Hydraulika podzemních vod

ČERPACÍ ZKOUŠKY V REŽIMU NEUSTÁLENÉHO PROUDĚNÍ PODZEMNÍ VODY

Theis (1935)

-rozpory mezi skutečným průběhem snížení v okolí čerpaného vrtu a teoretickým snížením při ustáleném proudění podzemní vody

-popis neustáleného proudění podzemní vody k čerpanému vrtu

-matematický popis průběhu čerpací zkoušky na základě analogie s prouděním tepla (odporová a kapacitní charakteristika)

-interpretuje se průběh snížení v čase

výhody:

-v přírodních podmínkách nemusí dojít k ustálenému proudění v okolí čerpaného vrtu

-kratší doba čerpací zkoušky

-nejlépe propracovaná metoda s řadou řešení dalších vlivů na průběh čerpací zkoušky (vliv okrajových podmínek, mezivrstevního přetékání, anizotropie prostředí, apod.)

$$s = h_0 - h(r,t) = \frac{Q}{4\pi T} . \int_u^{\infty} \frac{e^{-u} du}{u}$$

úplný tvar Theisovy rovnice

$$- \mathrm{Ei}(-u) = \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} \cdot du = 0{,}577 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} + \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + ...$$

exponenciální integrální funkce **studňová funkce** - tabelovaná

$$s = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot W(u)$$

základní tvar Theisovy rovnice

studňová funkce charakterizuje závislost bezrozměrného snížení na bezrozměrném čase

$$u = \frac{r^2 \cdot S}{4 \cdot T \cdot t}$$

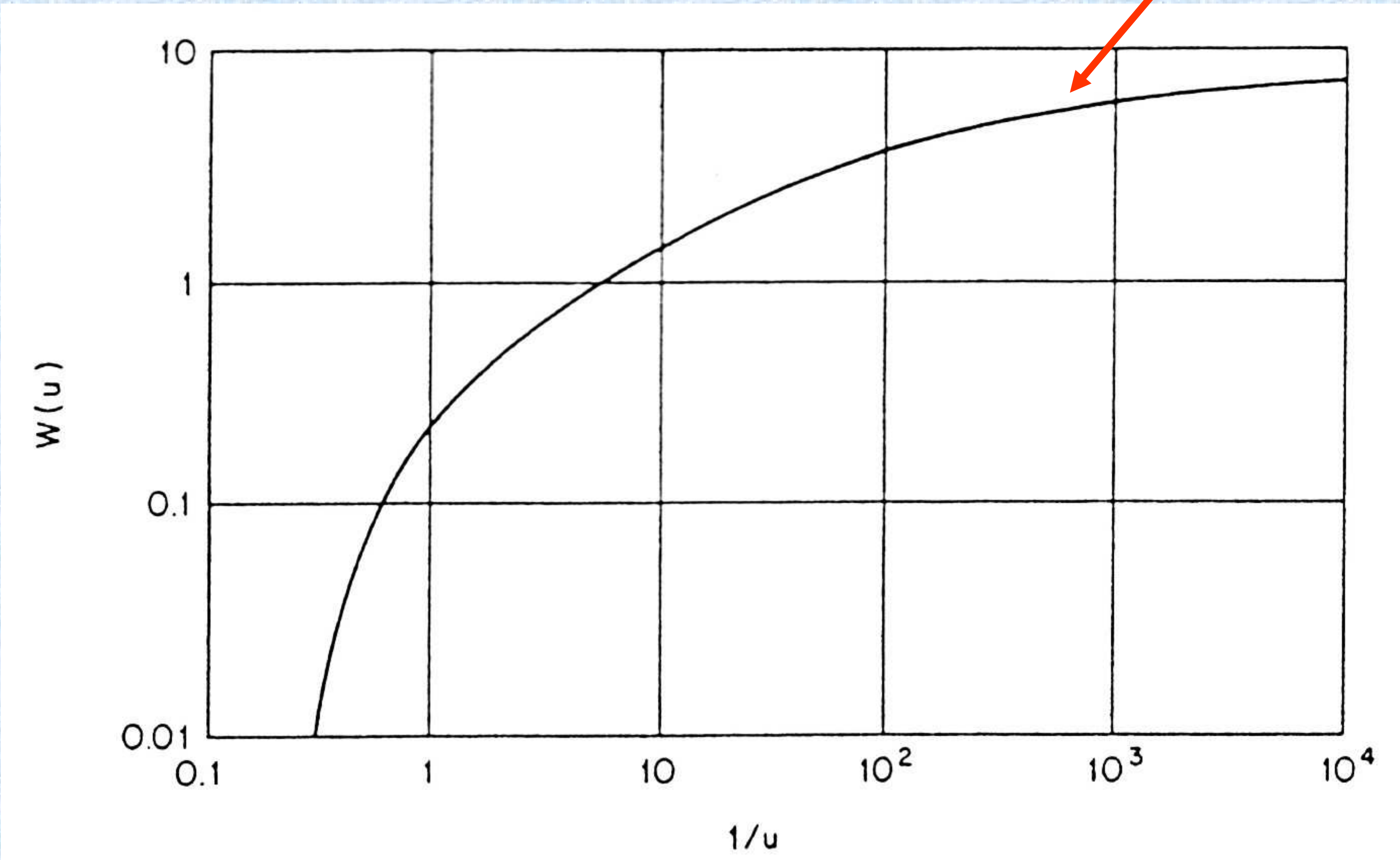
nebo

$$\frac{1}{u} = \frac{4 \cdot T}{S} \cdot \frac{t}{r^2}$$

tabelované hodnoty studňové funkce

-párové hodnoty *W(u)* a *u* (nebo *1/u*)

typová křivka



W(u) – charakterizuje odpor prostředí (snížení)

1/u – charakterizuje čas (bezrozměrný čas)

Theisova rovnice – určuje snížení hladiny *s* v libovolném bodě vzdáleném *r* od osy čerpaného vrtu v určitém čase *t* od začátku čerpání s vydatností *Q*

použitelná i pro ustálené proudění – Dupuit-Thiemova rovnice je zvláštním případem Theisovy rovnice

<u>Podmínky platnosti Theisovy rovnice</u>:

-proudění je laminární a je popsáno Darcyho zákonem
-voda je uvolňována ze zásobnosti okamžitě při snížení hydraulické výšky
-kolektor je homogenní a izotropní a má konstantní mocnost
-horizontální rozsah kolektoru je nekonečný
-zvodeň má nekonečný objem
-zvodeň je před čerpáním v klidu, tedy není v ní žádné proudění
-hodnoty *T* a *S* jsou v čase konstantní (zvodeň s napjatou hladinou)
-hodnota vydatnosti *Q* je v čase konstantní

-k výpočtu není možné použít údaje o snížení z čerpaného vrtu (velké chyby)
-hodnoty snížení jsou měřeny v pozorovacích vrtech

Modifikace základní Theisovy metody

hodnota *1/u* je přímo úměrná t/r^2

1. Metoda snížení – čas

- interpretuje se log snížení proti log času
- platí pro jeden pozorovací vrt, vzdálený od čerpacího vrtu *r*, ve kterém bylo snížení *s* měřeno v různých časech *t*

$$\lg t - \lg \frac{1}{u} = \lg \frac{S \cdot r^2}{4 \cdot T} = \text{konst.}$$

2. Metoda snížení – vzdálenost

- interpretuje se log snížení proti log vzdálenosti
- platí pro více pozorovacích vrtů, vzdálených od čerpacího vrtu různé vzdálenosti *r*, ve kterých bylo snížení *s* měřeno ve stejném čase *t* od zahájení čerpání

$$\lg \frac{1}{r^2} - \lg \frac{1}{u} = \lg \frac{s}{4 \cdot T \cdot t} = \text{konst.}$$

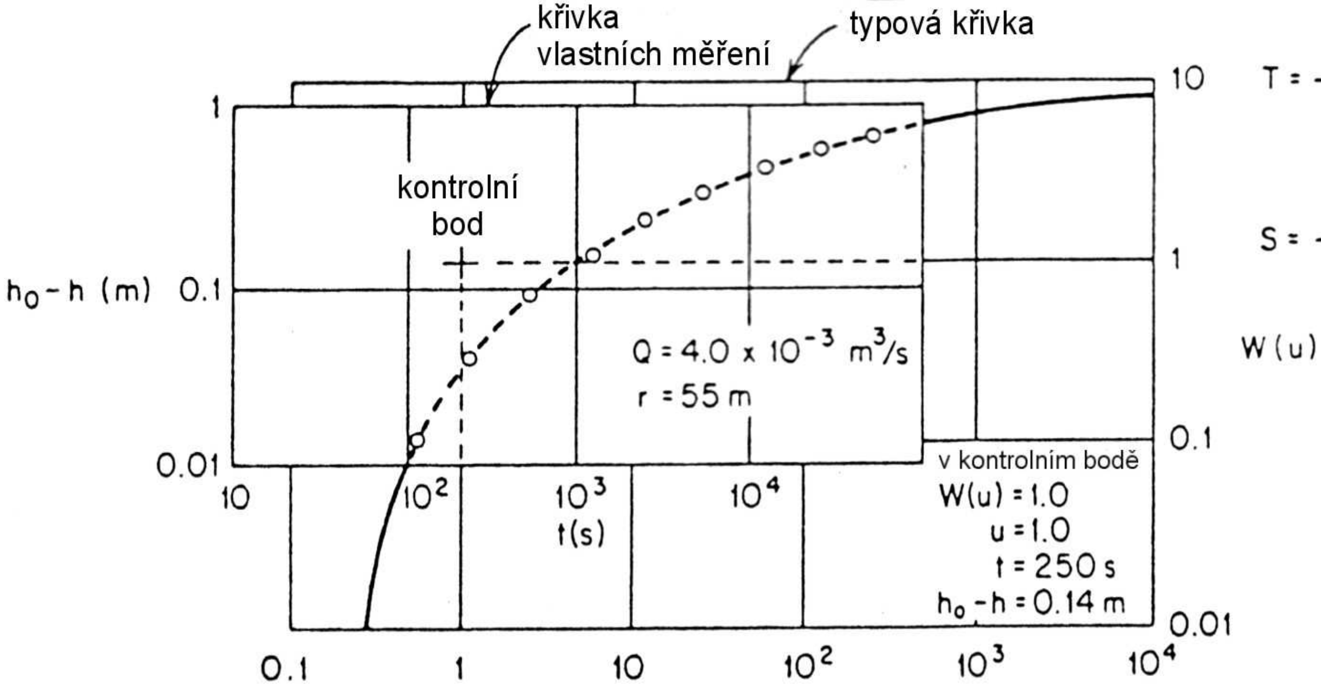
3. Metoda snížení – čas/vzdálenost

- interpretuje se log snížení proti log podílu času a čtverci vzdálenosti
- platí pro více pozorovacích vrtů, vzdálených od čerpacího vrtu různé vzdálenosti *r*, ve kterých bylo snížení *s* měřeno v různých časech *t* od zahájení čerpání

$$\lg \frac{t}{r^2} - \lg \frac{1}{u} = \lg \frac{S}{4 \cdot T} = \text{konst.}$$

Základní postup stanovení hydraulických parametrů Theisovou metodou (bilogaritmická metoda)

- v logaritmické měřítku se vynese *W(u)* proti *1/u* – typová křivka
- vynese se křivka z čerpací zkoušky ve stejném měřítku jako křivka *s* proti t/r^2, nebo *t*, nebo $1/r^2$
- zkonstruovaná křivka se přiloží na typovou křivku tak, aby osy byly rovnoběžné
- obě křivky se musí co nejvíce překrývat
- konstanty na pravých stranách rovnic představují konstantní rozdíl, vyjádřený graficky posunutím křivky čerpací zkoušky oproti typové křivce
- velikost posunutí je definovaná parametry T a S (viz rovnice)
- velikosti posunutí souřadnic určíme proložením typové křivky křivkou čerpací zkoušky
- po odečtení souřadnic libovolně zvoleného vztažného bodu W(u) a 1/u z typové křivky můžeme dosazením do rovnic určit parametry T a S



$$T = \frac{QW(u)}{4\pi(h_0-h)} = \frac{(4.0 \times 10^{-3})(1.0)}{(4.0)(3.14)(0.14)} = 0.0023\ m^2/s$$

$$S = \frac{4uTt}{r^2} = \frac{(4.0)(1.0)(0.0023)(250)}{(55.0)^2} = 7.5 \times 10^{-4}$$

SEMILOGARITMICKÁ JACOBOVA METODA
(metoda přímkové transformace)

$$-\mathrm{Ei}(-u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} \cdot du = 0{,}577 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} + \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

- zjednodušení základní Theisovy rovnice
- pro čas *1/u* > 33,3 je při zanedbání druhého až n-tého členu rovnice výsledná chyba stanovení *T* a *S* menší než 1%

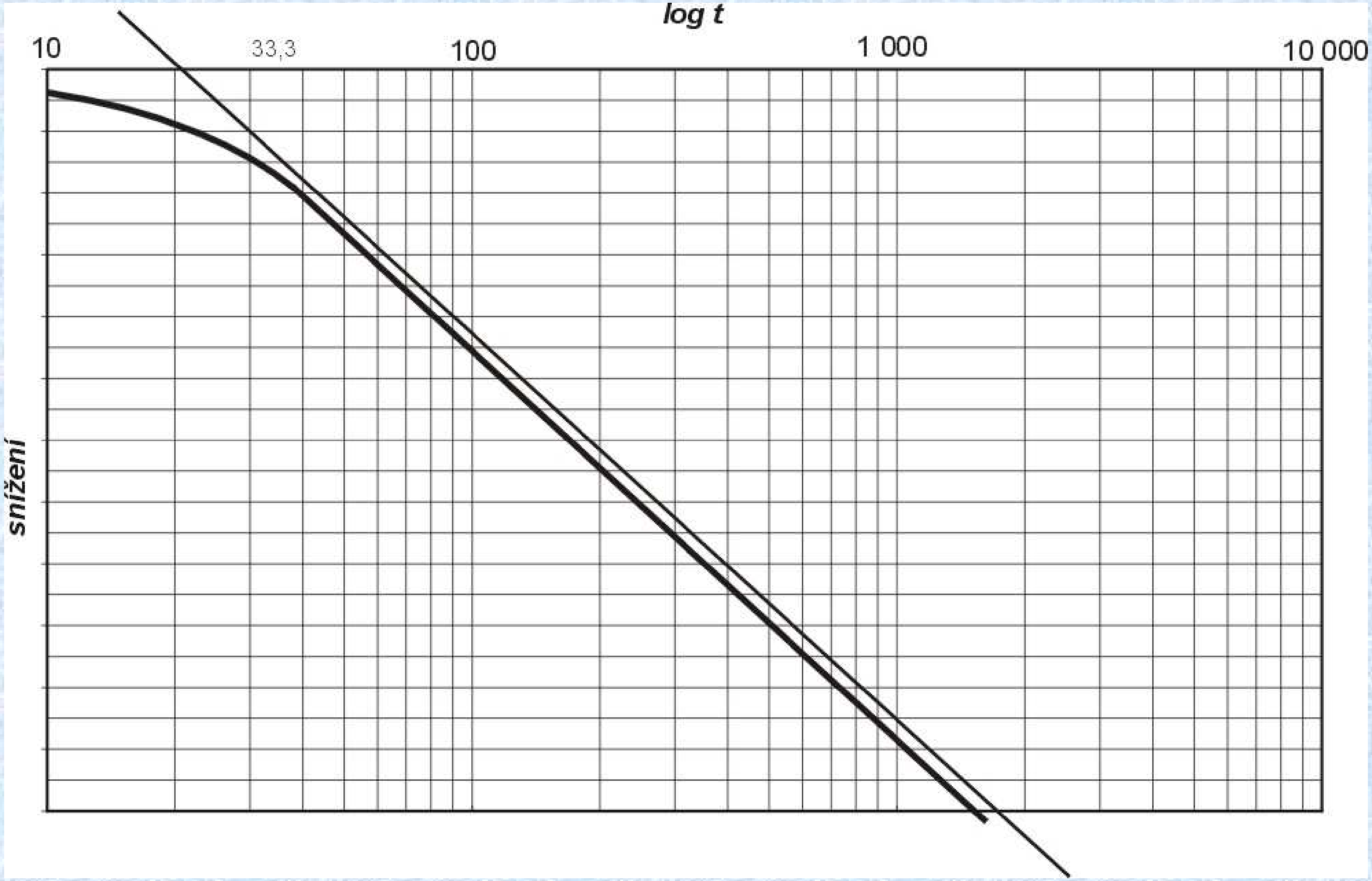
po transformaci *ln* na *log* obdržíme rovnici

$$s = \frac{2{,}303}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \lg \frac{2{,}246 \cdot T \cdot t}{S \cdot r^2}$$

$$s = \frac{2{,}303}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \lg \frac{2{,}246 \cdot T}{S} + \frac{2{,}303}{4 \cdot \pi \cdot T} \cdot \lg \frac{t}{r^2}$$

ideální stav

- bez projevu okrajových podmínek (v dosahu depresního kuželu)
- homogenní a izotropní zvodněná vrstva
- okamžité uvolnění podzemní vody ze zásobnosti

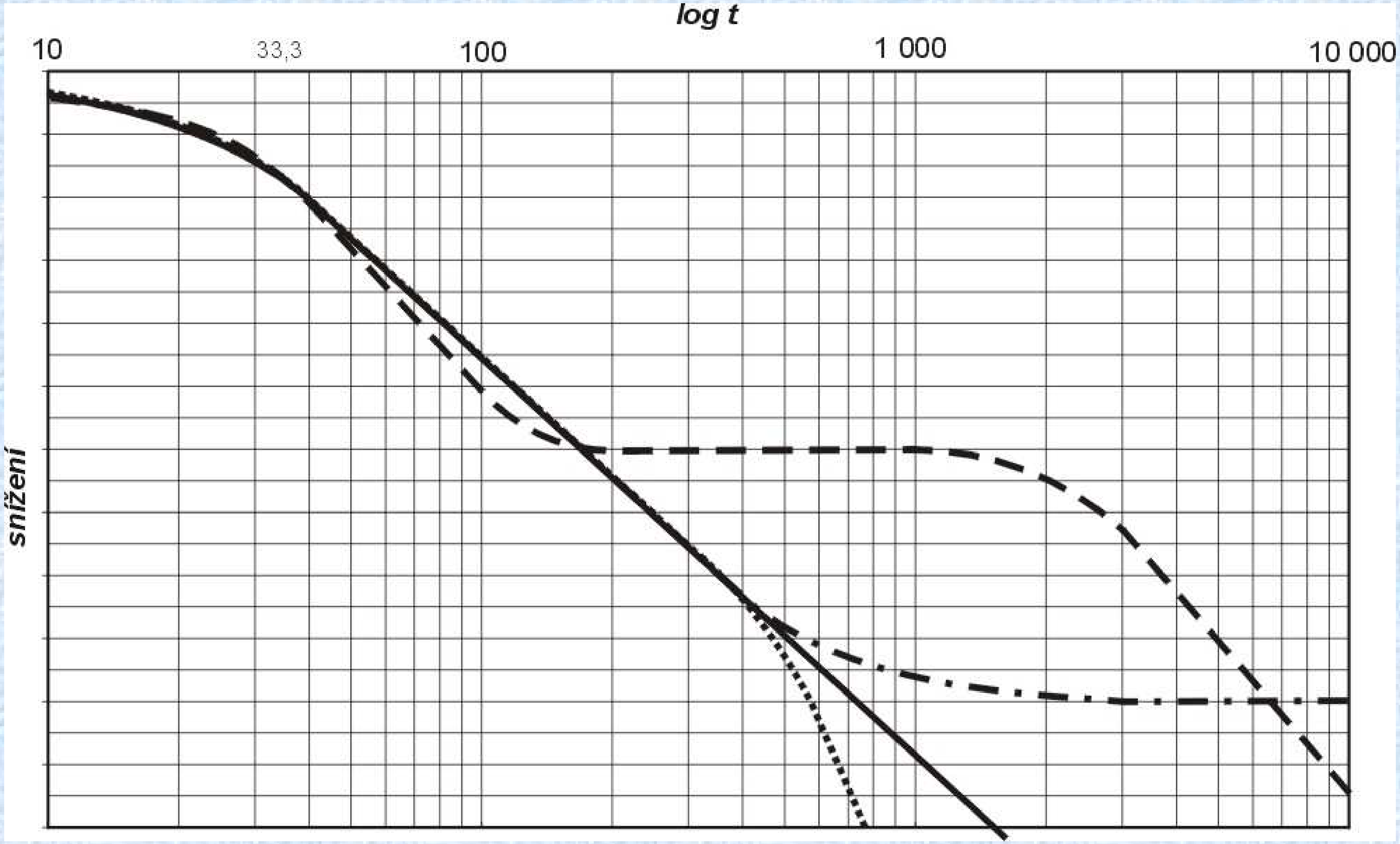


Theisova typová křivka + základní Jacobova přímková transformace

ODCHYLKY REÁLNÝCH KŘIVEK
OD
THEISOVY TYPOVÉ KŘIVKY

reálné podmínky

- zvodeň není nekonečná
- volná zvodeň - často zpožděné uvolňování vody ze zásobnosti



Metoda snížení - čas

grafická interpretace v semilogaritmickém grafu snížení *s* (normální měřítko) proti logaritmu času *log t*

metoda je použitelná i pro volnou zvodeň, pokud se neprojevuje zpožděné uvolňování podzemní vody

je-li snížení větší než 10% původní mocnosti zvodně – $s_{oprav} = s - \frac{s^2}{2.h_0}$

- vyneseme párové hodnoty snížení *s* a *log t*
- v semilogaritmickém grafu se v čase *1/u* > 33,3 se křivka promítne jako přímka
- body proložíme přímku
- sklon přímky udává hodnotu *T*
- stanoví se hodnota snížení *Δs* v jednom logaritmickém cyklu času

$$T = \frac{2{,}303.Q}{4.\pi.\Delta s}$$

- odečteme čas t_0 ve kterém je hodnota *s* rovna nule

$$S_p = \frac{2{,}246.T.t_0}{r^2}$$