

8.WPGI 2024

Charakterystyka właściwości geotechnicznych utworów lessowych Płaskowyzu Nałęczowskiego

KRZYSZTOF NEPELSKI

POLITECHNIKA LUBELSKA

ZBIGNIEW FRANKOWSKI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY



POLITECHNIKA
LUBELSKA

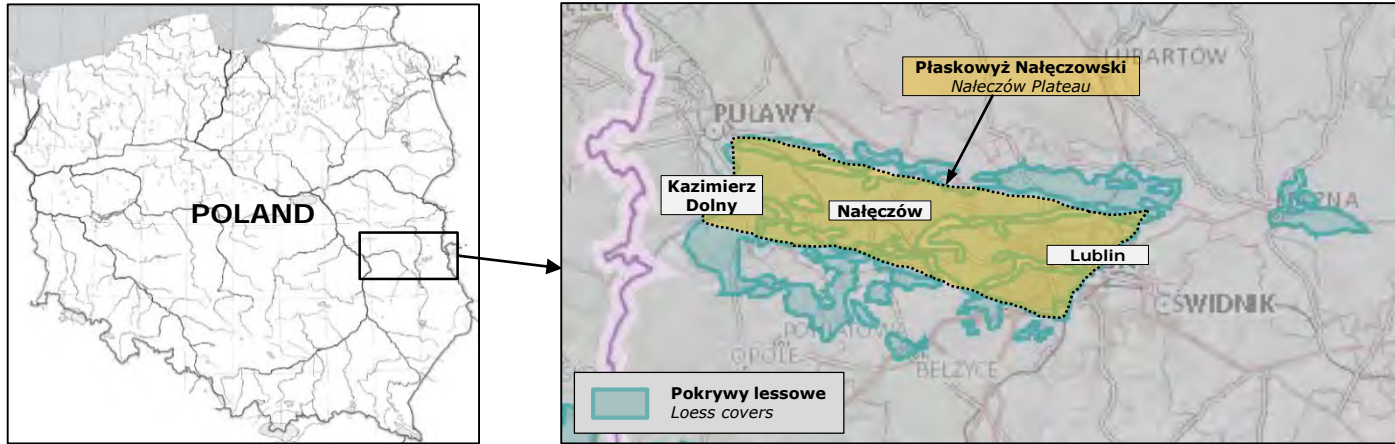


8.WPGI 2024

wpgi.pgi.gov.pl

pgi.gov.pl

Płaskowyż Nałęczowski

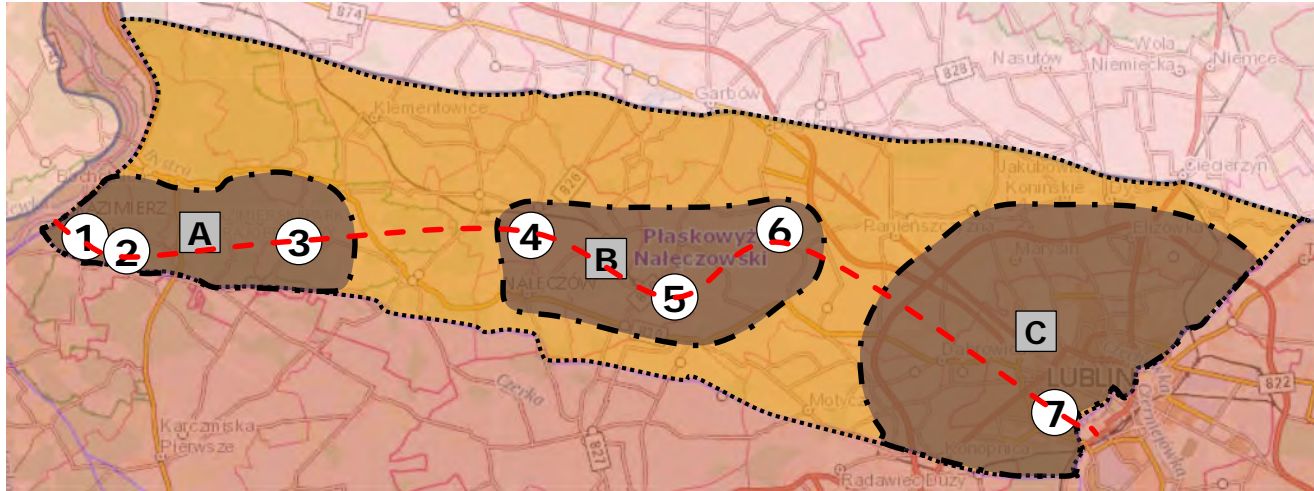


Naturalne granice:

Zachód – dolina Wisły
Wschód – dolina Bystrzycy

POKRYWA LESSOWA	~ 5 ÷ 30 m
Kazimierz Dolny	~ 20 ÷ 25 m
Nałęczów	~ 12 ÷ 15 m
Lublin	~ 10 ÷ 25 m

Lokalizacja badań



Obszar A (**Kazimierz Dolny**)

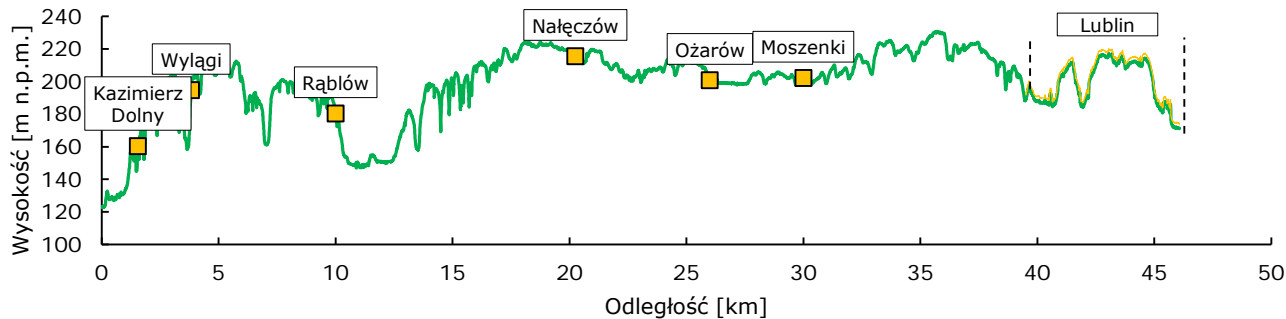
- 1 Kazimierz Dolny
- 2 Wylągi
- 3 Rąblów

Obszar B (**Nałęczów**)

- 4 Piotrowice
- 5 Ożarów
- 6 Moszenki

Obszar C (**Lublin**)

- 7 Lublin



Grupy facjalne lessów

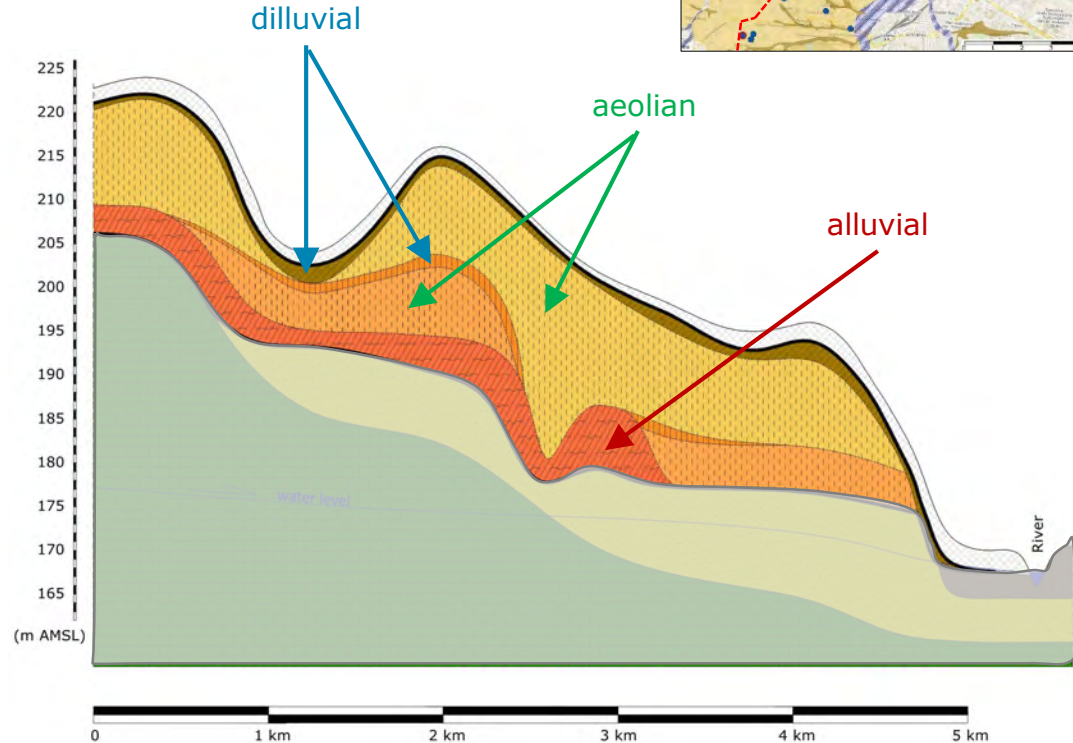
Główne grupy facjalne:

Lessy typowe: eoliczne [aeolian]
(pyły)

Lessopodobne: eoliczno-deluwialne [dilluvial]
eoliczna-aluwialne [alluvial]
(pyły, gliny)

- Prezentowane wyniki dotyczą lessów typowych
- Najbardziej rozpowszechniona facja na obszarze Płaskowyżu Nałęczowskiego

Budowa geologiczna w rejonie Lublina
Subsoil structure in Lublin area



Parametry klasyfikacyjne

Granulometrycznie
klasyfikacja
frakcja pyłowa
frakcja iłowa

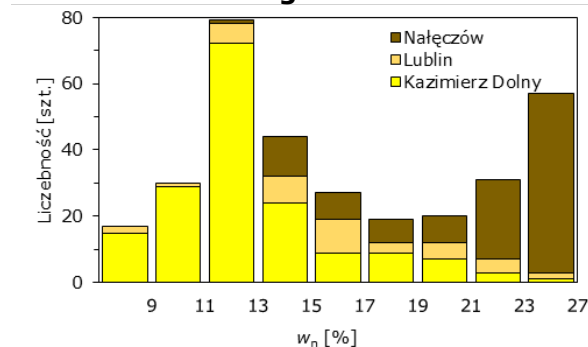
pyły, rzadziej **gliny pylaste**
60-90%, przeciętnie **~80%**
3÷30%, najczęściej **<10%**

Typowe wartości:
wilgotność naturalna
granica plastyczności
granica płynności
gęstość obj. szk. grunt.

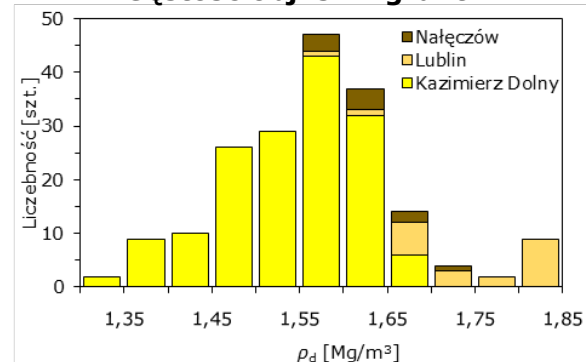
12÷18 %
18÷21 %
26÷28 %
1,6÷1,8 g/cm³

Rejon Area	Miara zmienności Measures of variability	Parametr Parameter			
		w_n	w_L	w_p	ρ_d
		%	%	%	Mg/m ³
Kazimierz Dolny	Min	7,2	23,8	18,6	1,39
	Max	25,8	32,7	24,7	1,73
	Średnia	12,5	26,5	20,6	1,58
	Liczba próbek	169	25	25	157
Nałęczów	Min	12,6	26,8	18,4	1,56
	Max	26,4	32,7	20,9	1,74
	Średnia	21,6	28,6	20,0	1,63
	Liczba próbek	114	22	22	10
Lublin	Min	5,9	21,3	15,0	1,56
	Max	25,5	29,6	19,9	1,85
	Średnia	16,0	25,8	18,2	1,74
	Liczba próbek	41	41	41	22

Wilgotność

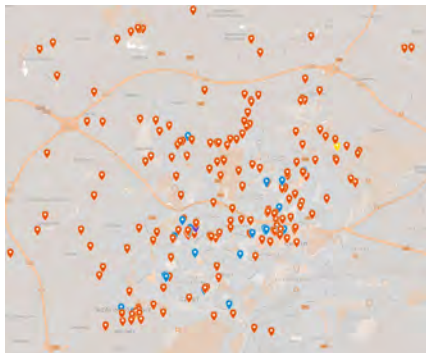


Gęstość obj. szk. grunt.

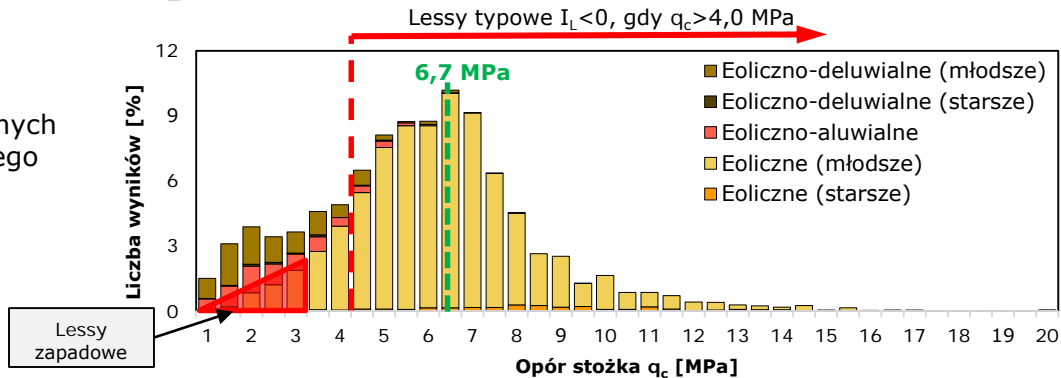


Sondowania statyczne CPT/CPTU

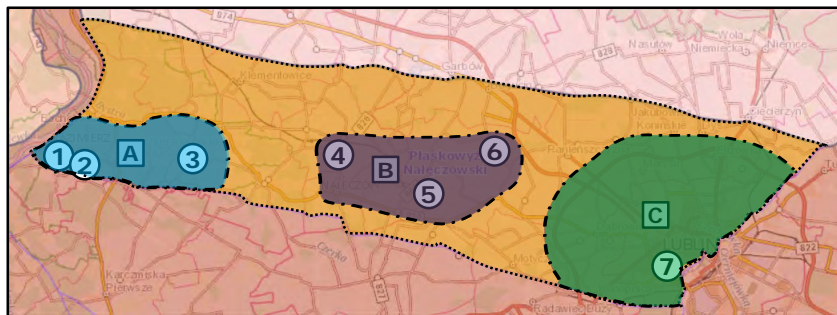
LUBLIN



266 lokalizacji
1136 sondowań statycznych
8385 mb profilu lessowego

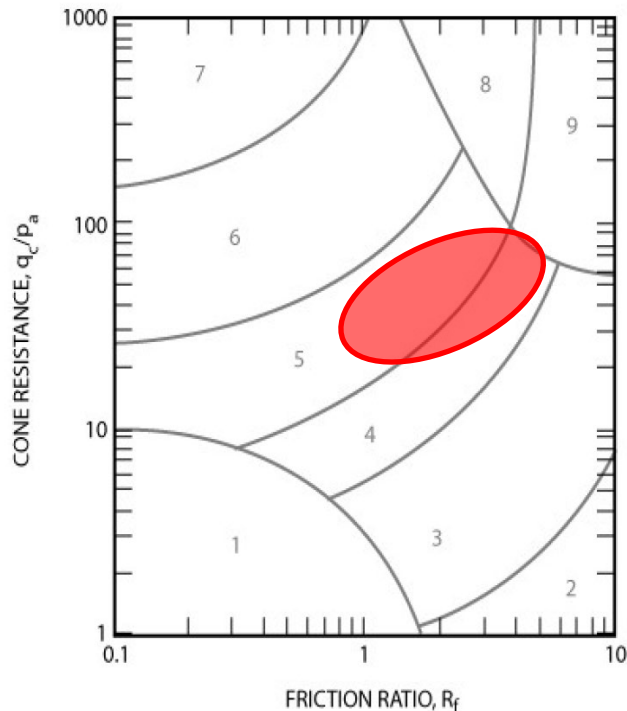


Lessy zapadowe



	Lokalizacja		Facja	Liczba danych (mb)	q_c		R_f	
					zakres	średnia	zakres	średnia
Kazimierz Dolny	A1	Kwaskowa Góra	Eoliczna	67,5	2,1-12,4	6,7	0,9-3,8	1,9
	A2	Wylągi	Eoliczna	50,1	2,8-13,2	8,1	0,6-6,4	1,8
	A3	Rąblów	Eoliczna	22,5	1,6-14,3	6,2	0,2-6,7	2,7
Nałęczów	B4	Piotrowice	Eoliczna	158,3	1,5-7,0	3,7	0,2-12,5	2,1
	B5	Ożarów	Eoliczna	14,5	0,5-5,8	3,0	0,5-9,0	2,6
	B6	Moszenki	Eoliczna	26,5	1,0-4,2	2,5	0,2-5,5	1,3
Lublin	C7	Lublin	Ogólnie	8385,0	0,3-21,8	6,1	0,2-11,0	3,2
			Eoliczna	6796,9	0,9-23,6	6,7		2,4

Sondowania statyczne CPT/CPTU



Zone	Soil Behavior Type
1	Sensitive, fine grained
2	Organic soils - clay
3	Clay - silty clay to clay
4	Silt mixtures - clayey silt to silty clay
5	Sand mixtures - silty sand to sandy silt
6	Sands - clean sand to silty sand
7	Gravelly sand to dense sand
8	Very stiff sand to clayey sand*
9	Very stiff fine grained*

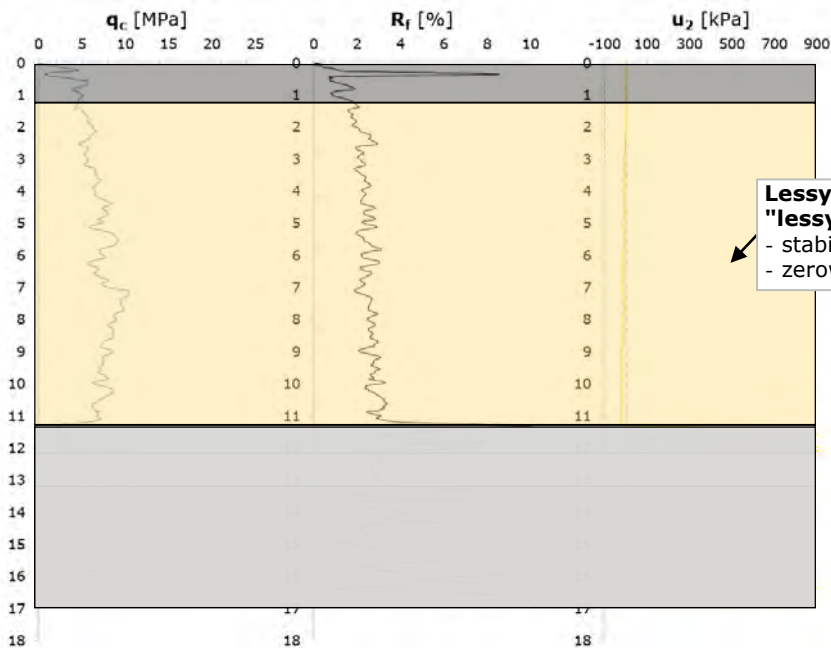
Non-normalized CPT Soil Behavior Type (SBT) chart
(Robertson et al., 1986, updated by Robertson, 2010)

Lokalizacja		Facja	Liczba danych (mb)	qc		Rf		
				zakres	średnia	zakres	średnia	
Kazimierz Dolny	A1	Kwaskowa Góra	Eoliczna	67,5	2,1-12,4	6,7	0,9-3,8	1,9
	A2	Wylągi	Eoliczna	50,1	2,8-13,2	8,1	0,6-6,4	1,8
	A3	Rąblów	Eoliczna	22,5	1,6-14,3	6,2	0,2-6,7	2,7
Nałęczów	B4	Piotrowice	Eoliczna	158,3	1,5-7,0	3,7	0,2-12,5	2,1
	B5	Ożarów	Eoliczna	14,5	0,5-5,8	3,0	0,5-9,0	2,6
	B6	Moszenki	Eoliczna	26,5	1,0-4,2	2,5	0,2-5,5	1,3
Lublin	C7	Lublin	Ogólnie	8385,0	0,3-21,8	6,1	0,2-11,0	3,2
			Eoliczna	6796,9	0,9-23,6 2,5-14,5*	6,7 7,2*		2,4 4,5*

* dane z pomiarów stożkiem mechanicznym

Sondowania statyczne CPT/CPTU

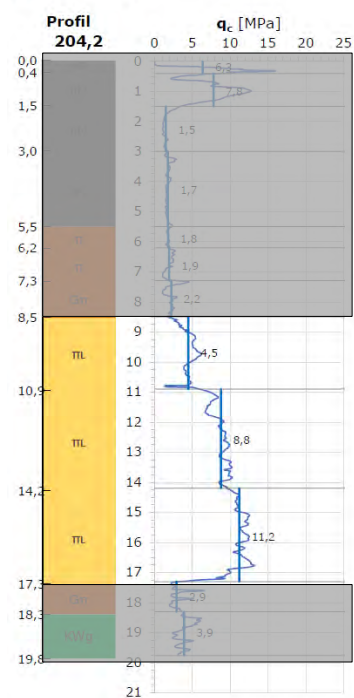
TYPOWE SONDOWANIE



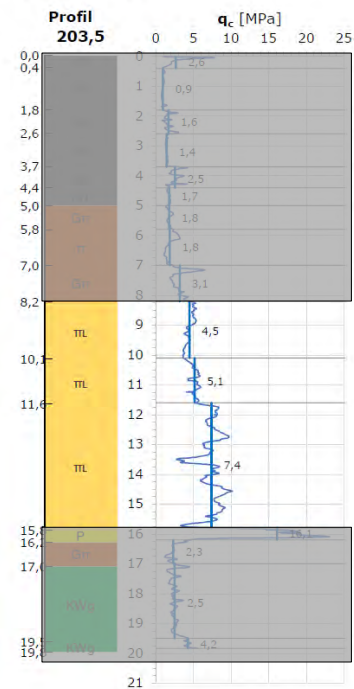
Lessy eoliczne
"lessy typowe"
- stabilne q_c i R_f
- zerowe u_2

STREFOWOŚĆ

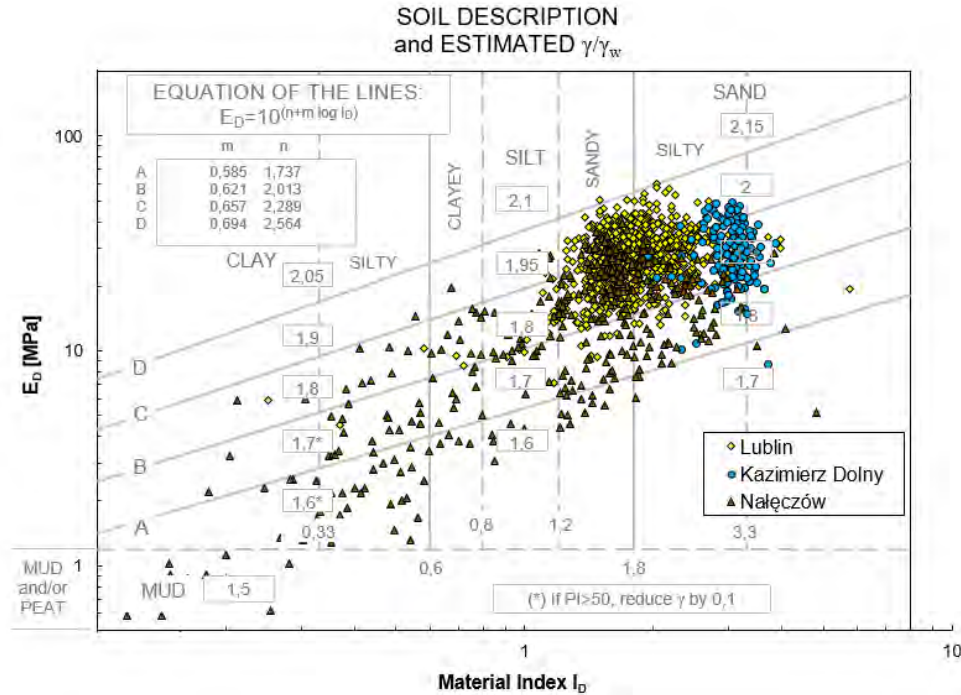
CPTU 6



CPTU 7



Testy dylatometrem płaskym DMT



Kazimierz Dolny
silty sand

Lublin
silty sand > sandy silt

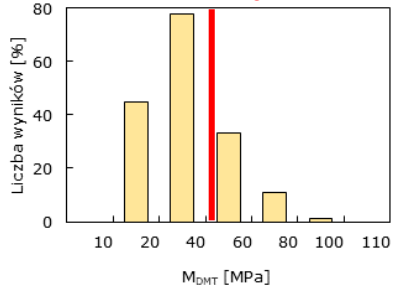
Nałęczów
sandy silt > clayey silt > silty clay

Testy dylatometrem płaskim DMT

Rozkład statystyczny modułów ścisłości M_{DMT} dla facji eolicznej (lessy typowe)

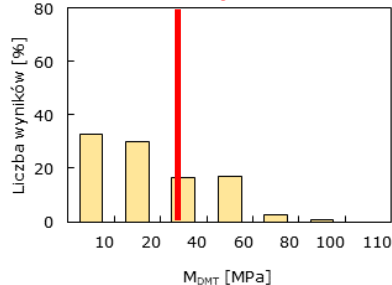
Kazimierz Dolny (Kwasowa Góra)

42 MPa



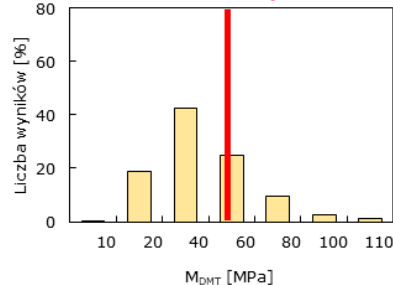
Nałęczów (Piotrowice)

24 MPa

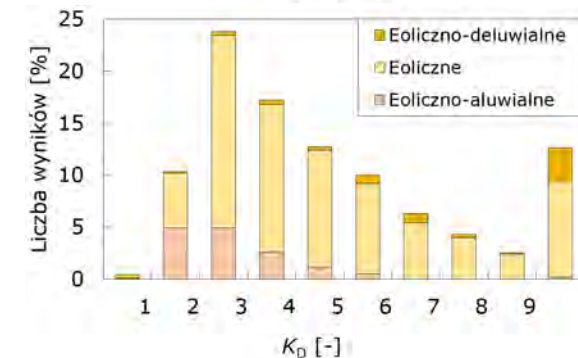
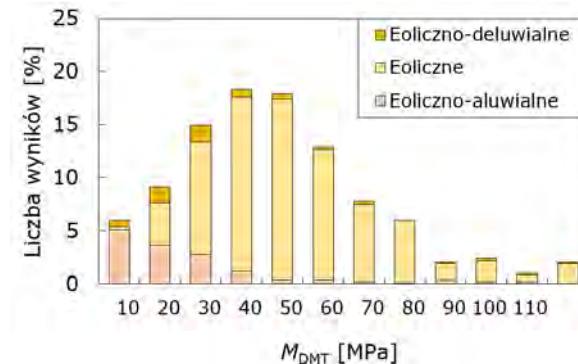


Lublin

47 MPa



Lublin - szczegółowo



Nr	Lokalizacja		Liczba pomiarów	K_D		M_{DMT}	
	Miejscowość	Rejon		zakres	średnia	zakres	średnia
A1	Kazimierz Dolny	Kwaskowa Góra	168	1,4-17,8	3,3	12,5-94,0	42,0
B4	Nałęczów	Piotrowice	270	0,6-16,8	3,9	0,2-91,7	24,1
C7	Lublin	Cały	2658	1,3-35,2	5,2	3,8-171,3	47,4

CPT-DMT



- DMT jako referencyjne badanie ścisłości.
- Kalibracja współczynnika α_m (CPTU).

$$M = \alpha_m q_c$$

$$M = \alpha_m (q_t - \sigma_{v0})$$

Ogólnie $\alpha_m = 1 \div 15$

Tablica D.2^{N10} – Przykładowe wartości α

Grunt	q_c	α
II niskoplastyczny	$q_c \leq 0,7 \text{ MPa}$ $0,7 < q_c < 2 \text{ MPa}$ $q_c \geq 2 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 8$ $2 < \alpha < 5$ $1 < \alpha < 2,5$
Pył niskoplastyczny	$q_c < 2 \text{ MPa}$ $q_c \geq 2 \text{ MPa}$	$3 < \alpha < 6$ $1 < \alpha < 2$
II bardzo plastyczny Pył bardzo plastyczny	$q_c < 2 \text{ MPa}$ $q_c \geq 2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 6$ $1 < \alpha < 2$
Pył z dużą zawartością części organicznych	$q_c < 1,2 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 8$
Torf i il z dużą zawartością części organicznych	$q_c < 0,7 \text{ MPa}$	$1,5 < \alpha < 4$ $1 < \alpha < 1,5$ $\alpha < 0,4$
Kredy:	$2 < q_c \leq 3 \text{ MPa}$ $q_c > 3 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 4$ $1,5 < \alpha < 3$
Kredy:	$2 < q_c \leq 3 \text{ MPa}$ $q_c > 3 \text{ MPa}$	$2 < \alpha < 4$ $1,5 < \alpha < 3$

Pył wg EC7

$$\alpha_m = 1 \div 6$$

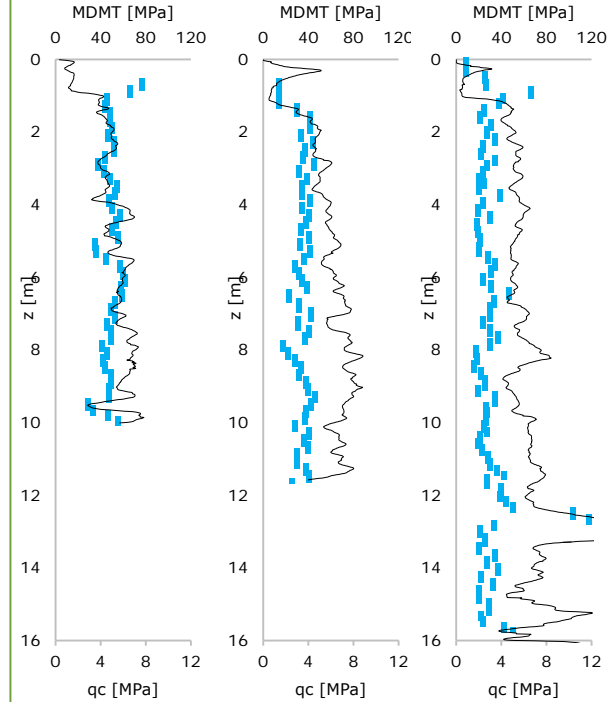
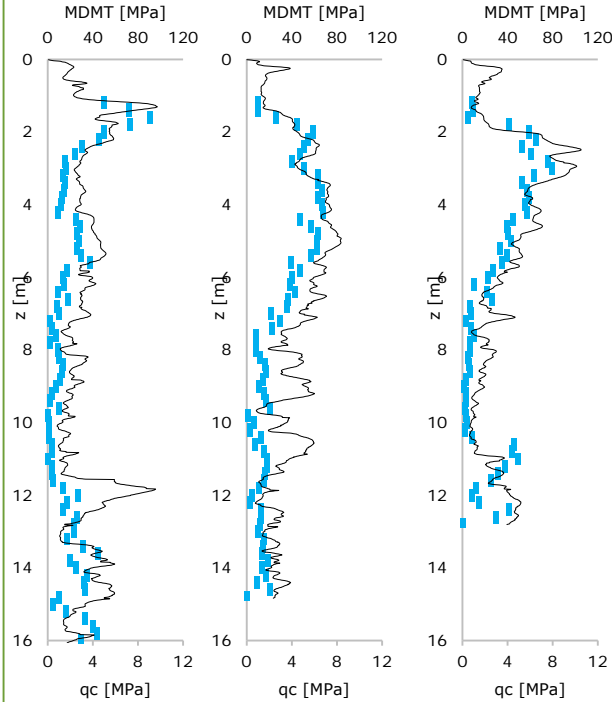
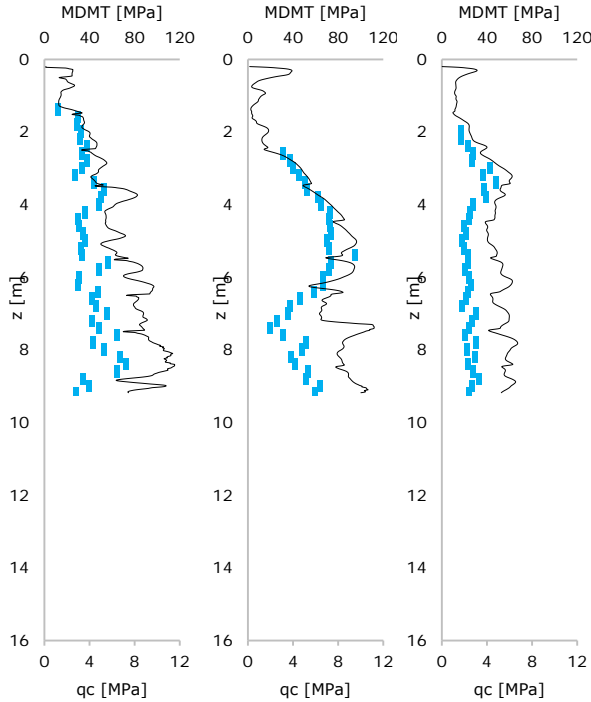
$$q_c > 2 \text{ MPa} \quad \alpha_m = 1 \div 2$$

CPT-DMT

Kazimierz Dolny

Nałęczów (Piotrowice)

Lublin

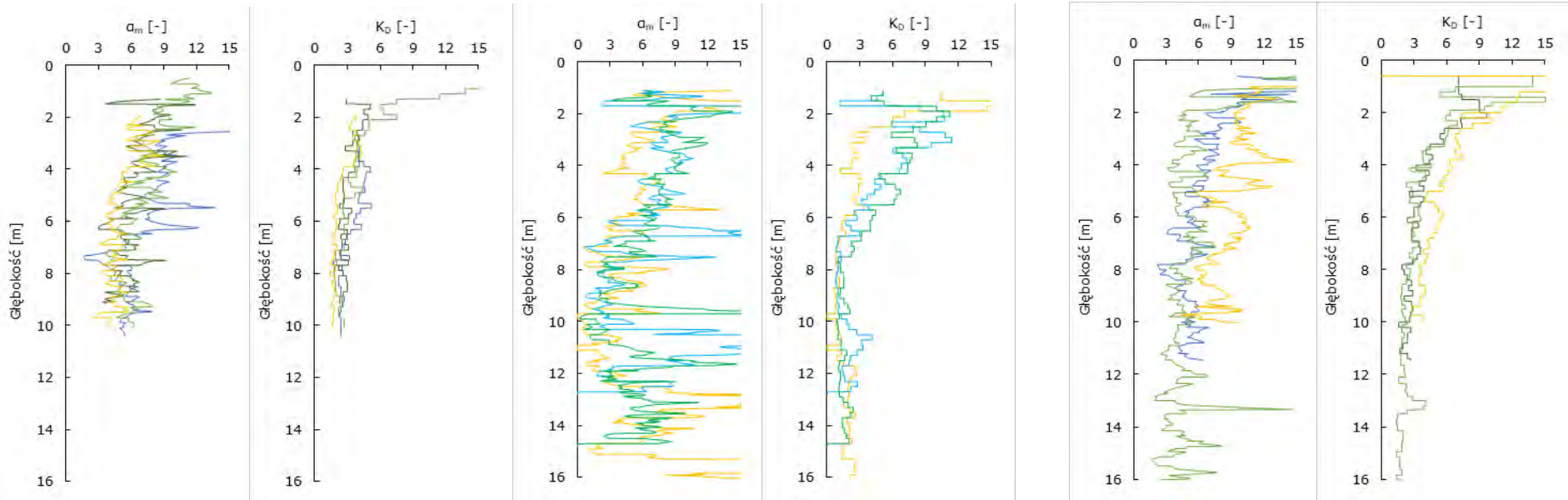


CPT-DMT

Kazimierz Dolny

Nałęczów
(Piotrowice)

Lublin



CPT-DMT

$$M = \alpha_m q_c$$

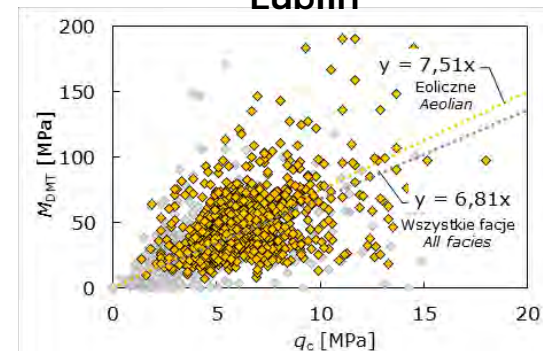
	Współczynnik α_m		
	$K_D < 4$	$K_D > 4$	Ogólnie
Lublin	5,5	9,4	7,5
Kazimierz Dolny	5,6	8,9	6,3
Nałęczów	4,0	8,7	5,6

Uogólniony $\alpha_m = 5,5 \div 7,5$

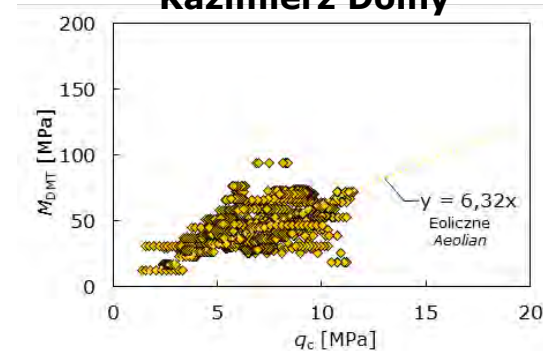
$K_D < 4$ $\alpha_m = 4 \div 6$

$K_D > 4$ $\alpha_m = \sim 9$

Lublin

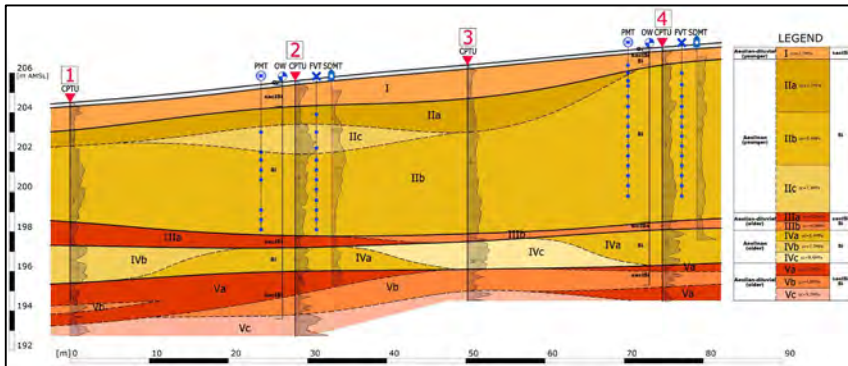


Kazimierz Dolny

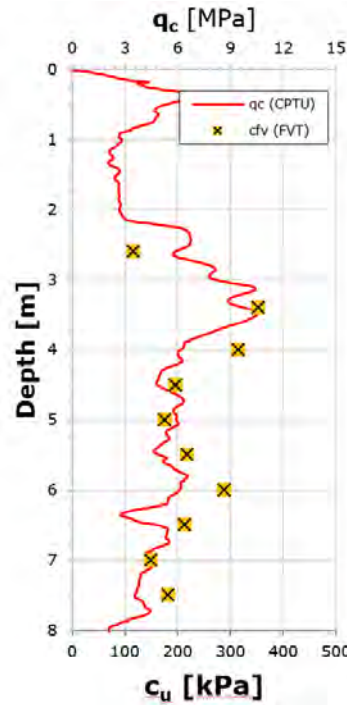


FVT

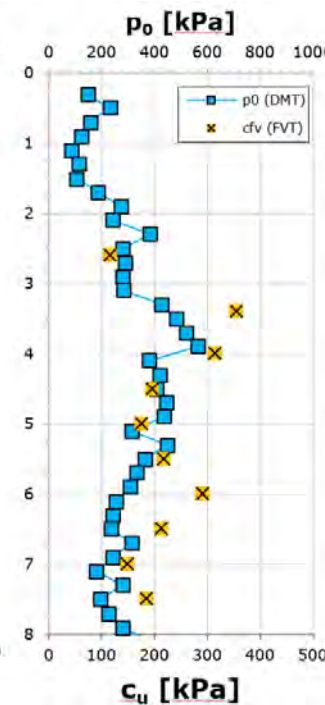
Lokalizacja		Liczba wyników	T_f [kPa]	
Miejscowość	Rejon		zakres	średnia
Kazimierz Dolny	Kwaskowa Góra	252	20-242	126
Lublin	Elizówka	22	51-354	180



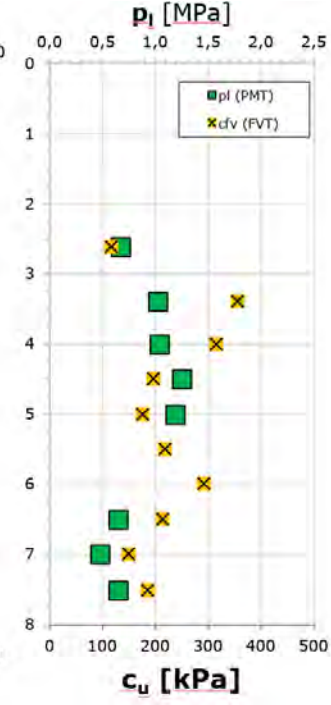
FVT CPTU



FVT DMT



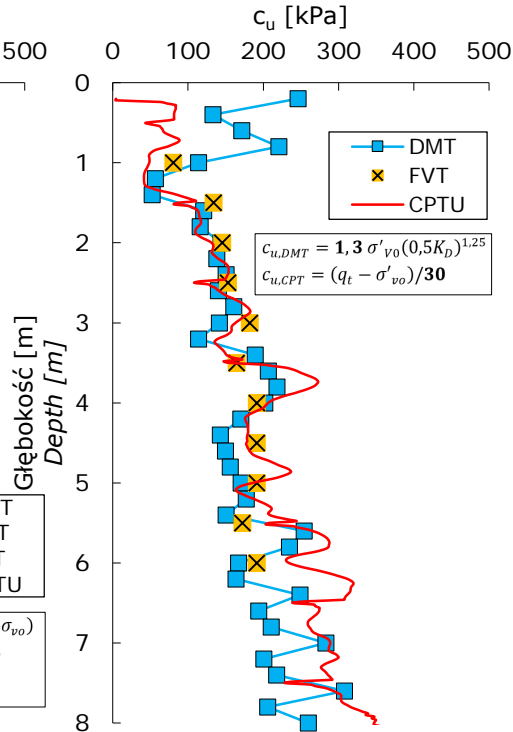
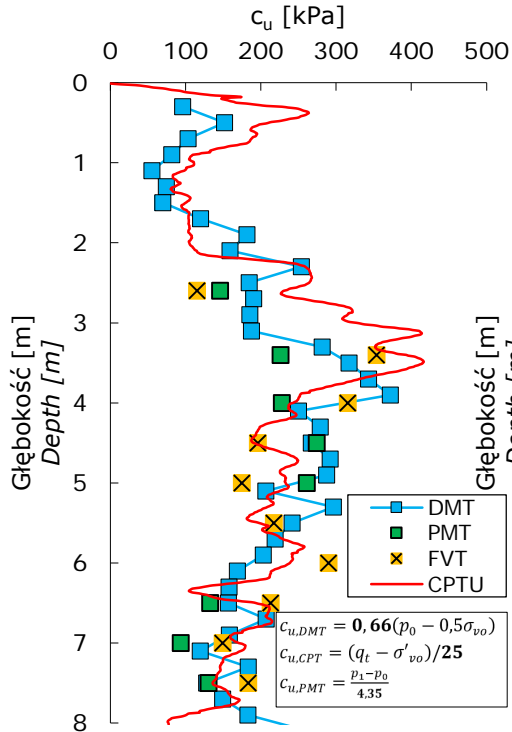
FVT PMT



FVT + CPTU

Lublin

Kazimierz Dolny



$$c_u = \frac{q_n}{N_{kt}}$$

$$N_{kt} = 10 \div 20$$



Lessy

Kazimierz Dolny (ZF)

30 ÷ 50

Lublin (KN)

25

FVT + DMT

Lublin

Kazimierz Dolny

Formuła ogólna

Marchetti

$$c_{U,DMT} = 0,22\sigma'_{V0}(0,5K_D)^{1,25}$$

$I_D < 1,2$ (Clay)

Lessy $I_D \sim 1,8$

Lessy Kazimierz Dolny

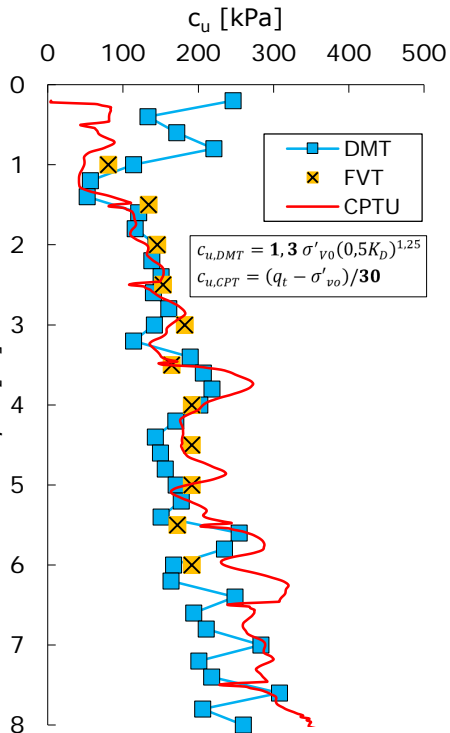
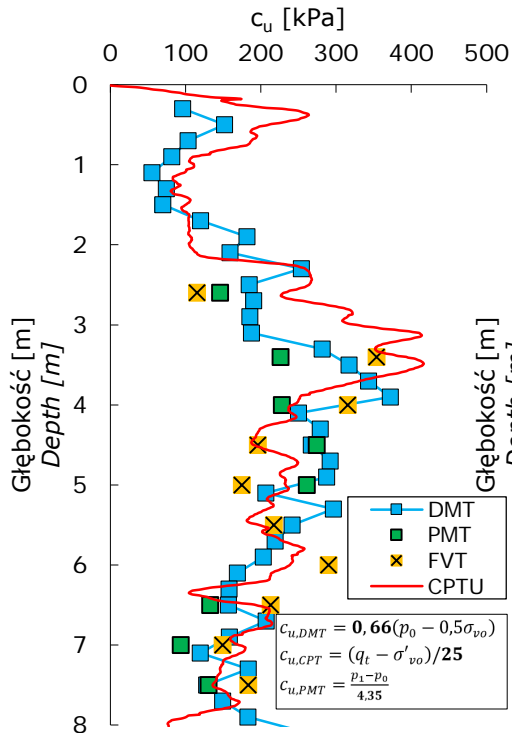
Frankowski i in.

$$c_{u,DMT} = 1,3\sigma'_{V0}(0,5K_D)^{1,25}$$

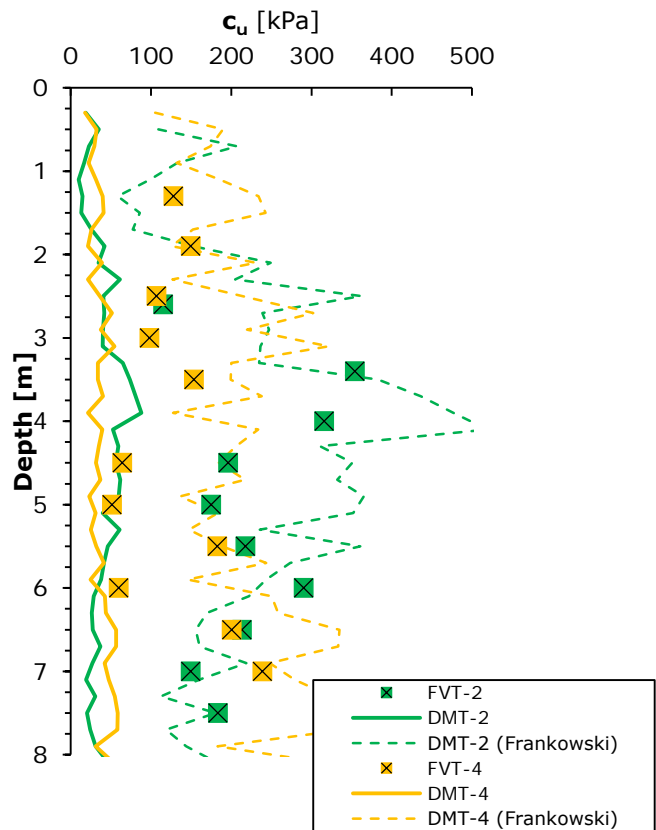
Lessy Lublin

Nepelski, Godlewski i in.

$$c_{u,DMT} = 0,66(p_0 - 0,5\sigma_{v0})$$



FVT + DMT



Formuła ogólna

Marchetti

$$c_{U,DMT} = 0,22\sigma'_{V0}(0,5K_D)^{1,25}$$

$I_D < 1,2$ (Clay)

Lessy $I_D \sim 1,8$

Lessy Kazimierz Dolny

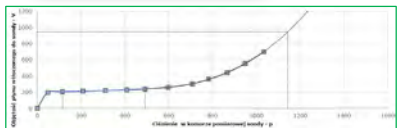
Frankowski i in.

$$c_{u,DMT} = 1,3\sigma'_{V0}(0,5K_D)^{1,25}$$

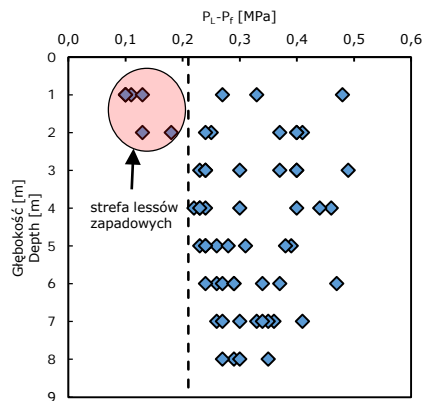
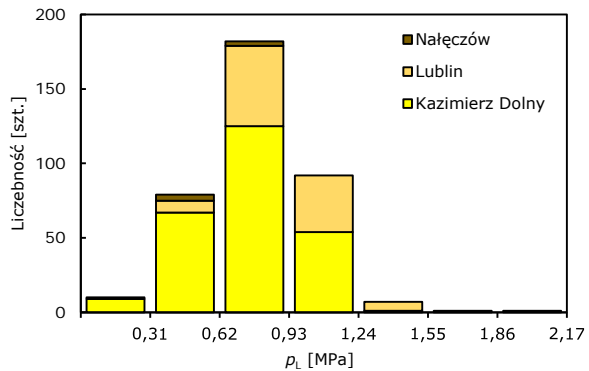
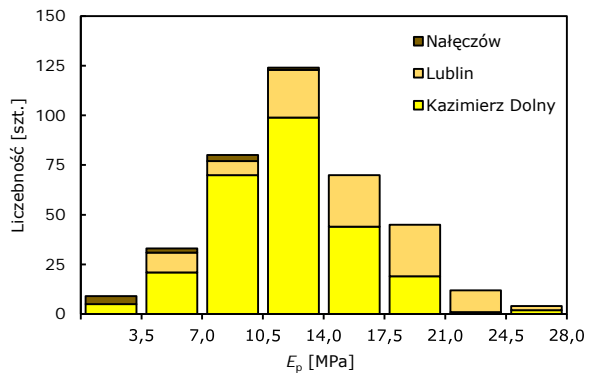
Lessy Lublin

Nepelski, Godlewski i in.

$$c_{u,DMT} = 0,66(p_0 - 0,5\sigma_{v0})$$



PMT

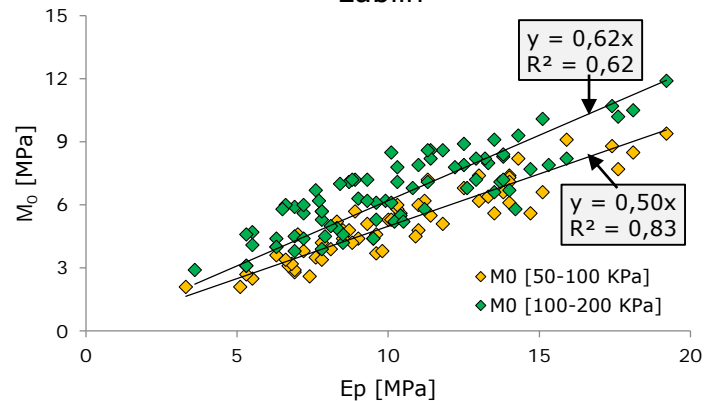


Średnie wartości E_M

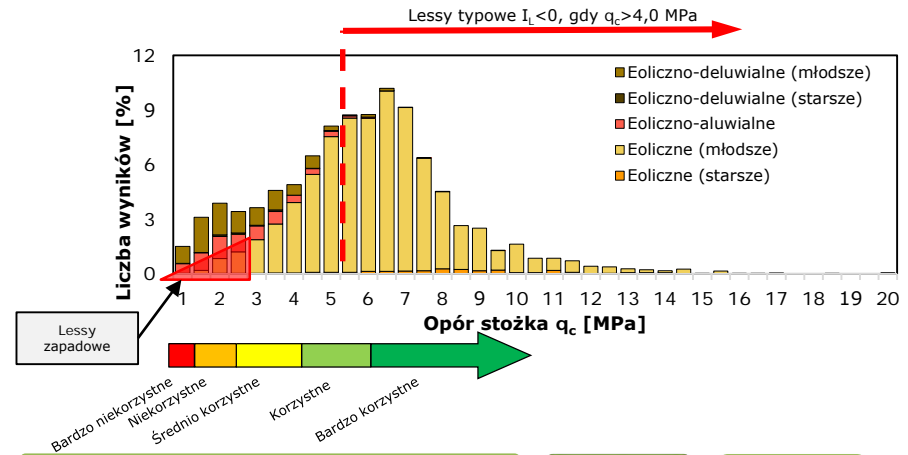
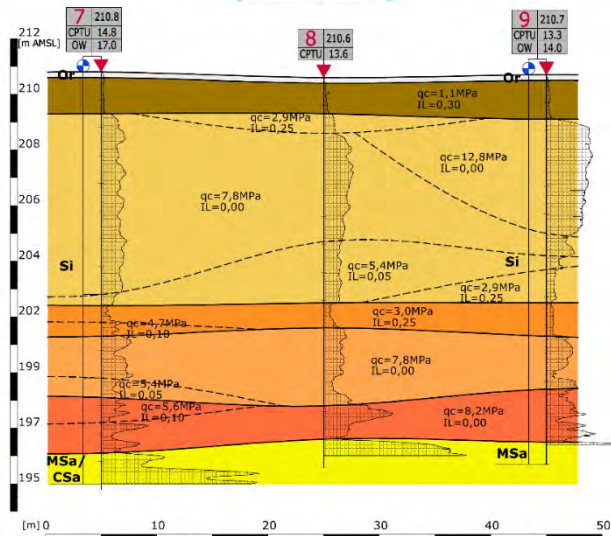
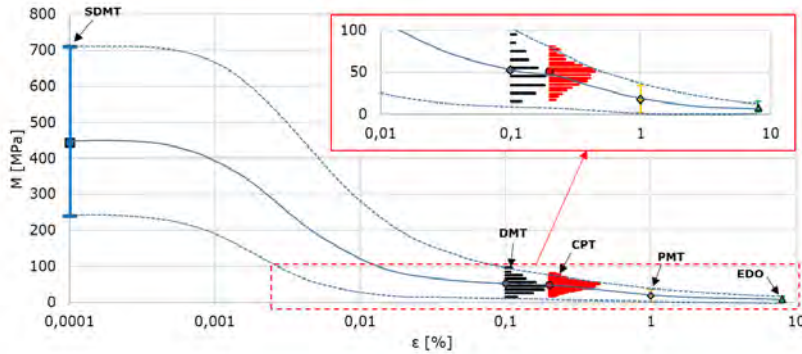
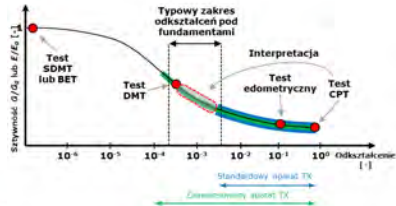
Lublin
Kazimierz Dolny
Nałęczów

15,4 MPa
12,0 MPa
5,3 MPa

Korelacja z modułem edometrycznym
Lublin



Sztywność podłoża lessowego



Podsumowanie

- Lessy typowe eoliczne – **główne podłoże do posadawiania budynków.**
- Lessy Płaskowyżu Nałęczowskiego stanowią zasadniczo **dobre podłoże nośne.**
- Należy podłoże odpowiednio **zabezpieczać przed działaniem wody.**
- Powinno się **wydzielać warstwy** pod względem **szttywności.**
- Wiodącą metodą badań powinny być **testy in situ.**

8. W P G I 2024

Dziękuję za uwagę

