

KONSOLIDACE ZEMIN

Pod pojmem konsolidace se rozumí **deformace zeminy v čase** pod účinkem vnějšího zatížení.

Konsolidace je reologický proces postupného zmenšování objemu póru zeminy a změny struktury zeminy od působícího zatížení spojený s vytlačováním vody z póru zeminy. Dochází k postupnému zpevňování zeminy.

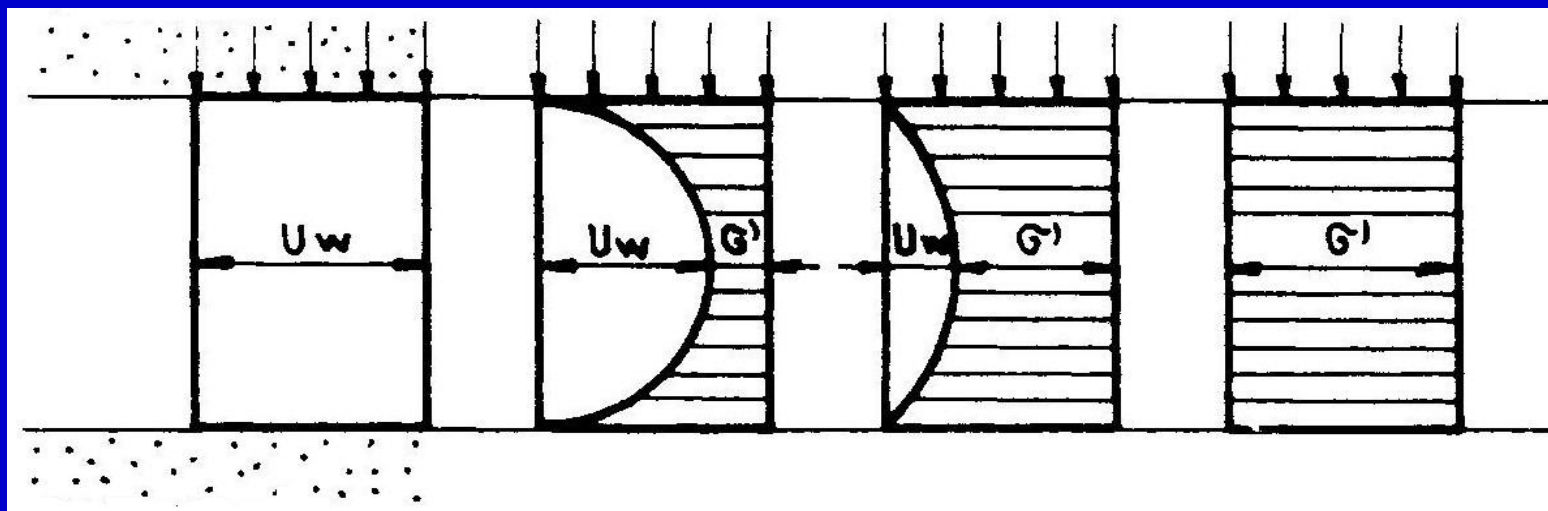
Primární konsolidace – vliv postupného vytlačování pórové vody

Sekundární konsolidace – vliv reologických procesů na skelet zeminy

Propustné

σ - KONSOLIDAČNÍ NAPĚTÍ

Jíl 2h



Propustné

$$t = 0$$

$$\sigma = u_w$$

$$\infty > t > 0$$

$$\sigma = u_w + \sigma_{ef}$$

$$t = \infty$$

$$u_w = 0$$

$$\sigma = \sigma_{ef}$$

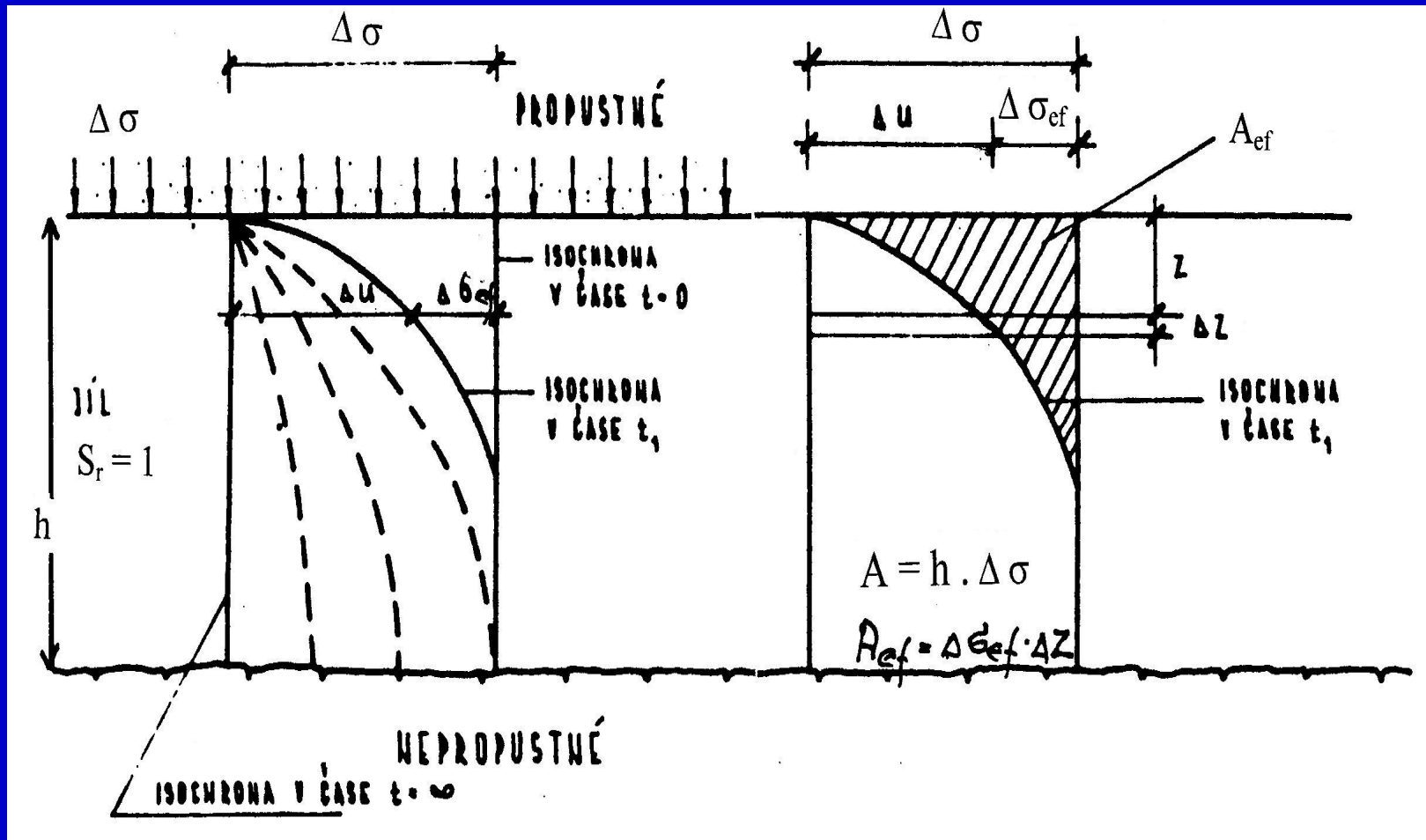
prim..konsolidace ukončena

TERZAGHIHO TEORIE KONSOLIDACE

Terzaghi uvažuje pouze **filtrační** (primární) konsolidaci

Jednodimenzionální (jednoosá) konsolidace s lineární závislostí napětí – deformace je založena na těchto předpokladech:

1. Filtrační součinitel k a koeficient stlačitelnosti c_v jsou pro celou mocnost vrstvy konstantní.
2. Zemina je plně nasycena vodou
3. Zrna pevné fáze jsou nestlačitelná.
4. Proudění vody se řídí Darcyho zákonem.
5. Deformace pevné fáze je způsobována výlučně efektivním napětím, je lineární a nezávislá na čase (tzn. probíhá okamžitě).



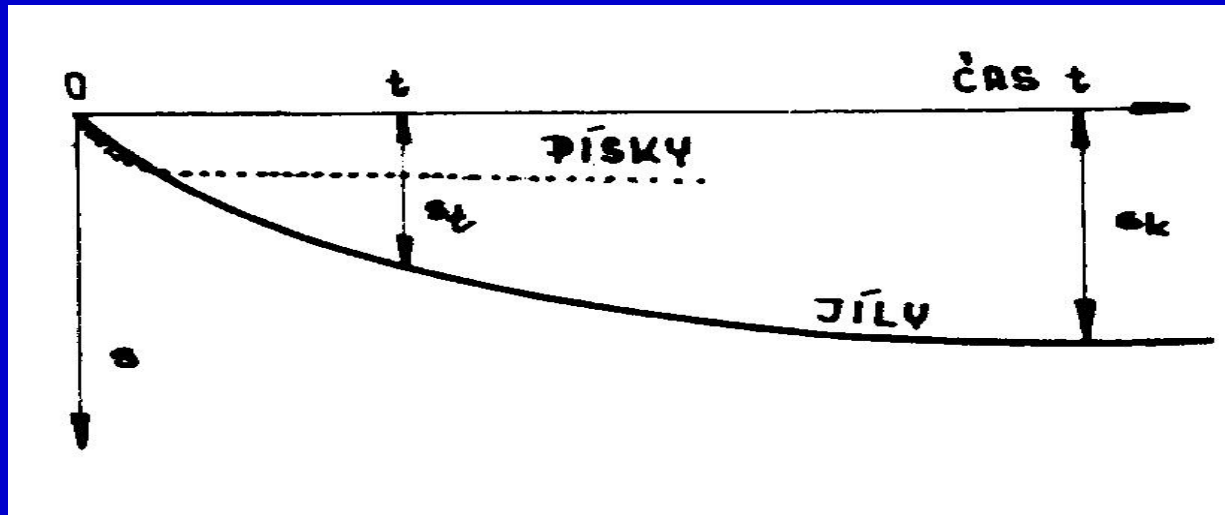
Izochrony – spojnice bodů pórových tlaků \underline{u} v libovolném čase \underline{t}_i – udávají podíl σ_{ef} a \underline{u} .

Terzaghiho parciální diferenciální
rovnice
jednodimenzionální konsolidace
druhého řádu

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

kde $u = f(z, t)$, c_v – *součinitel konsolidace*

ČASOVÝ PRŮBĚH SEDÁNÍ



Terzaghi řešil pomocí bezrozměrných proměnných

Časový faktor

$$T = \frac{c_v \cdot t}{h^2}$$

$$Z = \frac{z}{h}$$

- h - výška u jednostranně drénované vrstvy
- h/2 - u oboustranně drénované zeminy
- c_v - součinitel konsolidace
- t - čas

$$T = f(U)$$

konec konsolidace v čase $t = \infty$ ($\sigma_{ef} = \sigma; u = 0$)

stlačení v čase $t = \infty$

$$s_{\infty} = \frac{h \cdot \sigma}{E_{oed}} = \frac{A}{E_{oed}}$$

σ

- svislé napětí

h

- mocnost vrstvy

E_{oed}

- edometrický modul přetvárnosti

$A = \sigma \cdot h$

- celková plocha

v čase t

$$s_t = \frac{A_{ef}}{E_{oed}}$$

A_e - efektivní plocha
(vyšrafovaná)

$$\frac{s_t}{s_\infty} = \frac{A_{ef}}{A} = U$$

U - stupeň konsolidace

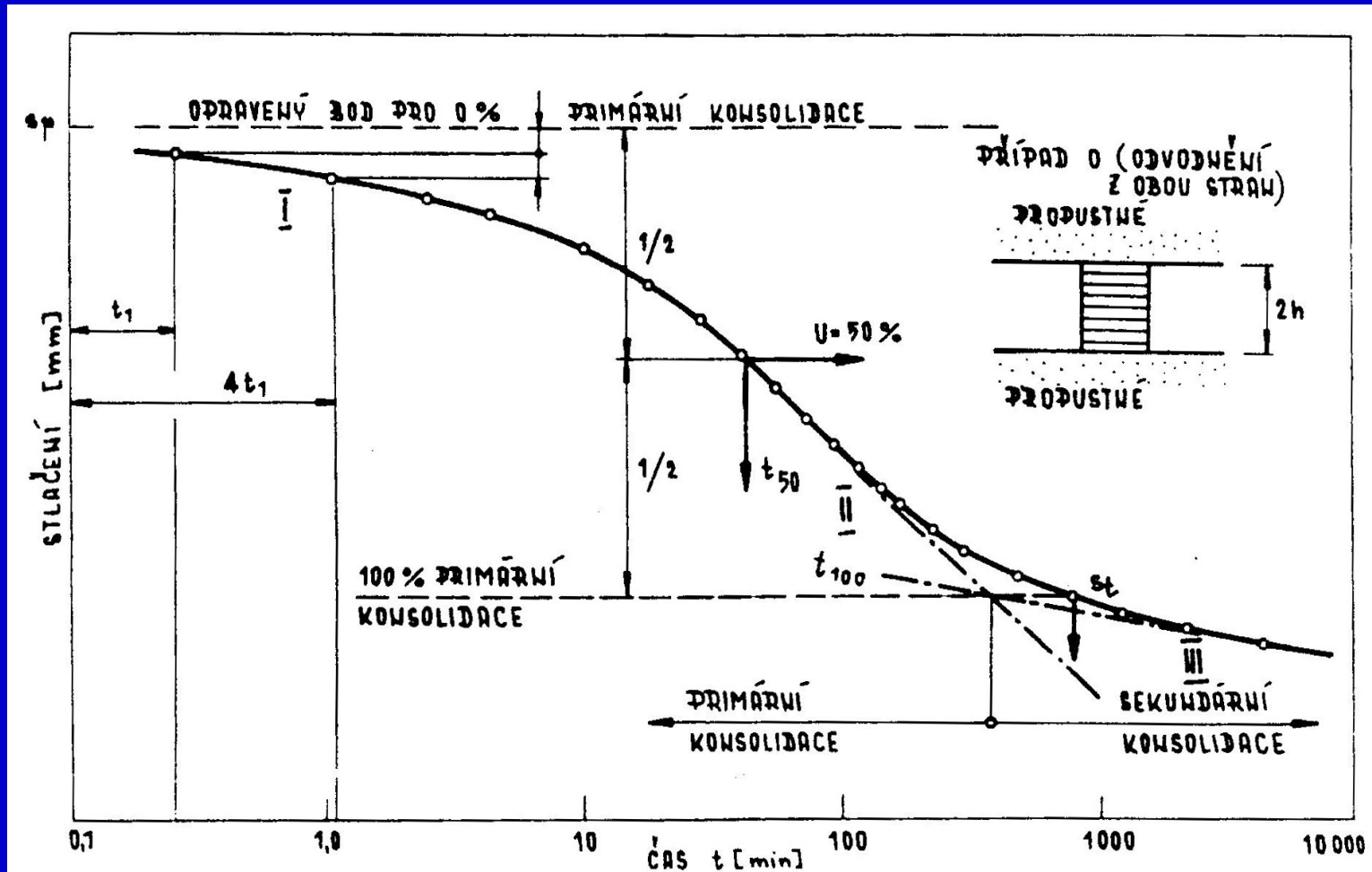
$$s_t = s_\infty U$$

$$s_t = s U$$

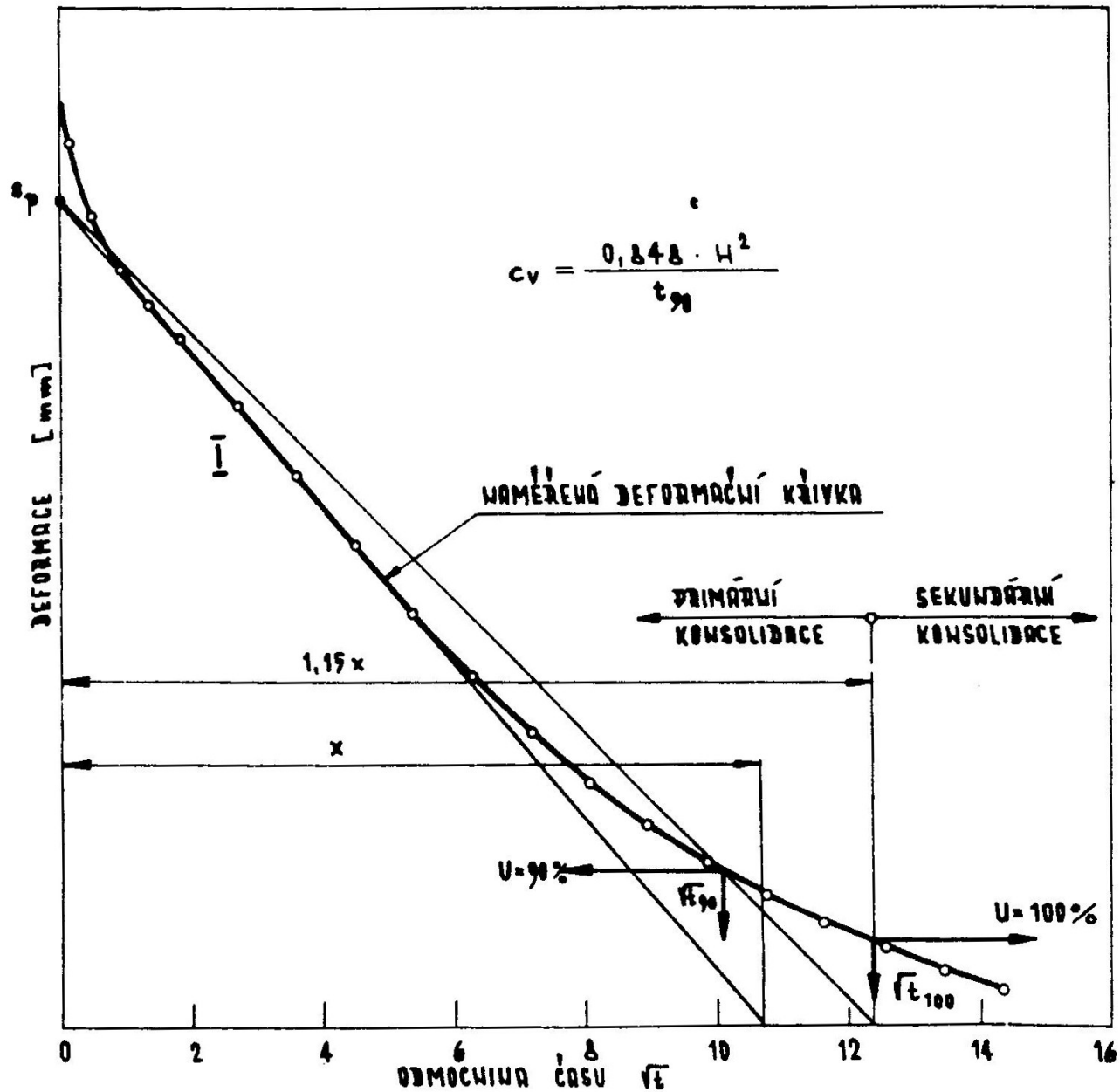
s - celkové konečné
sedání

Součinitel konsolidace c_v – viz skripta str. 57 – 60

1. Logaritmická metoda



2. Odmocninová metoda



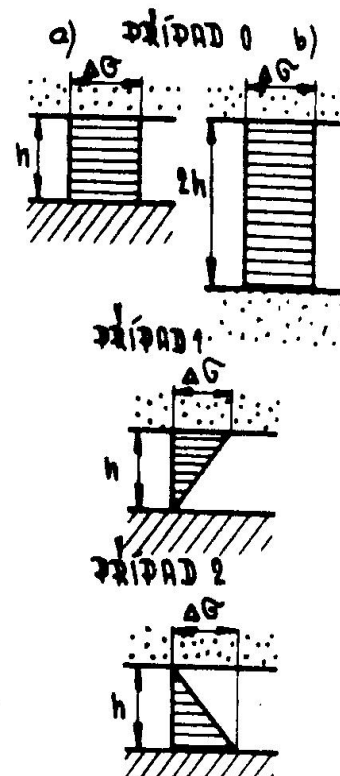
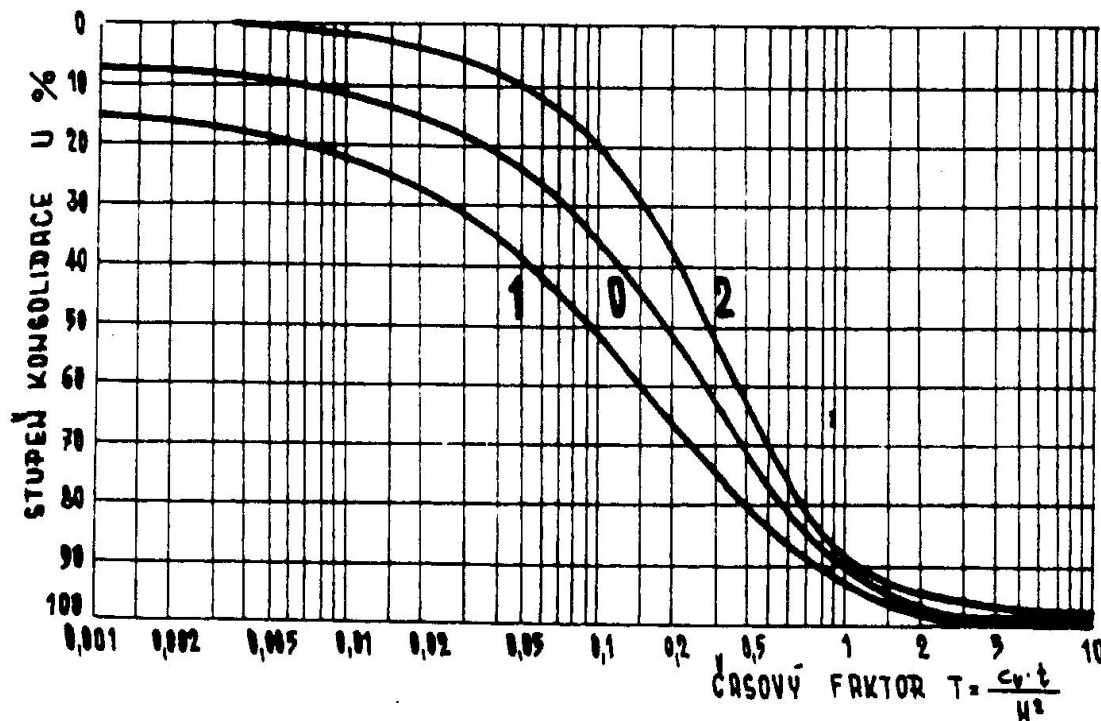
STUPEŇ KONSOLIDACE

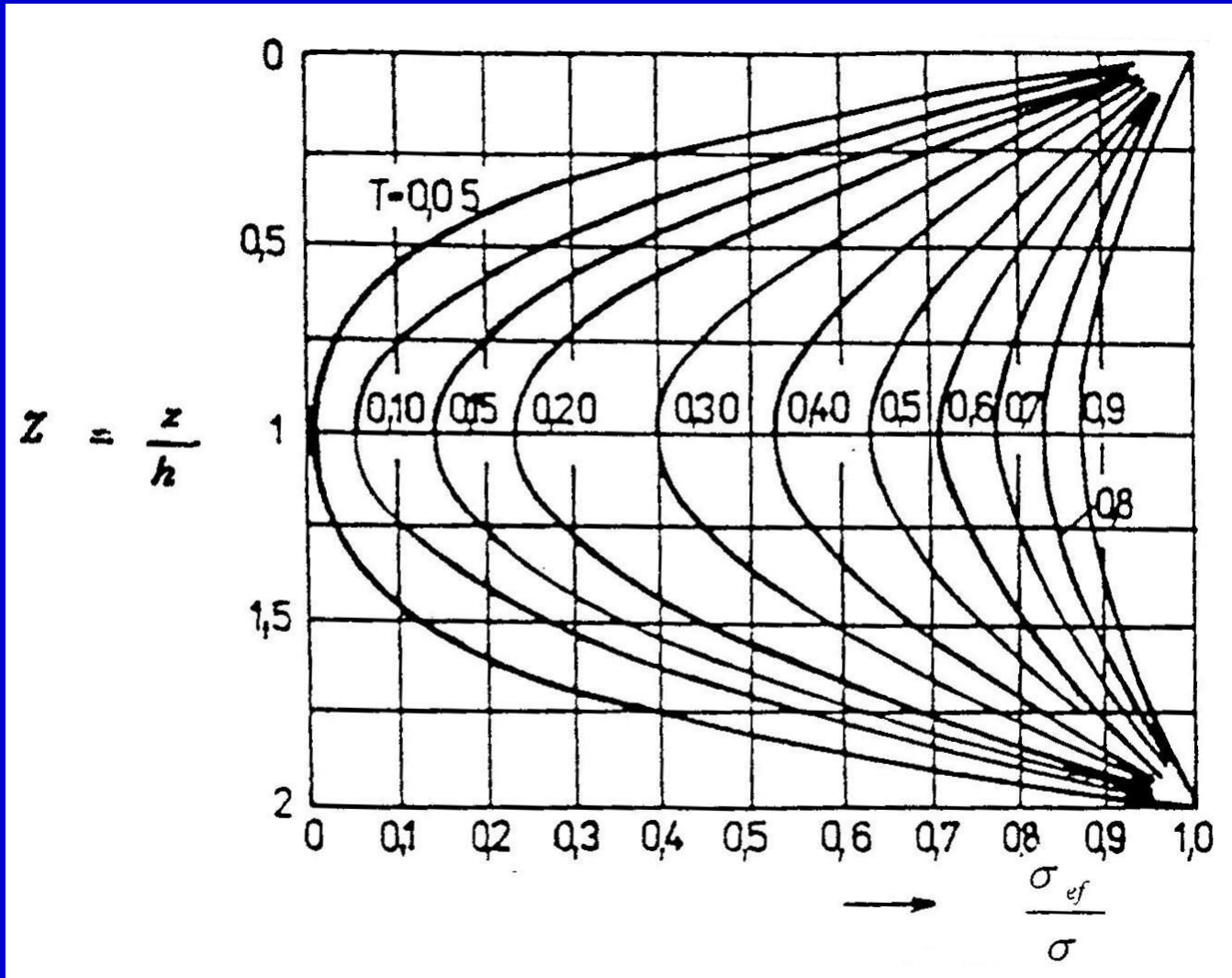
$$U = \int_{z=0}^{z=h} \frac{\Delta\sigma_{ef} \cdot \Delta z}{\sigma \cdot h}$$

Stupeň konsolidace

$$U = f(T)$$

$$T = \frac{c_v \cdot t}{h^2}$$





Křivky reprezentují tvar isochrony pro různé časové faktory

PRAKTICKÉ APLIKACE

Na základě uvedených grafů můžeme řešit příklady následujících základních typů:

- a) určit časový průběh sedání pro zvolené časy t
- b) stanovit čas t , při kterém bude dosaženo požadovaného stupně konsolidace U
- c) určit rozdělení efektivního přetížení a tím i přírůstek tlaku vody v pórech v libovolném bodě vrstvy

Z těchto grafů též plynou důležité poznatky jako:

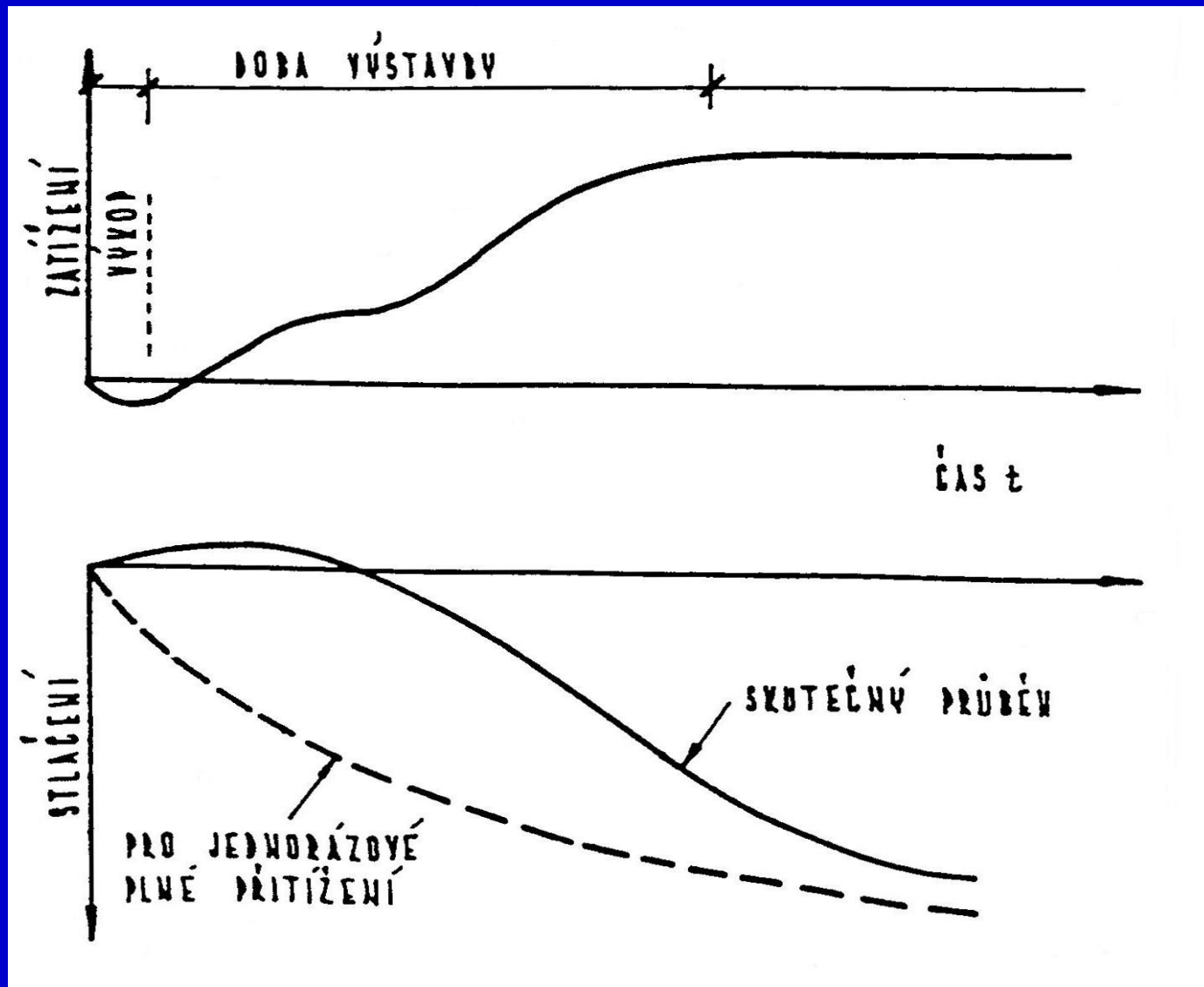
- průměrná konsolidace u **oboustranně drénované vrstvy** probíhá **4x rychleji než u jednostranně drénované vrstvy**,
- 100 % konsolidace je dosaženo teoreticky v nekonečnu, avšak 99 % již pro $T = 3$ a 92 % pro $T = 1$, tzn., že v praktických úlohách uvažujeme, že **konsolidace je skončena pro časový faktor $T = 1 - 3$** ,
- hydraulický gradient je nejvyšší u povrchu drénované vrstvy a nulový uprostřed vrstvy oboustranně drénované,
- vrstva zeminy oboustranně drénovaná **začne konsolidovat i uprostřed své vrstvy pokud $T > 0,05$** .

Číslo měrného profilu	Hloubka čidla pod původním terénem [m]	Pórový tlak po vybudování zatěžovacího násypu [kPa]	Reziduální tlak na konci listopadu 1986 [kPa]	Stupeň konsolidace U [%]
1	1,5	175	40	77,1
	8	200	30	85,0
	12	308	250	18,8
2	6	255	65	71,1
	12	440	180	59,09
	16	420	380	9,5
3	4	220	50	77,3
	10	280	60	78,6

ODLIŠNOSTI, SE KTERÝMI SE V PRAXI NEJČASTĚJI SETKÁVÁME

- zatížení je proměnné s časem
- zeminy nejsou plně nasycené vodou ($S_r < 1,0$)
- podloží není izotropní a sestává z více vrstev
- úlohu je třeba řešit jako rovinnou, resp. jako prostorovou (tzv. dvou a trojosá konsolidace)

ZATÍŽENÍ PROMĚNNÉ S ČASEM



SVISLÉ DRENÁŽE

Svislé drenáže urychlují konsolidaci zeminy zkrácením délky odvodňovacích drah.

Výhodnost svislých drenáží vyplývá ze skutečnosti, že většina zemin je anizotropních, součinitel filtrace ve vodorovném směru k_h je vyšší než k_v ve svislém směru

a) Pískové piloty

b) Geodrény – pásové drenáže

a) **Pískové piloty** (nízká cena, jednoduchá realizace)

Podle technologie provádění

1. provedení otvoru při současném roztlačení zeminy do stran a vyplnění uvolněného prostoru pískem (účinnější způsob – zhutňuje se blízké okolí piloty)
2. provedením vrtu vytěžením zeminy a vyplnění vrtu pískem

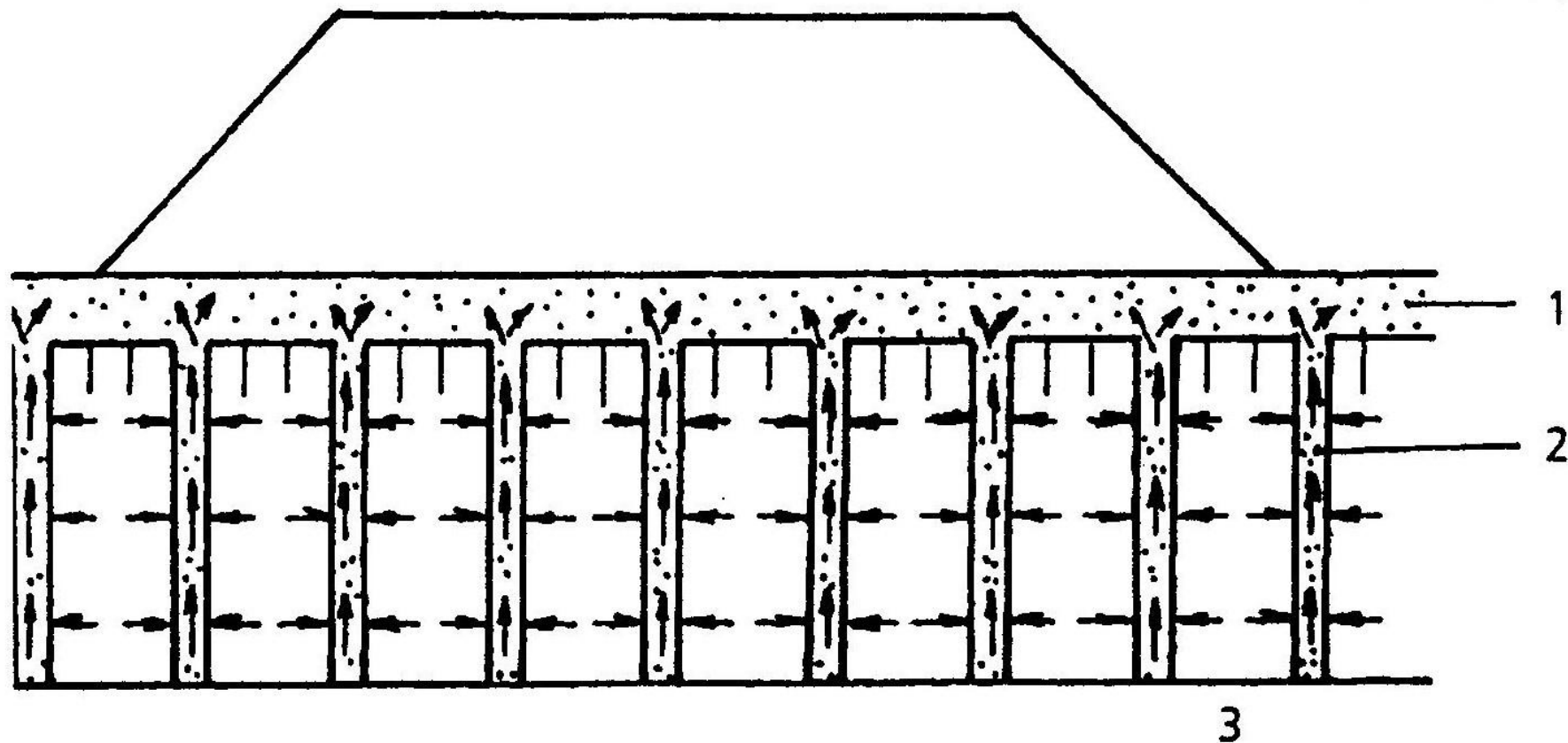
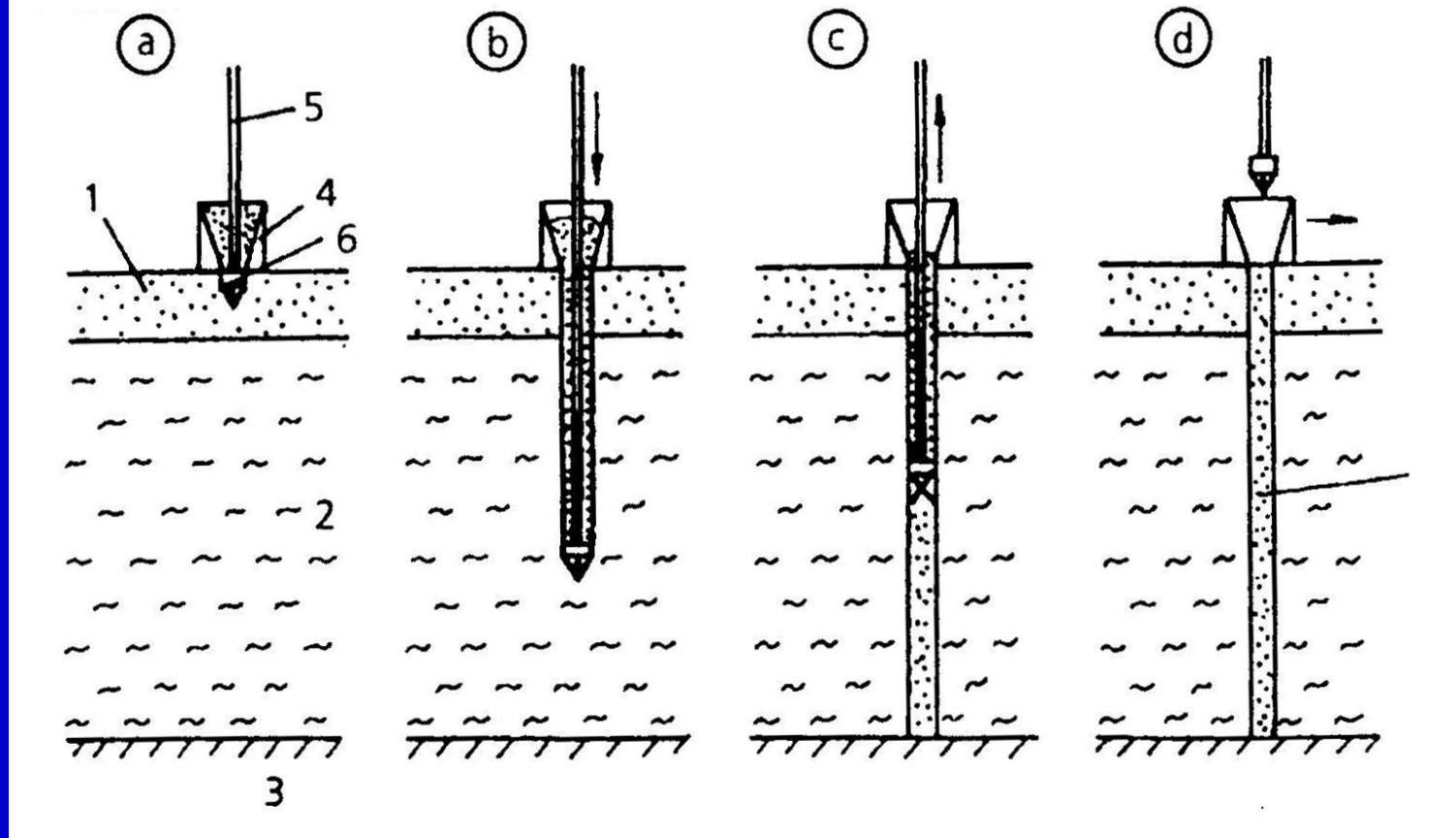


Schéma funkce vertikálních drénů 1 – podsyp,
2 – vertikální drén, 3 – únosná zemina



Zhotovení pískové piloty vibračním zaražením





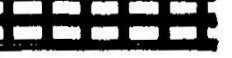
1 – filtrační vrstva, 2 – neúnosná zemina, 3 – únosná zemina,
 4 – zásobník s pískem, 5 – vodící tyč, 6 – otvíratelná
 koncovka, 7 – hotová písková pilota (Konovalov a Zechniev,
 1986)

b) Prefabrikované pásové drenáže – geodrény

Vhodné i pro použití v plastických jílech

Tyto drenáže jsou zpravidla z plochého plastického jádra různého tvaru obaleného filtrem z papíru různé úpravy nebo netkanou geotextilií

- nyní více jak 50 druhů prefabrikovaných drenáží

OBCHODNÍ NÁZEV	CHEMICAL BOARD	CASTLE BOARD	PIC DRAIN	ALIDRAIN	GEODRAIN
TVAR PŘÍČNÉHO REZU					
ROZMĚRY (mm)	95 x 3	94 x 3,2	100 x 1,7	100 x 6,3	95 x 4

Variantní řešení jádra drenáže

Geodrény jsou do podloží vtačované nebo zavibrované. Velmi rozšířený je typ **Alidrain firmy Alimak**. Geodrén se speciálně upraveným nosičem zatlačuje do podloží pomocí ocelového obalu rychlostí 0,4 – 1,3 ms⁻¹ **do hl. 12 – 50 m.**