



**FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE**

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra železničních staveb

Možnosti využití dynamického triaxiálního lisu pro analýzu pražcového podloží  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Jan Ludvík

Příloha **C.1**

Modul pružnosti

Triaxiální zkouška

### MODUL PRUŽNOSTI

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: LNL\_3

Datum: 11.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

Lysá nad Labem

$W_{opt-2\%}$

#### Vstupní hodnoty

m	=	3381,70	g	<i>hmotnost vzorku</i>
$h_1$	=	200,0	mm	
$h_2$	=	199,0	mm	
$h_3$	=	200,0	mm	
h	=	199,7	mm	<i>výška vzorku</i>
$d_1$	=	100,4	mm	
$d_2$	=	100,8	mm	
$d_3$	=	100,0	mm	
d	=	100,4	mm	<i>průměr vzorku</i>
A	=	0,007917	$m^2$	<i>průřezová plocha vzorku</i>
V	=	0,001581	$m^3$	<i>objem vzorku</i>

#### Výstupní hodnoty

Sekvence	Počet cyklů	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	20 000	64,198	177,525	6,475	171,050	0,654	26,159	2,077	2,732
1	100	19,976	23,678	2,323	21,356	0,050	42,501	0,080	0,130
2	100	20,068	38,814	2,161	36,653	0,103	35,612	0,082	0,185
3	100	20,149	53,929	1,997	51,932	0,167	31,167	0,086	0,252
4	100	20,057	74,306	1,740	72,566	0,267	27,162	0,091	0,358
5	100	35,112	38,747	2,255	36,492	0,095	38,530	0,101	0,195
6	100	35,043	53,934	2,091	51,843	0,154	33,710	0,102	0,256
7	100	35,041	74,379	1,777	72,603	0,247	29,373	0,105	0,352
8	100	35,037	94,953	1,481	93,472	0,335	27,861	0,109	0,445
9	100	35,048	125,989	1,100	124,889	0,455	27,432	0,116	0,572
10	100	50,007	53,958	2,080	51,878	0,151	34,466	0,126	0,276
11	100	49,914	74,321	1,810	72,512	0,235	30,840	0,127	0,362
12	100	50,087	94,923	1,518	93,406	0,319	29,322	0,129	0,447
13	100	50,032	125,948	1,109	124,839	0,430	29,005	0,133	0,563
14	100	50,038	167,498	0,600	166,898	0,562	29,711	0,140	0,702
15	100	70,124	74,319	1,841	72,478	0,222	32,644	0,155	0,377
16	100	70,110	94,917	1,569	93,348	0,300	31,124	0,155	0,455
17	100	70,016	125,806	1,171	124,635	0,406	30,713	0,158	0,564
18	100	69,904	167,397	0,675	166,722	0,528	31,602	0,163	0,690
19	100	70,006	208,587	0,252	208,335	0,635	32,831	0,172	0,807

Aritmetický průměr	45,041	92,969	1,555	91,413	0,298	31,874	0,123	0,420
--------------------	--------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------

Směrodatná odchylka	18,620	49,645	0,595	50,238	0,168	3,873	0,029	0,190
---------------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Trvalé přetvoření	2,000	<	2,077
-------------------	-------	---	-------

**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: **C.1**

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: LNL\_3

Datum: 11.12.2020

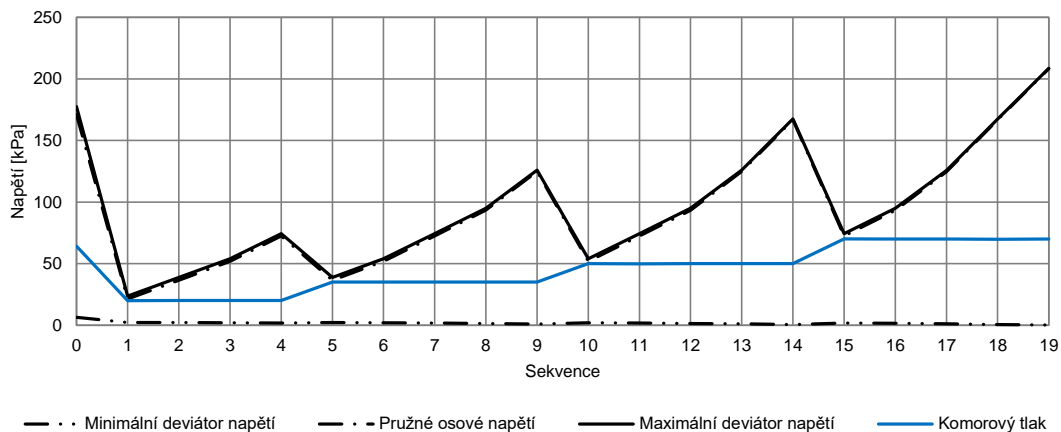
Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

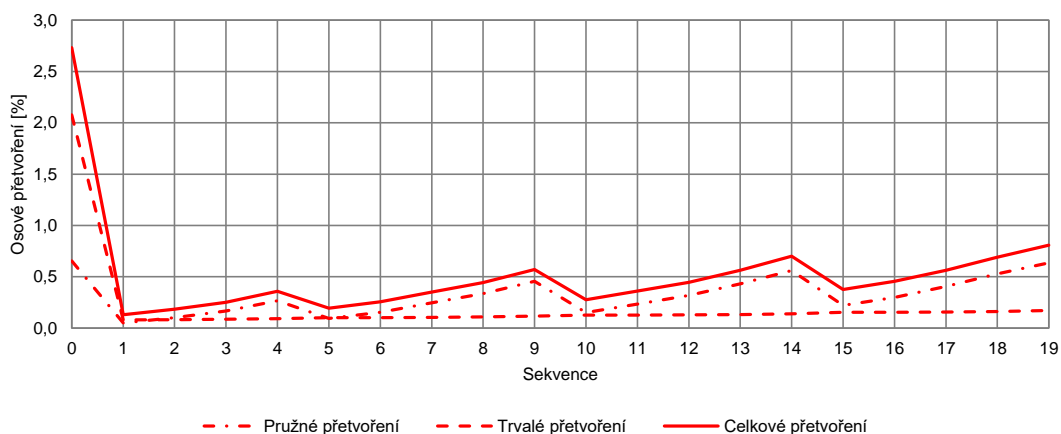
**Lysá nad Labem**

$W_{opt-2\%}$

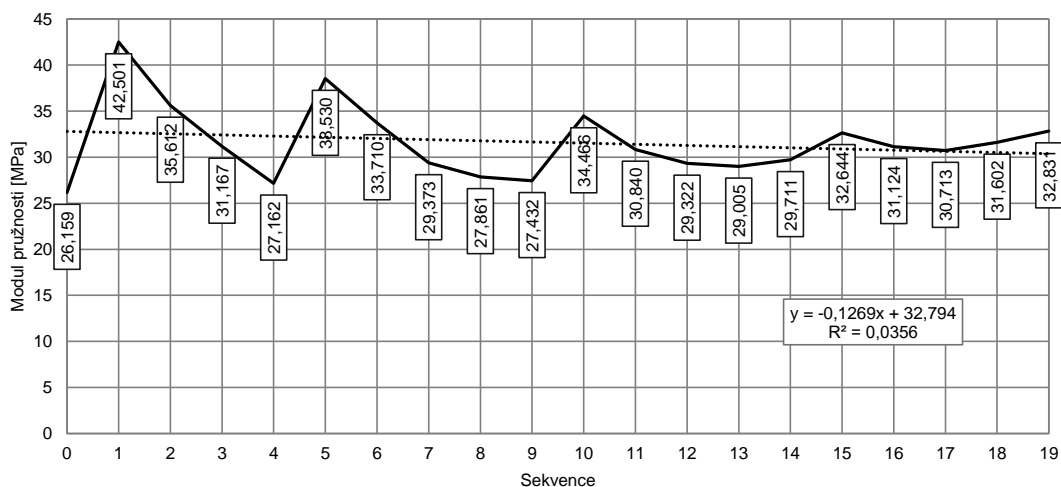
Graf č. 1: Průběh napětí



Graf č. 2: Průběh osového přetvoření



Graf č. 3: Průběh modulu pružnosti



### MODUL PRUŽNOSTI

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: LNL\_3

Datum: 11.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

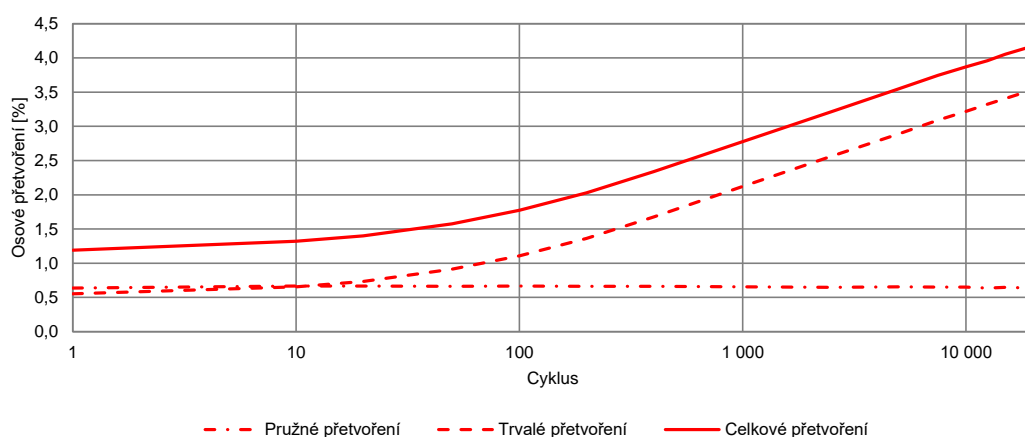
Lysá nad Labem

$W_{opt-2\%}$

### Příprava vzorku

Sekvence	Cyklus	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	1	64,699	156,308	11,224	145,083	0,637	22,791	0,553	1,190
	10	64,224	161,754	9,308	152,446	0,667	22,858	0,654	1,321
	20	63,951	163,532	8,919	154,612	0,665	23,256	0,736	1,400
	50	63,994	166,242	8,651	157,591	0,663	23,766	0,913	1,576
	100	63,979	169,132	7,847	161,285	0,666	24,213	1,107	1,773
	200	64,533	171,099	7,484	163,615	0,664	24,635	1,363	2,027
	400	64,589	175,118	6,709	168,409	0,663	25,393	1,677	2,340
	1 000	64,060	179,862	6,149	173,713	0,656	26,482	2,122	2,778
	2 500	63,992	184,463	5,306	179,156	0,649	27,597	2,565	3,214
	5 000	64,019	184,984	4,656	180,329	0,656	27,478	2,891	3,547
	7 500	64,063	187,539	4,208	183,331	0,653	28,084	3,093	3,745
	10 000	64,067	189,221	4,446	184,775	0,653	28,289	3,217	3,871
12 500	64,364	190,137	4,441	185,696	0,638	29,107	3,323	3,961	
15 000	64,414	191,499	3,925	187,573	0,648	28,935	3,407	4,055	
20 000	64,022	191,989	3,853	188,137	0,638	29,500	3,537	4,175	
Aritmetický průměr		64,198	177,525	6,475	171,050	0,654	26,159	2,077	2,732
Směrodatná odchylka		0,254	12,099	2,327	14,410	0,011	2,432	1,127	1,122

Graf č. 4: Průběh osového přetvoření při přípravě vzorku



**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: **C.1**

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: SV\_2

Datum: 02.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

**Sudoměřice-Votice**

$W_{insitu}$

**Vstupní hodnoty**

m	=	3299,90	g	<i>hmotnost vzorku</i>
$h_1$	=	200,0	mm	
$h_2$	=	199,0	mm	
$h_3$	=	199,0	mm	
h	=	199,3	mm	<i>výška vzorku</i>
$d_1$	=	100,4	mm	
$d_2$	=	100,1	mm	
$d_3$	=	100,6	mm	
d	=	100,4	mm	<i>průměr vzorku</i>
A	=	0,007912	$m^2$	<i>průřezová plocha vzorku</i>
V	=	0,001577	$m^3$	<i>objem vzorku</i>

**Výstupní hodnoty**

Sekvence	Počet cyklů	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	20 000	69,820	140,925	9,667	131,259	0,720	18,252	2,757	3,478
1	100	20,134	23,796	2,387	21,409	0,084	25,629	2,394	2,477
2	100	20,034	38,550	2,148	36,402	0,172	21,176	2,387	2,559
3	100	19,951	53,311	1,853	51,458	0,274	18,771	2,379	2,653
4	100	19,845	72,577	1,403	71,174	0,438	16,245	2,377	2,816
5	100	34,928	38,290	2,085	36,205	0,181	19,998	2,376	2,557
6	100	35,144	52,996	1,774	51,223	0,283	18,073	2,373	2,656
7	100	34,995	72,841	1,322	71,519	0,440	16,246	2,371	2,811
8	100	34,890	92,729	0,857	91,871	0,615	14,938	2,376	2,991
9	100	34,944	122,742	0,139	122,603	0,879	13,946	2,408	3,288
10	100	50,069	52,842	1,788	51,053	0,291	17,516	2,409	2,701
11	100	49,911	71,924	1,273	70,652	0,456	15,477	2,405	2,862
12	100	49,980	91,868	0,731	91,137	0,635	14,355	2,403	3,038
13	100	49,925	123,387	0,080	123,307	0,883	13,965	2,410	3,293
14	100	50,191	165,189	-0,303	165,492	1,213	13,641	2,491	3,704
15	100	69,879	71,686	1,135	70,552	0,459	15,356	2,518	2,977
16	100	69,945	91,593	0,588	91,005	0,636	14,316	2,510	3,145
17	100	69,896	122,216	-0,166	122,382	0,900	13,598	2,508	3,408
18	100	69,901	165,827	-0,337	166,164	1,218	13,640	2,522	3,740
19	100	69,961	196,593	0,113	196,481	0,986	21,011	4,619	5,604

Aritmetický průměr	44,975	90,577	0,993	89,584	0,581	16,731	2,539	3,120
--------------------	--------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------

Směrodatná odchylka	18,610	47,759	0,888	48,584	0,347	3,312	0,507	0,707
---------------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Trvalé přetvoření	2,000	<	4,619
-------------------	-------	---	-------

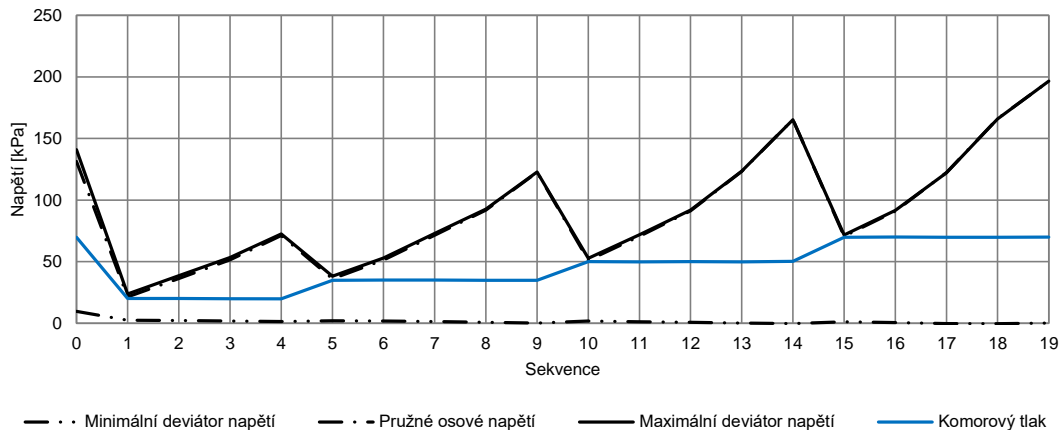
**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: C.1

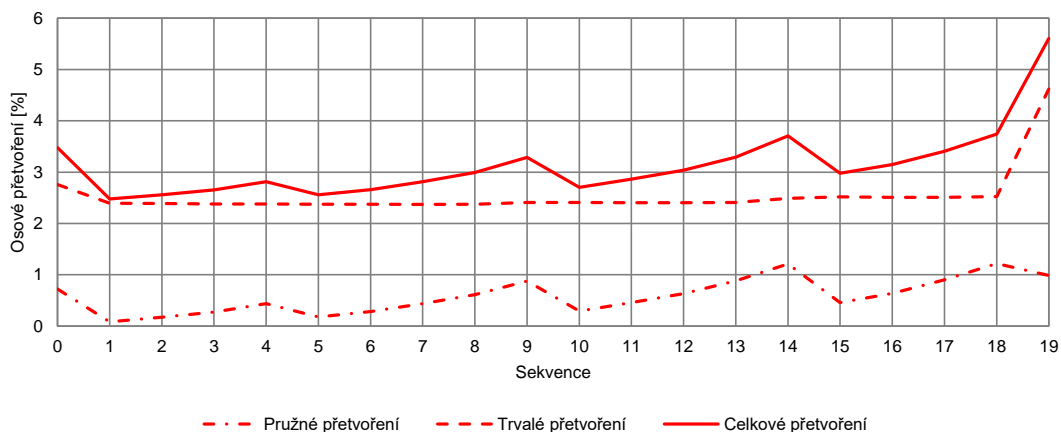
Norma: ČSN EN 13 286-7  
Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ  
Vzorek: SV\_2  
Datum: 02.12.2020  
Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS  
Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

**Sudoměřice-Votice**  
W<sub>insitu</sub>

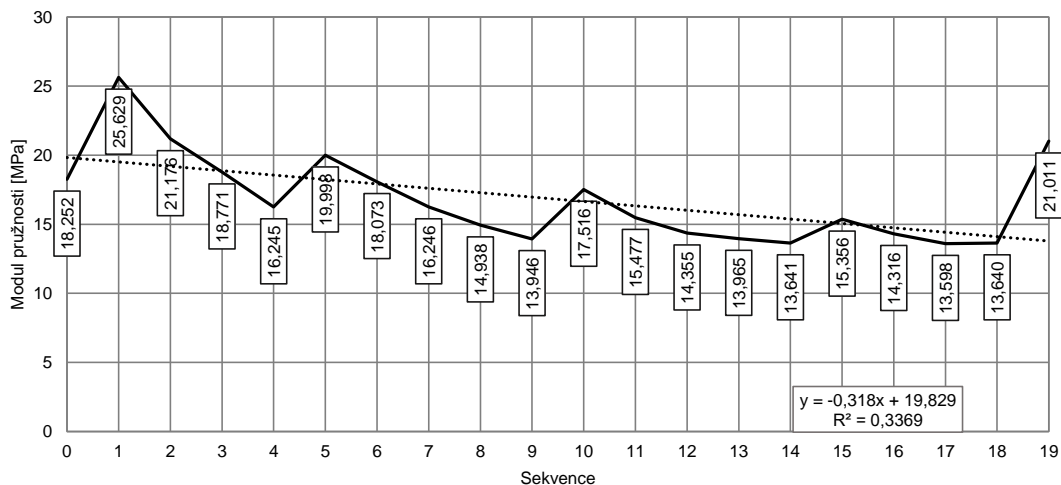
Graf č. 1: Průběh napětí



Graf č. 2: Průběh osového přetvoření



Graf č. 3: Průběh modulu pružnosti



**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: **C.1**

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: SV\_2

Datum: 02.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

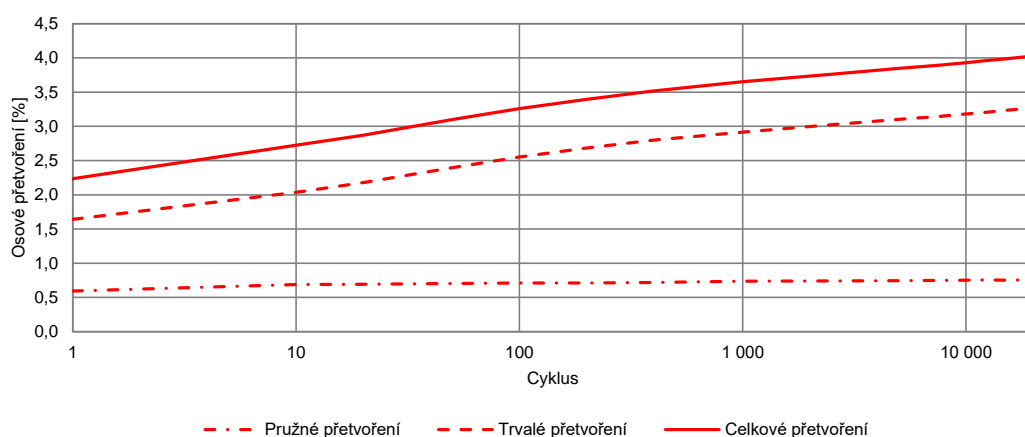
**Sudoměřice-Votice**

**W<sub>insitu</sub>**

**Příprava vzorku**

Sekvence	Cyklus	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
<b>0</b>	1	69,770	124,443	16,318	<b>108,125</b>	<b>0,594</b>	<b>18,546</b>	1,641	2,235
	10	69,767	135,427	13,279	<b>122,148</b>	<b>0,688</b>	<b>17,746</b>	2,036	2,725
	20	69,758	137,481	12,150	<b>125,331</b>	<b>0,693</b>	<b>18,099</b>	2,179	2,871
	50	69,750	140,751	10,789	<b>129,962</b>	<b>0,703</b>	<b>18,499</b>	2,397	3,100
	100	69,606	142,839	9,519	<b>133,320</b>	<b>0,709</b>	<b>18,793</b>	2,551	3,260
	200	69,578	143,725	9,169	<b>134,556</b>	<b>0,711</b>	<b>18,930</b>	2,683	3,394
	400	70,235	144,702	8,576	<b>136,126</b>	<b>0,720</b>	<b>18,907</b>	2,798	3,518
	1 000	70,018	145,431	7,840	<b>137,592</b>	<b>0,737</b>	<b>18,664</b>	2,916	3,653
	2 500	69,537	144,202	7,584	<b>136,618</b>	<b>0,740</b>	<b>18,456</b>	3,022	3,762
	5 000	69,751	143,599	8,122	<b>135,477</b>	<b>0,744</b>	<b>18,203</b>	3,102	3,846
	7 500	69,557	143,119	8,191	<b>134,928</b>	<b>0,748</b>	<b>18,035</b>	3,145	3,893
	10 000	69,912	142,697	8,410	<b>134,287</b>	<b>0,751</b>	<b>17,872</b>	3,179	3,931
12 500	69,584	142,458	7,923	<b>134,535</b>	<b>0,754</b>	<b>17,832</b>	3,207	3,961	
15 000	70,251	141,653	8,504	<b>133,149</b>	<b>0,753</b>	<b>17,673</b>	3,233	3,987	
20 000	70,222	141,354	8,629	<b>132,724</b>	<b>0,758</b>	<b>17,518</b>	3,270	4,028	
<b>Aritmetický průměr</b>		69,820	140,925	9,667	<b>131,259</b>	<b>0,720</b>	<b>18,252</b>	2,757	3,478
<b>Směrodatná odchylka</b>		0,253	5,270	2,471	<b>7,651</b>	<b>0,042</b>	<b>0,468</b>	0,501	0,541

Graf č. 4: Průběh osového přetvoření při přípravě vzorku



### MODUL PRUŽNOSTI

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: SV\_4

Datum: 14.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

Sudoměřice-Votice

$W_{opt}$

### Vstupní hodnoty

m	=	3288,11	g	<i>hmotnost vzorku</i>
$h_1$	=	200,0	mm	
$h_2$	=	200,0	mm	
$h_3$	=	199,0	mm	
h	=	199,7	mm	<i>výška vzorku</i>
$d_1$	=	99,8	mm	
$d_2$	=	99,9	mm	
$d_3$	=	100,1	mm	
d	=	99,9	mm	<i>průměr vzorku</i>
A	=	0,007844	$m^2$	<i>průřezová plocha vzorku</i>
V	=	0,001566	$m^3$	<i>objem vzorku</i>

### Výstupní hodnoty

Sekvence	Počet cyklů	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	20 000	65,157	172,221	1,728	170,494	0,610	28,123	1,459	2,070
1	100	19,876	23,710	2,204	21,506	0,045	47,936	0,026	0,071
2	100	19,951	38,847	2,128	36,719	0,097	38,044	0,026	0,123
3	100	19,925	53,941	1,993	51,949	0,163	31,918	0,024	0,187
4	100	20,037	73,824	1,685	72,139	0,261	27,668	0,023	0,284
5	100	35,033	38,774	2,133	36,641	0,101	36,457	0,023	0,123
6	100	34,899	53,833	2,006	51,827	0,166	31,140	0,022	0,189
7	100	35,021	73,835	1,732	72,103	0,259	27,846	0,022	0,281
8	100	35,095	94,149	1,363	92,785	0,372	24,966	0,022	0,394
9	100	34,968	124,806	0,803	124,003	0,540	22,974	0,021	0,561
10	100	50,077	53,706	1,978	51,728	0,172	30,040	0,022	0,194
11	100	50,026	73,583	1,697	71,886	0,268	26,811	0,021	0,289
12	100	50,029	93,889	1,339	92,550	0,379	24,390	0,021	0,400
13	100	50,020	124,913	0,805	124,109	0,539	23,046	0,021	0,560
14	100	50,025	167,372	0,203	167,169	0,725	23,049	0,026	0,751
15	100	70,030	73,556	1,682	71,874	0,268	26,836	0,042	0,309
16	100	70,001	93,865	1,310	92,555	0,380	24,333	0,027	0,408
17	100	70,016	124,675	0,800	123,875	0,543	22,826	0,028	0,570
18	100	69,992	167,509	0,193	167,316	0,725	23,090	0,030	0,755
19	100	69,956	209,632	-0,226	209,859	0,867	24,202	0,050	0,917

Aritmetický průměr	44,999	92,548	1,359	91,189	0,361	28,293	0,026	0,388
--------------------	--------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------

Směrodatná odchylka	18,652	49,714	0,735	50,444	0,236	6,565	0,008	0,240
---------------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Trvalé přetvoření	2,000	>	1,459
-------------------	-------	---	-------



**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: SV\_4

Datum: 14.12.2020

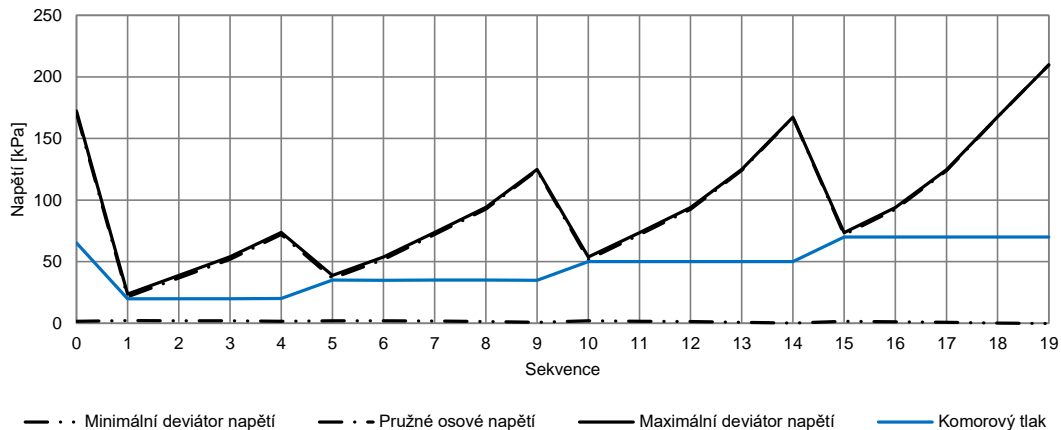
Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

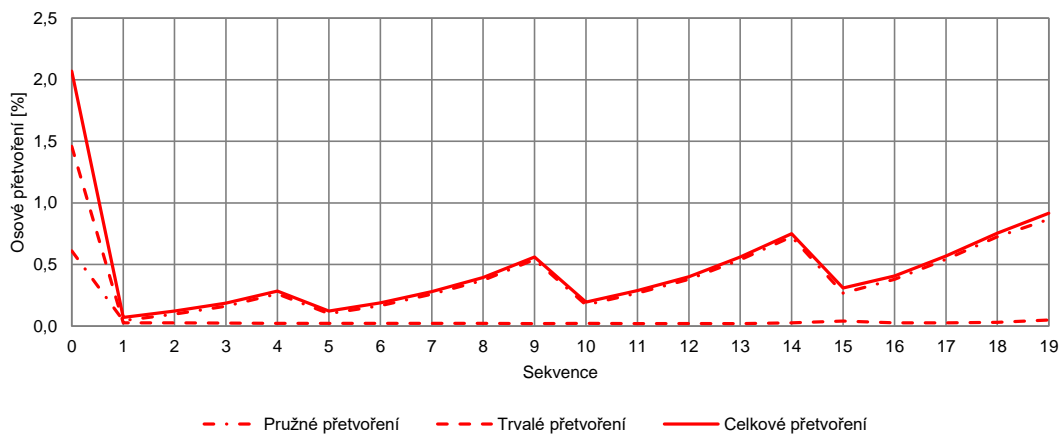
**Sudoměřice-Votice**

$W_{opt}$

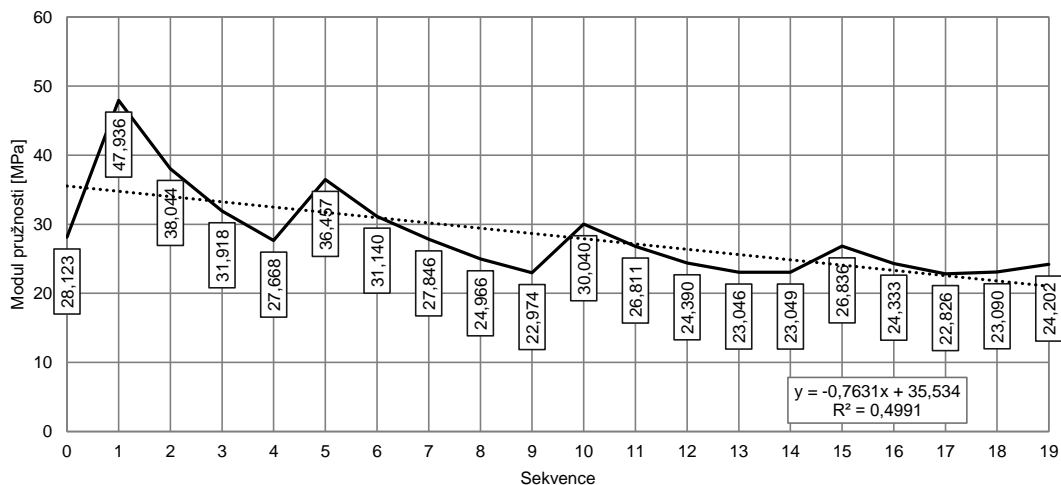
Graf č. 1: Průběh napětí



Graf č. 2: Průběh osového přetvoření



Graf č. 3: Průběh modulu pružnosti



**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: **C.1**

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: SV\_4

Datum: 14.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

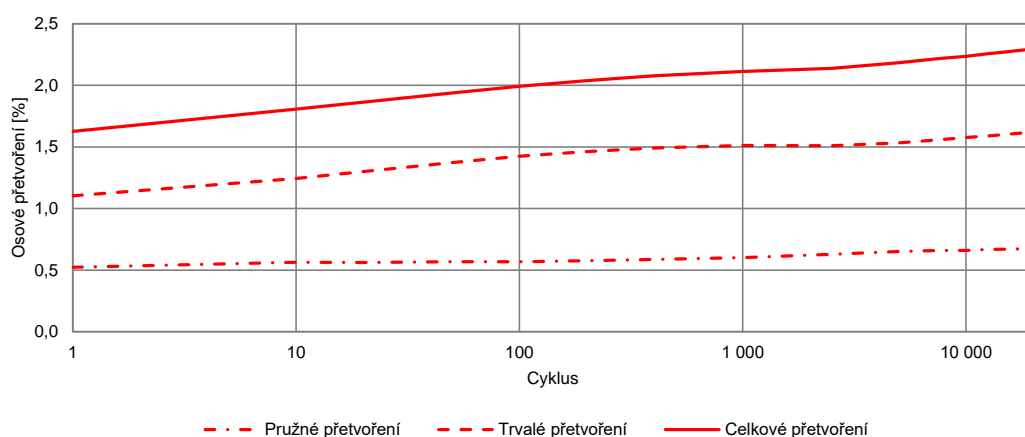
**Sudoměřice-Votice**

**W<sub>opt</sub>**

**Příprava vzorku**

Sekvence	Cyklus	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	1	65,088	162,894	6,070	<b>156,824</b>	<b>0,523</b>	<b>30,167</b>	1,103	1,626
	10	65,046	171,380	3,144	<b>168,236</b>	<b>0,563</b>	<b>29,865</b>	1,244	1,807
	20	65,148	173,021	2,265	<b>170,756</b>	<b>0,562</b>	<b>30,365</b>	1,300	1,862
	50	65,041	175,424	1,504	<b>173,920</b>	<b>0,567</b>	<b>30,675</b>	1,372	1,939
	100	65,582	176,960	1,030	<b>175,930</b>	<b>0,569</b>	<b>30,936</b>	1,423	1,992
	200	65,029	178,148	1,080	<b>177,068</b>	<b>0,576</b>	<b>30,740</b>	1,461	2,038
	400	65,057	178,156	0,508	<b>177,648</b>	<b>0,587</b>	<b>30,279</b>	1,491	2,078
	1 000	65,071	176,751	0,319	<b>176,432</b>	<b>0,602</b>	<b>29,317</b>	1,511	2,112
	2 500	65,097	172,245	0,897	<b>171,348</b>	<b>0,629</b>	<b>27,252</b>	1,510	2,138
	5 000	65,191	170,326	1,451	<b>168,875</b>	<b>0,651</b>	<b>25,947</b>	1,533	2,183
	7 500	65,070	170,159	1,464	<b>168,695</b>	<b>0,659</b>	<b>25,609</b>	1,557	2,215
	10 000	65,267	169,644	1,573	<b>168,072</b>	<b>0,658</b>	<b>25,538</b>	1,577	2,235
	12 500	65,082	169,620	1,454	<b>168,166</b>	<b>0,667</b>	<b>25,219</b>	1,588	2,255
15 000	65,495	169,400	1,607	<b>167,793</b>	<b>0,669</b>	<b>25,071</b>	1,601	2,270	
20 000	65,093	169,195	1,551	<b>167,644</b>	<b>0,674</b>	<b>24,867</b>	1,621	2,295	
Aritmetický průměr		65,157	172,221	1,728	<b>170,494</b>	<b>0,610</b>	<b>28,123</b>	1,459	2,070
Směrodatná odchylka		0,168	4,228	1,377	<b>5,320</b>	<b>0,050</b>	<b>2,485</b>	0,148	0,194

Graf č. 4: Průběh osového přetvoření při přípravě vzorku



### MODUL PRUŽNOSTI

Norma: ČSN EN 13 286-7  
Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ  
Vzorek: SV\_7  
Datum: 15.12.2020  
Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS  
Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

Příloha: C.1

Sudoměřice-Votice

$W_{opt-2\%}$

### Vstupní hodnoty

m	=	3207,16	g	<i>hmotnost vzorku</i>
$h_1$	=	201,0	mm	
$h_2$	=	200,0	mm	
$h_3$	=	200,0	mm	
h	=	200,3	mm	<i>výška vzorku</i>
$d_1$	=	100,2	mm	
$d_2$	=	100,2	mm	
$d_3$	=	99,9	mm	
d	=	100,1	mm	<i>průměr vzorku</i>
A	=	0,007870	$m^2$	<i>průřezová plocha vzorku</i>
V	=	0,001577	$m^3$	<i>objem vzorku</i>

### Výstupní hodnoty

Sekvence	Počet cyklů	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	20 000	64,894	179,008	4,062	174,946	0,601	29,304	1,176	1,776
1	100	19,858	24,020	2,247	21,773	0,092	23,590	0,376	0,469
2	100	20,038	39,702	2,093	37,609	0,146	25,672	0,368	0,515
3	100	20,050	54,676	1,902	52,774	0,208	25,320	0,362	0,570
4	100	20,111	74,848	1,707	73,140	0,306	23,905	0,355	0,660
5	100	35,080	39,630	2,046	37,584	0,151	24,816	0,362	0,514
6	100	35,089	54,590	1,942	52,648	0,213	24,743	0,356	0,569
7	100	35,130	74,764	1,666	73,098	0,307	23,828	0,349	0,655
8	100	35,096	95,282	1,376	93,906	0,407	23,050	0,342	0,750
9	100	35,060	125,797	0,989	124,808	0,566	22,036	0,334	0,900
10	100	49,961	54,473	1,885	52,588	0,221	23,836	0,353	0,574
11	100	50,145	74,786	1,665	73,121	0,315	23,217	0,347	0,662
12	100	50,011	95,076	1,398	93,678	0,414	22,602	0,341	0,755
13	100	49,984	125,854	1,150	124,704	0,572	21,796	0,326	0,899
14	100	49,969	168,162	1,093	167,069	0,774	21,599	0,301	1,074
15	100	70,018	74,651	1,614	73,037	0,324	22,577	0,349	0,673
16	100	69,974	95,029	1,379	93,649	0,423	22,138	0,341	0,764
17	100	69,891	125,604	1,162	124,442	0,580	21,442	0,326	0,906
18	100	70,013	168,180	1,112	167,068	0,777	21,515	0,299	1,076
19	100	69,974	209,967	1,035	208,933	0,925	22,590	0,293	1,218

Aritmetický průměr	45,024	93,426	1,551	91,875	0,406	23,172	0,341	0,748
--------------------	--------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------

Směrodatná odchylka	18,608	49,675	0,398	50,040	0,236	1,315	0,023	0,213
---------------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Trvalé přetvoření	2,000	>	1,176
-------------------	-------	---	-------

**MODUL PRUŽNOSTI**

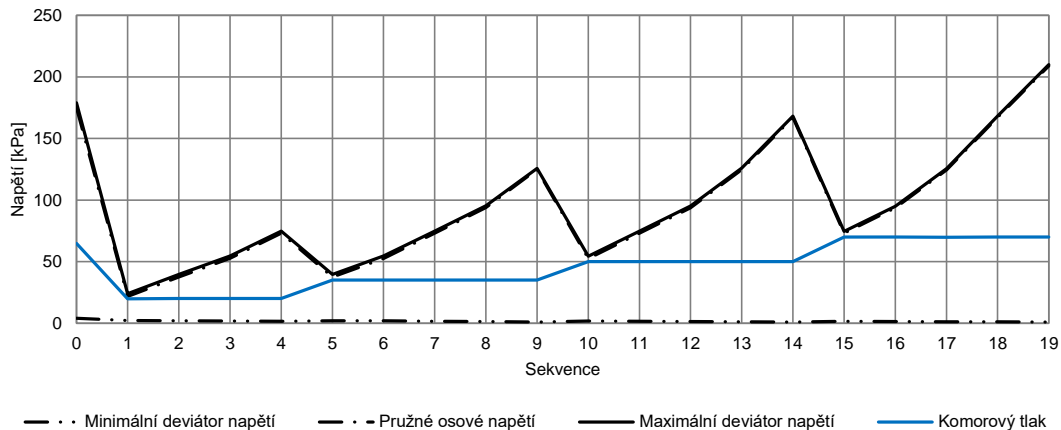
Příloha: **C.1**

Norma: ČSN EN 13 286-7  
 Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ  
 Vzorek: SV\_7  
 Datum: 15.12.2020  
 Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS  
 Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

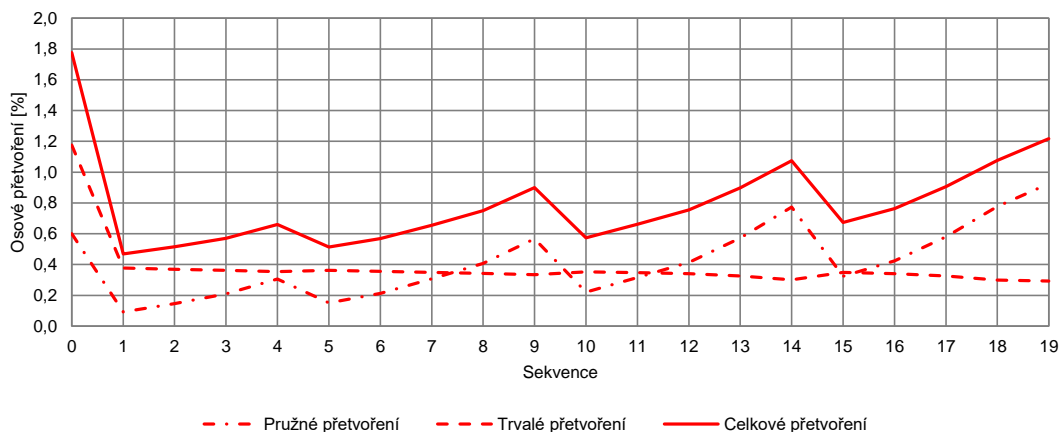
**Sudoměřice-Votice**

$W_{opt-2\%}$

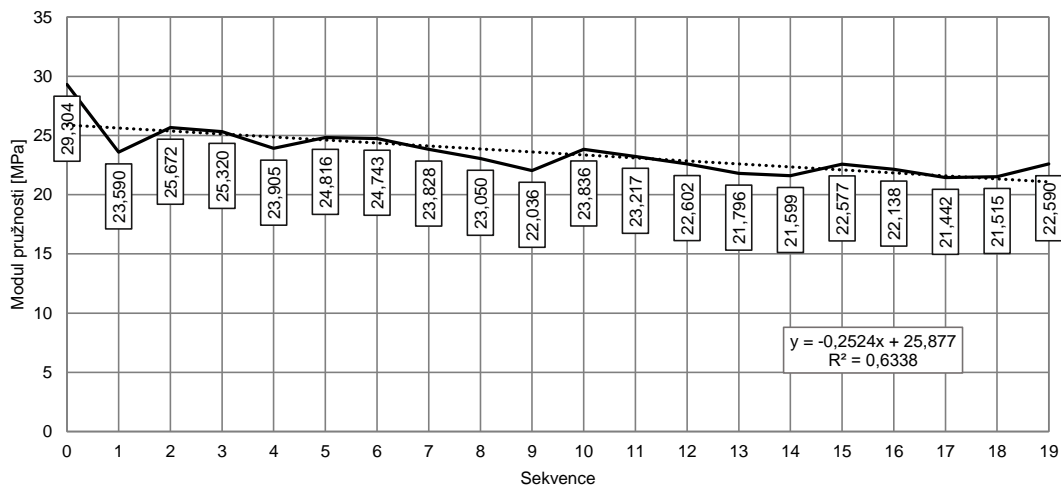
Graf č. 1: Průběh napětí



Graf č. 2: Průběh osového přetvoření



Graf č. 3: Průběh modulu pružnosti



**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: **C.1**

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: SV\_7

Datum: 15.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

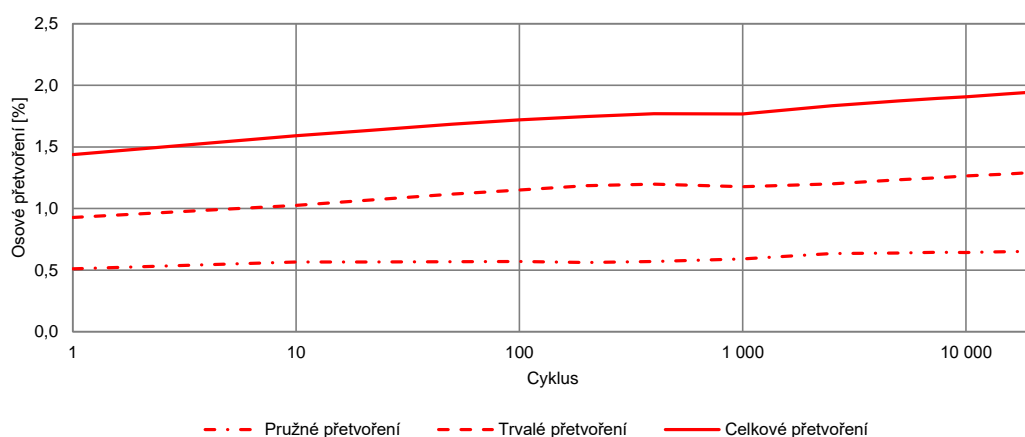
**Sudoměřice-Votice**

$W_{opt-2\%}$

**Příprava vzorku**

Sekvence	Cyklus	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	1	64,857	170,058	8,257	<b>161,801</b>	<b>0,510</b>	<b>31,935</b>	0,927	1,437
	10	64,606	179,906	5,950	<b>173,956</b>	<b>0,565</b>	<b>30,775</b>	1,025	1,590
	20	65,072	181,547	5,686	<b>175,861</b>	<b>0,565</b>	<b>31,099</b>	1,064	1,630
	50	65,089	183,859	4,673	<b>179,185</b>	<b>0,568</b>	<b>31,550</b>	1,116	1,684
	100	64,674	184,887	4,287	<b>180,600</b>	<b>0,570</b>	<b>31,710</b>	1,149	1,718
	200	65,043	185,580	4,011	<b>181,569</b>	<b>0,561</b>	<b>32,350</b>	1,185	1,746
	400	64,732	185,205	3,802	<b>181,403</b>	<b>0,571</b>	<b>31,794</b>	1,199	1,769
	1 000	65,170	179,854	3,607	<b>176,247</b>	<b>0,590</b>	<b>29,891</b>	1,177	1,767
	2 500	64,678	177,180	2,901	<b>174,279</b>	<b>0,633</b>	<b>27,521</b>	1,200	1,833
	5 000	64,682	176,459	2,942	<b>173,517</b>	<b>0,639</b>	<b>27,144</b>	1,233	1,873
	7 500	64,670	176,394	2,938	<b>173,456</b>	<b>0,645</b>	<b>26,888</b>	1,250	1,895
	10 000	65,130	176,019	2,995	<b>173,023</b>	<b>0,643</b>	<b>26,913</b>	1,264	1,907
	12 500	65,162	176,115	2,926	<b>173,189</b>	<b>0,646</b>	<b>26,822</b>	1,273	1,919
15 000	65,035	175,968	3,058	<b>172,909</b>	<b>0,650</b>	<b>26,619</b>	1,280	1,929	
20 000	64,806	176,086	2,894	<b>173,193</b>	<b>0,652</b>	<b>26,551</b>	1,293	1,945	
<b>Aritmetický průměr</b>		64,894	179,008	4,062	<b>174,946</b>	<b>0,601</b>	<b>29,304</b>	1,176	1,776
<b>Směrodatná odchylka</b>		0,211	4,468	1,539	<b>4,859</b>	<b>0,045</b>	<b>2,380</b>	0,105	0,146

Graf č. 4: Průběh osového přetvoření při přípravě vzorku



### MODUL PRUŽNOSTI

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: PS\_3

Datum: 11.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

Praha, Smíchov

$W_{opt-2\%}$

#### Vstupní hodnoty

m	=	3157,00	g	<i>hmotnost vzorku</i>
$h_1$	=	200,0	mm	
$h_2$	=	200,0	mm	
$h_3$	=	199,0	mm	
h	=	199,7	mm	<i>výška vzorku</i>
$d_1$	=	99,7	mm	
$d_2$	=	99,9	mm	
$d_3$	=	100,0	mm	
d	=	99,9	mm	<i>průměr vzorku</i>
A	=	0,007833	m <sup>2</sup>	<i>průřezová plocha vzorku</i>
V	=	0,001564	m <sup>3</sup>	<i>objem vzorku</i>

#### Výstupní hodnoty

Sekvence	Počet cyklů	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{\max}$	$\sigma_d^{\min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	20 000	69,815	170,289	3,347	166,942	0,659	25,362	1,121	1,780
1	100	19,939	23,712	2,294	21,418	0,057	37,577	0,060	0,117
2	100	20,037	38,864	2,085	36,778	0,110	33,348	0,062	0,172
3	100	20,035	54,044	1,860	52,184	0,174	29,969	0,064	0,238
4	100	20,062	73,992	1,526	72,466	0,281	25,828	0,066	0,346
5	100	35,052	38,832	2,036	36,796	0,112	32,863	0,065	0,177
6	100	34,977	54,076	1,875	52,202	0,174	29,979	0,066	0,240
7	100	35,080	74,088	1,524	72,563	0,275	26,352	0,067	0,342
8	100	34,990	94,506	1,215	93,291	0,382	24,420	0,068	0,451
9	100	34,988	125,361	0,648	124,713	0,548	22,776	0,072	0,619
10	100	50,008	53,928	1,832	52,097	0,180	28,976	0,071	0,251
11	100	49,857	74,032	1,502	72,529	0,284	25,579	0,071	0,354
12	100	49,929	94,369	1,126	93,243	0,388	24,029	0,072	0,460
13	100	50,026	125,537	0,597	124,940	0,544	22,963	0,074	0,618
14	100	49,897	167,711	-0,023	167,734	0,735	22,836	0,081	0,816
15	100	70,135	73,858	1,489	72,369	0,290	24,944	0,085	0,375
16	100	70,004	94,254	1,155	93,098	0,395	23,575	0,084	0,479
17	100	69,911	125,324	0,591	124,733	0,549	22,727	0,085	0,634
18	100	70,031	167,908	0,042	167,866	0,733	22,906	0,089	0,822
19	100	69,980	209,806	-0,466	210,272	0,887	23,701	0,115	1,002

Aritmetický průměr	44,997	92,853	1,206	91,647	0,374	26,597	0,074	0,448
--------------------	--------	--------	-------	--------	-------	--------	-------	-------

Směrodatná odchylka	18,626	49,812	0,782	50,592	0,236	4,331	0,013	0,247
---------------------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	-------	-------

Trvalé přetvoření	2,000	>	1,121
-------------------	-------	---	-------

**MODUL PRUŽNOSTI**

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: PS\_3

Datum: 11.12.2020

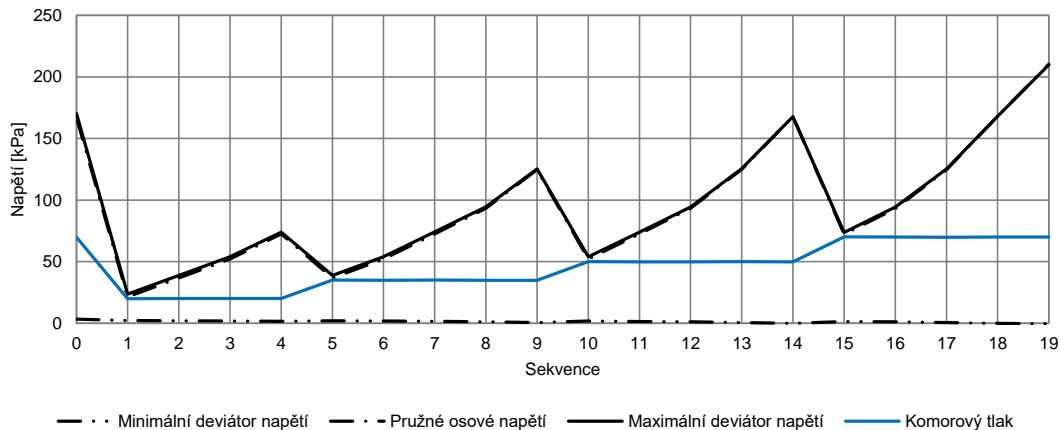
Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

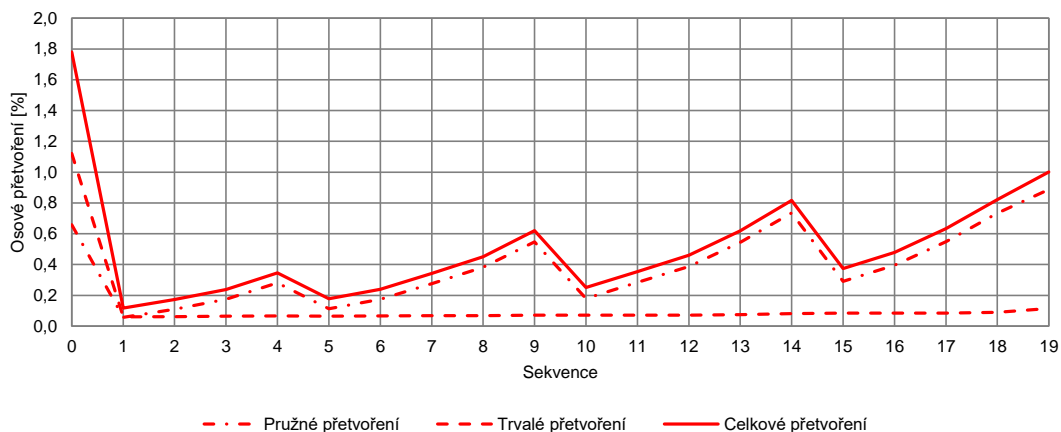
**Praha, Smíchov**

$W_{opt-2\%}$

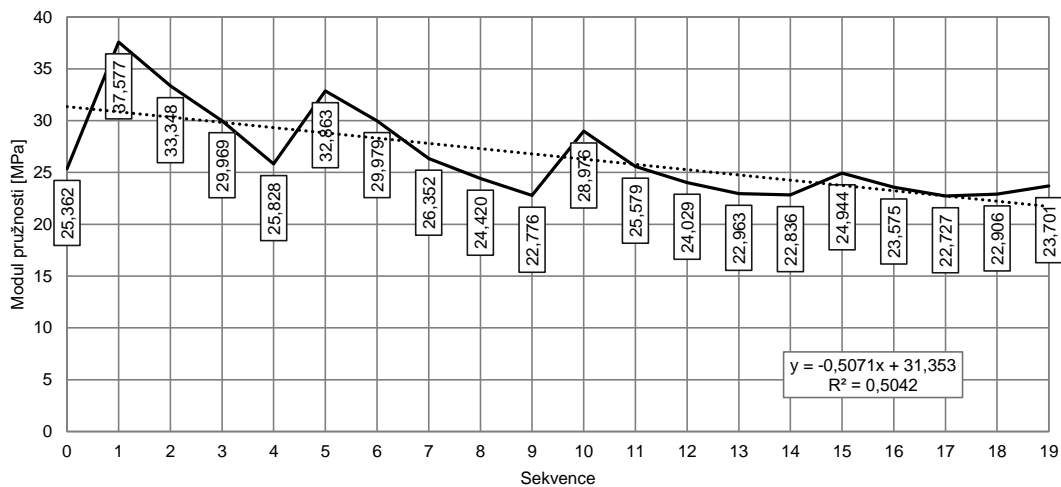
Graf č. 1: Průběh napětí



Graf č. 2: Průběh osového přetvoření



Graf č. 3: Průběh modulu pružnosti



### MODUL PRUŽNOSTI

Příloha: C.1

Norma: ČSN EN 13 286-7

Vrstva: NIŽŠÍ NAPĚTÍ

Vzorek: PS\_3

Datum: 11.12.2020

Zařízení: Wykeham Farrance DYNATRIAX EmS

Místo: Fakulta stavební ČVUT v Praze, D1112

Praha, Smíchov

$W_{opt-2\%}$

### Příprava vzorku

Sekvence	Cyklus	Komorový tlak	Maximální deviator napětí	Minimální deviator napětí	Pružné osové napětí	Pružné přetvoření	Modul pružnosti	Trvalé přetvoření	Celkové přetvoření
		$\sigma_3$	$\sigma_d^{max}$	$\sigma_d^{min}$	$\sigma_1^r$	$\varepsilon_1^r$	$E_r$	$\varepsilon_1^p$	$\varepsilon_1$
		[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[MPa]	[%]	[%]
0	1	69,700	162,147	7,489	154,659	0,592	26,203	0,586	1,178
	10	69,697	167,955	5,431	162,524	0,631	25,741	0,709	1,340
	20	69,695	169,105	4,712	164,392	0,637	25,799	0,761	1,398
	50	69,948	170,826	3,970	166,856	0,642	26,001	0,846	1,488
	100	69,631	171,365	3,417	167,948	0,645	26,045	0,912	1,557
	200	70,140	171,515	3,230	168,286	0,653	25,783	0,974	1,627
	400	69,537	171,907	2,897	169,010	0,658	25,689	1,042	1,700
	1 000	69,822	171,464	2,640	168,824	0,667	25,316	1,135	1,802
	2 500	70,142	171,463	2,498	168,965	0,677	24,954	1,234	1,911
	5 000	70,099	171,090	2,445	168,645	0,674	25,006	1,325	1,999
	7 500	69,584	170,999	2,386	168,613	0,676	24,937	1,381	2,057
	10 000	69,604	170,987	2,437	168,550	0,681	24,747	1,423	2,104
	12 500	69,851	171,000	2,273	168,728	0,686	24,593	1,456	2,142
15 000	70,084	171,205	2,339	168,866	0,679	24,883	1,491	2,170	
20 000	69,687	171,300	2,042	169,259	0,684	24,740	1,541	2,225	
Aritmetický průměr		69,815	170,289	3,347	166,942	0,659	25,362	1,121	1,780
Směrodatná odchylka		0,216	2,471	1,503	3,893	0,026	0,552	0,313	0,338

Graf č. 4: Průběh osového přetvoření při přípravě vzorku

