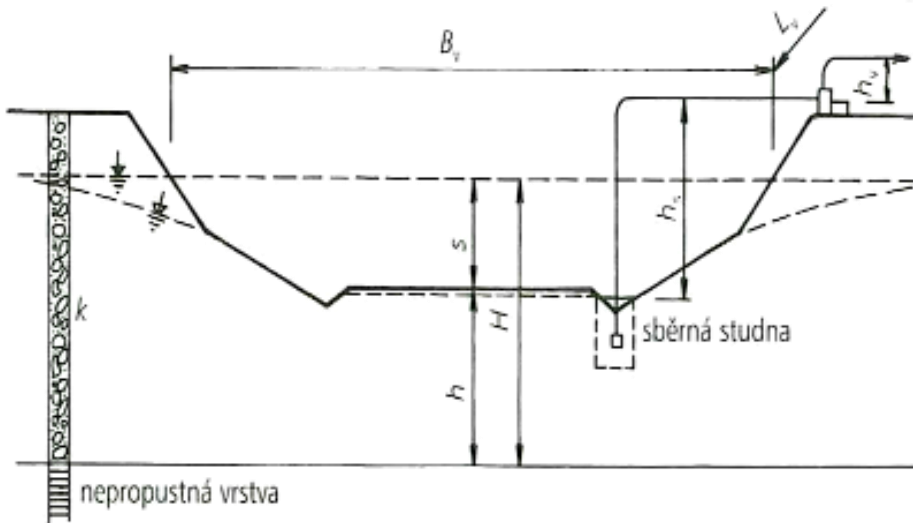
Q_2 – přítok ze dna

V případě **dokonalé** jámy (dno sahá až na nepropustné podloží) bude $Q_2 = 0$.

Přítok do stavební jámy povrchově odvodněné se přibližně stanoví jako přítok do kruhové studně o ploše A , která je rovna ploše dané průnikem svahované jámy s nesenou hladinou podzemní vody.

1. Povrchové odvodňování

Schéma povrchového odvodnění stavební jámy



Dosah snížení stanovíme např. podle Sichardta

kde

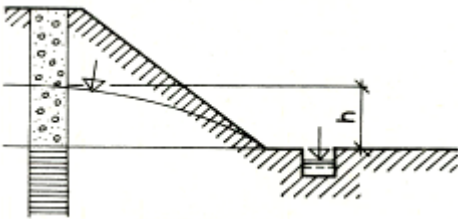
s – snížení hladiny v nejnepříznivějším místě (pod středem jámy) [m]

k - součinitel filtrace [m/s]

1. Povrchové odvodňování

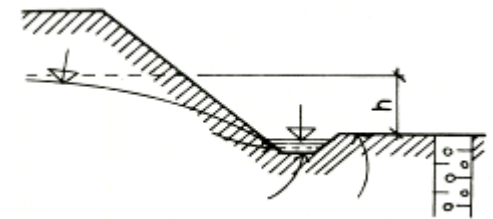
Odvodňovací příkopy (rigoly) – podélný sklon 0,5% (jemnozrnné zeminy) až 2% (štěrk, písky); příčný profil trojúhelníkový nebo lichoběžníkový, sklon svahů 1:2 až 1:4. Nebo plastové perforované trubky uložené po obvodě stavební jámy.

Kapacita rigolu musí být větší než očekávaný průtok rigolem.



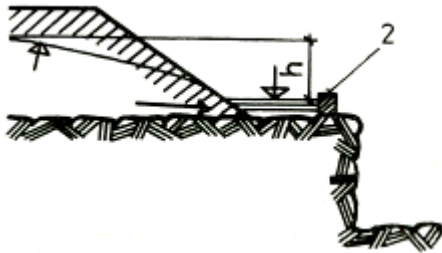
Příkop pro povrchové odvodnění v soudržné zemině

Příkop pro povrchové odvodnění v hrubé propustné zemině



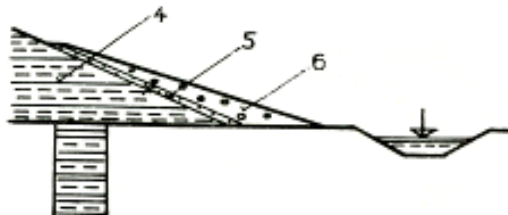
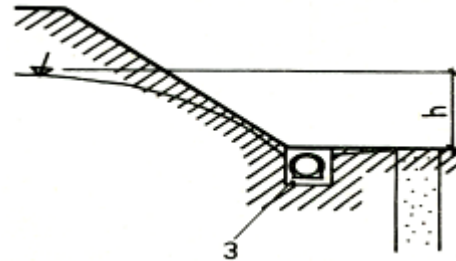
Příkop pro povrchové odvodnění v jemném písku
1-jílová stěna

1. Povrchové odvodňování



Betonová zídka na skalním podkladu
2-zídka

Drenáž v jemném písku
3-odvodňovací drén



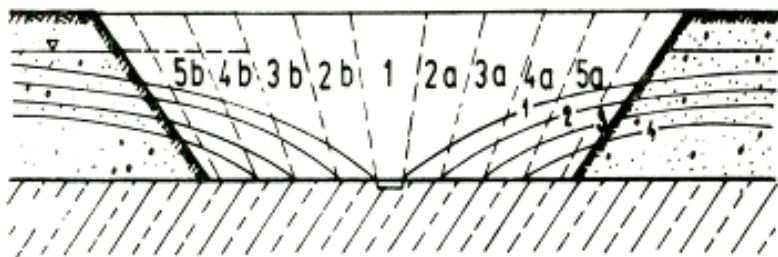
Obrácený filtr v patě svahu
4-násep,
5-jílovitá těsnící stěna,
6-propustná zemina

1. Povrchové odvodňování

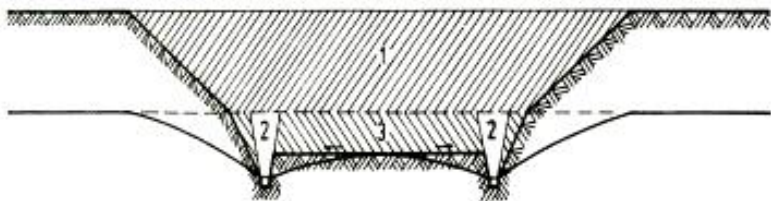
- ***Dno stavební jámy*** – odvodnění řadami drenážních trubek ve vzdálenostech 5 až 10 m, min podélný sklon 2%.
- ***Sběrné studny*** – mimo půdorysu objektu, skruže o průměru 1,0 až 1,5m nebo pažené šachty 2,0 x 2,0 m.
- Min vzdálenost pod sacím košem čerpadla ode dna studny 0,5 m; nejnižší hladina vody překrývající sací koš o 0,3 až 0,5 m.
- Návrh čerpadla ovlivňuje:
 - množství čerpané vody
 - manometrická výška
 - výkon motoru
- ***Pozn.:*** Čerpané množství vody je třeba regulovat v závislosti na hydrogeologických podmínkách. Ve štěrkovitých zeminách by nemělo být větší než 0,5 m za den při sníženích do 3 m, resp. 0,25 m za den při sníženích od 3 do 6m.
- Při větším snížení HPV je třeba prokázat, že rychlost snižování neohrozí hydrodynamickou stabilitu zemin.

1. Povrchové odvodňování

Velké zářezy liniových staveb je možno odvodnit dvěma postupy, které lze vzájemně kombinovat:



Dokonalá jáma



Nedokonalá jáma

1, 2, 3 – pracovní postup

1) Snížení je větší než 2-3 m a jáma je dokonalá (až na nepropustnou vrstvu). Zeminu odtěžíme v označeném pořadí, voda se odvádí podélnými rigoly. Depresní křivka se postupně oddaluje.

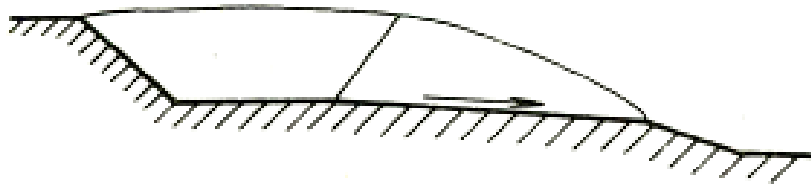
2) Snížení je do 2-3 m, jáma je nedokonalá. Odstraníme zeminu po HPV. Vykopeme odvodňovací rýhy, které opatříme šterkovým nebo trubkovým drénem. Dojde ke snížení HPV, další zemní práce v suchém prostředí.

1. Povrchové odvodňování

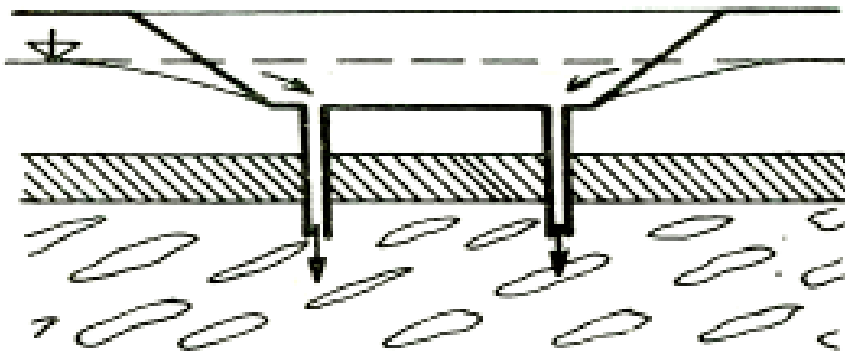
Další možnosti povrchového odvodnění

Stavební jáma je ve svahu => gravitační odvodnění

Pod nepropustným dnem je nezvodněná propustná hornina => vsakovací vrty



Povrchové gravitační odvodnění



Vsakovací vrty

2. Hlubinné odvodňování

Hlubinné odvodňování – nákladnější než povrchové. Provádí se pomocí:

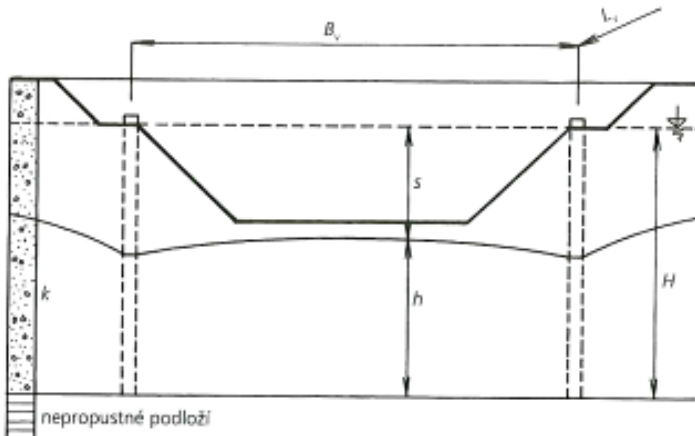
- čerpacích studní
- čerpacích jehel

Čerpací jehly mohou být

- Gravitační – voda se stahuje k jehle pomocí gravitačního spádu
- Vakuové – vytvoření podtlaku
- Na principu elektroosmózy – elektrickým proudem usměrníme proudění vody => urychlíme si přítok k čerpacímu vrtu

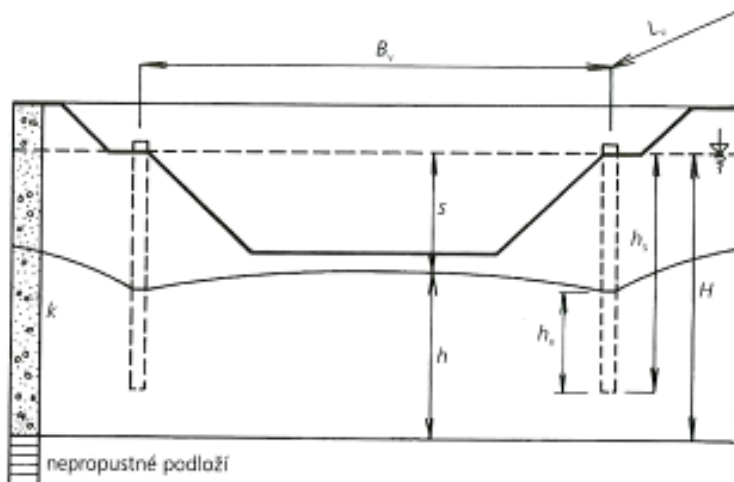
Sběrná studna musí být izolovaná, přitéká voda z povrchu. Provádějí se obvykle kruhové o průměru okolo 1 – 1,5 m nebo čtvercové o hraně okolo 2 m. Postačí jedna na 50 – 100 bm.

2. Hlubinné odvodňování



Hydraulicky dokonalá studna - čerpací studny sahá až na nepropustné podlaží

Hlubkové odvodňování stavební jámy hydraulicky dokonalými studnami



Hydraulicky nedokonalá studna – nesahá až na nepropustné podlaží. Nastává při větší tloušťce propustné vrstvy. Zapouští se asi do hloubky rovnající se trojnásobku snížení hladiny

Hlubkové odvodnění stavební jámy hydraulicky nedokonalými studnami

2. Hlubinné odvodňování

Povrchové prvky – příkopy, rýhy, sklon 0,5 – 2%

Čerpadla – kalová, horizontální, ponorná. Výkony se stanovují podle sací a výtlačné výšky a čerpaného množství. Obvykle je potřeba nepřetržitý provoz => musíme mít rezervní čerpadlo.

Rychlost snižování ve vztahu na porušení stability

- Máme plně nasycenou zeminu (pod HPV) => $S_r = 1$. Voda nadlehčuje zrna zeminy (funguje vztlak).
- Jakmile snížíme hladinu (klesne stupeň nasycení S_r), zrna původně nadnášená začnou zvyšovat efektivní napětí => celý systém bude přitížen => vznik deformací
- Bezpečná rychlost je 0,5 m/den pokud děláme snížení hladiny do 3 m, 0,25 m/den do 6 m

2. Hlubinné odvodňování

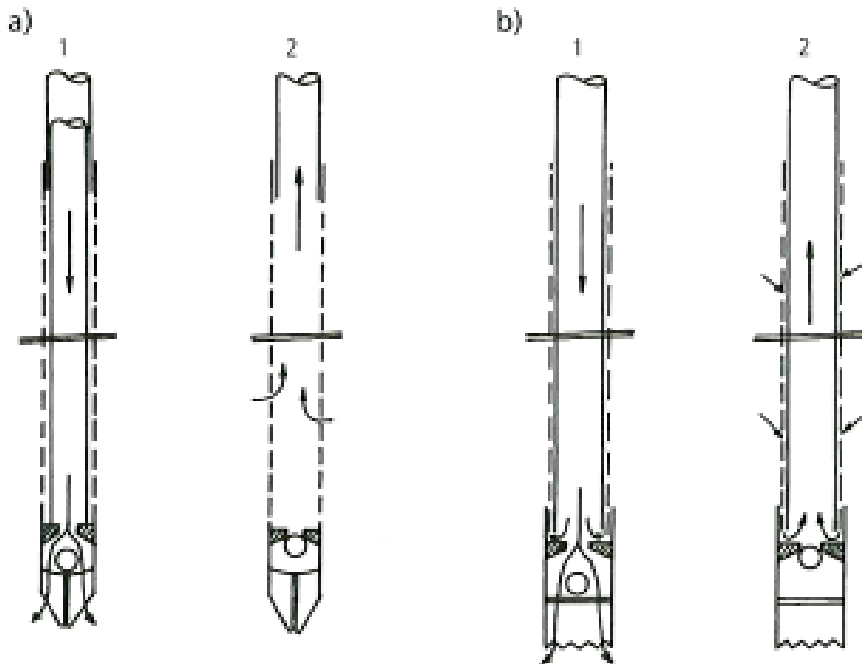
Vrtané studny

- Většinou se umísťují **za obrysem stavební jámy**, provádí se v předstihu před otevřením stavební jámy => v okamžiku hloubení jámy už je prostor odvodněn
- Studny jsou umístěny tak, aby pokryly přítoky
- Průměr vrtů 15 – 80 cm, sací koš včetně potrubí ve vrtu je chráněn obsypem
- Stažení HPV pod dno jámy by pro studny mělo být alespoň 1 m (vodu nemáme trvale pod kontrolou). Depresní křivka také nesmí procházet boky jámy.
- Čerpadla se umísťují do každé vrtané studny nebo spojujeme několik studní potrubím.
- Ve štěrkovitých zeminách je možné odvodňovat pomocí horizontálních studní.

2. Hlubinné odvodňování

Čerpací jehly

- Použití nejčastěji u jemnozrnných písků, lze snížit HPV asi o 3m
- S jednoduchou koncovkou nebo s dvojitou koncovkou (délka koncovky 0,8-1,6 m), celková délka jehly 6-8 m.
- Používají se ocelové trubky o průměru 4-5 cm



Koncovky čerpacích jehel

a) jednoduchá

b) dvojitá

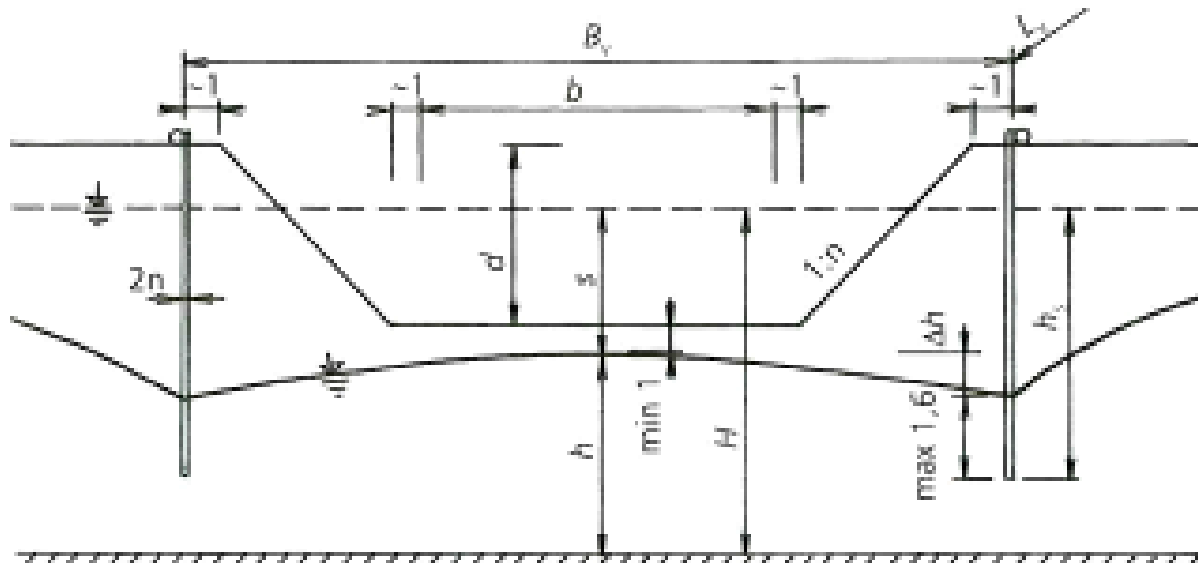
1 – při vplachování,

2 – při čerpání

2. Hlubinné odvodňování

Čerpací jehly

- Vpravení jehel do základové půdy – pomocí **vplachování** – tlakovou vodou rozvolníme zeminu pod špičkou jehly, tlakem jehlu usadíme => nepoužívají se vrtné soustavy!!!
- Jímací a čerpací kapacita je omezena průměrem trubky => jehel je potřeba udělat i stovky na jednu jámu
- Umisťujeme je **uvnitř stavební jámy** (tj. co nejbližší HPV), abychom nesnižovali jejich výkon, obvykle na lavici. Optimální vzdálenost je kolem 80 cm.
- Sběrné potrubí \varnothing 125-250 mm v mírném stoupání (vyloučení zavzdušnění)
- V případě jednoduchých koncovek je třeba posoudit, zda hladina neklesla pod perforovanou část.



2. Hlubinné odvodňování

Vakuové čerpací jehly

- Pokud propustnost vodonosného kolektoru klesne na hodnoty 10^{-5} - 10^{-7} m/s, čerpací jehly jsou neúčinné.
- Pokud se při povrchu terénu nenachází přirozená vrstva jemnozrnných zemin, okolí vplachovaných jehel se do hloubky 0,5-1,0 m od povrchu utěsní jílem tak, aby vzniklo těleso o průměru asi 1 m. Dosáhne se tak podtlaku, který umožní odčerpávání.
- Výškový rozdíl mezi sběrným potrubím a sníženou hladinou je max. 6 m.

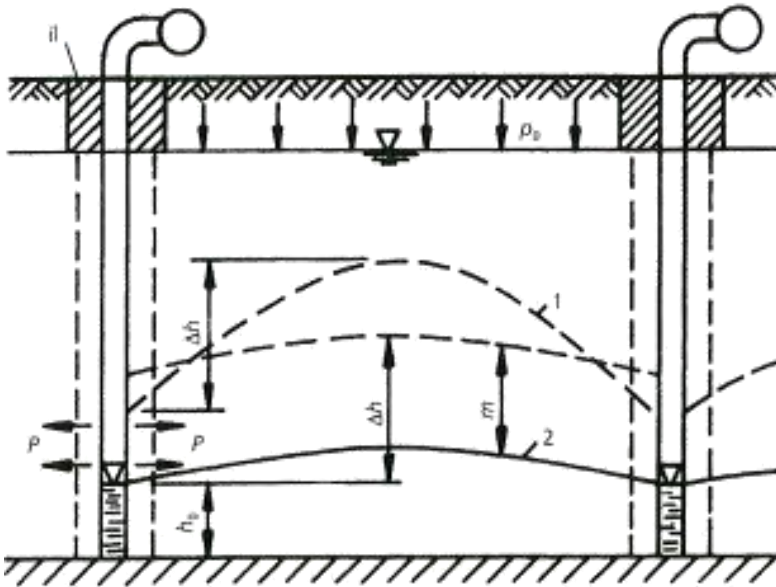


Schéma pro hlubkové odvodnění vakuovými čerpacími jehlami

- 1 – snížení hladiny při gravitačním odvodnění
- 2 – snížení hladiny při vakuovém odvodnění

2. Hlubinné odvodňování

Čerpaná (přebytečná) voda

Po vyřešení odvodnění problému se získanou vodou.

V extravilánu:

- odvedení do vodoteče
- vsakovací vrty

V intravilánu:

- existující kanalizace (poplatky za stočné)
- snížení HPV negativní dopad na okolní zástavbu, proto těsněné stavební jámy

Čerpání z odvodňovacích systémů může být zastaveno až v době, kdy přetížení stavbou je větší než vztlak podzemní vody a obnovení původní hladiny neohrozí stabilitu stavby.

Koeficient filtrace K

jednotka (m.s^{-1})

vyjadřuje odpor horninového prostředí vůči tečení

$$K = k \cdot \frac{\mu}{\gamma} = \frac{Q}{F} \cdot \frac{L}{h_1 - h_2}$$

γ ...měrná tíže,
/ N.m^{-3} /

μ ...dyn. viskozita,
/ Pa.s /

Q ...objemový průtok,
/ $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ /

F ...průtočná plocha,
/ m^2 /

L ...dráha filtrace,
/ m /

h_i ...piezometrická výška
/ m /

| hornina | K (m.s⁻¹) |
|----------------------|--|
| štěrk | 10⁻³ – 10⁻¹ |
| Písek | 10⁻⁵ – 10⁻³ |
| prach (spraš) | 10⁻⁸ – 10⁻⁵ |
| Jíl | 10⁻¹⁰ – 10⁻¹² |

Klasifikace propustnosti hornin

(podle J. Jetel, 1983)

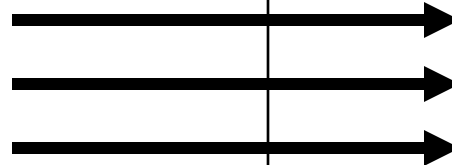
| Označení hornin podle propustnosti | Koeficient filtrace K /m.s ⁻¹ / |
|---|--|
| velmi silně propustné | 1 . 10⁻² |
| silně propustné | 1 . 10⁻³ |
| dosti silně propustné | 1 . 10⁻⁴ |
| mírně propustné | 1 . 10⁻⁵ |
| dosti slabě propustné | 1 . 10⁻⁶ |
| slabě propustné | 1 . 10⁻⁷ |
| velmi slabě propustné | 1 . 10⁻⁸ |
| nepatrně propustné | |

tíhové toky

tlakové toky

Plošně
rovnoběžný

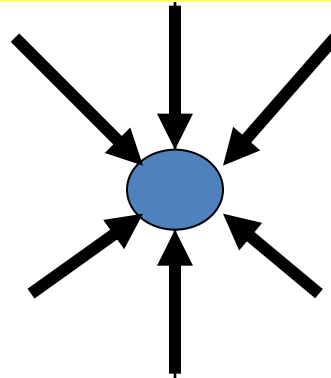
pohyb pouze v ose x



Přímkově
rovnoběžný

Plošně radiální

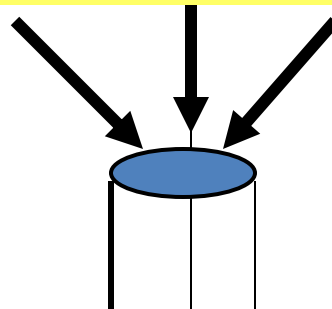
pohyb v osách x a y



Rovinně radiální

Plošně centrální

pohyb v osách x, y a z



Prostorově radiální

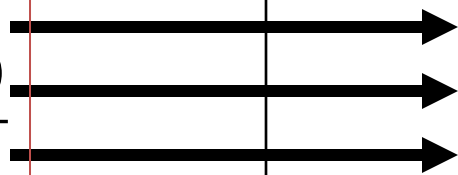
tíhové toky

Proudění ustálené

tlakové toky

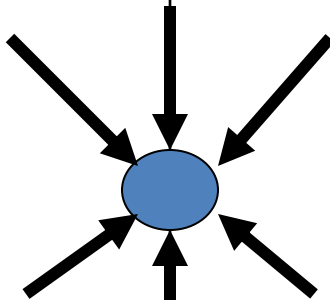
Dupuit

$$Q = \frac{K \cdot b \cdot (H^2 - h^2)}{2L}$$



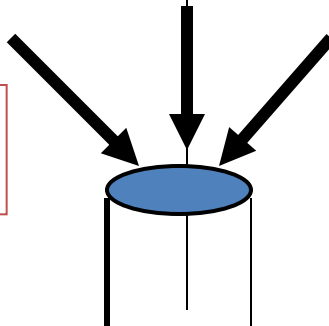
$$Q = \frac{K \cdot b \cdot m \cdot (H - h)}{L}$$

$$Q = \frac{\pi \cdot K \cdot (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}$$



$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot K \cdot m \cdot (H - h)}{\ln R - \ln r}$$

$$Q = \pi \cdot K \cdot r_v \cdot (H^2 - h^2)$$



$$Q = 2 \cdot \pi \cdot K \cdot r_v \cdot (H - h_v)$$

Povrchové odvodnění stavební jámy

Cvičení č. 8

Příklad zadání

Vypočtete přítok vody do stavební jámy odvodněné povrchově. Jáma je hloubená v písčitém štěrku o mocnosti 8 m. Pod kterým je rozvětralá jílovitá břidlice. Štěrk $\varphi=36^\circ$ a součinitel propustnosti $k_f=1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. HPV je 1,5m pod terénem. Jáma je hluboká 5m z toho 3,5m pod HPV půdorysné rozměry dna jámy včetně odvodňovacích příkopů jsou 30+N x 45+N metrů.

Návrh sklonu

Součinitel stupně bezpečnosti pro suchou zeminu $\gamma_n=1,1$

Výpočet úhlu α

$$tg\alpha = \frac{tg\varphi}{\gamma_n}$$

K mocnosti zeminy nad HPV lze připočít 1m v důsledku budoucího poklesu HPV

Pod HPV je svah pod konstantním sklonem 1:3 při výšce jámy 2,5m je půdorysná délka 7,5m

Zadané rozměry:

Skutečné rozměry stavební jámy (po přičtení rozměrů svahů)

Půdorysná plocha A [m²]

Náhradní poloměr r_s

$$r_s = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Dopočtení údajů

Výška hladiny ve zvodněné vrstvě

$$H = h_G - \text{HPV}$$

Výška hladiny podzemní vody pod základovou jámou (uvažuji hloubku pod stavební jámou 0,5m)

$$h_0 = h_G - h_{\text{jámy}} - 0,5$$

Dosah snížení R

$$\text{Podle Sicharda: } R = 3000(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f}$$

$$\text{Podle Kusakina: } R = 575(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f \cdot H}$$

Beru menší z hodnot

Stanovení přítoku do stavební jámy Q

přítok stěnami (svahy) jámy

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h_0^2)}{\ln \frac{R + r_s}{r_s}} \quad [l \cdot s^{-1}]$$

přítok dnem

$$Q_2 = \pi \cdot k_f \frac{2(H - h_0)r_s}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r_s}{h_0 + \sqrt{h_0^2 + r_s^2}} + 0,515 \frac{r_s}{h_0} \ln \frac{R + r_s}{4h_0}} \quad [l \cdot s^{-1}]$$

Celkový přítok do stavební jámy:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad [l \cdot s^{-1}]$$

Návrh rigolu

Průtok

$$Q = A \cdot v_{stř}$$

Střední rychlost průtoku:

$$v_{stř} = \frac{v_p + 3,129}{v_p + 2,354}$$

Průměrná rychlost

$$v_p = \frac{\sqrt{k_t}}{15}$$

Návrh rigolu

Plocha průřezu (beru jen polovinu průtoku, protože mám na každé straně jeden rigol a odvodňuji do jedné studně, proto každý rigol musí odvést polovinu průtoku)

$$A = \frac{Q}{v_{stř}}$$

Plochu průřezu budu počítat s plochy lichoběžníku $A = \left(\frac{a+c}{2}\right) h$ o konstantních stranách $a=1000\text{mm}$ a $c=200\text{mm}$ a budu hledat výšku h . Sklon stěn zvolím 1:2.

$$A = \left(\frac{a+c}{2}\right) h \Rightarrow h = \frac{A}{\left(\frac{a+c}{2}\right)}$$

Příklad

Povrchové odvodnění stavební jámy

Vypočtete přítok vody do stavební jámy odvodněné povrchově. Jáma je hloubená v písčitém štěrku o mocnosti 8 m. Pod kterým je rozvětralá jílovitá břidlice. Štěrk $\varphi=36^\circ$ a součinitel propustnosti $k_f=1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. HPV je 1,5m pod terénem. Jáma je hluboká 5m z toho 3,5m pod HPV půdorysné rozměry dna jámy včetně odvodňovacích příkopů jsou 34 x 49 metrů.

Příklad

1) Návrh sklonu

Součinitel stupně bezpečnosti pro suchou zeminu $\gamma_n=1,1$

Výpočet úhlu α

$$tg\alpha = \frac{tg\varphi}{\gamma_n} = \frac{tg36^\circ}{1,1} \Rightarrow \alpha = 33,444^\circ \Rightarrow 33^\circ$$

K mocnosti zeminy nad HPV mohu připočít i 1m v důsledku budoucího poklesu HPV => výška jámy se sklonem 33° je $1,5 + 1=2,5$ m půdorysná délka je 3,85m

Pod HPV je svah pod konstantním sklonem 1:3 při výšce jámy 2,5m je půdorysná délka 7,5m => zadané půdorysné zvětším o $2 \cdot (3,85+7,5)=22,7$ m

Zadané rozměry:

34 x 49 m

Skutečné rozměry stavební jámy (po přičtení rozměrů svahů)

56,7 x 71,7 m

Půdorysná plocha $A=4065,39 \text{ m}^2$

2) Náhradní poloměr r_s

$$r_s = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4065,39}{\pi}} = 35,973 \text{ m}$$

Příklad

3) Dopočetní údajů

Výška hladiny ve zvodněné vrstvě

$$H = h_G - \text{HPV} = 8 - 1,5 = 6,5 \text{ m}$$

Výška hladiny podzemní vody pod základovou jámou (uvažuji hloubku pod stavební jámou 0,5 m)

$$h_0 = h_G - h_{\text{jámy}} - 0,5 = 8 - 5 - 0,5 = 2,5 \text{ m}$$

Dosah snížení R

$$\text{Podle Sicharda: } R = 3000(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f} = 3000(6,5 - 2,5) \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-3}} = 379,473 \text{ m}$$

$$\text{Podle Kusakina: } R = 575(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f \cdot H} = 575(6,5 - 2,5) \cdot \sqrt{1 \cdot 10^{-3} \cdot 6,5} = 185,432 \text{ m}$$

Beru menší z hodnot => 185,432 m

Příklad

4) Stanovení přítoku do stavební jámy Q:

přítok stěnami (svahy) jámy

$$Q_1 = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h_0^2)}{\ln \frac{R + r_s}{r_s}} = \frac{\pi \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot (6,5^2 - 2,5^2)}{\ln \frac{185,432 + 35,973}{35,973}} = 0,062 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

přítok dnem

$$Q_2 = \pi \cdot k_f \frac{2(H - h_0)r_s}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{r_s}{h_0 + \sqrt{h_0^2 + r_s^2}} + 0,515 \frac{r_s}{h_0} \ln \frac{R + r_s}{4h_0}}$$
$$= \pi \cdot 1 \cdot 10^{-3} \frac{2(6,5 - 2,5)35,973}{\frac{\pi}{2} + 2 \arcsin \frac{35,973}{2,5 + \sqrt{2,5^2 + 35,973^2}} + 0,515 \frac{35,973}{2,5} \ln \frac{185,432 + 35,973}{4 \cdot 2,5}}$$
$$= 1,386 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Celkový přítok do stavební jámy:

$$Q = Q_1 + Q_2 = 0,062 + 1,386 = 1,448 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Příklad

5) Návrh rigolu

Průtok

$$Q = A \cdot v_{stř}$$

Střední rychlost průtoku:

$$v_{stř} = \frac{v_p + 3,129}{v_p + 2,354} v_p = \frac{2,108 \cdot 10^{-3} + 3,129}{2,108 \cdot 10^{-3} + 2,354} 2,108 \cdot 10^{-3} = 2,802 \cdot 10^{-3}$$

Průměrná rychlost

$$v_p = \frac{\sqrt{k_t}}{15} = \frac{\sqrt{1 \cdot 10^{-3}}}{15} = 2,108 \cdot 10^{-3}$$

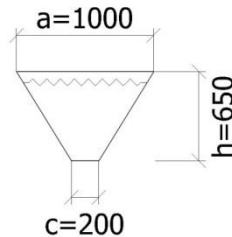
Plocha průřezu (beru jen polovinu průtoku, protože mám na každé straně jeden rigol a odvodňuji do jedné studně, proto každý rigol musí odvést polovinu průtoku)

$$A = \frac{Q}{v_{stř}} = \frac{1,448}{2} \frac{10^{-3}}{2,108 \cdot 10^{-3}} = 0,343 \text{ m}^2$$

Příklad

Plochu průřezu budu počítat s plochy lichoběžníku $A = \left(\frac{a+c}{2}\right) h$ o konstantních stranách $a=1000\text{mm}$ a $c=200\text{mm}$ a budu hledat výšku h . Sklon stěn zvolím 1:2.

$$A = \left(\frac{a+c}{2}\right) h \Rightarrow h = \frac{A}{\left(\frac{a+c}{2}\right)} = \frac{0,343}{\left(\frac{1+0,2}{2}\right)} = 0,572 \text{ mm} \Rightarrow b \text{ volím } 650 \text{ mm}$$



Rozměry obdélníku 25x15 a lichoběžníku jsou $a=1000\text{mm}$, $c=200\text{mm}$, $h=650\text{mm}$

6) Závěr

Byl vypočítán celkový přítok do stavební jámy ten jsme stanovili na $1,448 \text{ l. s}^{-1}$.

Dále byl navržen rigol pro odvodnění jámy do sběrné studny. Rigol má lichoběžníkový tvar s rozměry $a=1000\text{mm}$, $c=200\text{mm}$, $h=650\text{mm}$. Pro lepší odvodnění celého pozemku jsou na pozemku rozmístěny vypsávané drenážní trubky o průměru 50 mm, které jsou svedeny do navrženého sběrného rigolu. Osová vzdálenost drenážních trubek je 10 m.

Hlubinné odvodnění stavební jámy

Cvičení č. 9

Příklad zadání

Hlubinné odvodnění stavební jámy

Určete přítok vody do stavební jámy a návrh odvodnění hloubkovým systémem čerpacích studní vyhloubených až na nepropustné podloží.

Hloubka stavební jámy je 5m. půdorysné rozměry 29 x 44 m. Základovou půdu tvoří písčitá zemina o mocnosti 10m, $\phi=33^\circ$, $k_f=8 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V podloží je neogenní jíł.

HPV je 1,5m pod terénem.

Návrh sklonu

Součinitel stupně bezpečnosti pro suchou zeminu $\gamma_n=1,1$

Výpočet úhlu α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\gamma_n}$$

V hloubce podzemní vody budou vybudovány lavička a z nich budou vyhloubeny studny. Lavičky budou šířky 1m.

Celý svah stavební jámy bude mít stejný sklon, protože díky hlubinnému odvodnění budu hloubit v suché zemině.

Zadané rozměry

Skutečné rozměry stavební jámy (po přičtení rozměrů svahů)

Půdorysná plocha A m²

Náhradní poloměr r_s

$$r_s = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Dopočtení údajů

Výška hladiny ve zvodněné vrstvě

$$H = h_G - \text{HPV}$$

Výška hladiny podzemní vody pod základovou jámou (uvažuji hloubku pod stavební jámou 0,5m)

$$h_0 = h_G - h_{\text{jámy}} - 0,5$$

Dosah snížení R

$$\text{Podle Sicharda: } R = 3000(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f}$$

$$\text{Podle Kusakina: } R = 575(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f \cdot H}$$

Beru menší z hodnot

Stanovení přítoku do stavební jámy Q

$$Q = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h_0^2)}{\ln \frac{R + r_s}{r_s}}$$

Návrh studní

Obvod jámy

$$O = 2 \cdot (a + b)$$

Kapacita studně

$$q = v_p \cdot r_0 \cdot h_s \cdot 2\pi$$

Průměrná rychlost

$$v_p = \frac{\sqrt{k_t}}{15}$$

h_s vtoková výška pláštěm studny (beru snížení od HPV pod základovou jámou o cca 2m)

$$h_s = h_0 - 2$$

r_0 minimální poloměr studny

$$r_0 = \frac{q}{v_p \cdot h_s \cdot 2\pi}$$

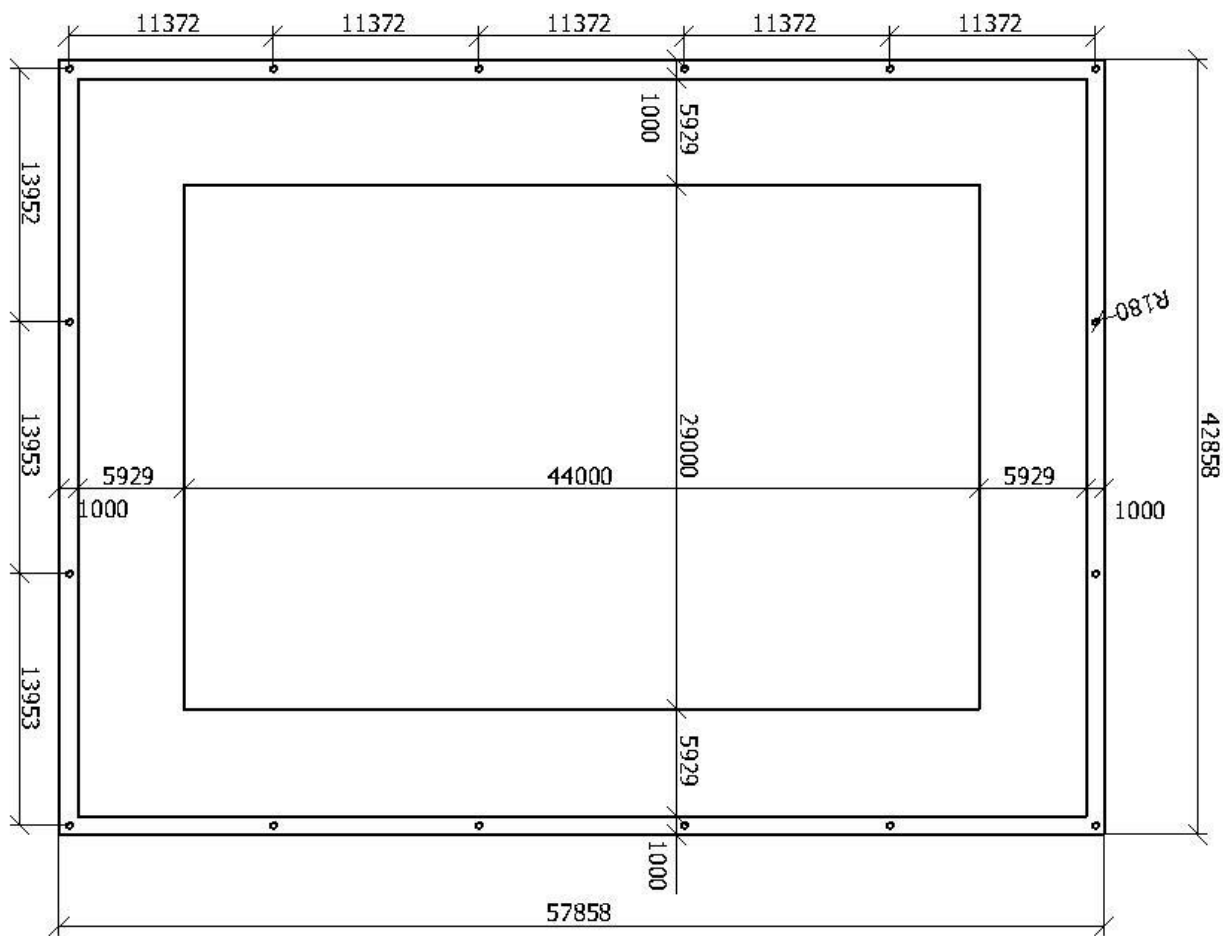
Volba počtu rozmístění a poloměru studní

Volím n studní =>

$$r_{min} = \frac{\frac{q}{n}}{v_p \cdot h_s \cdot 2\pi}$$

n – počet studní

Výkres rozmístění studní



Příklad

Hlubinné odvodnění stavební jámy

Určete přítok vody do stavební jámy a návrh odvodnění hloubkovým systémem čerpacích studní vyhloubených až na nepropustné podloží. Hloubka stavební jámy je 5m. půdorysné rozměry 29 x 44 m. základovou půdu tvoří písčité zemina o mocnosti 10m, $\phi=33^\circ$, $k_f=8 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V podloží je neogenní jíl. HPV je 1,5m pod terénem.

Příklad

1) Návrh sklonu

Součinitel stupně bezpečnosti pro suchou zeminu $\gamma_n=1,1$

Výpočet úhlu α

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\gamma_n} = \frac{\operatorname{tg} 33^\circ}{1,1} \Rightarrow \alpha = 30,556^\circ$$

V hloubce podzemní vody budou vybudovány lavička a z nich budou vyhloubeny studny. Lavičky budou šířky 1m. => výška jámy pro výpočet fiktivních rozměrů se sklonem $30,556^\circ$ je 3,5m půdorysná délka je 5,929m. Celý svah stavební jámy bude mít stejný sklon, protože díky hlubinnému odvodnění budu hloubit v suché zemině.

=> zadané půdorysné zvětším o $2 \cdot (5,929+1) = 13,858$ m

Zadané rozměry:

29 x 44 m

Skutečné rozměry stavební jámy (po přičtení rozměrů svahů)

42,858 x 57,858 m

Půdorysná plocha $A=2479,678$ m²

2) Náhradní poloměr r_s

$$r_s = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{2479,678}{\pi}} = 28,095 \text{ m}$$

Příklad

3) Dopočetní údajů

Výška hladiny ve zvodněné vrstvě

$$H = h_s - \text{HPV} = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ m}$$

Výška hladiny podzemní vody pod základovou jámou (uvažuji hloubku pod stavební jámou 1 m)

$$h_0 = h_s - h_{\text{jámy}} - 1 = 10 - 5 - 1 = 4 \text{ m}$$

Dosah snížení R

$$\text{Podle Sicharda: } R = 3000(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f} = 3000(8,5 - 4) \cdot \sqrt{8 \cdot 10^{-4}} = 381,838 \text{ m}$$

$$\text{Podle Kusakina: } R = 575(H - h_0) \cdot \sqrt{k_f \cdot H} = 575(8,5 - 4) \cdot \sqrt{8 \cdot 10^{-4} \cdot 8,5} = 213,371 \text{ m}$$

Beru menší z hodnot => 213,371 m

4) Stanovení přítoku do stavební jámy Q:

$$Q = \frac{\pi \cdot k_f \cdot (H^2 - h_0^2)}{\ln \frac{R + r_s}{r_s}} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 10^{-4} \cdot (8,5^2 - 4^2)}{\ln \frac{213,371 + 28,095}{28,095}} = 0,0657 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

Příklad

5) Návrh studní

Obvod jámy

$$O = 2 \cdot (a + b) = 2 \cdot (42,858 + 57,858) = 201,432$$

6) Kapacita studně

$$q = v_p \cdot r_0 \cdot h_s \cdot 2\pi$$

Průměrná rychlost

$$v_p = \frac{\sqrt{k_t}}{15} = \frac{\sqrt{8 \cdot 10^{-4}}}{15} = 0,0019$$

h_s vtoková výška pláštěm studny (beru snížení od HPV pod základovou jámou o cca 2m)

$$h_s = h_0 - 2 = 4 - 2 = 2 \text{ m}$$

r_0 minimální poloměr studny

$$r_0 = \frac{q}{v_p \cdot h_s \cdot 2\pi} = \frac{0,0657}{0,0019 \cdot 2 \cdot 2\pi} = 2,756 \text{ m}$$

Volba počtu rozmístění a poloměru studní

Volím 16 studní =>

$$r_{min} = \frac{\frac{q}{16}}{v_p \cdot h_s \cdot 2\pi} = \frac{\frac{0,0657}{16}}{0,0019 \cdot 2 \cdot 2\pi} = 0.173 \text{ m} \Rightarrow \text{volím poloměr studny } 180\text{mm}$$

Příklad

7) Závěr

Stanovily jsme celkový přítok do stavební jámy na $0,0657 \text{ l. s}^{-1}$.

Dále byl navržen průměr a počet odčerpávacích studen potřebných k úplnému hloubkovému odvodnění jámy. Poloměr bude 180 mm a počet studen je stanovený na 16 jejich rozmístění je zřejmé z nákresu.