

# Výsledky laboratorních zkoušek

## POLDR LICHNOV

Odběratel: **AQUATIS Brno**  
**Botanická 56, 602 00 Brno**  
**RNDr. Moric**



**Doc. Ing. Kamila WEIGLOVÁ, CSc.**  
**vedoucí Ústavu geotechniky**  
**a laboratoře mechaniky zemin**

červenec 2003

0

**Příloha B.2.1**



# **OBSAH**

<b>Použité symboly</b>	<b>3</b>
<b>1. Zadání akce</b>	<b>4</b>
<b>2. Laboratorní rozbory vzorků zemin</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Stručná metodika provedených zkoušek</b>	<b>5 – 6</b>
<b>2.2 Makroskopický popis vzorků</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Výsledky provedených zkoušek</b>	<b>8</b>
 <b>Příloha 1</b>	
<b>Křivky zrnitosti zemin vzorek č. 771 – 774</b>	
<b>Křivky zrnitosti zemin – namrzavost dle Schaibleho</b>	
<b>Křivky zrnitosti zemin – číselné vyjádření</b>	
<b>Granulometrický rozbor zeminy</b>	
<b>Plasticita zemin</b>	
 <b>Příloha 2</b>	
<b>Smyková krabicová zkouška vzorek č. 772, 773, 774</b>	
 <b>Příloha 3</b>	
<b>Proctorova zkouška zhutnitelnosti vzorek č. 773, 774</b>	
 <b>Příloha 4</b>	
<b>Zkouška propustnosti vzorek č. 773, 774</b>	



## POUŽITÉ SYMBOLY

$w$ [%]	vlhkost
$w_L$ [%]	vlhkost na mezi tekutosti
$w_P$ [%]	vlhkost na mezi plasticity
$I_P$ [%]	číslo plasticity
$I_C$	stupeň konzistence
$c_u$ [MPa]	totální koheze
$\varphi_u$ [°]	totální úhel vnitřního tření
$c_{ef}$ [MPa]	efektivní koheze
$\varphi_{ef}$ [°]	efektivní úhel vnitřního tření
$\nu$	Poissonovo číslo
$\beta$	součinitel pro převod mezi modulem přetvárnosti a oedometrickým modulem
$\gamma$ [kN.m <sup>-3</sup> ]	objemová tíha zeminy
$E_{def}$ [MPa]	modul přetvárnosti základové půdy
$E_{oed}$ [MPa]	edometrický modul základové půdy
$\rho_s$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	hustota pevných částic
$\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	objemová hmotnost vlhké zeminy
$\rho_d$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	objemová hmotnost suché zeminy
$n$ [%]	pórovitost
$e$	číslo pórovitosti
$S_r$	stupeň nasycení
$A$	koloidní aktivita



## 1. ZADÁNÍ AKCE

<b>Název akce:</b>	<b>POLDR LICHNOV</b>
<b>Laboratorní číslo vzorku:</b>	<b>771 – 774</b>
<b>Typ vzorku:</b>	<b>2 neporušené, 2 technologické</b>
<b>Počet vzorků zeminy:</b>	<b>4</b>
<b>Odběratel:</b>	<b>AQUATIS Brno, Botanická 56, 602 00 Brno RNDr. Moric</b>
<b>Datum dodání vzorků:</b>	<b>3. července 2003</b>
<b>Datum zpracování zakázky:</b>	<b>18. července 2003</b>
<b>Požadavky na laboratorní zkoušky:</b>	<b>zrnitost, vlhkost, objemová hmotnost, hustota pevných částic, konzistenční meze, Proctorova zkouška, propustnost po Proctorově zkoušce, smyková krabicová zkouška.</b>  <b>Požadovaná smyková krabicová zkouška vzorku zeminy č. 771 nemohla být provedena z důvodu přítomnosti hrubých zrn.</b>



## 2. LABORATORNÍ ROZBORY VZORKŮ ZEMIN

### 2.1 STRUČNÁ METODIKA PROVEDENÝCH ZKOUŠEK

#### 1. Vlhkost $w$ (%):

byla stanovena dle platné ČSN 72 1012 jako aritmetický průměr ze dvou stanovení vysušením při 105° C do stálé hmotnosti.

#### 2. Zrnitost:

Zrnitost zeminy byla stanovena kombinovanou zkouškou areometrické analýzy a síťového rozboru.

Podíl zrn nad 0,063 mm se stanovil proséváním přes normovou sadu sít. Velikost zrn pod 0,063 mm byla zjištěna nepřímo na základě proměnlivé rychlosti jejich sedimentace v suspenzi tzv. areometrickou metodou dle Casagrandeho.

Granulometrické složení je dokumentováno křivkou zrnitosti a jejím číselným vyjádřením, protokolem udávajícím namrzavost zemin dle Scheibleho kritéria pro jednotlivé křivky zrnitosti, protokolem „Granulometrické složení“, udávajícím podklady pro klasifikaci zeminy dle ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“ a charakteristiky, vyplývající z křivky zrnitosti, číslo nestejnozrnitosti  $C_u$ , číslo křivosti  $C_c$ , filtrační součinitel  $k$  dle Jákyho a protokolem „Plasticita zemin“.

#### 3. Konzistenční meze:

- a) Mez tekutosti  $w_L$  (%) stanovena dle ČSN 72 1014 metodou podle Atterberga. Ze zkoušeného vzorku byla vyloučena zrna větší než 0,5 mm.
- b) Mez plasticity  $w_P$  (%) stanovena dle ČSN 72 1013 dvěma zkouškami na vzorku zbaveném zrn větších než 0,5 mm.

- c) Index plasticity  $I_P$  (dle Atterberga) byl určen dle vztahu

$$I_P = w_L - w_P$$

- d) Konzistenční stav byl vyjádřen pomocí stupně konzistence

$$I_c = (w_L - w) / I_P$$

( $w$  je původní vlhkost zeminy) a podle jeho hodnot byly rozlišeny konzistenční stavy pro jednotlivé zeminy

#### 4. Objemová hmotnost $\rho$ (kg.m<sup>-3</sup>) vlhké zeminy

Dle ČSN 72 1010 byla provedena dvě stanovení jako podíl hmotnosti zeminy k objemu původně vlhké zeminy.

#### 5. Objemová hmotnost $\rho_d$ (kg.m<sup>-3</sup>) suché zeminy

byla stanovena výpočtem na základě původní objemové hmotnosti a původní vlhkosti:

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01 w)$$



## **6. Zdánlivá hustota pevných částic $\rho_s$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )**

byla stanovena postupem dle ČSN 72 1011 Gay-Lussacovým pyknometrem o objemu 100 ml.

## **7. Zhutnitelnost**

byla stanovena podle Proctorovy standardní zkoušky dle ČSN 72 1015 jako laboratorní určení závislosti mezi vlhkostí a objemovou hmotností. Výsledek zkoušky je vyjádřen maximální objemovou hmotností suché zeminy  $\rho_{\text{max}}$ , které se dosáhne normovou zhutňovací energií (normový hmoždír průměru 101,5 mm, normový pěch hmotnosti 2500 g, dopadající na zhutňovanou zeminu z výšky 300 mm) při optimální vlhkosti  $w_{\text{opt}}$ . Zkouška se prováděla podle metody A: z materiálu se vyloučila zrna nad 5 mm a materiál byl zhutňován normovým pěchem ve třech stejně vysokých vrstvách. Každá vrstva byla zhutněna 25 rovnoměrně rozdělenými údery normového pěchu.

## **8. Krabicová smyková zkouška:**

Pro stanovení efektivních parametrů pevnosti ve smykovém krabicovém přístroji u vzorků č. 773 a 774 byl materiál navlhčen na optimální vlhkost určenou z Proctorovy zkoušky standard a zhutněn na maximální objemovou hmotnost. Pro smykovou zkoušku byl použit materiál připravený pro Proctorovu zkoušku zhutnění, tzn. s vyloučením zrn nad 5 mm, tj. že úhel vnitřního tření může být pro původní frakci o málo vyšší.

Zkouška se provádí jako konsolidovaná, odvodněná, typ CD a pevnost je vyjádřena v efektivních parametrech  $c_{\text{ef}}$ ,  $\varphi_{\text{ef}}$ .

Smyková pevnost byla stanovena na zkušebních vzorcích průměru 100 mm, výšky 20 mm pro čtyři různá normálová napětí. Po konsolidaci vzorků zemin probíhalo vlastní smykání konstantní rychlostí 0,010 mm/min.

Průběh a výsledek zkoušky je dokumentován v příloze.

## **9. Propustnost vzorků č. 773, 774:**

byla stanovena podle ČSN 72 1020 Laboratorní stanovení propustnosti zemin metodou B – metodou měření propustnosti v propustoměru s konstantním hydraulickým sklonem pro propustné zeminy. Filtrační součinitel byl stanoven ze zeminy zhutněné dle Proctora – standard.

## **10. Propustnost**

u všech vzorků byla také orientačně stanovena dle Jákyho z křivky zrnitosti



## 2.2 Makroskopický popis vzorků

Akce: Poldr Lichnov

Vzorek číslo	Sonda	Hloubka [m]	Typ vzorku	Popis	Reakce s HCl
771	K-15	1,9	N	Prachovitý jíl se štěrkem. Jíl je světle šedý a rezavě hnědě mramorovaný, vlhký, tuhý až pevný, s hrudkovitou strukturou a při hnětení drobivý. V jílu jsou rozptýlené šedé ploché ostrohranné úlomky zvětralé horniny velikostí odpovídající jemnému písku až střednímu štěrku zastoupené v poměru k jílu cca 1 : 1. Ojedinělé jsou ostrohranné úlomky max. do průměru 50 mm.	-
772	K-20	1,2	N	Prachovitě písčité jíl šedý, hojně rezavě hnědě mramorovaný, navlhlý, tuhý a při hnětení drobivý. Písek je hnědý, jemný až hrubý, ostrohranný, s plynulou zrnitostí, v množství max. 30 %. Ojedinělé jsou poloostrohranné ploché šedé úlomky navětralé horniny do průměru max. 50 mm.	-
773	K-120 + K-123	1,0 – 2,0  09 – 2,0	T	Prachovitě písčité jíl šedý, hojně rezavě hnědě mramorovaný, navlhlý, tuhý, s hrudkovitou strukturou a při hnětení drobivý. Písek je hnědý, limonitový, jemný až hrubý s plynulou zrnitostí, ojedinělý je drobný štěrk. Hrubo zrnější frakce jsou zastoupeny v množství cca 25 %. Zemina je protkána jemnými kořínky rostlin.	-
774	K-125	2,3 – 4,3	T	Prachovitě písčité jíl hnědožlutý, vlhký, tuhý, tvárlivý a na omak mírně lepivý s rozptýlenými plochými poloostrohrannými úlomky šedé zvětralé horniny velikostí odpovídajícími jemnému písku až střednímu štěrku, v množství cca 30 %. Ojedinělé jsou úlomky do průměru 60 mm.	-



Název akce : **Lichnov**

datum : 16.7.2003

## 2.3 Výsledky laboratorních zkoušek



VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky  
tabulka č. 1

pořadové číslo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
číslo vzorku	-	771 N	772 N	773 T	774 T						
sonda	-	K-15	K-20	K-120+3	K-125						
hloubka	[ m ]	1,9	1,2	0,9-2,0	2,3-4,3						
vlhkost zeminy $w$	%	13,6	15,2	16,3	19,5						
mez tekutosti $w_L$	%	35,6	46,7	49,4	46,0						
mez plasticity $w_p$	%	19,2	18,7	18,7	19,3						
číslo plasticity $I_p$	%	16,4	28,0	30,7	26,7						
stupeň konzistence $I_c$	-	1,34	1,13	1,08	0,99						
konzistence		pevná	pevná	pevná	tuhá						
zatřídění zeminy dle ČSN	731001	F2=CG	F6=CI	F6=CI	F6=CI						
pojmenování zeminy		Jíl šterkovitý	Jíl se střední plast.	Jíl se střední plast.	Jíl se střední plast.						
propustnost z křiv. zrní. $k$	m/s	3,9E-7	5,6E-8	4,4E-8	2,9E-8						
objem. hmot. zeminy $\rho$	kg/m <sup>3</sup>	2218	2206								
obj. hm. suché zeminy $\rho_d$	kg/m <sup>3</sup>	1952	1915								
hustota pevných částic $\rho_s$	kg/m <sup>3</sup>	2663	2683	2721	2716						
pórovitost $n$	%	27	29								
stupeň nasycení $S_r$	%	100	100								
soudržnost EFEKTIV. $c_{ef}$	MPa		0,018	0,016	0,008						
úhel vnitřního tření ef. $\phi_{ef}$	°		35,1	34,5	33,3						
zhutnitelnost $\rho_{d\ max}$	kg/m <sup>3</sup>			1832	1869						
dle Proctora - A $w_{opt}$	%			13,9	13,5						
propustnost změřená $k$	m/s			5,6E-10	1,3E-10						



# **PŘÍLOHA 1**

**Křivky zrnitosti zemin – vzorek č. 771 – 774**

**Křivky zrnitosti zemin – namrzavost dle Schaibleho**

**Křivky zrnitosti zemin – číselné vyjádření**

**Granulometrický rozbor zeminy**

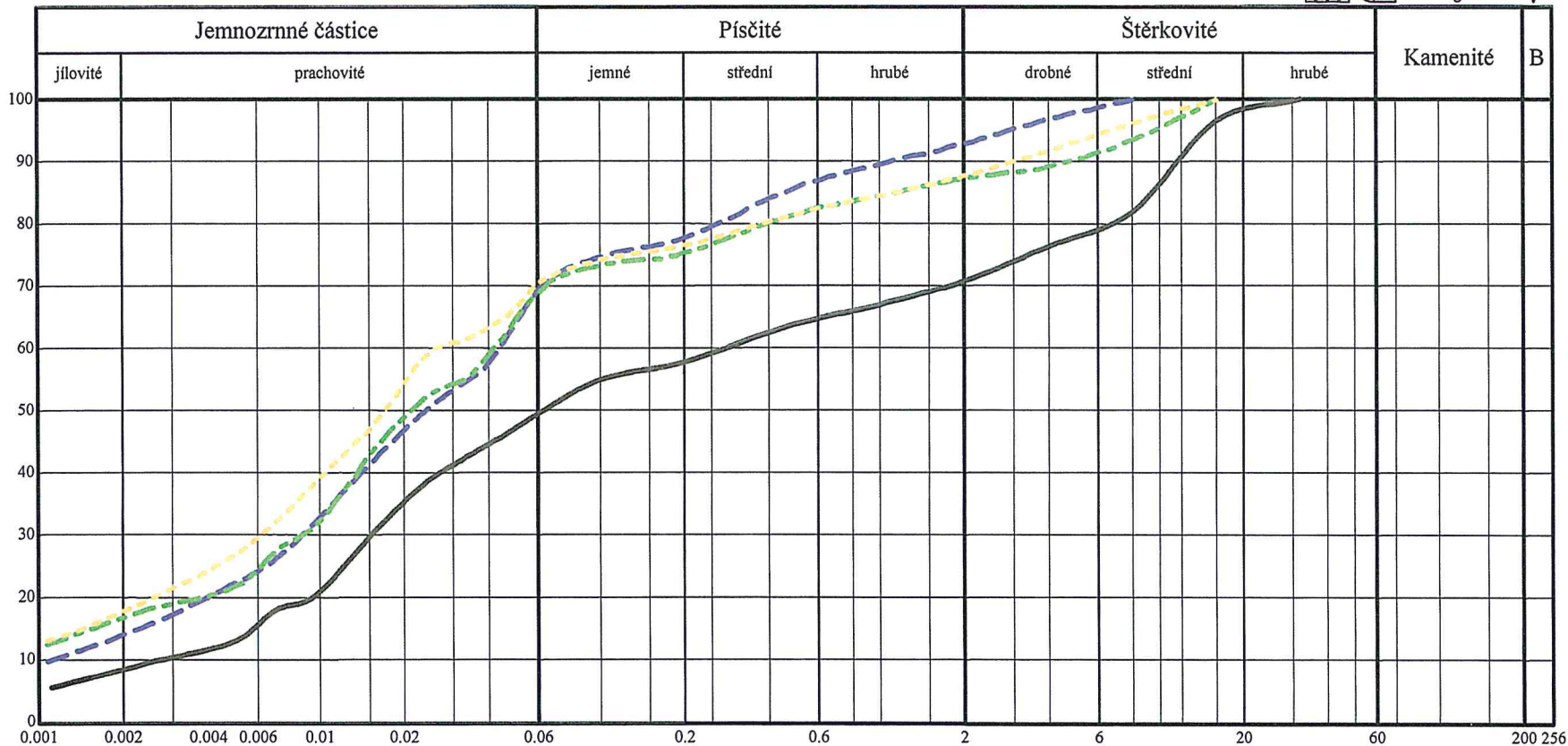
**Plasticita zemin**



## KŘIVKY ZRNITOSTI ZEMINY

**Název akce: Lichnov**

**Datum: 16.7.2003**

[illegible]



**VUT v Brně**  
**Fakulta stavební**  
**Ústav geotechniky**

[illegible]



## KŘIVKY ZRNITOSTI ZEMINY



**Název akce: Lichnov**

[illegible]



# GRANULOMETRICKÝ ROZBOR ZEMINY



VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

Název akce: Lichnov

Vzorek	771	772	773	774						
Sonda	K-15	K-20	K-120+3	K-125						
Hloubka	1,9	1,2	0,9-2,0	2,3-4,3						
f[%]	49.5671	69.3498	69.1085	70.5369						
Podíl s[%]	21.2543	23.7127	18.4315	17.4334						
frakcí g[%]	29.1786	6.9375	12.4600	12.0296						
cb[%]	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
b[%]	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000						
Průměry d10	0.0026	0.0011	0.0011	0.0011						
d30	0.0151	0.0085	0.0084	0.0060						
d60	0.2788	0.0435	0.0415	0.0254						
Konzist. w <sub>L</sub> [%]	35.60	46.70	49.40	46.00						
meze w <sub>p</sub> [%]	19.20	18.70	18.70	19.30						
I <sub>p</sub>	16.40	28.00	30.70	26.70						
C <sub>u</sub>	108.849	40.401	38.535	23.650						
C <sub>c</sub>	0.321	1.549	1.598	1.335						
Koef.filtrace	3.879.10 <sup>-007</sup>	5.590.10 <sup>-008</sup>	4.364.10 <sup>-008</sup>	2.856.10 <sup>-008</sup>						
Symbol	F2=CG	F6=CI	F6=CI	F6=CI						
Název	jíl štěrkový	jíl se střední plasticitou	jíl se střední plasticitou	jíl se střední plasticitou						



**VUT v Brně**  
**Fakulta stavební**  
**Ústav geotechniky**

The diagram illustrates the relationship between the Plasticity Index ( $I_p$ ) and the Liquid Limit ( $W_L$ ) for soil classification. The x-axis represents the Liquid Limit ( $W_L$ ) in percent, ranging from 0 to 120. The y-axis represents the Plasticity Index ( $I_p$ ) in percent, ranging from 0 to 70. A diagonal line separates the 'Jíl' (Clay) region from the 'Hlína' (Silt) region. The regions are further divided into five categories based on the Plasticity Index: Nízká [L] (Low), Střední [I] (Medium), Vysoká [H] (High), Velmi vysoká [V] (Very High), and Extrémně vysoká [E] (Extremely High). The diagram also shows the boundaries for the Plasticity Index (CI, CH, CV, CE) and the Liquid Limit (ML, MI, MH, MV, ME).

Region	Plasticity Index Category	Plasticity Index Range [%]	Liquid Limit Range [%]
Nízká [L]	Nízká [L]	0 - 10	0 - 30
Střední [I]	Střední [I]	10 - 20	30 - 40
Vysoká [H]	Vysoká [H]	20 - 30	40 - 60
Velmi vysoká [V]	Velmi vysoká [V]	30 - 40	60 - 90
Extrémně vysoká [E]	Extrémně vysoká [E]	40 - 70	90 - 120

Key data points plotted on the diagram:

- Green square (CI):  $W_L \approx 48\%$ ,  $I_p \approx 30\%$
- Blue square (CH):  $W_L \approx 45\%$ ,  $I_p \approx 28\%$
- Yellow square (CV):  $W_L \approx 42\%$ ,  $I_p \approx 25\%$
- Grey square (CE):  $W_L \approx 35\%$ ,  $I_p \approx 15\%$

[illegible]



## **PŘÍLOHA 2**

**Smyková krabicová zkouška  
vzorek č. 772, 773, 774**





VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

## Smyková zkouška krabicová - vrcholová

Název úlohy : **Lichnov**

Číslo úlohy :

Sonda : **K-20**

Číslo vzorku :

**772**

Hloubka : **1.2.2003 m**

Poznámka : konzolidace s vodou

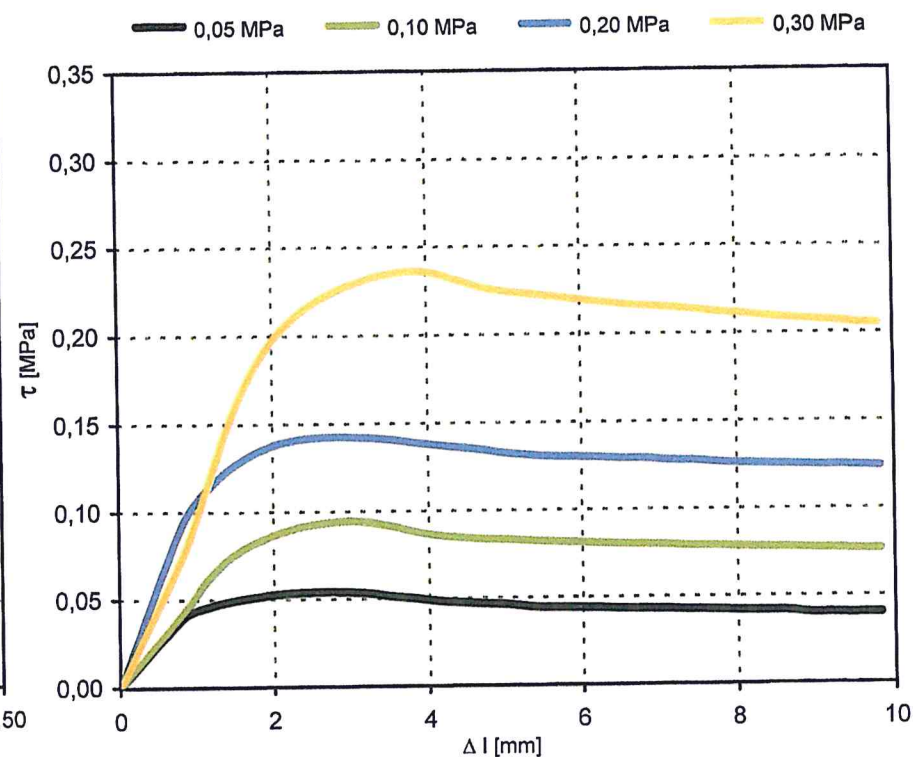
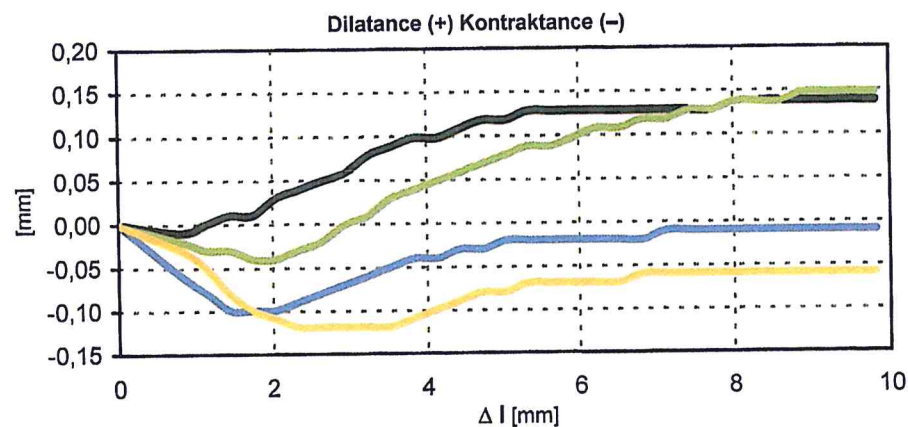
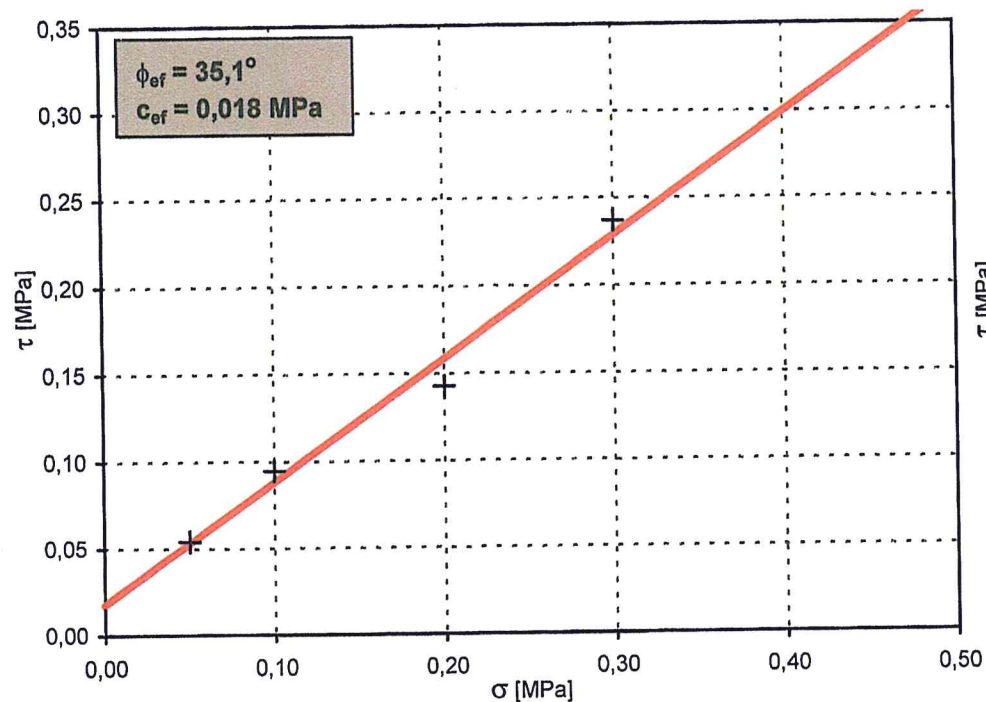
Doba konzolidace : 24 h

Rychlost smykání : 0,010 mm/min

Obor platnosti : 0,05 - 0,3 MPa

$\sigma$ [MPa]	$\tau_{\max}$ [MPa]	$l_r$ [mm]	$\Delta_{ef}^2$ [kPa <sup>2</sup> ]
0,050	0,054	2,6	1,1
0,100	0,095	2,9	42,6
0,200	0,143	2,9	247,1
0,300	0,237	3,8	66,0

w	15,00	[%]
$\rho$	2159	[kgm <sup>-3</sup> ]
$\rho_d$	1878	[kgm <sup>-3</sup> ]
V	157,00	[cm <sup>3</sup> ]
m	339,00	[g]







VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

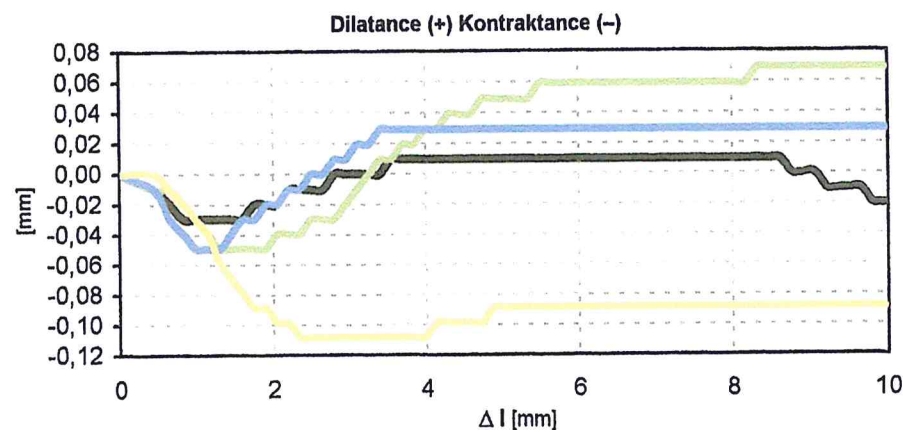
## Smyková zkouška krabicová - vrcholová

Název úlohy : **Lichnov**  
Číslo úlohy : **773**  
Číslo vzorku : **773**  
Poznámka : konzolidace s vodou, nahutněn na PS  
Doba konzolidace : 24 h  
Rychlost smykání : 0,010 mm/min  
Obor platnosti : 0,05 - 0,3 MPa

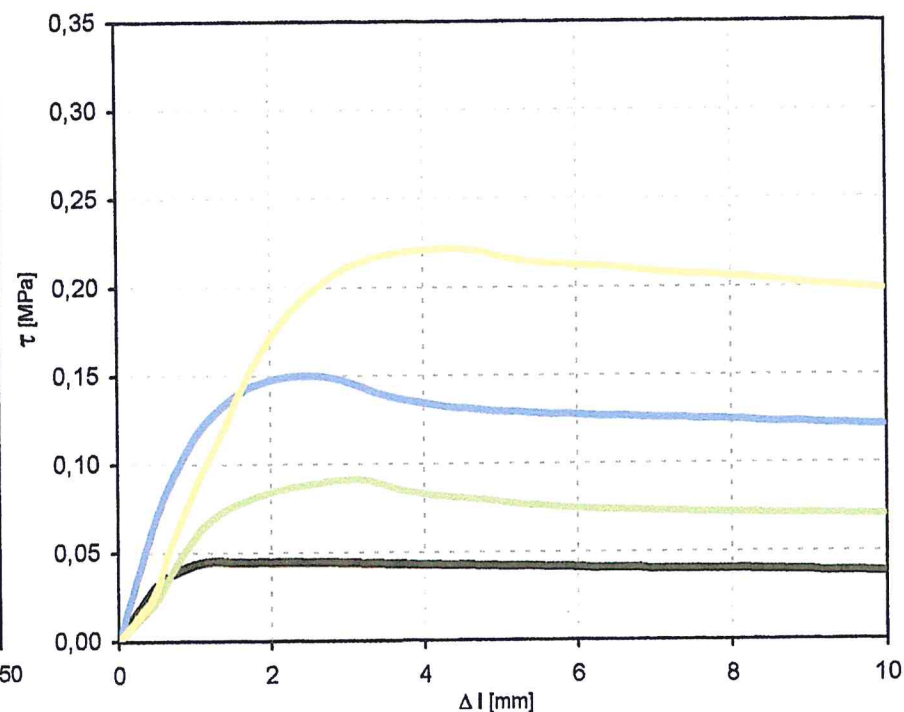
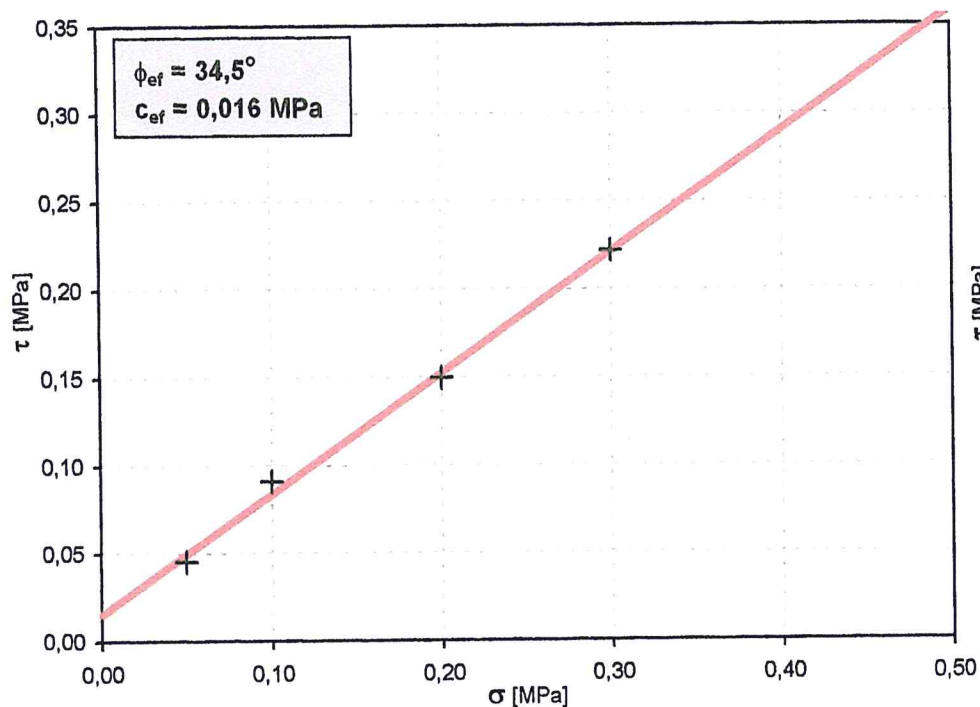
Sonda : **K-120+3**  
Hloubka : **0.9-2.0 m**

$\sigma$ [MPa]	$\tau_{\max}$ [MPa]	$l_r$ [mm]	$\Delta e_f^2$ [kPa <sup>2</sup> ]
0,050	0,045	1,3	20,1
0,100	0,091	3,1	48,3
0,200	0,150	2,5	7,3
0,300	0,222	4,4	0,1

w	13,50	[%]
$\rho$	2102	[kgm <sup>-3</sup> ]
$\rho_d$	1852	[kgm <sup>-3</sup> ]
V	157,00	[cm <sup>3</sup> ]
m	330,00	[g]



— 0,05 MPa — 0,10 MPa — 0,20 MPa — 0,30 MPa







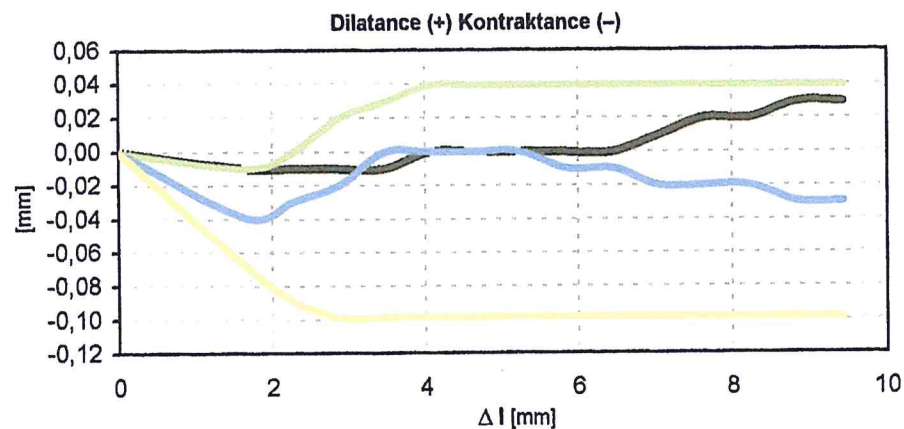
VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

## Smyková zkouška krabicová - vrcholová

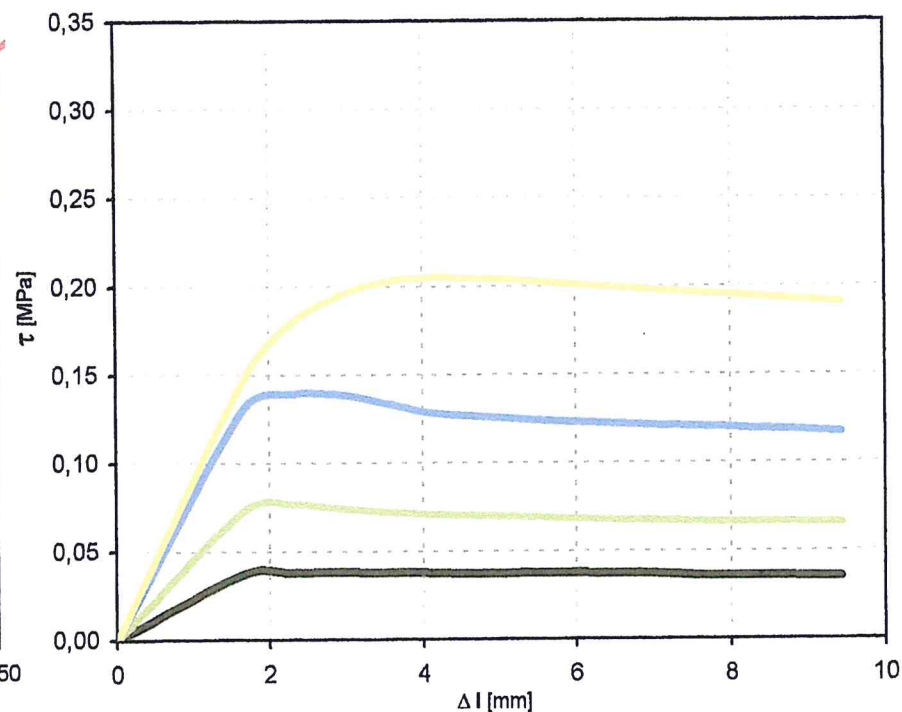
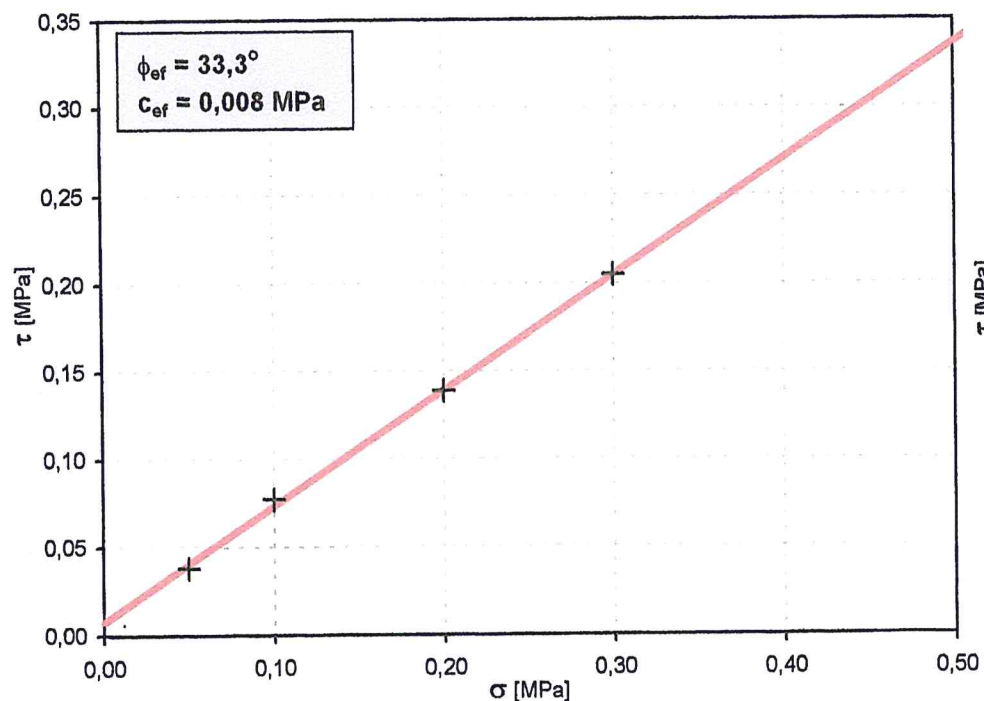
Název úlohy : **Lichnov**  
Číslo úlohy : **774**  
Číslo vzorku : **774**  
Poznámka : konzolidace s vodou, nahutněno na hodnoty PS  
Doba konzolidace : 24 h  
Rychlost smykání : 0,010 mm/min  
Obor platnosti : 0,05 - 0,3 MPa

$\sigma$ [MPa]	$\tau_{\max}$ [MPa]	$l_r$ [mm]	$\Delta_{ef}^2$ [kPa <sup>2</sup> ]
0,050	0,038	2,9	6,8
0,100	0,077	2,3	12,0
0,200	0,139	2,3	0,2
0,300	0,205	4,1	0,2

w	13,50	[%]
$\rho$	2102	[kgm <sup>3</sup> ]
$\rho_d$	1852	[kgm <sup>3</sup> ]
V	157,00	[cm <sup>3</sup> ]
m	330,00	[g]



— 0,05 MPa — 0,10 MPa — 0,20 MPa — 0,30 MPa

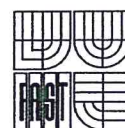




## **PŘÍLOHA 3**

**Proctorova zkouška zhutnitelnosti  
vzorek č. 773, 774**





VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

# Proctorova zkouška zhutnitelnosti

Typ zkoušky : PCS-A

Datum: 10.7.2003

Název akce: *Lichnov*

Číslo vzorku: 773

Sonda: K-120+3

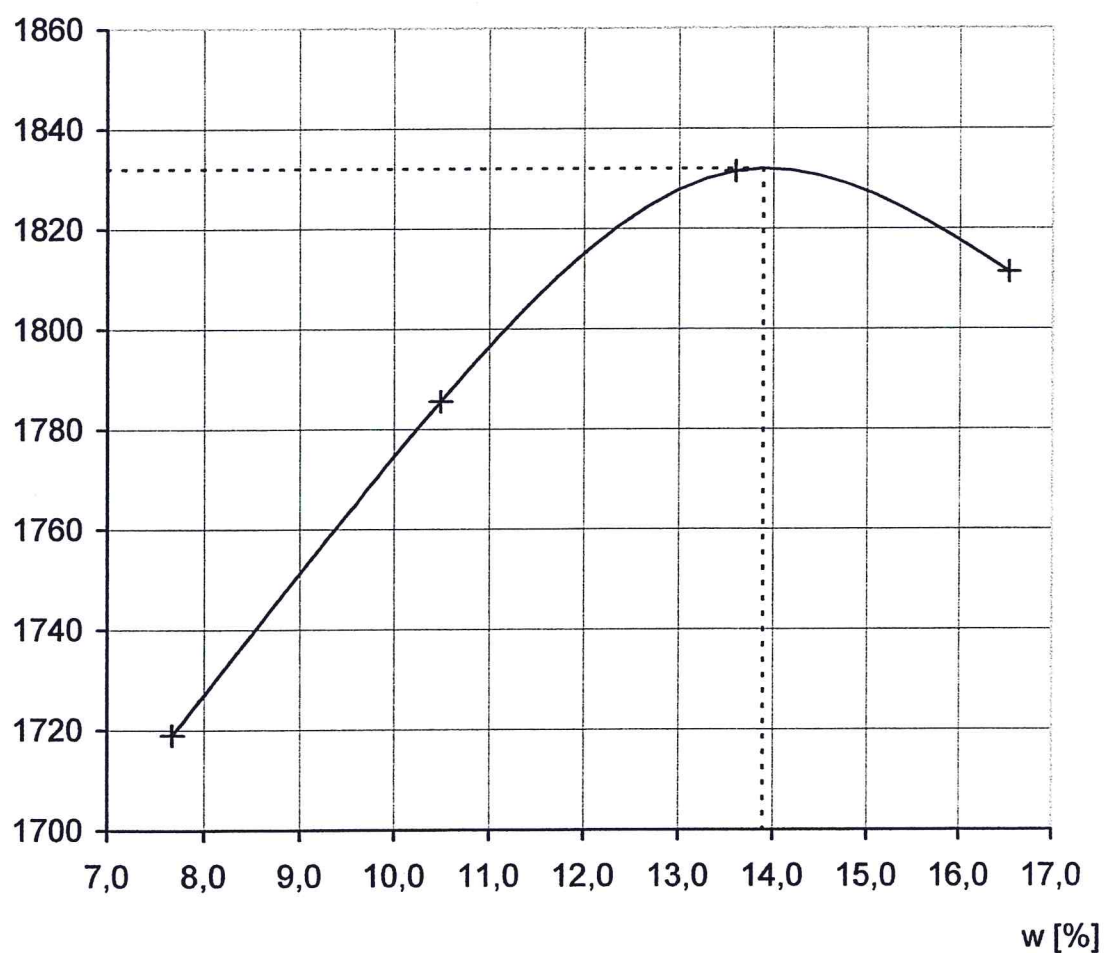
Hloubka [m]: 0,9-2,0

$\rho_{dmax} = 1832 \text{ kg/m}^3$	$w_{opt} = 13,9 \%$
-------------------------------------	---------------------

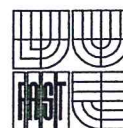
souřadnice bodů	
w [%]	$\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]
7,7	1719
10,5	1786
13,6	1831
16,5	1811

souřadnice bodů	
w [%]	$\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]

$\rho_d$  [kg/m<sup>3</sup>]







# Proctorova zkouška zhutnitelnosti

Typ zkoušky : PCS-A

Datum: 9.7.2003

Název akce: *Lichnov*

Číslo vzorku: 774

Sonda: K-125

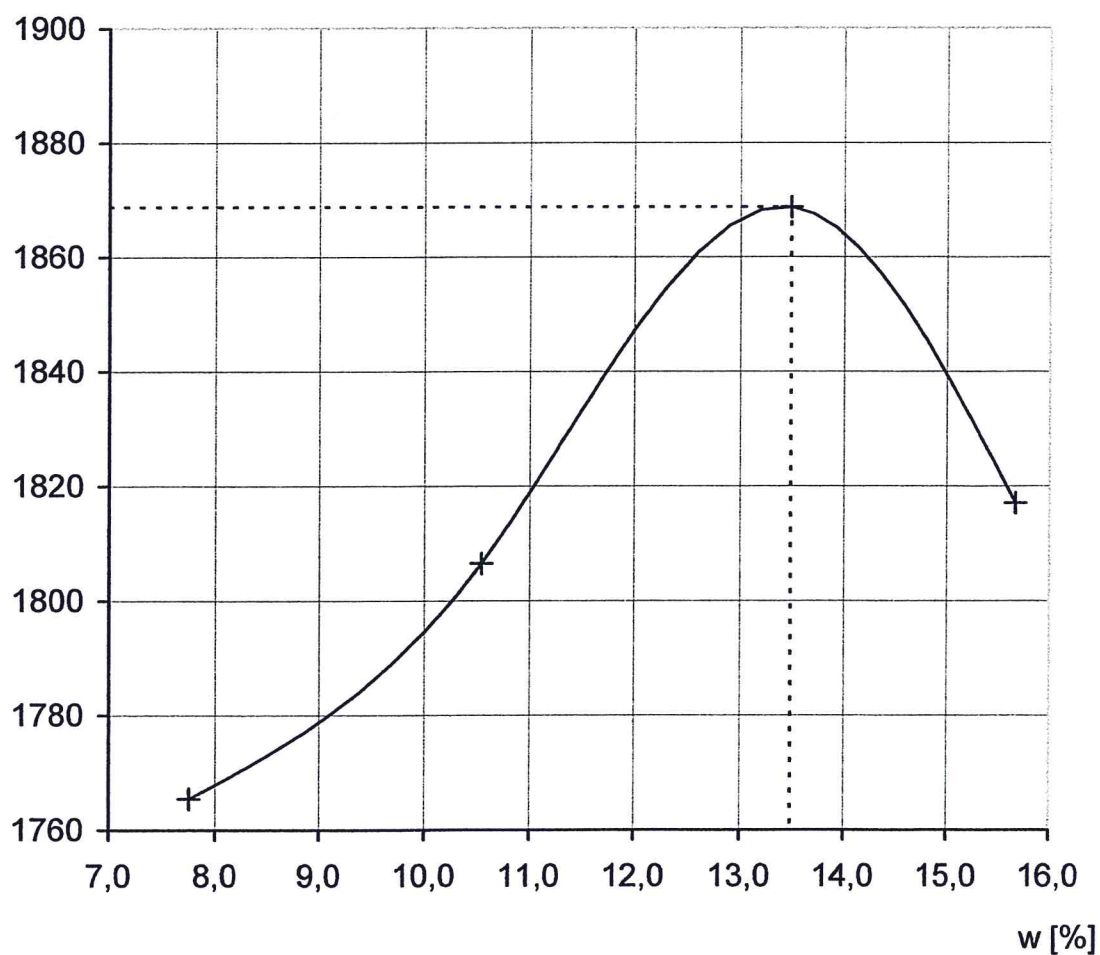
Hloubka [m]: 2,3-4,3

$\rho_{dmax} = 1869 \text{ kg/m}^3$	$w_{opt} = 13,5 \%$
-------------------------------------	---------------------

souřadnice bodů	
w [%]	$\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]
7,8	1765
10,5	1807
13,5	1869
15,7	1817

souřadnice bodů	
w [%]	$\rho_d$ [kg/m <sup>3</sup> ]

$\rho_d$  [kg/m<sup>3</sup>]





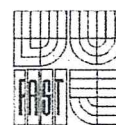
# **PŘÍLOHA 4**

**Zkouška propustnosti  
vzorek č. 773, 774**



# Zkouška propustnosti zemin

s konstantním hydraulickým sklonem



VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

Akce : Lichnov  
Vzorek č : 773

Sonda : K-120+3  
Hloubka : 0,9-2,0

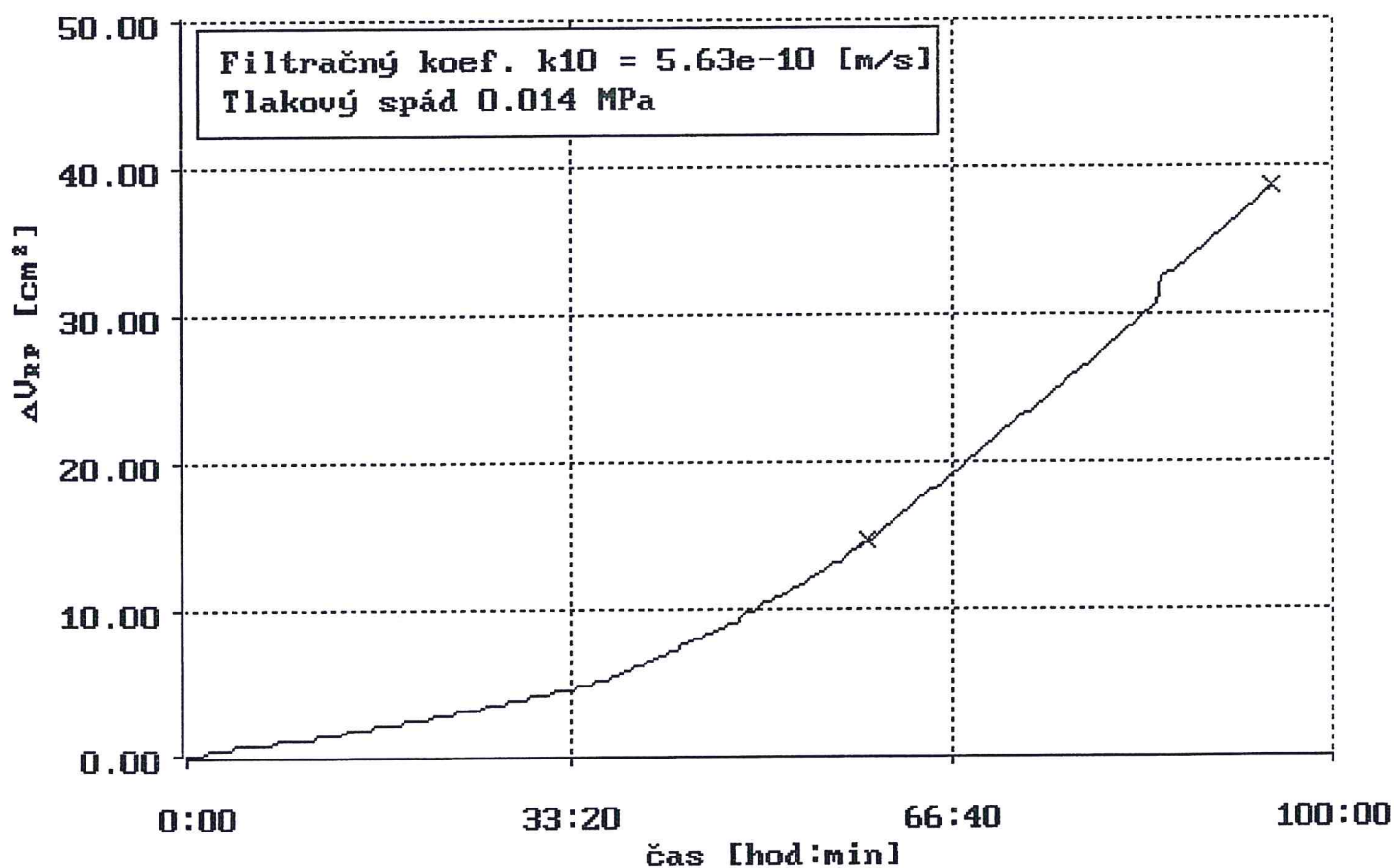
Datum : 16.7.2003

Hydraulický sklon  $i$  30

Objemová hmotnost  $\rho$   
2078 [kg/m<sup>3</sup>]  
Vlhkost -  $w$   
14,0 [%]

Průměr vzorku  $\phi$   
100,0 [mm]  
Výška vzorku  $l$   
50,0 [mm]

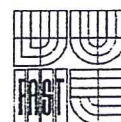
Komorový tlak  $P$   
0,05 [MPa]  
Rozdíl tlak.výšek  $h$   
150 [cm]





# Zkouška propustnosti zemin

s konstantním hydraulickým sklonem



VUT v Brně  
Fakulta stavební  
Ústav geotechniky

Akce : Lichnov  
Vzorek č : 774

Sonda : K-125  
Hloubka : 2,3-4,3

Datum : 14.7.2003

Hydraulický sklon  $i$  30

Objemová hmotnost  $\rho$

2108 [kg/m<sup>3</sup>]

Vlhkost -  $w$

14,0 [%]

Průměr vzorku  $\phi$

100,0 [mm]

Výška vzorku  $l$

50,0 [mm]

Komorový tlak  $P$

0,05 [MPa]

Rozdíl tlak.výšek  $h$

150 [cm]

