



Instytut Techniki Budowlanej

ZESPÓŁ LABORATORIÓW BADAWCZYCH
akredytowany przez Polskie Centrum Akredytacji
certyfikat akredytacji
nr AB 023



AB 023

Strona 1 z 39

ZAKŁAD KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH, GEOTECHNIKI I BETONU

LABORATORIUM KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH, GEOTECHNIKI I BETONU

RAPORT Z BADAŃ NR LZK00-03074/20/Z00NZK

Niniejszy raport został wydany w trzech egzemplarzach, przy czym dwa otrzymał Klient, a jeden pozostał w ITB.

Klient: *DAGEO Andrzej Drążek*

Adres klienta: *ul. Petofiego 2A/28, 01-917 Warszawa*

Informacje dotyczące obiektu badań

Obiekt badań:	<i>Próbki gruntu pobrane z wału przeciwpowodziowego w Łomiankach km 0+000 - 3+100</i>
opis, stan i identyfikacja	
Data przyjęcia/pobrania obiektu badań:	<i>23.10.2020 r</i>
Procedura przyjęcia/pobrania obiektu badań:	<i>Procedura LG-2 (procedura poza zakresem akredytacji)</i>
Nr protokołu przyjęcia/pobrania obiektu badań:	<i>LZK00-03074/20/Z00NZK</i>

Informacje dotyczące badań

Data rozpoczęcia badań:	<i>26.10.2020 r.</i>
Data zakończenia badań:	<i>13.11.2020 r.</i>

Metoda/procedura badania

Badania objęte akredytacją

Straty masy przy prażeniu wg PN-B-04481:1988

Wilgotność wg PKN-CEN ISO/TS 17892-1:2009

Skład granulometryczny - metoda sitowa wg PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2009

Skład granulometryczny - metoda areometryczna wg PKN-CEN ISO/TS 17892-4:2009

Oznaczenie granicy płynności Metoda penetrometru stożkowego wg PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009

Oznaczenie granicy plastyczności wg PKN-CEN ISO/TS 17892-12:2009

Badanie edometryczne przy przyroście obciążenia wg PKN-CEN ISO/TS 17892-5:2009

Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania - aparat skrzynkowy wg PKN-CEN ISO/TS 17892-10:2009

LABORATORIUM KONSTRUKCJI BUDOWLANYCH, GEOTECHNIKI I BETONU

Warszawa | ul. Ksawerów 21 | tel. 22 56 64 382 | fax 22 56 64 258

Instytut Techniki Budowlanej : 00-611 Warszawa | ul. Filtrowa 1 | tel. 22 825 04 71 | fax 22 825 52 86 | Dyrektor tel. 22 825 28 85 | 22 825 13 03 | fax 22 825 77 30 | KRS: 0000158785 | Regon: 000063650 | NIP: 525 000 93 58 | | www.itb.pl | instytut@itb.pl

Wyniki badań

1. Skład granulometryczny – metoda areometryczna

Wyniki oznaczeń zawartości frakcji dla przebadanych próbek wraz z wykresami uziarnienia przedstawione zostały w tabelach nr 1 - 5.

Zawartość frakcji oznaczono metodą areometryczną. Podczas badania, jako stabilizatora użyto pirofosforanu sodu.

Względna niepewność rozszerzona oznaczenia zawartości frakcji wynosi 3% wielkości zawartości frakcji przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k=2$.

Przy klasyfikowaniu gruntów według kryteriów określonych w PN-EN ISO 14688-2:2006 oraz PN-B-02480:1986, zastosowana została reguła prostej akceptacji dlatego nazwę gruntu określono na podstawie zawartości procentowej frakcji bez uwzględnienia niepewności pomiarowej. Takie podejście może być obarczone ryzykiem błędnej oceny nazwy gruntu wynikającym z nieuwzględnienia niepewności pomiarowej w ocenie.

Tabela nr 1

Numer otworu	K1	Głębokość pobrania [m p.p.t.]				6,6-8,0 (7,0-7,3)	
		Zawartość procentowa frakcji (%)				Gęstość właściwa	(założona)
iłowa	pyłowa	piaskowa	żwirowa i kamienista				(g/cm ³)
<0,002 mm	0,002-0,05 mm	0,05-2 mm	>2 mm	Nazwa gruntu w g PN-B-02480:1986			2,67
17	32	51	0	glina			
<0,002 mm	0,002-0,063 mm	0,063-2 mm	>2 mm	Symbol gruntu w g PN-EN ISO14688-2:2006			
17	43	40	0	sasiCl			

WYKRES UZIARNIENIA

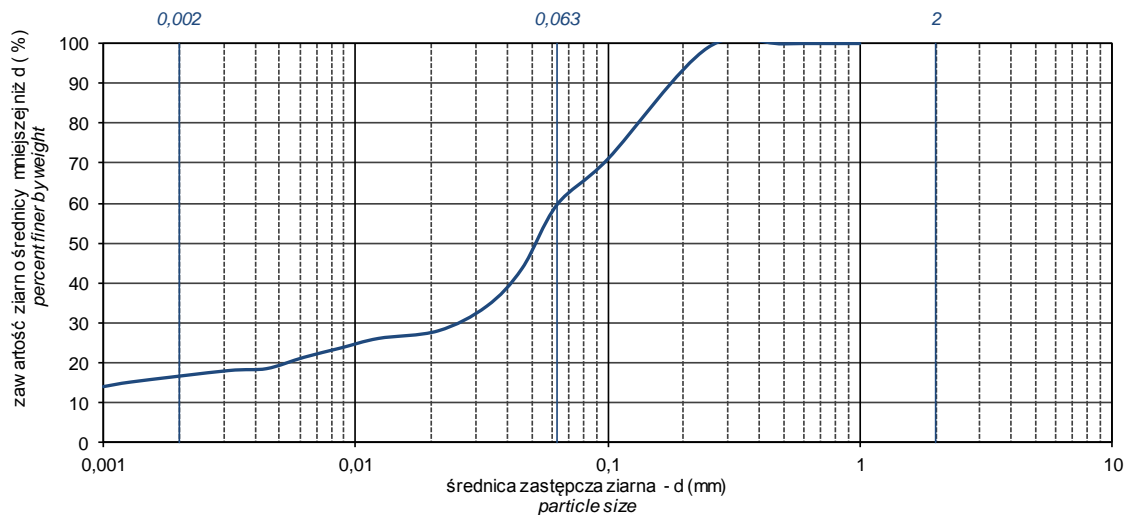


Tabela nr 2

Numer otworu K7		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		6,0-7,0 (6,2-6,6)	
Zawartość procentowa frakcji (%)				Gęstość właściwa (założona)	
iłowa	pyłowa	piaskowa	żwirowa i kamienista	2,67	(g/cm ³)
<0,002 mm	0,002-0,05 mm	0,05-2 mm	>2 mm	Nazwa gruntu w g PN-B-02480:1986	
19	51	30	0	glina	
<0,002 mm	0,002-0,063 mm	0,063-2 mm	>2 mm	Symbol gruntu w g PN-EN ISO14688-2:2006	
19	65	16	0	siCl	

WYKRES UZIARNIENIA

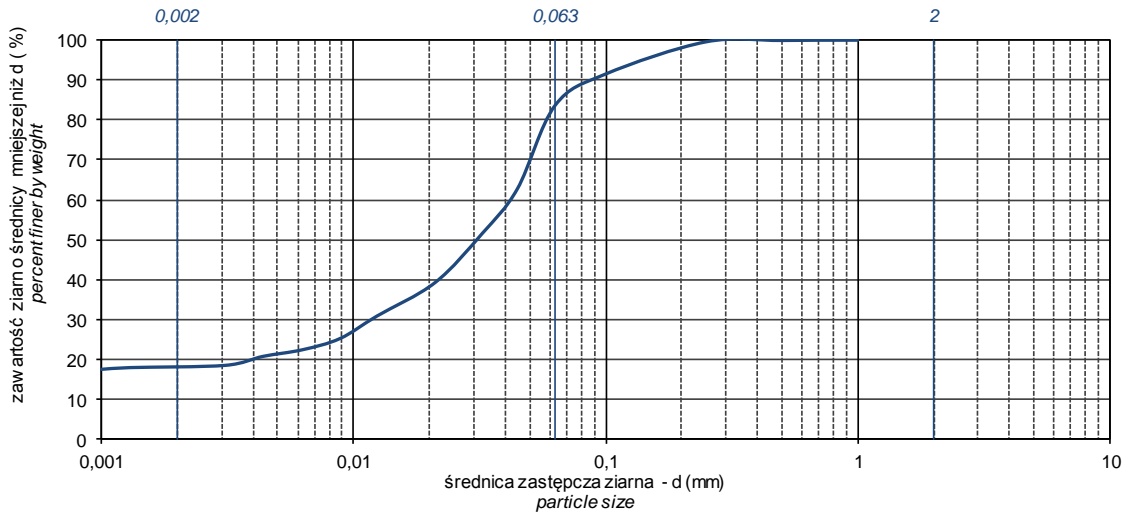


Tabela nr 3

Numer otworu K12		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		4,0-5,8 (4,2-4,5)	
Zawartość procentowa frakcji (%)				Gęstość właściwa (założona)	
iłowa	pyłowa	piaskowa	żwirowa i kamienista	2,67	(g/cm ³)
<0,002 mm	0,002-0,05 mm	0,05-2 mm	>2 mm	Nazwa gruntu w g PN-B-02480:1986	
11	31	58	0	glina	
<0,002 mm	0,002-0,063 mm	0,063-2 mm	>2 mm	Symbol gruntu w g PN-EN ISO14688-2:2006	
11	55	34	0	saciSi	

WYKRES UZIARNIENIA

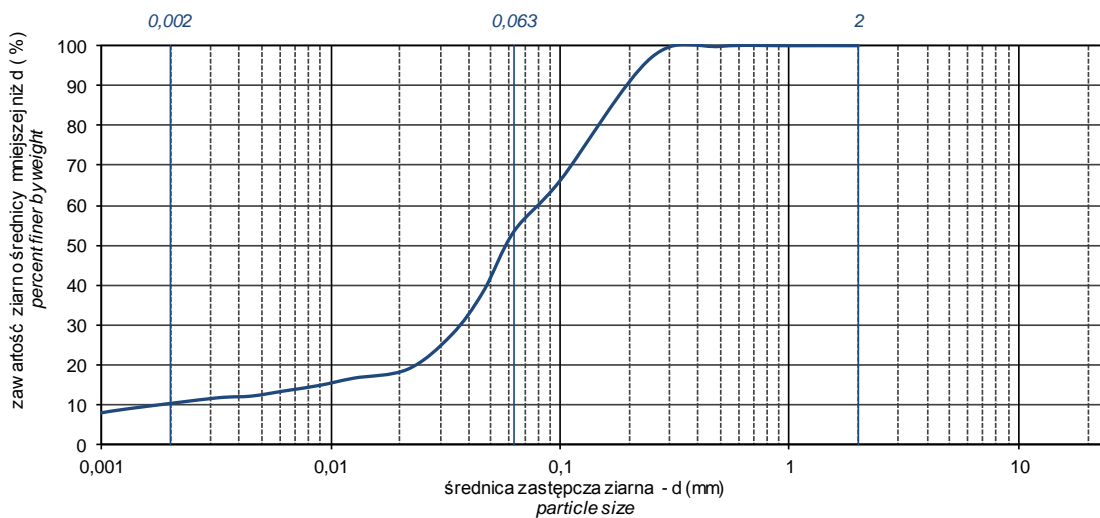


Tabela nr 4

Numer otworu K13		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		4,8-5,6 (5,0-5,4)	
Zawartość procentowa frakcji (%)				Gęstość właściwa (założona)	
iłowa	pyłowa	piaskowa	żwirowa i kamienista	2,67 (g/cm ³)	
<0,002 mm	0,002-0,05 mm	0,05-2 mm	>2 mm	Nazwa gruntu w g PN-B-02480:1986	
12	26	62	0	glina piaszczysta	
<0,002 mm	0,002-0,063 mm	0,063-2 mm	>2 mm	Symbol gruntu w g PN-EN ISO14688-2:2006	
12	34	54	0	sasiCl	

WYKRES UZIARNIENIA

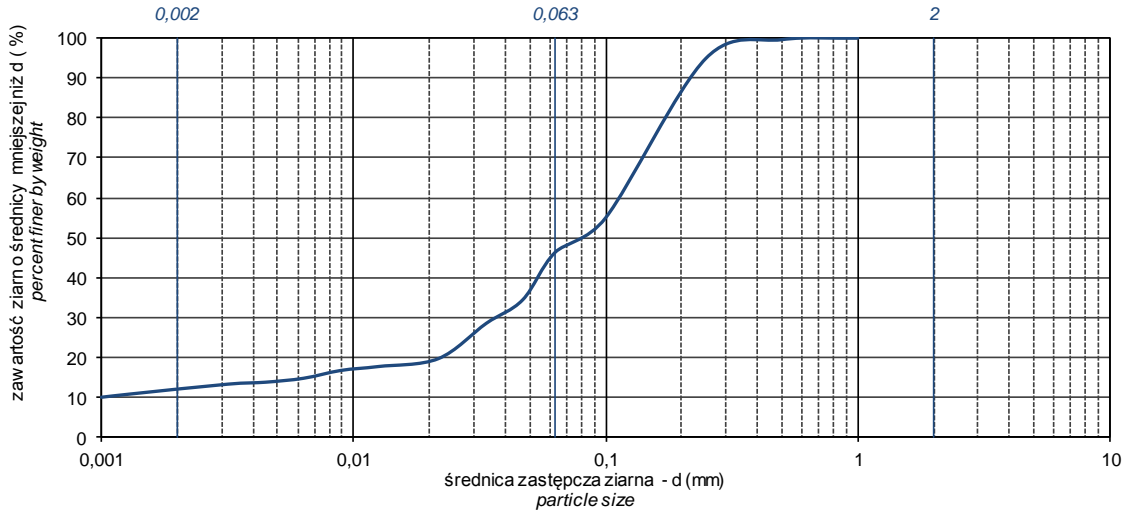
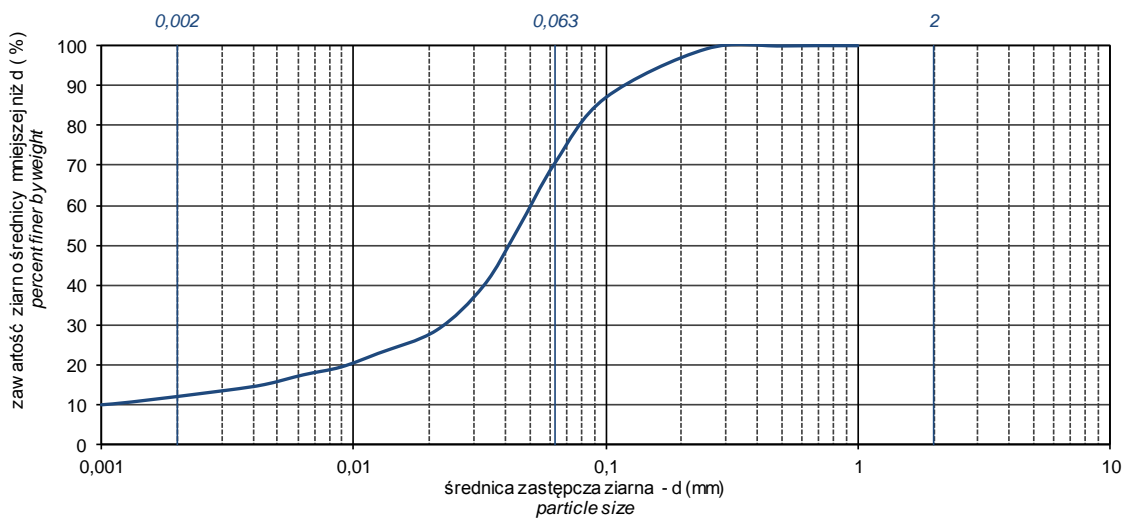


Tabela nr 5

Numer otworu K15		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		4,0-6,6 (5,0-5,5)	
Zawartość procentowa frakcji (%)				Gęstość właściwa (założona)	
iłowa	pyłowa	piaskowa	żwirowa i kamienista	2,67 (g/cm ³)	
<0,002 mm	0,002-0,05 mm	0,05-2 mm	>2 mm	Nazwa gruntu w g PN-B-02480:1986	
12	48	40	0	glina	
<0,002 mm	0,002-0,063 mm	0,063-2 mm	>2 mm	Symbol gruntu w g PN-EN ISO14688-2:2006	
12	59	29	0	saciSi	

WYKRES UZIARNIENIA



2. Oznaczenie wilgotności oraz granic konsystencji

Oznaczenie wilgotności oraz granic konsystencji (granicy płynności (w_L), granicy plastyczności (w_p)) przeprowadzono na próbkach w stanie naturalnym. Granicę płynności oznaczono przy pomocy stożka 80g/30°.

Względna niepewność rozszerzona przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k=2$ wynosi 0,05% dla wartości wilgotności, 0,05% dla wartości granicy plastyczności oraz 6% dla wartości granicy płynności.

W tabelach nr 6 - 14 przedstawiono wyniki oznaczenia wilgotności oraz granic konsystencji, z wartościami stopnia plastyczności i wskaźnika plastyczności oraz wykresami zmian wilgotności pasty gruntowej w zależności od zagłębienia stożka.

Przy klasyfikowaniu gruntów według kryteriów określonych w PN-EN ISO 14688-2:2006 oraz PN-B-02480:1986, zastosowana została reguła prostej akceptacji dlatego stan gruntu oraz konsystencję określono na podstawie wartości stopnia plastyczności oraz wskaźnika konsystencji bez uwzględnienia niepewności pomiarowej. Takie podejście może być obarczone ryzykiem błędnej oceny stanu i konsystencji gruntu wynikającym z nieuwzględnienia niepewności pomiarowej w ocenie.

Tabela nr 6

Numer otworu K1		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		6,6-8,0 (7,0-7,3)
Nazwa gruntu			głina	
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986	
w (%)	w_p (%)	w_L (%)	plastyczny	
19,30	14,63	29,62		
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006	
I_L (-)	I_C (-)	I_P (%)	plastyczna	
0,31	0,69	14,99		

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

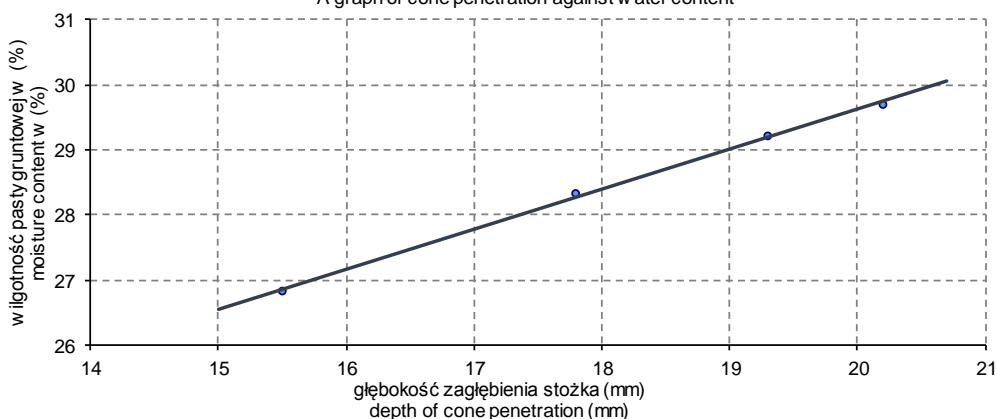


Tabela nr 7

Numer otworu K2 **Głębokość pobrania [m p.p.t.] 6,5-8,0 (7,5)**

Nazwa gruntu		granie konsystencji		glina pylasta
wilgotność				Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)		w _p (%)	w _L (%)	twardoplastyczny
21,99		20,08	39,14	
stopień plastyczności		wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)		I _C (-)	I _P (%)	twardoplastyczna
0,10		0,90	19,06	

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

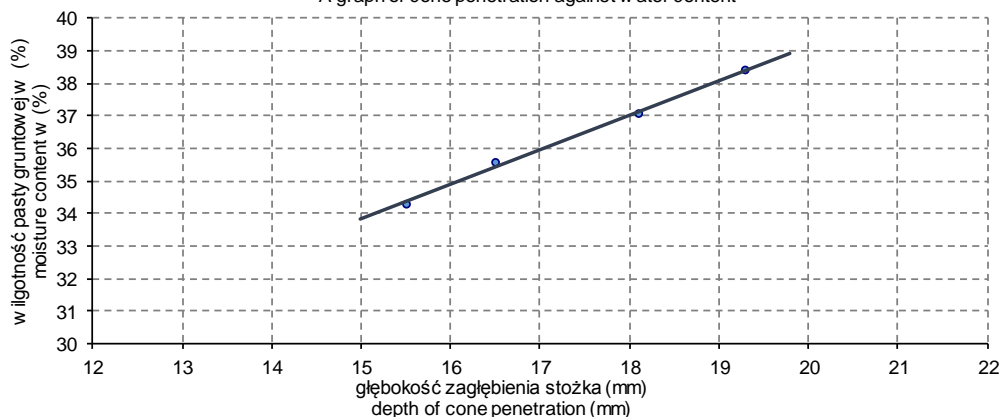


Tabela nr 8

Numer otworu K2 **Głębokość pobrania [m p.p.t.] 13,6-14,0 (13,8)**

Nazwa gruntu		granie konsystencji		il
wilgotność				Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)		w _p (%)	w _L (%)	półzwały
23,45		26,04	65,28	
stopień plastyczności		wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)		I _C (-)	I _P (%)	zwarta
-0,07		1,07	39,24	

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

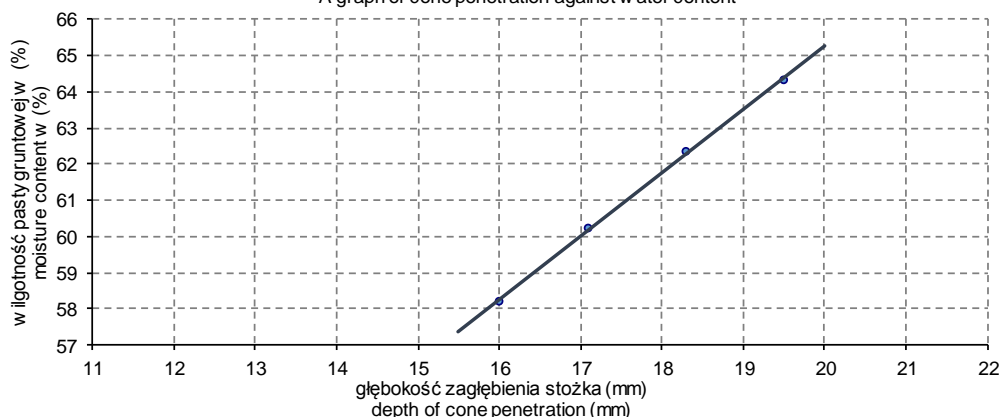


Tabela nr 9

Numer otworu K7 **Głębokość pobrania [m p.p.t.]** **6,0-7,0 (6,4-6,6)**

Nazwa gruntu			glina
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)	w _p (%)	w _L (%)	
21,92	17,92	31,60	
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)	I _C (-)	I _P (%)	plastyczna
0,29	0,71	13,68	

Wykres zmian w ilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

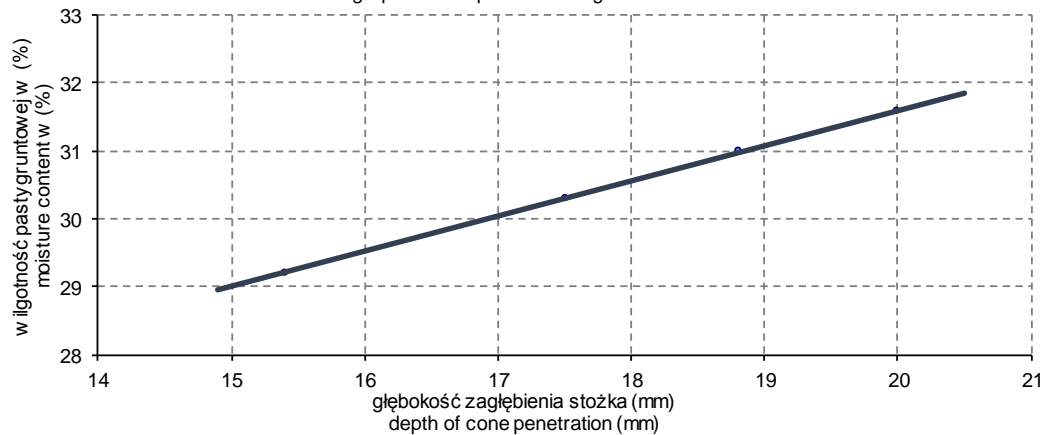


Tabela nr 10

Numer otworu K7 **Głębokość pobrania [m p.p.t.]** **9,3-10,0 (9,5)**

Nazwa gruntu			glina piaszczysta z domieszką żwiru
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)	w _p (%)	w _L (%)	
11,46	10,32	23,10	
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)	I _C (-)	I _P (%)	twardoplastyczna
0,09	0,91	12,78	

Wykres zmian w ilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

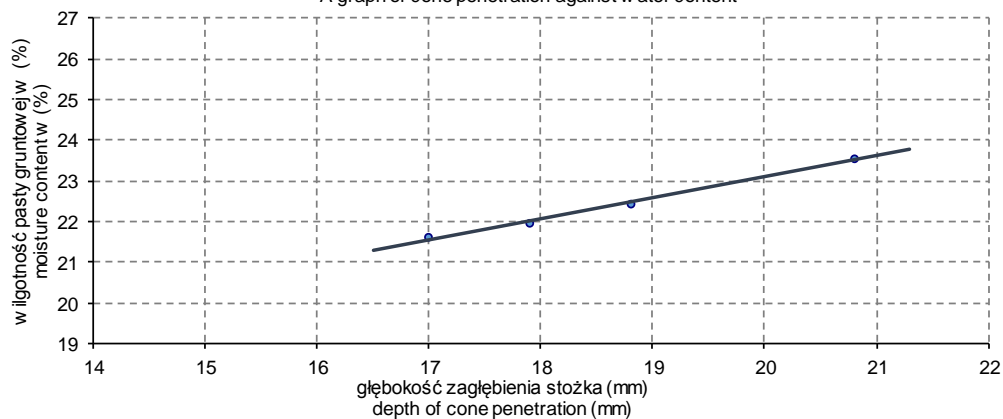


Tabela nr 11

Numer otworu K8 **Głębokość pobrania [m p.p.t.] 9,5-12,9 (10,0)**

<i>Nazwa gruntu</i>			<i>głina piaszczysta z domieszką żwiru</i>
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)	w _p (%)	w _L (%)	twardoplastyczny
11,69	10,49	25,58	
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)	I _C (-)	I _P (%)	twardoplastyczna
0,08	0,92	15,09	

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

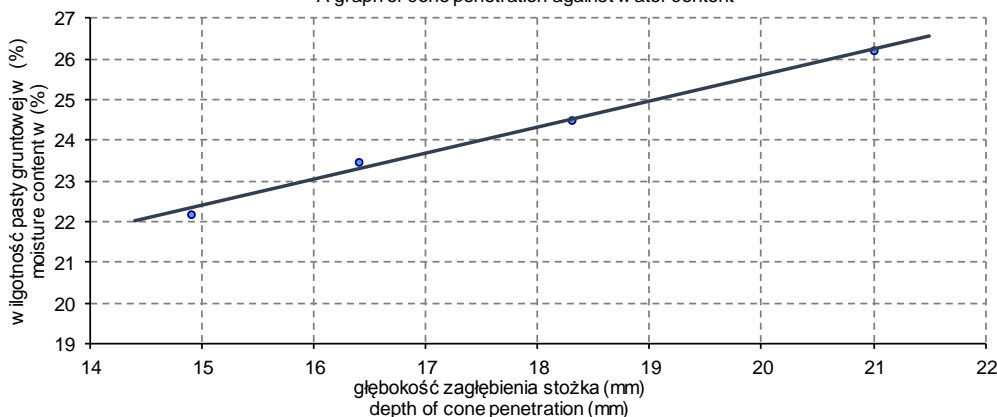


Tabela nr 12

Numer otworu K12 **Głębokość pobrania [m p.p.t.] 4,0-5,8 (4,2-4,5)**

<i>Nazwa gruntu</i>			<i>głina</i>
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)	w _p (%)	w _L (%)	twardoplastyczny
19,26	17,00	27,64	
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)	I _C (-)	I _P (%)	twardoplastyczna
0,21	0,79	10,64	

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

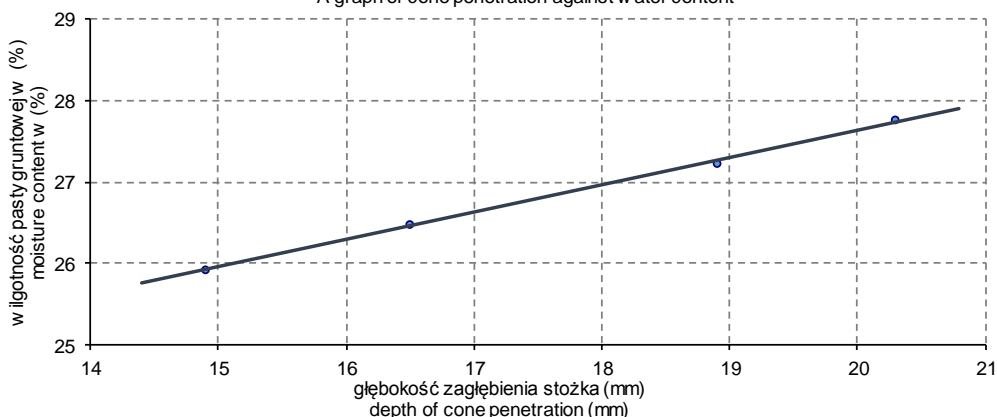


Tabela nr 13

Numer otworu K13 **Głębokość pobrania [m p.p.t.] 4,8-5,6 (5,0-5,4)**

Nazwa gruntu			glina piaszczysta
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)	w _p (%)	w _L (%)	
16,88	14,58	24,33	
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)	I _C (-)	I _P (%)	
0,24	0,76	9,75	

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content

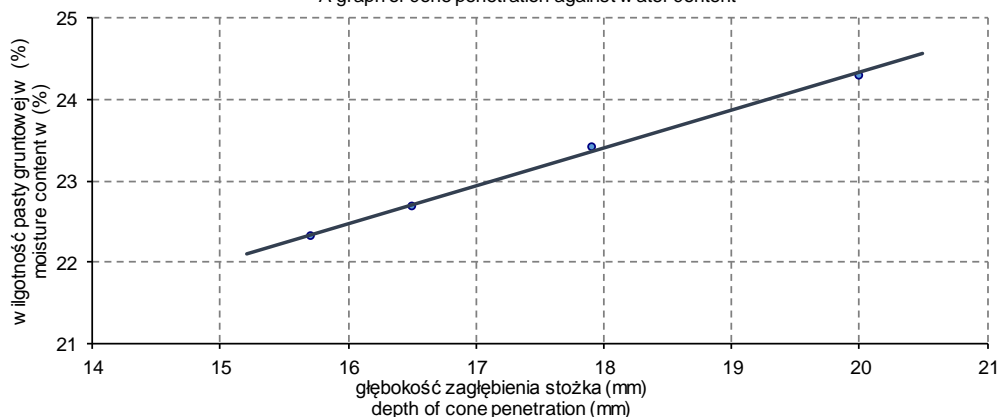
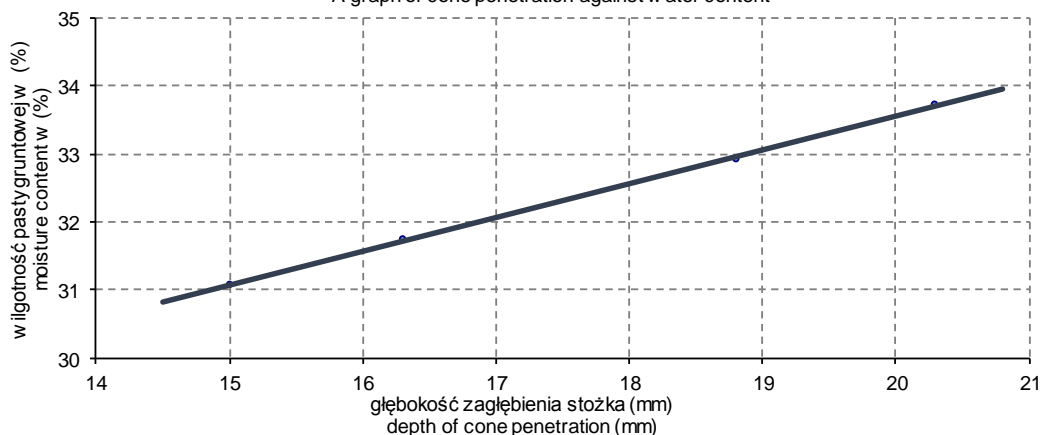


Tabela nr 14

Numer otworu K15 **Głębokość pobrania [m p.p.t.] 4,0-6,6 (5,0-5,5)**

Nazwa gruntu			glina
wilgotność	granice konsystencji		Stan gruntu wg badań zgodnie z PN-B-02480:1986
w (%)	w _p (%)	w _L (%)	
24,56	20,05	33,55	
stopień plastyczności	wskaźnik konsystencji	wskaźnik plastyczności	Konsystencja wg badań zgodnie z PN-EN ISO 14688-1:2006
I _L (-)	I _C (-)	I _P (%)	
0,33	0,67	13,50	

Wykres zmian w wilgotności w zależności od głębokości zagłębienia stożka
A graph of cone penetration against water content



3. Skład granulometryczny – metoda sitowa

Analizę sitową wykonano metodą na mokro. Wyniki analizy uziarnienia (wykresy uziarnienia oraz wartości wskaźnika krzywizny uziarnienia i jednorodności uziarnienia) przedstawiono w tabelach nr 15 - 17.

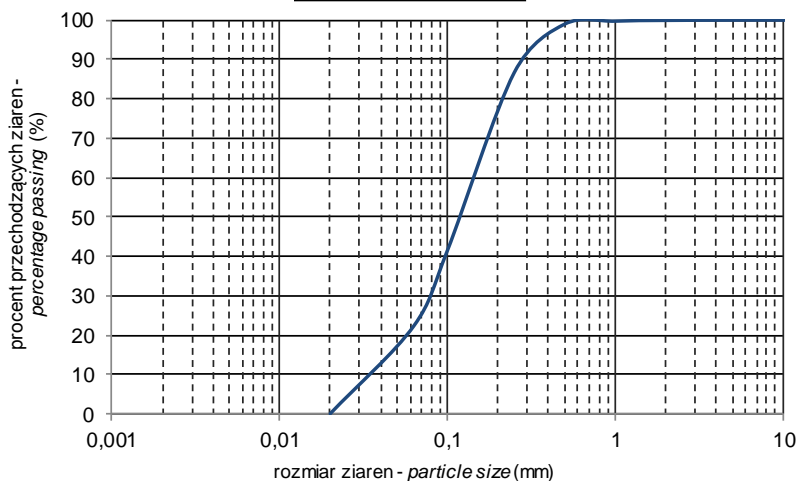
Względna niepewność rozszerzona oznaczenia zawartości frakcji wynosi 1% wielkości zawartości frakcji przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k=2$.

Przy klasyfikowaniu gruntów według kryteriów określonych w PN-EN ISO 14688-2:2006 oraz PN-B-02480:1986, zastosowana została reguła prostej akceptacji dlatego nazwę gruntu określono na podstawie zawartości procentowej frakcji bez uwzględnienia niepewności pomiarowej. Takie podejście może być obarczone ryzykiem błędnej oceny nazwy gruntu wynikającym z nieuwzględnienia niepewności pomiarowej w ocenie.

Tabela nr 15

Numer otworu K2			Głębokość pobrania [m p.p.t.]			0,0-1,8		
Zawartość procentowa frakcji			Nazwa gruntu wg PN-B-02480:1986					
>2,0 mm	>0,5 mm	>0,25 mm	piasek pylasty					
0	1	13						
Zawartość procentowa frakcji uziarnienia wg PN-EN ISO 14688-1:2018-05								
Gr 2 - 63 mm			Sa 0,063 - 2 mm		Si 0,002 - 0,063 mm		Cl ≤ 0,002 mm	
0			78		22		0	

WYKRES UZIARNIENIA



Wartości średnic zastępczych (mm)					Parametry charakteryzujące uziarnienie gruntu	
d ₁₀	d ₂₀	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	Wskaźnik krzywizny uziarnienia	Cc = 1
0,04	0,06	0,08	0,13	0,16	Wskaźnik jednorodności uziarnienia	Cu = 4

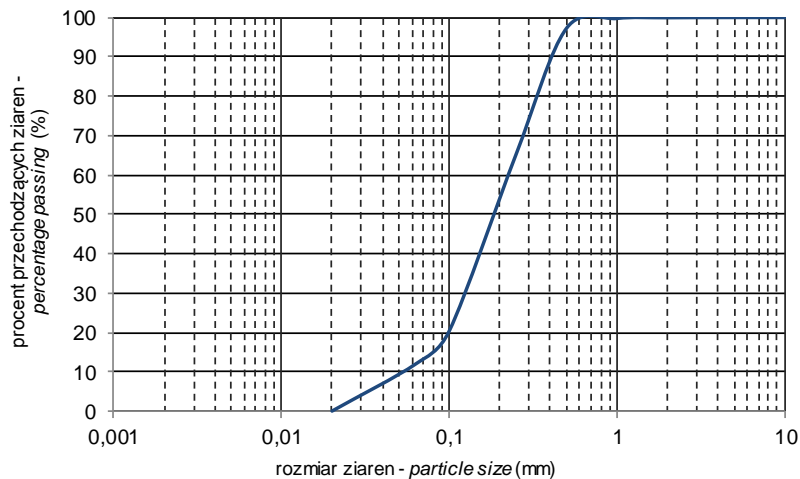
Współczynnik filtracji (wzór amerykański USBSC) **$k = 5,3E-06$ m/s**

Współczynnik filtracji (wzór Seelheima) **$k = 5,9E-05$ m/s**

Tabela nr 16

Numer otworu K2		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		2,0-4,0
Zawartość procentowa frakcji			Nazwa gruntu wg PN-B-02480:1986	
>2,0 mm	>0,5 mm	>0,25 mm		piasek drobny
0	3	35		
Zawartość procentowa frakcji uziarnienia wg PN-EN ISO 14688-1:2018-05				
Gr 2 - 63 mm	Sa 0,063 - 2 mm	Si 0,002 - 0,063 mm	Cl ≤ 0,002 mm	
0	88	12	0	

WYKRES UZIARNIENIA

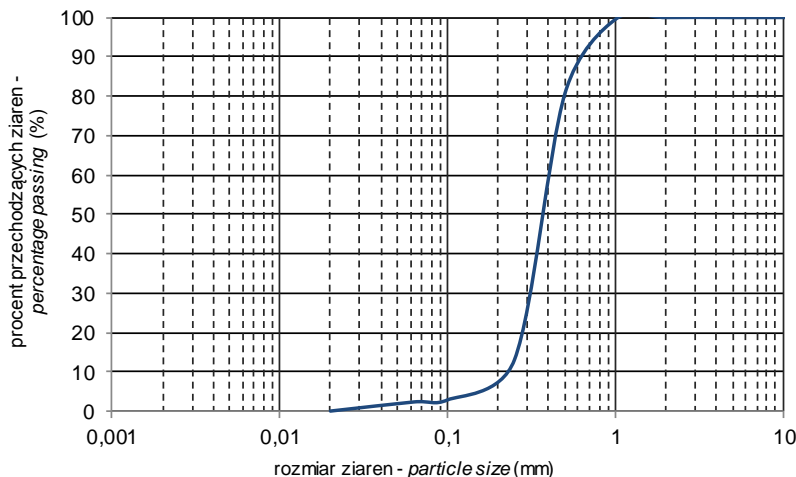


Wartości średnic zastępczych (mm)					Parametry charakteryzujące uziarnienie gruntu	
d ₁₀	d ₂₀	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	Wskaźnik krzywizny uziarnienia	Cc = 1
0,05	0,10	0,13	0,20	0,23	Wskaźnik jednorodności uziarnienia	Cu = 4
Współczynnik filtracji (wzór amerykański USBSC)					k = 1,7E-05 m/s	
Współczynnik filtracji (wzór Seelheima)					k = 1,4E-04 m/s	

Tabela nr 17

Numer otworu K2		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		8,0-10,0
Zawartość procentowa frakcji			Nazwa gruntu wg PN-B-02480:1986	
>2,0 mm	>0,5 mm	>0,25 mm	piasek średni	
0	19	87		
Zawartość procentowa frakcji uziarnienia wg PN-EN ISO 14688-1:2018-05				
Gr 2 - 63 mm	Sa 0,063 - 2 mm	Si 0,002 - 0,063 mm	Cl ≤ 0,002 mm	
0	98	2	0	

WYKRES UZIARNIENIA



Wartości średnic zastępczych (mm)					Parametry charakteryzujące uziarnienie gruntu	
d ₁₀	d ₂₀	d ₃₀	d ₅₀	d ₆₀	Wskaźnik krzywizny uziarnienia	Cc = 1
0,21	0,28	0,31	0,39	0,42	Wskaźnik jednorodności uziarnienia	Cu = 2
Współczynnik filtracji (wzór amerykański USBSC)					k = 1,9E-04 m/s	
Współczynnik filtracji (wzór Seelheima)					k = 5,3E-04 m/s	

4. Oznaczenie strat masy przy prażeniu

Wyniki oznaczenia strat masy przy prażeniu przedstawione zostały w tabeli nr 18. Oznaczenie przeprowadzono dla próbek gruntu wysuszonych w temperaturze 105°C. Próbkę, dla której w analizie makroskopowej stwierdzono reakcję z kwasem solnym HCl przed badaniem zostały poddane działaniu 5% roztworu kwasu solnego HCl w celu usunięcia węglanów. Temperatura wyprażania wynosiła 600°C.

Względna niepewność rozszerzona oznaczenia strat masy przy prażeniu wynosi 3% przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia k=2.

Tabela nr 18

Lp.	Numer otworu	Głębokość pobrania [m]	Straty masy przy prażeniu lż [%]
1	K2	6,5-8,0 (7,5)	3,2
2	K7	6,0-7,0 (6,2-6,6)	1,2

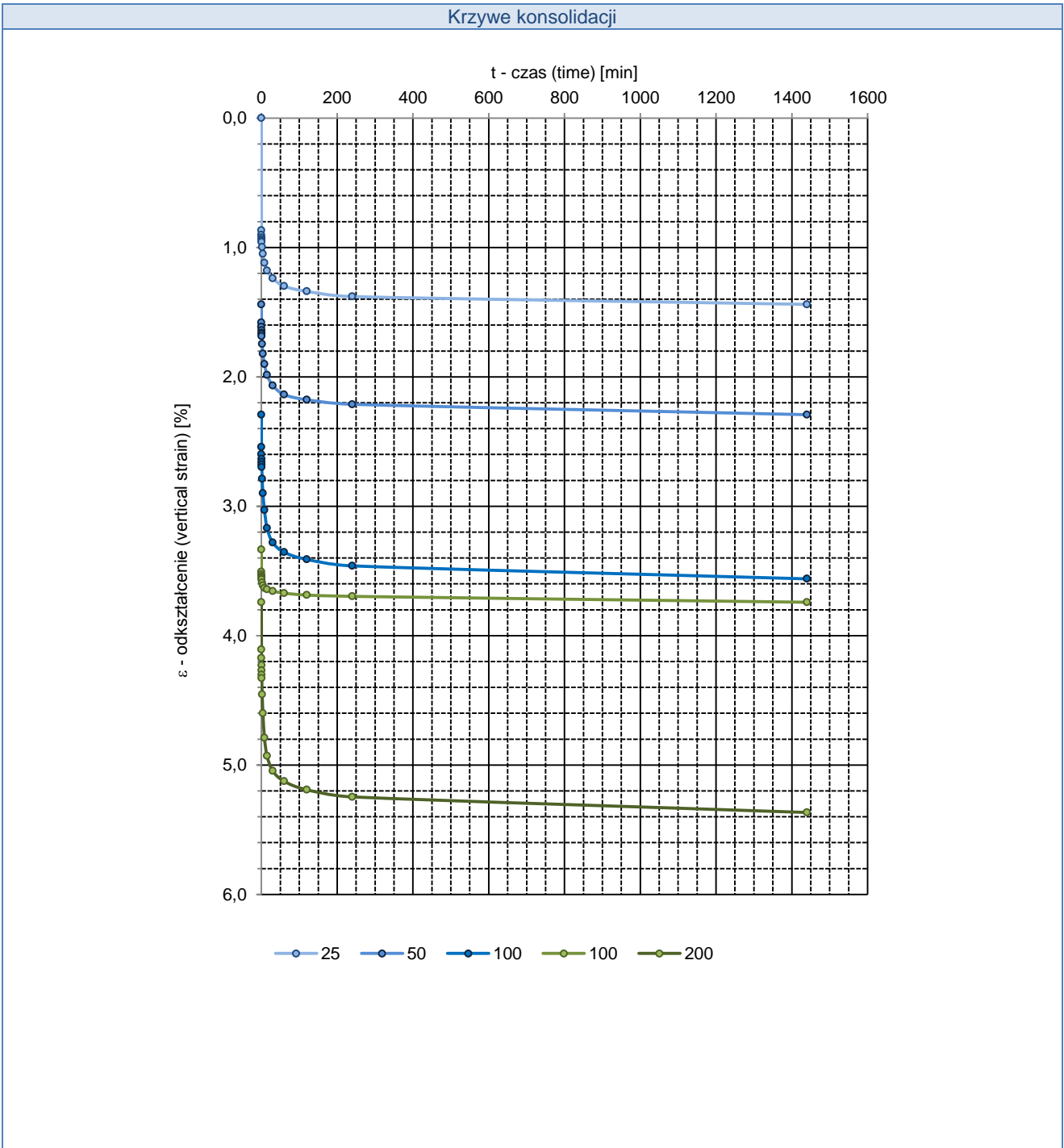
5. Badanie edometryczne

W tabelach nr 19 - 23 przedstawione zostały wyniki badań edometrycznych. Badanie przeprowadzono przy stopniowym wzroście obciążeń IL w edometrze z mocowanym pierścieniem, z podwójnym odpływem, z użyciem filtrów papierowych. Obciążenia przykładane były co 24 godziny. Badanie przeprowadzono w zakresie temperatur 21,6 – 23,4°C.

Względna niepewność rozszerzona oznaczenia modułów ścisłości wynosi 4,5% przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k=2$.

Tabela nr 19

Numer otworu	K1	Głębokość pobrania [m]	6,6-8,0 (7,0-7,3)		
Rodzaj gruntu (wg PN-B-04481:1988):		Gлина z okruchami węgla			
Dane o próbce		Przed badaniem	Po badaniu		
Wysokość H [mm]		19,94	18,87		
Średnica Ø [mm]		69,49	69,49		
Objętość V [cm ³]		75,57	71,51		
Masa pierścienia m _t [g]		108,27	108,27		
Masa pierścienia z gruntem m _{mt} [g]		253,88	233,47		
Masa gruntu m _m [g]		145,61	125,20		
Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]		1,93	1,75		
Wilgotność w [%]		19,30	18,93		
Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ _d [Mg/m ³]		1,62	1,47		
Gęstość właściwa ρ _s [Mg/m ³] (oznaczona)		2,63			
Wskaźnik porowatości e [-]		0,63	0,79		
Stopień nasycenia Sr [%]		80,79	63,29		
L.p.	σ' _v [kPa]	Δσ' _v / σ' _v [kPa]	ε [%]	e [-]	E _{oed} [MPa]
1	25	/	1,44	0,61	1,7
2	50	1	2,29	0,59	2,9
3	100	1	3,56	0,57	3,9
4	25	/	3,34	0,57	33,2
5	100	3	3,74	0,57	18,5
6	200	1	5,37	0,54	6,2
Krzywa ścisłości					



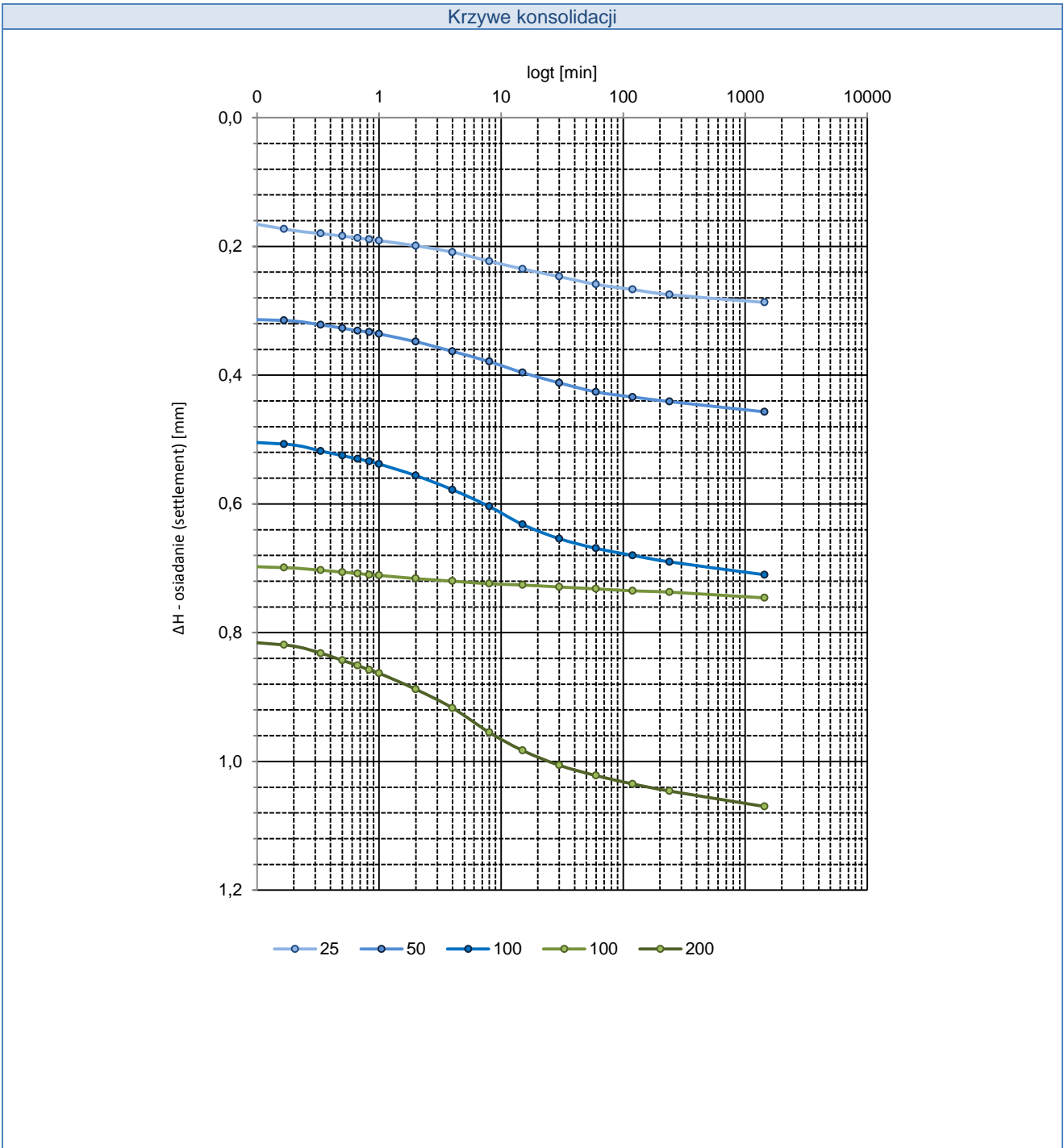
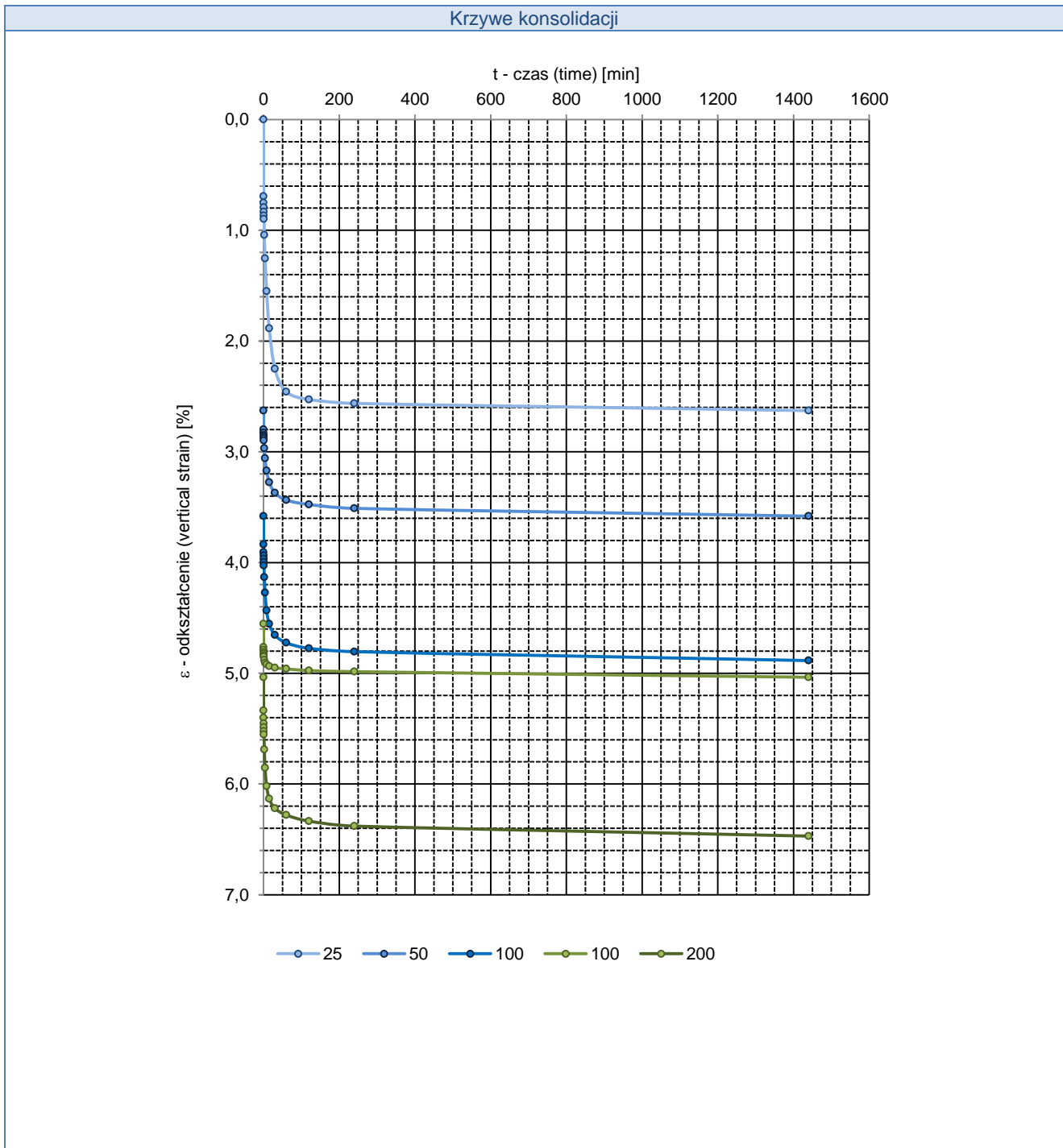


Tabela nr 20

Numer otworu		K7		Głębokość pobrania [m]		6,0-7,0 (6,2-6,6)	
Rodzaj gruntu (wg PN-B-04481:1988):				Gлина			
Dane o próbce				Przed badaniem		Po badaniu	
Wysokość H [mm]				19,94		18,65	
Średnica Ø [mm]				63,49		63,49	
Objętość V [cm ³]				63,08		59,00	
Masa pierścienia m _t [g]				108,27		108,27	
Masa pierścienia z gruntem m _{mt} [g]				238,79		235,67	
Masa gruntu m _m [g]				130,52		127,40	
Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]				2,07		2,16	
Wilgotność w [%]				21,92		19,54	
Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ _d [Mg/m ³]				1,70		1,81	
Gęstość właściwa ρ _s [Mg/m ³] (oznaczona)				2,65			
Wskaźnik porowatości e [-]				0,56		0,47	
Stopień nasycenia Sr [%]				103,47		110,88	
L.p.	σ' _v [kPa]	Δσ' _v / σ' _v [kPa]	ε [%]	e [-]	E _{oed} [MPa]		
1	25	/	2,63	0,52	1,0		
2	50	1	3,58	0,51	2,6		
3	100	1	4,89	0,49	3,8		
4	25	/	4,55	0,49	22,7		
5	100	3	5,04	0,48	15,6		
6	200	1	6,47	0,46	7,0		
Krzywa ścisłości							
<p style="text-align: center;">e - wskaźnik porowatości (void ratio) [-]</p> <p style="text-align: center;">σ'_v - napężenie efektywne (effective vertical stress) [kPa]</p>							



Krzywe konsolidacji

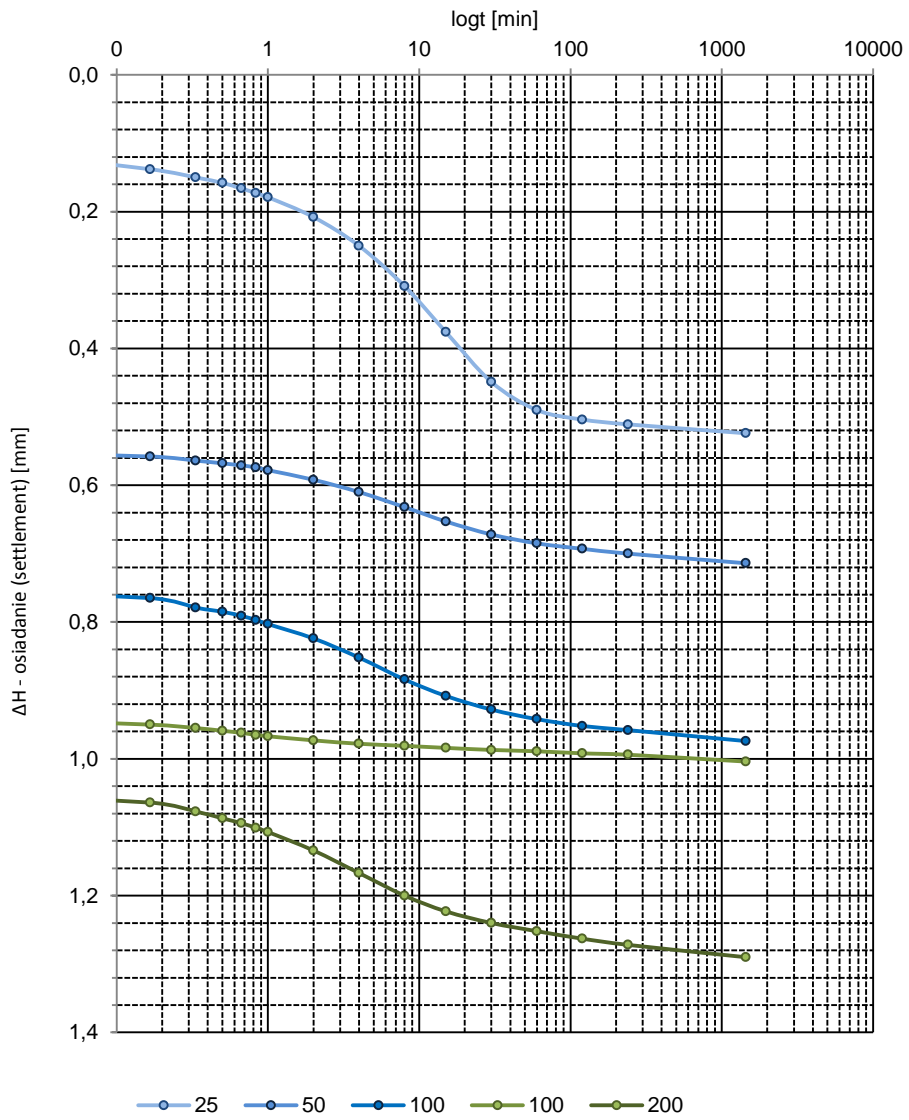
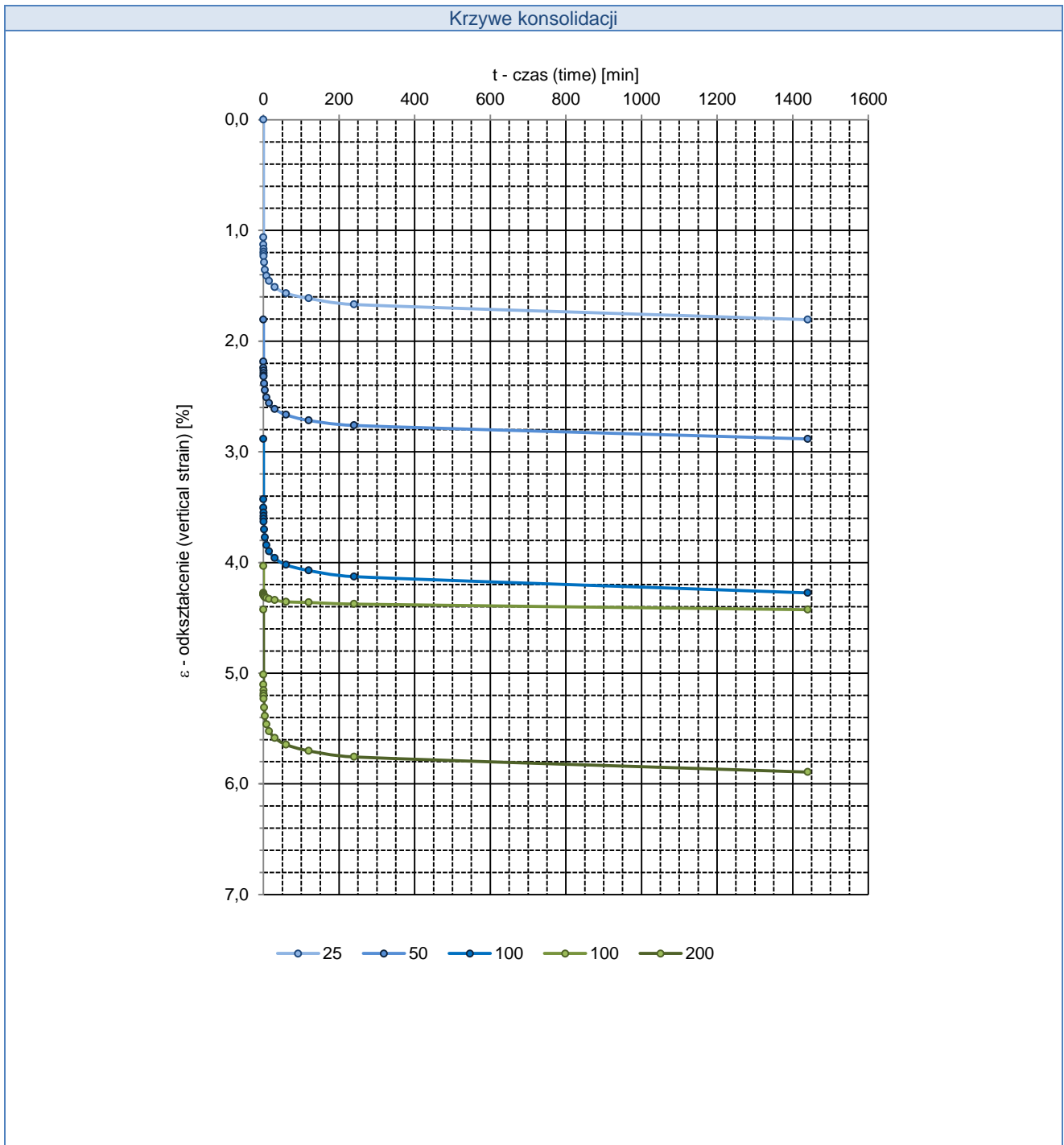


Tabela nr 21

Numer otworu		K12		Głębokość pobrania [m]		4,0-5,8 (4,2-4,5)	
Rodzaj gruntu (wg PN-B-04481:1988):				Gлина			
Dane o próbce				Przed badaniem		Po badaniu	
Wysokość H [mm]				19,77		18,60	
Średnica Ø [mm]				49,95		49,95	
Objętość V [cm ³]				38,72		36,43	
Masa pierścienia m _t [g]				85,78		85,78	
Masa pierścienia z gruntem m _{mt} [g]				163,25		162,28	
Masa gruntu m _m [g]				77,47		76,50	
Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]				2,00		2,10	
Wilgotność w [%]				19,26		18,37	
Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ _d [Mg/m ³]				1,68		1,77	
Gęstość właściwa ρ _s [Mg/m ³] (oznaczona)				2,65			
Wskaźnik porowatości e [-]				0,58		0,49	
Stopień nasycenia Sr [%]				88,07		98,57	
L.p.	σ' _v [kPa]	Δσ' _v / σ' _v [kPa]	ε [%]	e [-]	E _{oed} [MPa]		
1	25	/	1,81	0,55	1,4		
2	50	1	2,88	0,53	2,3		
3	100	1	4,27	0,51	3,6		
4	25	/	4,03	0,52	30,9		
5	100	3	4,43	0,51	19,0		
6	200	1	5,89	0,49	6,8		
Krzywa ścisłości							
<p style="text-align: center;">e - wskaźnik porowatości (void ratio) [-]</p> <p style="text-align: center;">σ'_v - napężenie efektywne (effective vertical stress) [kPa]</p>							



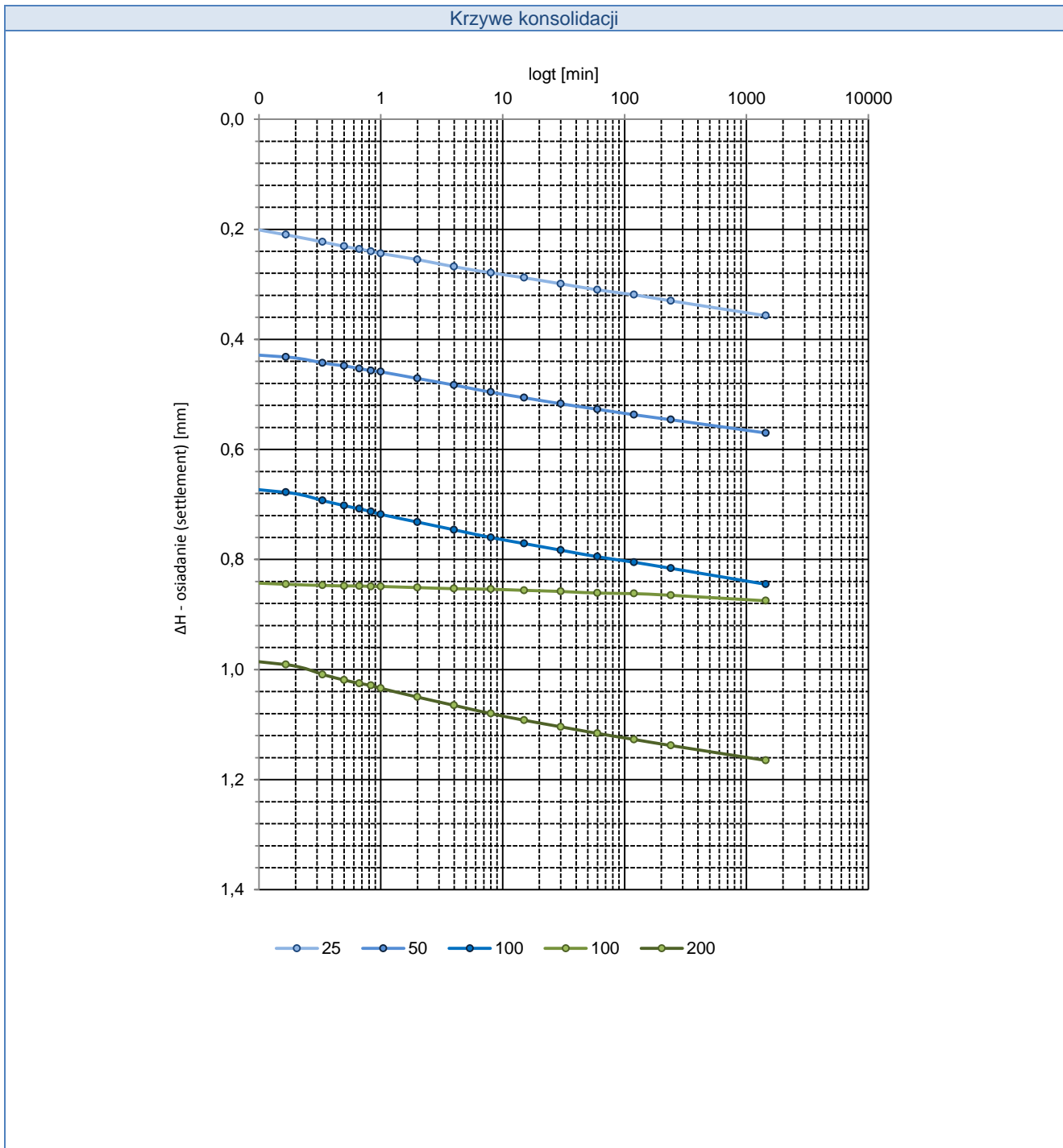
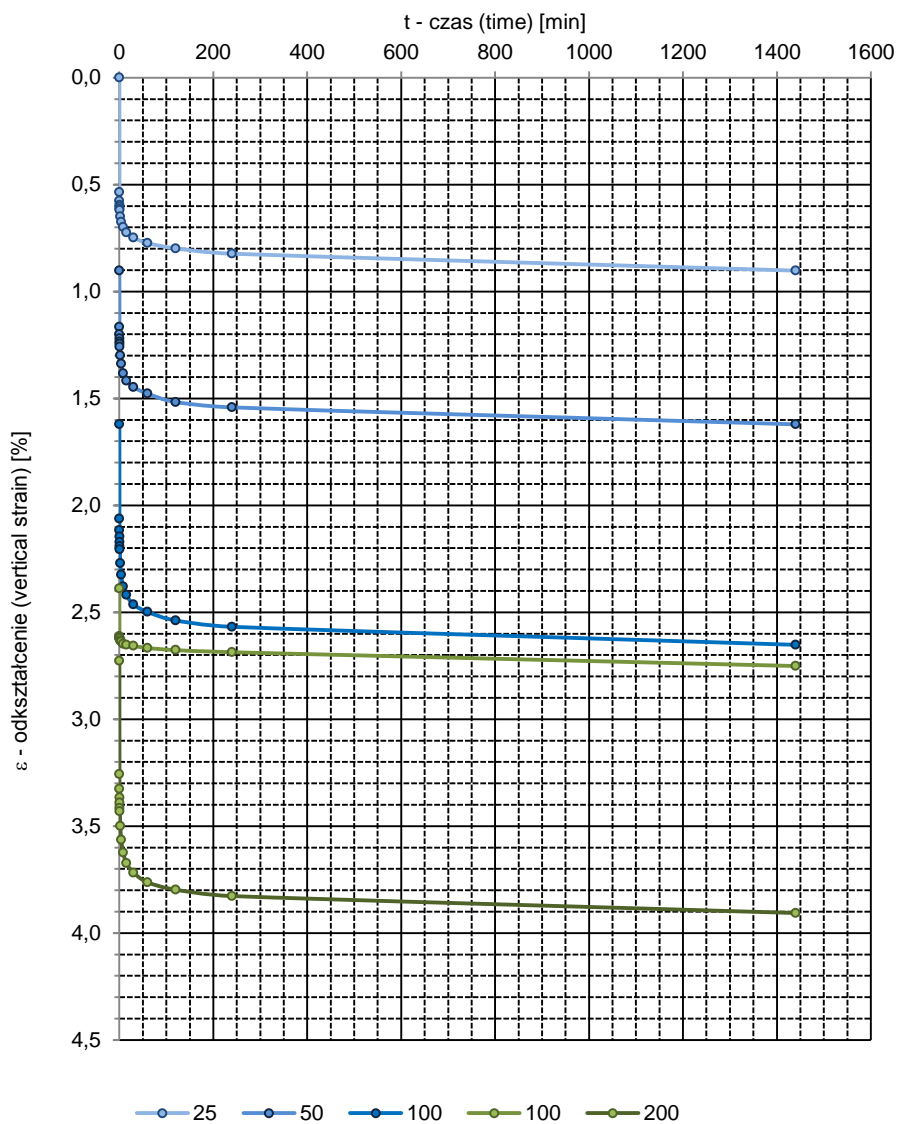


Tabela nr 22

Numer otworu		K13		Głębokość pobrania [m]		4,8-5,6 (5,0-5,4)	
Rodzaj gruntu (wg PN-B-04481:1988):				Gлина piaszczysta			
Dane o próbce				Przed badaniem		Po badaniu	
Wysokość H [mm]				20,17		19,38	
Średnica Ø [mm]				50,04		50,04	
Objętość V [cm ³]				39,65		38,10	
Masa pierścienia m _t [g]				88,86		88,86	
Masa pierścienia z gruntem m _{mt} [g]				170,52		169,49	
Masa gruntu m _m [g]				81,66		80,63	
Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]				2,06		2,12	
Wilgotność w [%]				18,17		15,31	
Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ _d [Mg/m ³]				1,74		1,84	
Gęstość właściwa ρ _s [Mg/m ³] (oznaczona)				2,64			
Wskaźnik porowatości e [-]				0,51		0,44	
Stopień nasycenia Sr [%]				93,18		92,15	
L.p.	σ' _v [kPa]	Δσ' _v / σ' _v [kPa]	ε [%]	e [-]	E _{oed} [MPa]		
1	25	/	0,90	0,50	2,8		
2	50	1	1,62	0,49	3,5		
3	100	1	2,65	0,48	4,8		
4	25	/	2,38	0,48	28,0		
5	100	3	2,75	0,47	20,7		
6	200	1	3,91	0,46	8,5		
Krzywa ściskalności							
<p style="text-align: center;">e - wskaźnik porowatości (void ratio) [-]</p> <p style="text-align: center;">σ'_v - napężenie efektywne (effective vertical stress) [kPa]</p>							

Krzywe konsolidacji



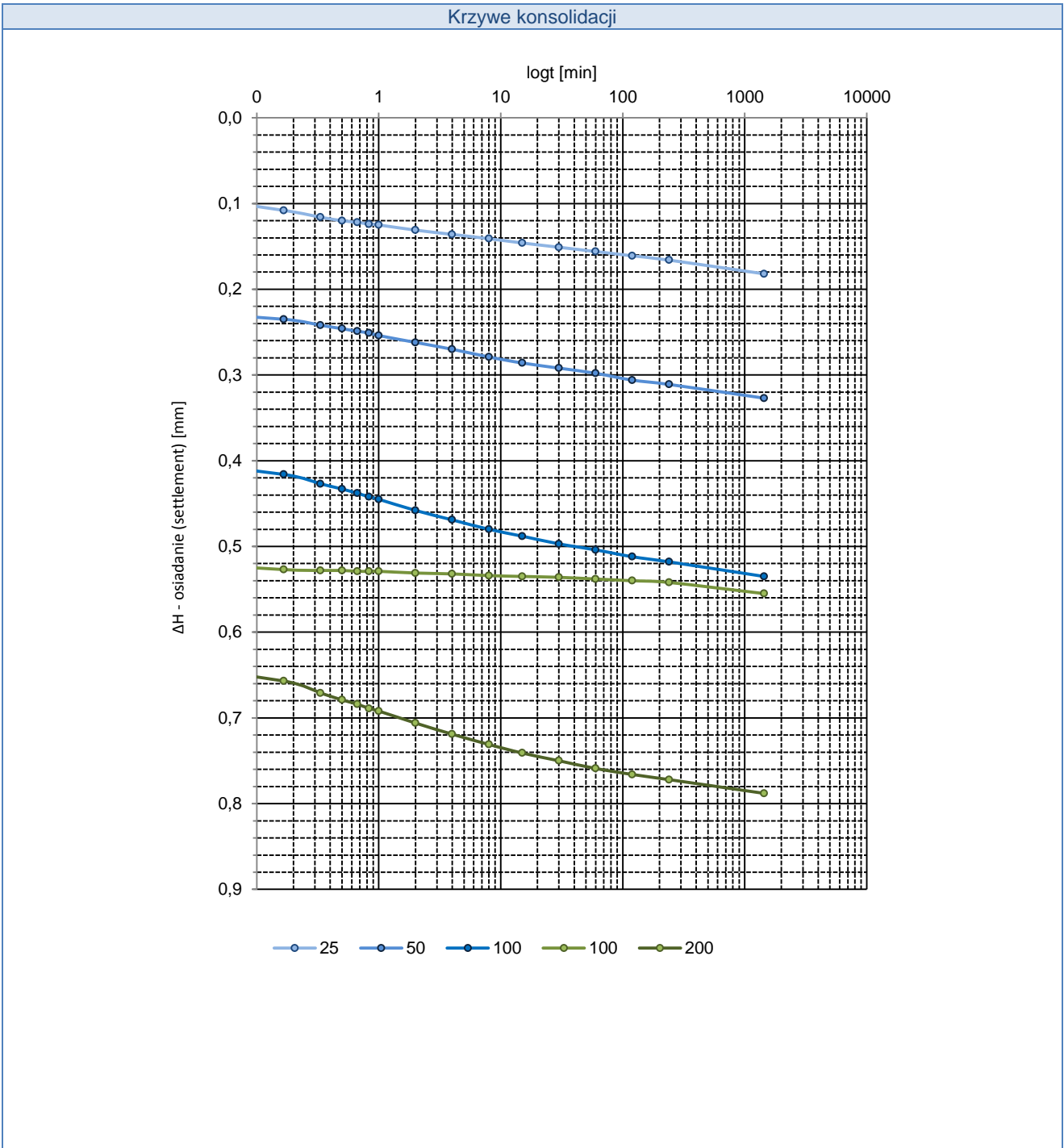
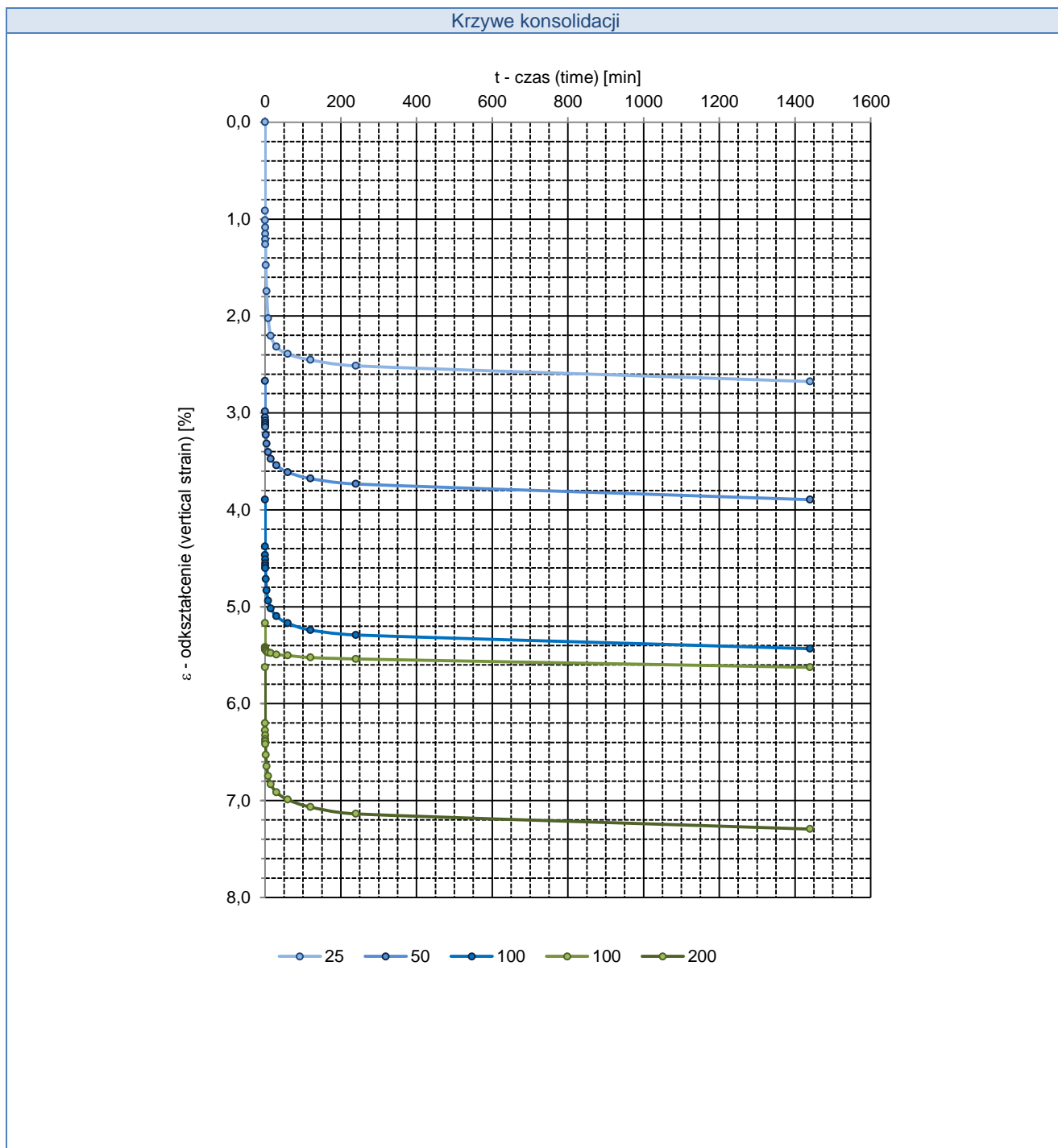
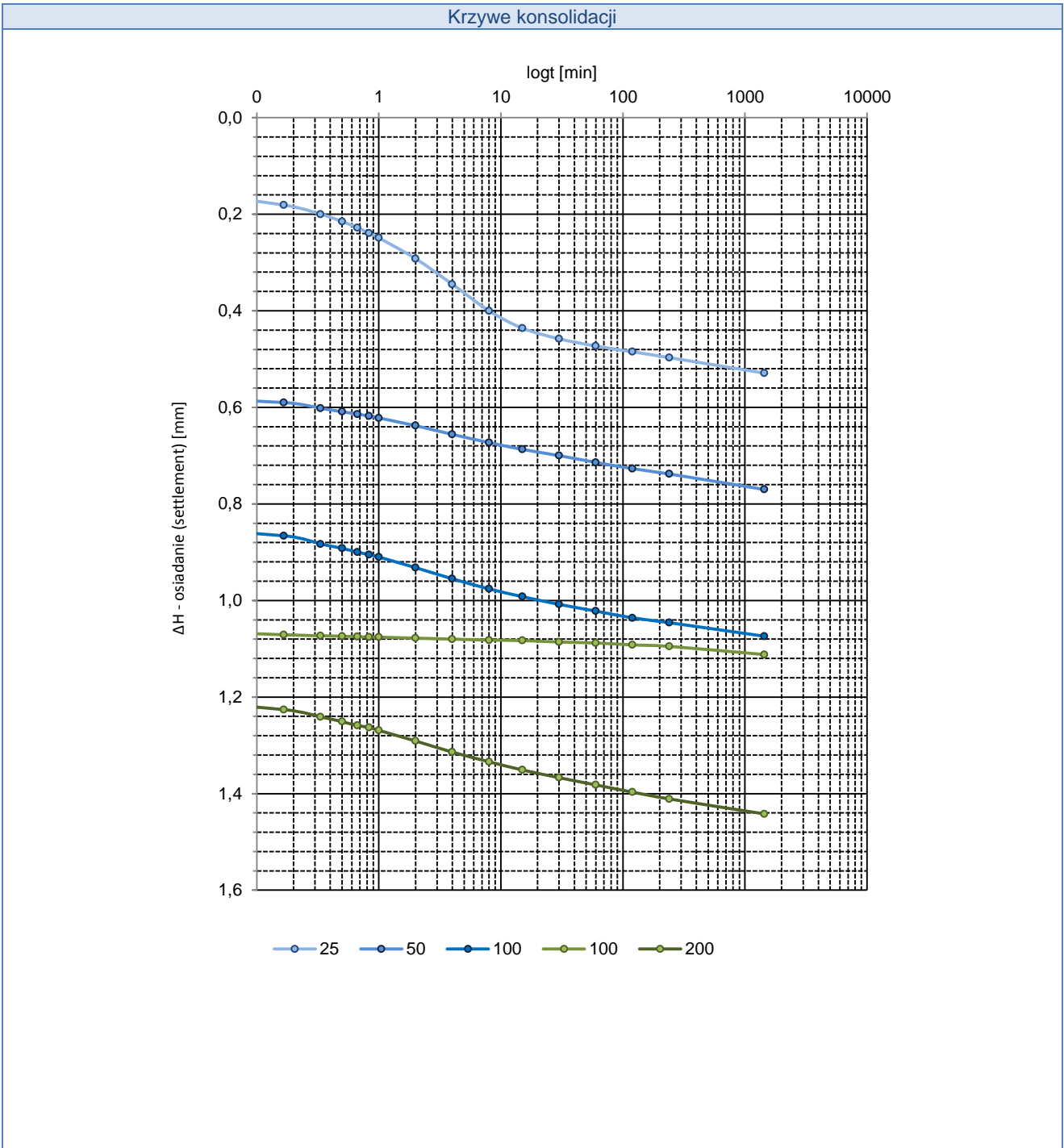


Tabela nr 23

Numer otworu		K15		Głębokość pobrania [m]		4,0-6,6 (5,0-5,5)	
Rodzaj gruntu (wg PN-B-04481:1988):				Gлина			
Dane o próbce				Przed badaniem		Po badaniu	
Wysokość H [mm]				19,77		18,33	
Średnica Ø [mm]				49,95		49,95	
Objętość V [cm ³]				38,72		35,89	
Masa pierścienia m _t [g]				85,78		85,78	
Masa pierścienia z gruntem m _{mt} [g]				162,23		160,17	
Masa gruntu m _m [g]				76,45		74,39	
Gęstość objętościowa ρ [Mg/m ³]				1,97		2,07	
Wilgotność w [%]				24,56		21,55	
Gęstość objętościowa szkieletu gruntowego ρ _d [Mg/m ³]				1,59		1,71	
Gęstość właściwa ρ _s [Mg/m ³] (oznaczona)				2,64			
Wskaźnik porowatości e [-]				0,67		0,55	
Stopień nasycenia Sr [%]				97,46		103,77	
L.p.	σ' _v [kPa]	Δσ' _v / σ' _v [kPa]	ε [%]	e [-]	E _{oed} [MPa]		
1	25	/	2,68	0,62	0,9		
2	50	1	3,90	0,60	2,0		
3	100	1	5,43	0,58	3,3		
4	25	/	5,17	0,58	28,5		
5	100	3	5,63	0,57	16,5		
6	200	1	7,29	0,54	6,0		
Krzywa ścisłości							
<p style="text-align: center;">e - wskaźnik porowatości (void ratio) [-]</p> <p style="text-align: center;">σ'_v - napężenie efektywne (effective vertical stress) [kPa]</p>							





6. Badanie w aparacie bezpośredniego ścinania

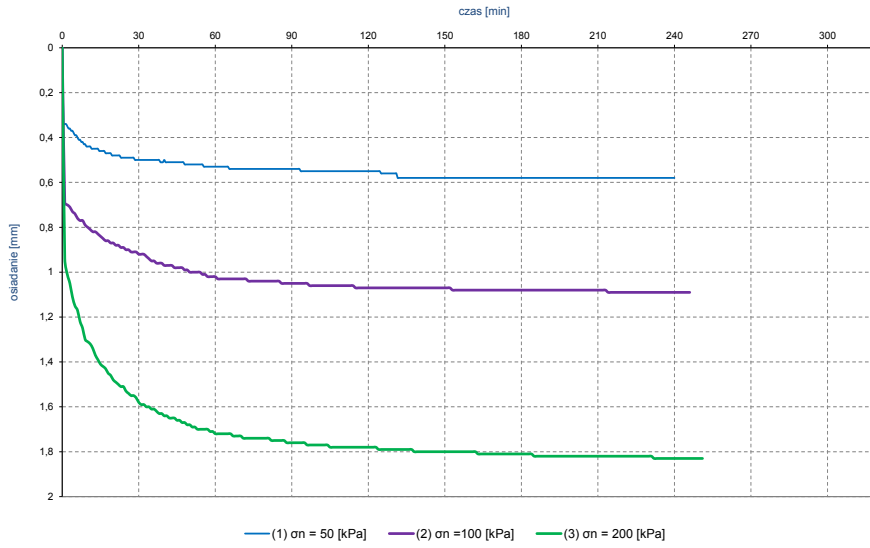
Badanie przeprowadzono w aparacie bezpośredniego ścinania. Parametry wytrzymałościowe wyznaczono dla 5 serii badań (3 prostopadłościennie próbki w serii). Próbki podczas badań pozostawały suche. Próbki gruntu spoistego zostały przycięte z prób o nienaruszonej strukturze. Naprężenia normalne zadawane były obciążnikiem. Naprężenia ścinające zadawane były przez silnik elektryczny z układem przekładni. Prędkość przemieszczenia wynosiła $v_s = 0,1$ mm/min. Prostą wytrzymałości granicznej określono z zależności naprężenia ścinającego τ_f od naprężenia normalnego σ_n . Wyniki badania wraz z przyjętym kryterium do ustalenia parametrów wytrzymałościowych zostały przedstawione w tabelach nr 24 – 28.

Względna niepewność rozszerzona oznaczenia kąta tarcia wewnętrznego wynosi 2,5% przy poziomie ufności 95% i współczynniku rozszerzenia $k = 2$.

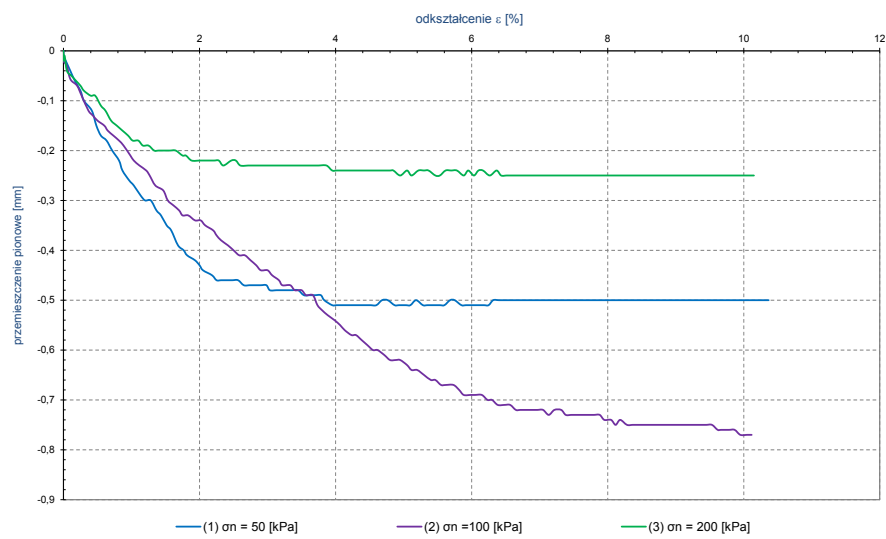
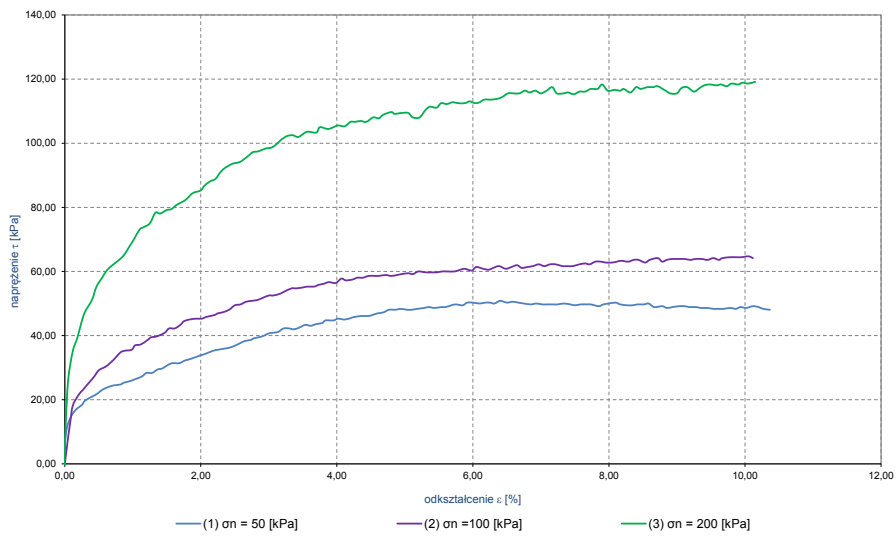
Tabela nr 24

Numer otworu		K1		Głębokość pobrania [m p.p.t.]		6,6-8,0 (7,0-7,3)	
Nazwa gruntu: Gлина							
Prędkość ścinania		0,1 mm/min		Wymiar karetki		60x60 mm	
Parametry wytrzymałościowe							
spójność				kąt tarcia wewnętrznego			
$c' = 22$ kPa				$\phi' = 25,5^\circ$			
Numer próbki	(A) $\sigma_n = 50$ kPa		(B) $\sigma_n = 100$ kPa		(C) $\sigma_n = 200$ kPa		
Dane o próbce	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00	
	m [g]	142,51	m [g]	145,40	m [g]	144,22	
	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00	
	w [%]	24,35	w [%]	24,73	w [%]	24,65	
	ρ [Mg/m ³]	1,98	ρ [Mg/m ³]	2,02	ρ [Mg/m ³]	2,00	
	ρ_d [Mg/m ³]	1,59	ρ_d [Mg/m ³]	1,62	ρ_d [Mg/m ³]	1,61	
	e_0 [-]	0,65	e_0 [-]	0,62	e_0 [-]	0,64	
	ρ_s [g/cm ³]	2,63	ρ_s [g/cm ³]	2,63	ρ_s [g/cm ³]	2,63	
Po konsolidacji	osiadanie [mm]	0,58	osiadanie [mm]	1,09	osiadanie [mm]	1,83	
	H_1 [mm]	19,42	H_1 [mm]	18,91	H_1 [mm]	18,17	
	ρ_d [Mg/m ³]	1,64	ρ_d [Mg/m ³]	1,71	ρ_d [Mg/m ³]	1,77	
	e_1 [-]	0,29	e_1 [-]	0,23	e_1 [-]	0,19	
Warunki zniszczenia	σ_n [kPa]	50	σ_n [kPa]	100	σ_n [kPa]	200	
	τ_f [kPa]	48,61	τ_f [kPa]	64,72	τ_f [kPa]	118,61	
	odkształcenie [%]	10,02	odkształcenie [%]	10,05	odkształcenie [%]	10,05	
	osiadanie [mm]	0,50	osiadanie [mm]	0,77	osiadanie [mm]	0,25	

Krzywe konsolidacji



Krzywe wytrzymałościowe



Prosta wytrzymałości granicznej

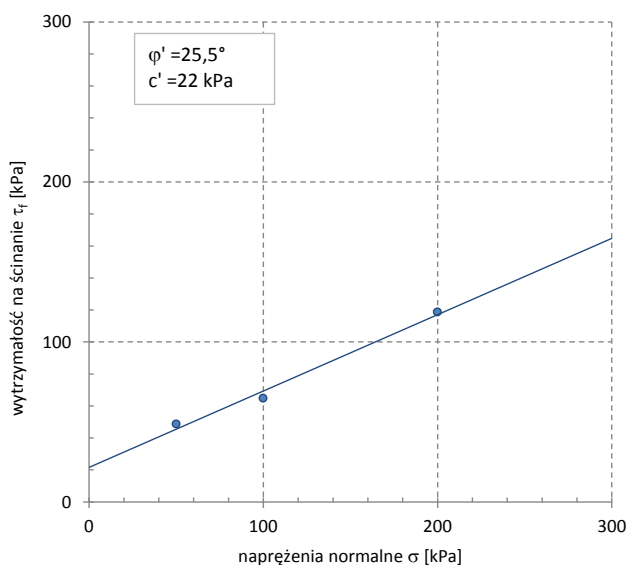
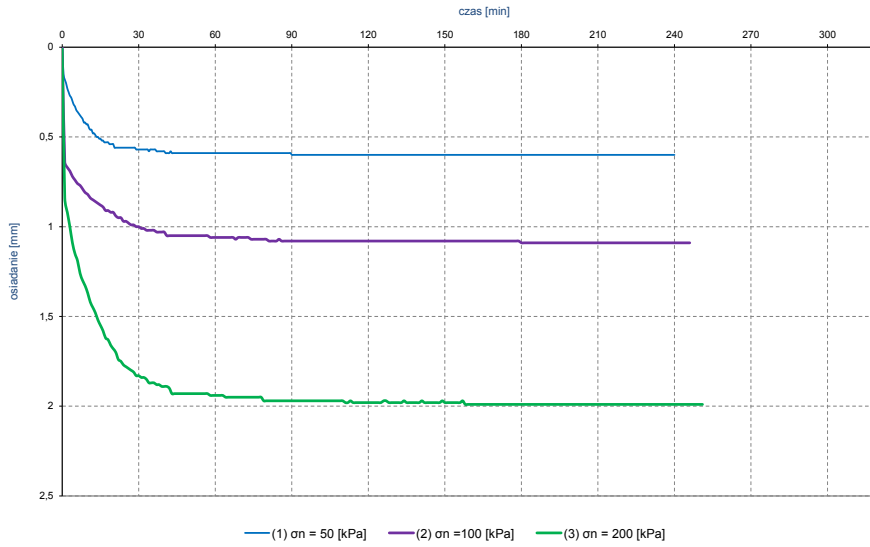


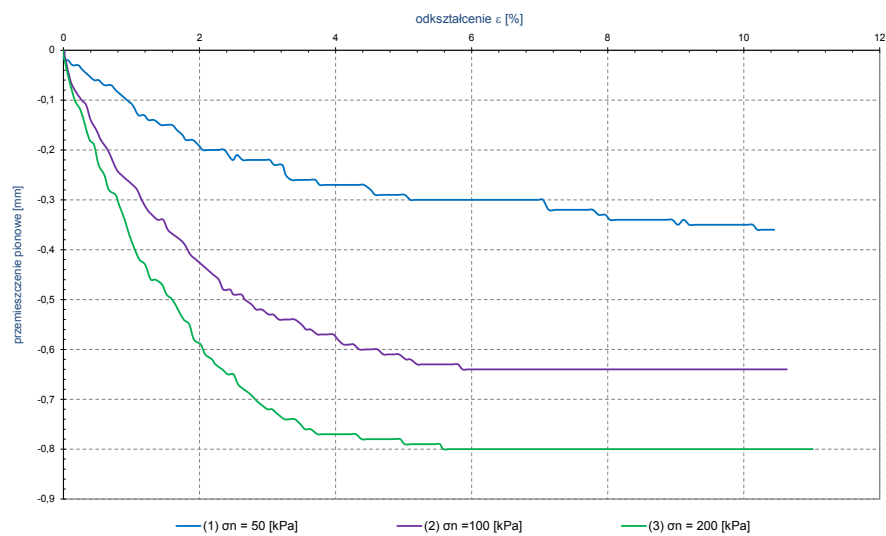
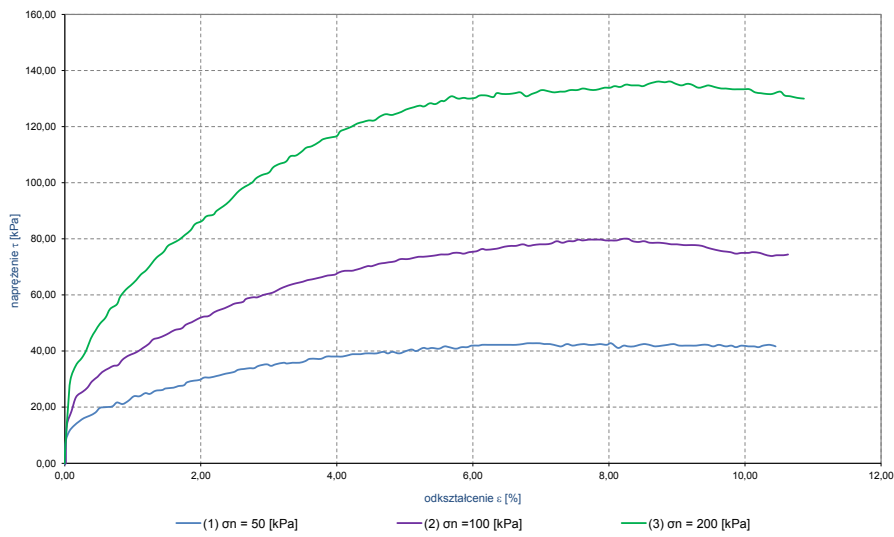
Tabela nr 24

Numer otworu	K7		Głębokość pobrania [m p.p.t.]	6,0-7,0 (6,2-6,6)		
Nazwa gruntu: Gлина						
Prędkość ścinania	0,1 mm/min		Wymiar karetki	60x60 mm		
Parametry wytrzymałościowe						
spójność			kąt tarcia wewnętrzznego			
$c' = 13$ kPa			$\phi' = 31,5^\circ$			
Numer próbki	(A) $\sigma_n = 50$ kPa		(B) $\sigma_n = 100$ kPa		(C) $\sigma_n = 200$ kPa	
Dane o próbce	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00
	m [g]	145,69	m [g]	145,50	m [g]	147,27
	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00
	w [%]	27,13	w [%]	23,19	w [%]	22,80
	ρ [Mg/m ³]	2,02	ρ [Mg/m ³]	2,02	ρ [Mg/m ³]	2,05
	ρ_d [Mg/m ³]	1,59	ρ_d [Mg/m ³]	1,64	ρ_d [Mg/m ³]	1,67
	e_0 [-]	0,66	e_0 [-]	0,62	e_0 [-]	0,59
	ρ_s [g/cm ³]	2,65	ρ_s [g/cm ³]	2,65	ρ_s [g/cm ³]	2,65
Po konsolidacji	osiadanie [mm]	0,60	osiadanie [mm]	1,09	osiadanie [mm]	1,99
	H_1 [mm]	19,40	H_1 [mm]	18,91	H_1 [mm]	18,01
	ρ_d [Mg/m ³]	2,09	ρ_d [Mg/m ³]	1,64	ρ_d [Mg/m ³]	1,85
	e_1 [-]	0,27	e_1 [-]	0,62	e_1 [-]	0,17
Warunki zniszczenia	σ_n [kPa]	50	σ_n [kPa]	100	σ_n [kPa]	200
	τ_f [kPa]	41,67	τ_f [kPa]	75,00	τ_f [kPa]	133,33
	odkształcenie [%]	10,05	odkształcenie [%]	10,05	odkształcenie [%]	10,07
	osiadanie [mm]	0,35	osiadanie [mm]	0,64	osiadanie [mm]	0,80

Krzywe konsolidacji



Krzywe wytrzymałościowe



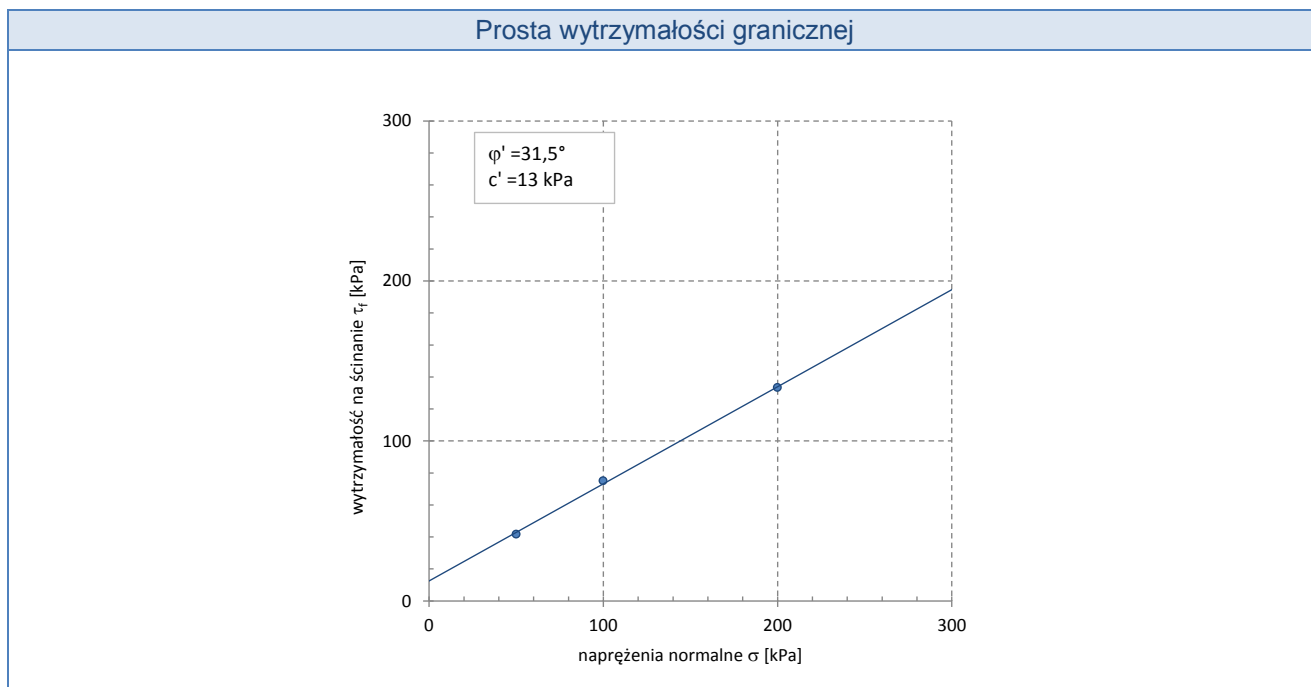
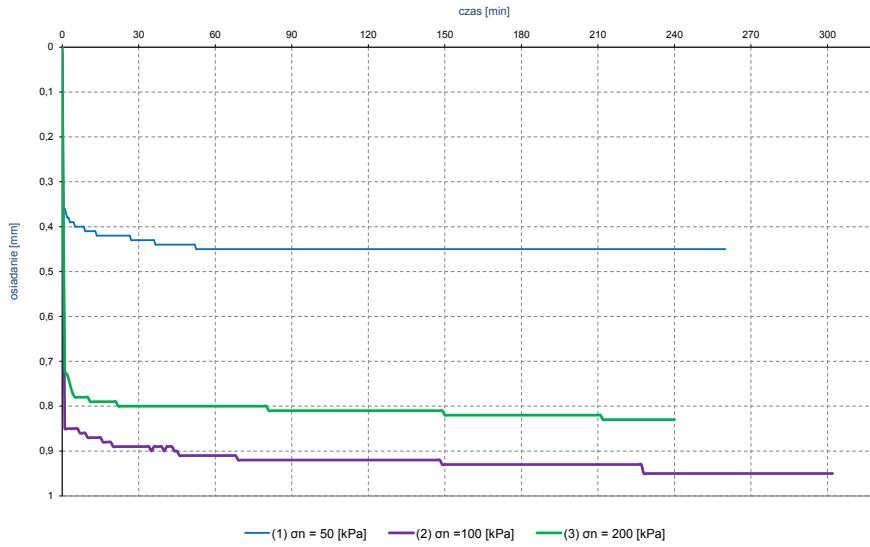


Tabela nr 24

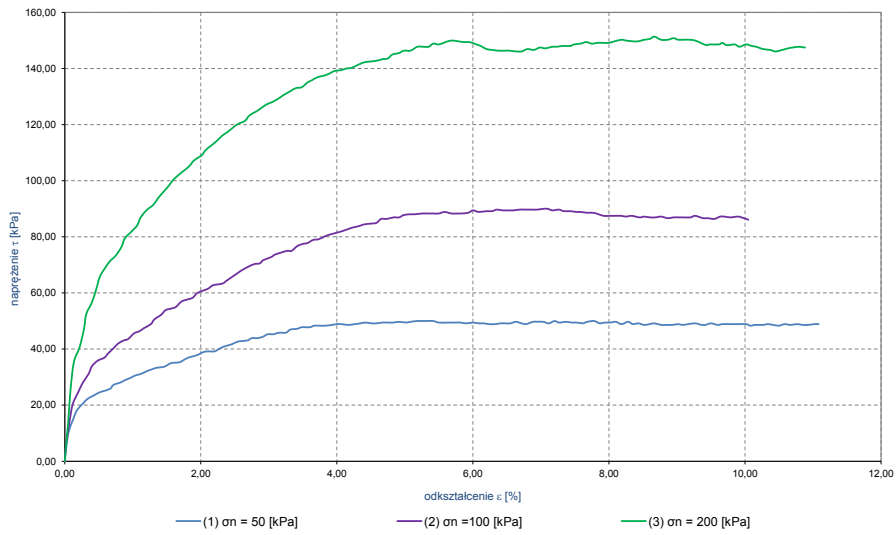
Numer otworu	K12		Głębokość pobrania [m p.p.t.]	4,0-5,8 (4,2-4,5)		
Nazwa gruntu: Gлина						
Prędkość ścinania	0,1 mm/min		Wymiar karetki	60x60 mm		
Parametry wytrzymałościowe						
spójność			kąt tarcia wewnętrzznego			
c' = 18 kPa			φ' = 33,5°			
Numer próbki	(A) $\sigma_n = 50$ kPa		(B) $\sigma_n = 100$ kPa		(C) $\sigma_n = 200$ kPa	
Dane o próbce	H ₀ [mm]	20,00	H ₀ [mm]	20,00	H ₀ [mm]	20,00
	m [g]	142,85	m [g]	142,50	m [g]	142,35
	V ₀ [cm ³]	72,00	V ₀ [cm ³]	72,00	V ₀ [cm ³]	72,00
	w [%]	20,62	w [%]	20,61	w [%]	20,92
	ρ [Mg/m ³]	1,98	ρ [Mg/m ³]	1,98	ρ [Mg/m ³]	1,98
	ρ _d [Mg/m ³]	1,65	ρ _d [Mg/m ³]	1,64	ρ _d [Mg/m ³]	1,64
	e ₀ [-]	0,61	e ₀ [-]	0,61	e ₀ [-]	0,62
	ρ _s [g/cm ³]	2,65	ρ _s [g/cm ³]	2,65	ρ _s [g/cm ³]	2,65
Po konsolidacji	osiadanie [mm]	0,45	osiadanie [mm]	0,95	osiadanie [mm]	0,83
	H ₁ [mm]	19,55	H ₁ [mm]	19,05	H ₁ [mm]	19,17
	ρ _d [Mg/m ³]	1,68	ρ _d [Mg/m ³]	1,72	ρ _d [Mg/m ³]	1,71
	e ₁ [-]	0,31	e ₁ [-]	0,28	e ₁ [-]	0,28
Warunki zniszczenia	σ _n [kPa]	50	σ _n [kPa]	100	σ _n [kPa]	200
	τ _f [kPa]	48,89	τ _f [kPa]	86,67	τ _f [kPa]	148,61
	odkształcenie [%]	10,02	odkształcenie [%]	9,98	odkształcenie [%]	10,02
	osiadanie [mm]	0,42	osiadanie [mm]	0,63	osiadanie [mm]	0,70

Krzywe konsolidacji

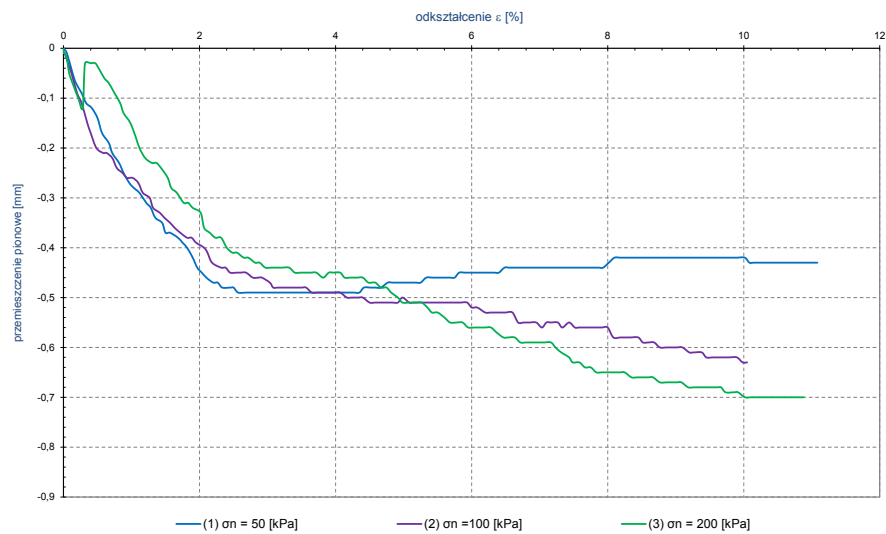


(1) $\sigma_n = 50$ [kPa] (2) $\sigma_n = 100$ [kPa] (3) $\sigma_n = 200$ [kPa]

Krzywe wytrzymałościowe



(1) $\sigma_n = 50$ [kPa] (2) $\sigma_n = 100$ [kPa] (3) $\sigma_n = 200$ [kPa]



(1) $\sigma_n = 50$ [kPa] (2) $\sigma_n = 100$ [kPa] (3) $\sigma_n = 200$ [kPa]

Prosta wytrzymałości granicznej

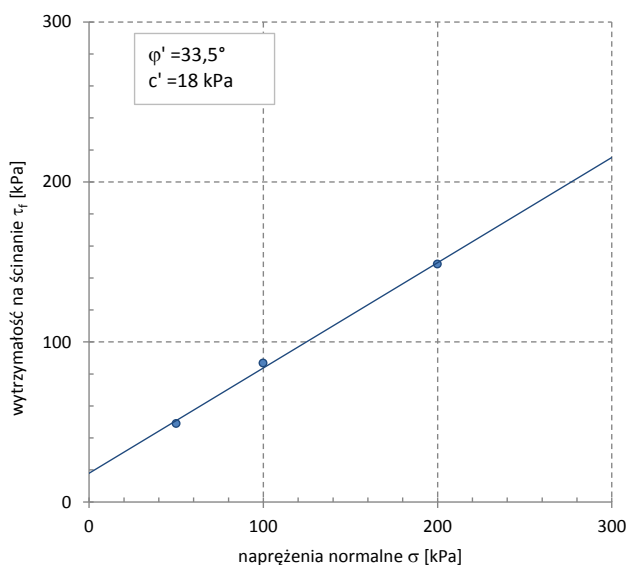
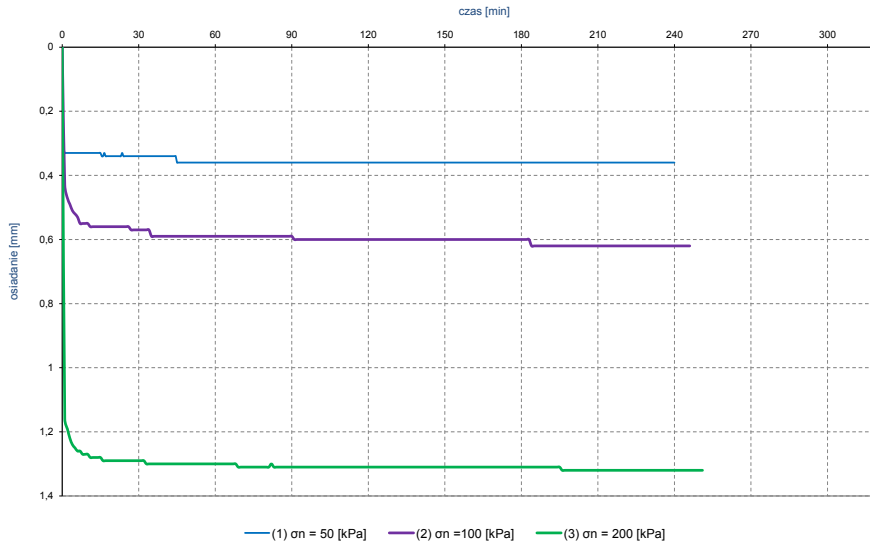


Tabela nr 24

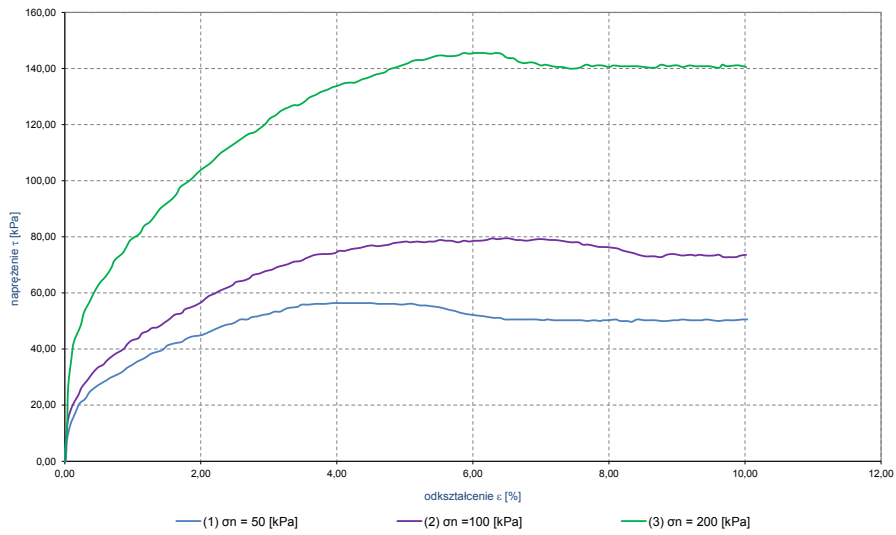
Numer otworu	K13		Głębokość pobrania [m p.p.t.]	4,8-5,6 (5,0-5,4)		
Nazwa gruntu: Gлина piaszczysta						
Prędkość ścinania	0,1 mm/min		Wymiar karetki	60x60 mm		
Parametry wytrzymałościowe						
spójność			kąt tarcia wewnętrzznego			
$c' = 17$ kPa			$\phi' = 31,5^\circ$			
Numer próbki	(A) $\sigma_n = 50$ kPa		(B) $\sigma_n = 100$ kPa		(C) $\sigma_n = 200$ kPa	
Dane o próbce	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00
	m [g]	148,85	m [g]	149,05	m [g]	146,03
	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00
	w [%]	18,29	w [%]	18,81	w [%]	17,74
	ρ [Mg/m ³]	2,07	ρ [Mg/m ³]	2,07	ρ [Mg/m ³]	2,03
	ρ_d [Mg/m ³]	1,75	ρ_d [Mg/m ³]	1,74	ρ_d [Mg/m ³]	1,72
	e_0 [-]	0,51	e_0 [-]	0,52	e_0 [-]	0,53
	ρ_s [g/cm ³]	2,64	ρ_s [g/cm ³]	2,64	ρ_s [g/cm ³]	2,64
Po konsolidacji	osiadanie [mm]	0,36	osiadanie [mm]	0,62	osiadanie [mm]	1,32
	H_1 [mm]	19,64	H_1 [mm]	19,38	H_1 [mm]	18,68
	ρ_d [Mg/m ³]	1,78	ρ_d [Mg/m ³]	1,80	ρ_d [Mg/m ³]	1,84
	e_1 [-]	0,25	e_1 [-]	0,24	e_1 [-]	0,22
Warunki zniszczenia	σ_n [kPa]	50	σ_n [kPa]	100	σ_n [kPa]	200
	τ_f [kPa]	50,56	τ_f [kPa]	73,61	τ_f [kPa]	140,56
	odkształcenie [%]	10,03	odkształcenie [%]	10,02	odkształcenie [%]	10,02
	osiadanie [mm]	0,16	osiadanie [mm]	0,63	osiadanie [mm]	0,76

Krzywe konsolidacji

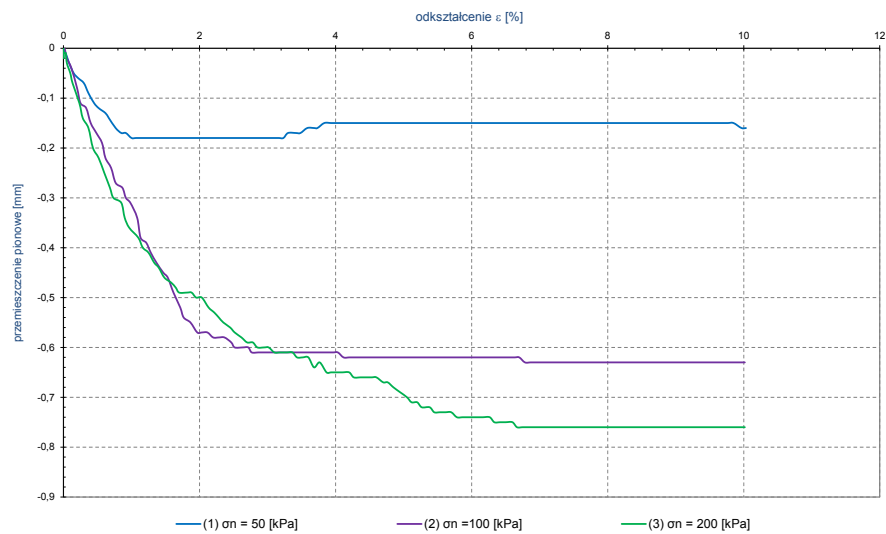


(1) $\sigma_n = 50$ [kPa] (2) $\sigma_n = 100$ [kPa] (3) $\sigma_n = 200$ [kPa]

Krzywe wytrzymałościowe



(1) $\sigma_n = 50$ [kPa] (2) $\sigma_n = 100$ [kPa] (3) $\sigma_n = 200$ [kPa]



(1) $\sigma_n = 50$ [kPa] (2) $\sigma_n = 100$ [kPa] (3) $\sigma_n = 200$ [kPa]

Prosta wytrzymałości granicznej

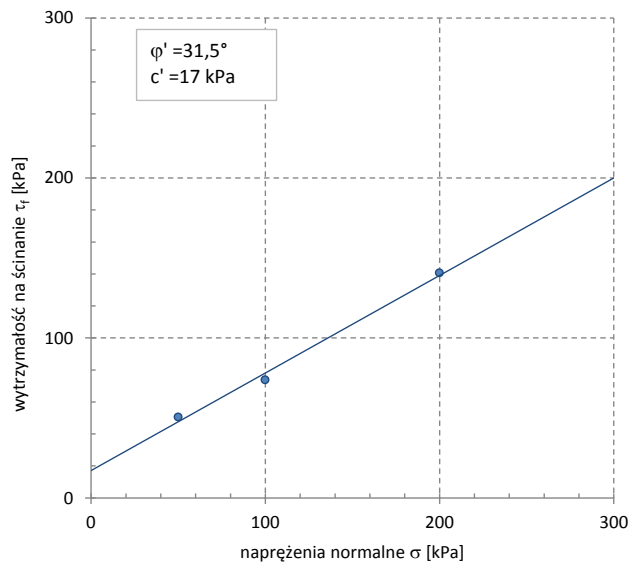
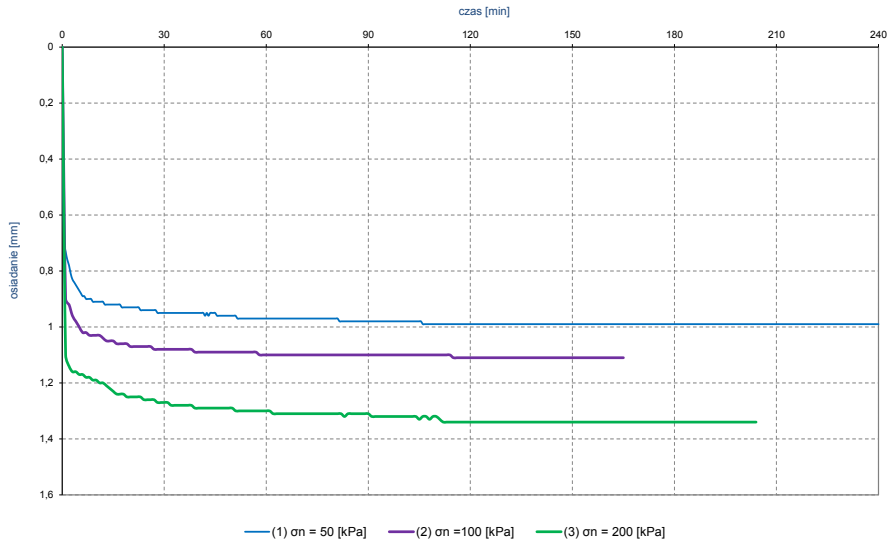


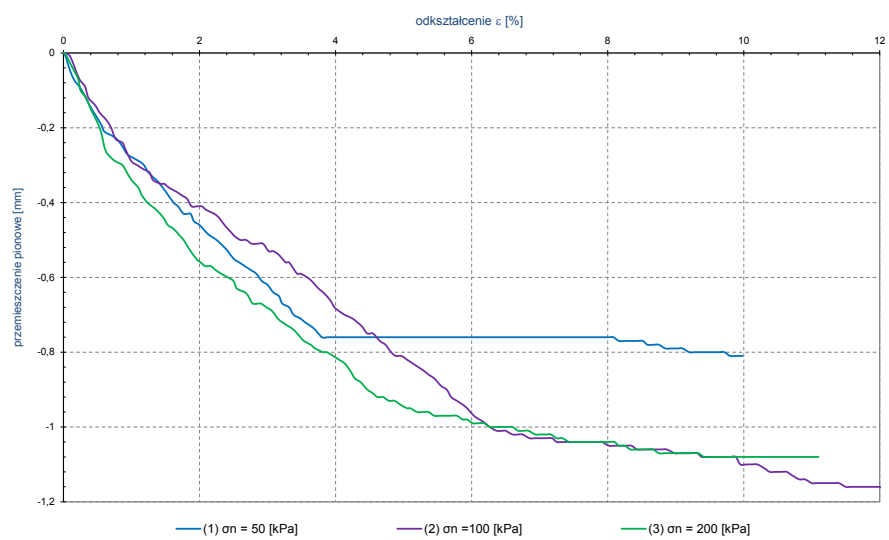
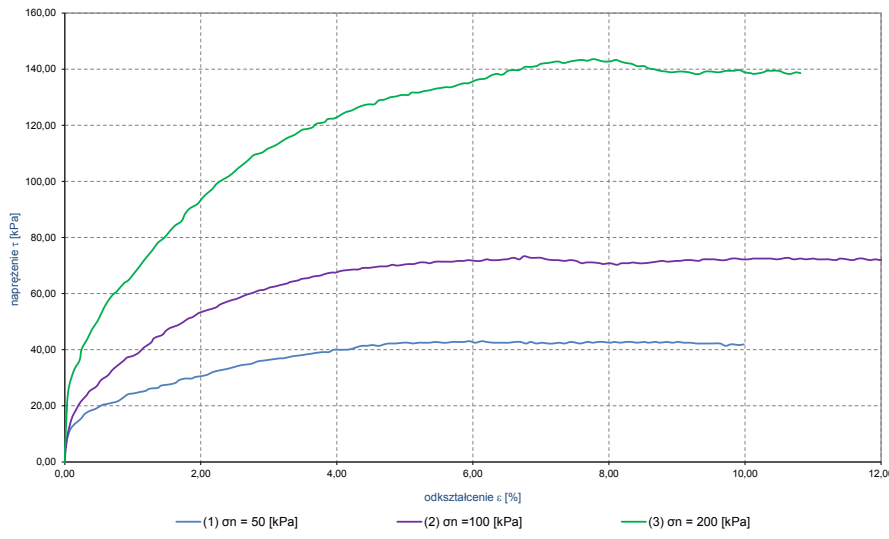
Tabela nr 24

Numer otworu	K15		Głębokość pobrania [m p.p.t.]	4,0-6,6 (5,0-5,5)		
Nazwa gruntu: Gлина						
Prędkość ścinania	0,1 mm/min		Wymiar karetki	60x60 mm		
Parametry wytrzymałościowe						
spójność			kąt tarcia wewnętrzznego			
$c' = 8,6$ kPa			$\varphi' = 33^\circ$			
Numer próbki	(A) $\sigma_n = 50$ kPa		(B) $\sigma_n = 100$ kPa		(C) $\sigma_n = 200$ kPa	
Dane o próbce	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00	H_0 [mm]	20,00
	m [g]	141,01	m [g]	139,76	m [g]	140,70
	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00	V_0 [cm ³]	72,00
	w [%]	24,60	w [%]	25,10	w [%]	24,68
	ρ [Mg/m ³]	1,96	ρ [Mg/m ³]	1,94	ρ [Mg/m ³]	1,95
	ρ_d [Mg/m ³]	1,57	ρ_d [Mg/m ³]	1,55	ρ_d [Mg/m ³]	1,57
	e_0 [-]	0,68	e_0 [-]	0,70	e_0 [-]	0,68
	ρ_s [g/cm ³]	2,64	ρ_s [g/cm ³]	2,64	ρ_s [g/cm ³]	2,64
Po konsolidacji	osiadanie [mm]	0,99	osiadanie [mm]	1,11	osiadanie [mm]	1,34
	H_1 [mm]	19,01	H_1 [mm]	18,89	H_1 [mm]	18,66
	ρ_d [Mg/m ³]	1,65	ρ_d [Mg/m ³]	2,06	ρ_d [Mg/m ³]	1,68
	e_1 [-]	0,28	e_1 [-]	0,28	e_1 [-]	0,26
Warunki zniszczenia	σ_n [kPa]	50	σ_n [kPa]	100	σ_n [kPa]	200
	τ_f [kPa]	41,94	τ_f [kPa]	72,22	τ_f [kPa]	138,89
	odkształcenie [%]	9,98	odkształcenie [%]	10,05	odkształcenie [%]	10,00
	osiadanie [mm]	0,81	osiadanie [mm]	1,10	osiadanie [mm]	1,08

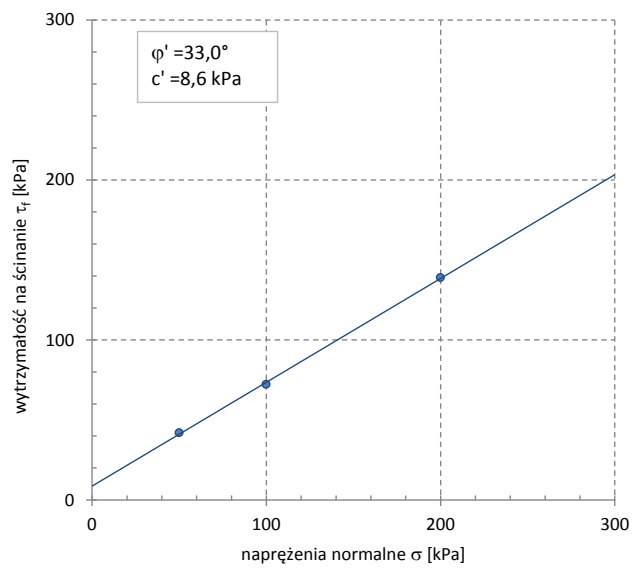
Krzywe konsolidacji



Krzywe wytrzymałościowe



Prosta wytrzymałości granicznej



Inne informacje dotyczące badania

Wykonawcy badań: mgr Monika Niemyjska
 mgr Olga Wesółowska

Odpowiedzialny za badanie

mgr inż. Małgorzata Wszędyrówny - Nast

Tytuł, Imię i Nazwisko

Podpis

Osoba autoryzująca raport

dr hab. inż. Tomasz Godlewski, prof. ITB

Tytuł, Imię i Nazwisko

Podpis

Kierownik Laboratorium Konstrukcji Budowlanych, Geotechniki i Betonu

dr hab. inż. Artur Piekarczyk, prof. ITB

Tytuł, Imię i Nazwisko

Podpis

Warszawa, dnia 13 listopada 2020 r.

Laboratorium Badawcze oświadcza, że wyniki badania odnoszą się wyłącznie do badanego obiektu. Bez pisemnej zgody Laboratorium Badawczego Raport nie może być powielany inaczej, jak tylko w całości.

Raport z badań nie zastępuje dokumentów wymaganych przy wprowadzaniu do obrotu i udostępnianiu wyrobów budowlanych.