

**mgr inż. Adam Wasiluk**

**ANALIZA WPŁYWU NIEPEWNOŚCI NA INTERPRETACJE WYNIKÓW  
KRZYWEJ Q-S PRZY WYKONYWANIU PRÓBNYCH STATYCZNYCH  
OBCIĄŻEŃ PALI**

**ANALYSIS OF INACCURACY INFLUENCE ON INTERPRETATION OF  
Q-S CURVE RESULTS WITHIN THE EXECUTION OF STATIC PILE  
LOAD TESTS**

Rozprawa doktorska

Promotor:

**prof. dr hab. inż. Zygmunt Meyer**

Szczecin, 2022 r.



## SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE .....	3
ABSTRACT .....	5
WYKAZ OZNACZEŃ .....	6
1. Wstęp .....	9
1.1 Klasyfikacja pali .....	9
1.2 Badania pali.....	11
1.3 Uzasadnienie prowadzenia badań .....	15
2. Cel, teza i zakres rozprawy .....	18
2.1. Cel rozprawy doktorskiej .....	18
2.2. Teza rozprawy doktorskiej.....	18
2.3. Zakres rozprawy doktorskiej.....	18
2.4. Metody i narzędzia badawcze .....	19
3. Przegląd literatury .....	20
3.3. Metody interpretacji wyników testów statycznych pala .....	21
3.4. Analiza wpływu niepewności przy wykonywaniu próbných obciążeń.....	48
3.5. Podsumowanie przeglądu literatury .....	50
3.6. Program badań .....	51
4. Analiza zjawiska .....	53
4.3. Osiadanie pala w zakresie liniowej teorii sprężystości .....	53
4.4. Uogólniona metoda M-K .....	55
4.5. Związki pomiędzy parametrami krzywej M-K .....	57
4.6. Parametr niepewności $s_0$ podczas testu – dopasowanie się gruntu do pala.....	57
4.7. Parametr niepewności $s_k$ wynikający z wyniesienia pali kotwiących.....	59
5. Badania eksperymentalne.....	63
6. Badania analityczne .....	71
6.1. Analiza parametru niepewności w świetle dostępnych badań testów statycznych .....	71
6.2. Wpływ parametru niepewności $s_0$ .....	72
6.3. Wpływ parametru niepewności $s_k$ .....	76
6.4. Analiza statystyczna uzyskanych wyników .....	83
6.5. Analiza zmian wartości parametrów krzywej M-K .....	89
6.6. Zmiana parametrów krzywej M-K w ujęciu technologii wykonania pala .....	96
6.7. Analiza wyników na podstawie wpływu na rozkład składowych oporu pala .....	100
7. Praktyczne wykorzystanie wyników badań .....	103

7.1.	Określenie związków parametrów krzywej M-K dla dużych wartości siły N .....	103
7.2.	Współczynnik bezpieczeństwa pala .....	107
7.3.	Procedura przeprowadzania obliczeń nośności pala na podstawie testu statycznego pala .....	109
8.	Podsumowanie i wnioski.....	114
9.	Program dalszych badań .....	117
	BIBLIOGRAFIA .....	118
	SPIS RYSUNKÓW .....	128
	SPIS ZDJĘĆ.....	131
	SPIS ZAŁĄCZNIKÓW .....	133



## STRESZCZENIE

W rozprawie przedstawiono analizę wpływu założonej niepewności na interpretacje wyników krzywej Q-s. W przeglądzie literatury (rozdział 3) uwzględniono obecnie najpowszechniej używane metody interpretacji wyników testów statycznych pali tj. krzywe Q-s oraz opisano dotychczasowe podejście do niepewności wyników testów statycznych pali. Na podstawie analizy wybrano metodę pozwalającą na przeprowadzenie analizy wpływu niepewności na interpretacje krzywej Q-s. Zdecydowano, iż zastosowany zostanie model krzywej Meyera-Kowalowa (krzywa M-K). W rozdziale 4 przedstawiono analizę zjawiska współpracy pala z gruntem, szczegółowo omówiono wybraną metodę (krzywa M-K) oraz przedstawiono sposób uwzględnienia założonych niepewności w modelu i zbiorze punktów  $\{N_i, s_i\}$  pomierzonych w teście statycznym. Wyszczególniono dwa rodzaje niepewności będących dalszą częścią analizy w rozprawie tj.  $s_0$  (niepewność dotycząca dopasowanie się gruntu do pala w początkowej fazie obciążania) oraz  $s_k$  (niepewność wynikająca z wyniesienia pali kotwiących). W rozdziale 5 wybraną metodę zweryfikowano z użyciem wyników uzyskanych w trakcie badań eksperymentalnych, opierających się na analizie wyników testów statycznych pali wielkośrednicowych obciążanych, aż do uzyskania niekontrolowanego osiadania elementu konstrukcyjnego. Obliczenia krzywą M-K przeprowadzono na skróconych zbiorach  $\{N_i, s_i\}$ , porównano je z wynikami badań eksperymentalnych. uzyskano wyniki pozwalające na stwierdzenie dużej dokładności modelu dla pali obciążanych w warunkach rzeczywistych. Następnie w rozdziale 6 przeprowadzono badania analityczne opierając się na wynikach dostępnych rzeczywistych testów statycznych wykonanych w małym zakresie osiadania. Przedstawiono przykłady obrazujące wpływ parametrów niepewności na wyniki interpretacji krzywej Q-s. Łącznie przeanalizowano 61 pali w małym zakresie osiadania. Następnie przeprowadzono analizę statystyczną uzyskanych wyników oraz zmian wartości parametrów krzywej M-K. Omówiono również kwestie zmiany parametrów krzywej M-K w ujęciu technologii wykonania pala oraz wpływ niepewności na rozkład składowych oporu pala. Na podstawie badań przeprowadzonych w rozdziale 7 przedstawiono praktyczne zastosowanie wyników. Omówiono związki krzywej M-K w zakresie dużych obciążeń, współczynnik

bezpieczeństwa oraz przedstawiono procedurę wykonania obliczeń zgodnie z procedurą przedstawioną w rozprawie. W rozdziale 8 przedstawiono podsumowanie badań, sformułowano wnioski i omówiono program dalszych badań.

**ABSTRACT**

The dissertation presents an analysis of the influence of the assumed uncertainty on the interpretation of the results of the Q-s curve. The literature review (Chapter 3) includes the most commonly used methods of interpreting the results of static pile tests, i.e. Q-s curves, the current approach to the uncertainty of the results of static pile tests was also described. On the basis of the analysis, a method that would allow the analysis of the impact of uncertainty on the interpretation of the Q-s curve was selected. It was decided to use the Meyer-Kowalow curve (M-K curve). Chapter 4 presents the analysis of the pile-soil cooperation phenomenon, the selected method (M-K curve) is discussed in detail and the method of taking into account the assumed uncertainties in the model and the set of points  $\{N_i, s_i\}$  measured in the static test is presented. Two types of uncertainties were specified, which are a further part of the analysis in the dissertation, i.e.  $s_0$  uncertainty (adjustment of the soil to the pile in the initial stage of loading) and  $s_k$  (uncertainty resulting from the lifting of anchor piles). In Chapter 5, the selected method was verified using the results obtained during experimental tests, based on the analysis of the results of static tests of large-diameter piles loaded until uncontrolled settlement of the structural element was obtained. Calculations with the M-K model were performed on shortened sets  $\{N_i, s_i\}$  and compared with the results of experimental studies. The obtained results allow for stating the high accuracy of the model for piles loaded under real conditions. Then, in Chapter 6, analytical tests were carried out based on the results of available real static tests performed in a small settlement range. Examples illustrating the influence of errors on the results of the interpretation of the Q-s curve are presented. A total number of 61 piles in the small settlement range were analysed. Then, a statistical analysis of the obtained results and changes in the values of the M-K curve parameters was performed. The issues of changing the parameters of the M-K curve in terms of pile construction technology and the impact of error on the distribution of load-bearing components were also discussed. Based on the research carried out, Chapter 7 presents the practical application of the results. The relationship of the M-K curve for high loads, the safety factor and the calculation procedure based on the procedure presented in the dissertation are presented. Chapter 8 presents a summary of the research, conclusions and the agenda for further research.

**WYKAZ OZNACZEŃ**

Ilekroć w rozprawie mowa jest o krzywej Q-s, należy rozumieć, jako krzywą obciążenie – osiadanie pala.

W rozprawie przyjęto, że oznaczenia obciążenia Q oraz N są równoznaczne i używane wymiennie z uwagi na stosowanie różnych oznaczeń w pozycjach literaturowych.

**Litery łacińskie:**

$A$	pole powierzchni w przekroju pala [ $m^2$ ],
$A_1$	współczynnik kierunkowy prostej pomocniczej $\frac{s}{N} = f(s)$ , metoda China [ $1/kN$ ],
$A_2$	wyraz wolny prostej pomocniczej $\frac{s}{N} = f(s)$ , metoda China [ $mm/kN$ ],
$A_4$	wyraz wolny prostej $s/N = f(s)$ , metoda Decourta [ $mm/kN$ ],
$A_3$	współczynnik kierunkowy utworzonej prostej $s/N = f(s)$ , metoda Decourta [ $1/kN$ ],
$A_5$	współczynnik kierunkowy prostej pomocniczej $\frac{\sqrt{s}}{Q} = f(s)$ , metoda Hansena,
$A_6$	wyraz wolny prostej $\frac{\sqrt{s}}{Q} = f(s)$ , metoda Hansena,
$a_1$	parametr pomocniczy do metody zmodyfikowanej hiperboli Gwizdały [ $mm/kN$ ],
$b_1$	parametr pomocniczy do metody zmodyfikowanej hiperboli Gwizdały [ $1/kN$ ],
$b_f$	asymptota hiperboli, metoda zmodyfikowanej hiperboli Gwizdały [ $kN$ ],
$C$	parametr krzywej osiadania w metodzie M-K (odwrotność stałej Winklera) [ $mm/kN$ ],
$C_1$	parametr krzywej osiadania w metodzie M-K (odwrotność stałej Winklera), określający pracę podstawy pala [ $mm/kN$ ],
$C_2$	parametr krzywej osiadania w metodzie M-K (odwrotność stałej Winklera), określający pracę całego elementu palowego [ $mm/kN$ ],
$D$	średnica pala [ $m$ ],
$D_k$	szerokość pala kotwiącego [ $m$ ],
$E$	moduł ściśliwości gruntu [ $MPa$ ],

## WYKAZ OZNACZEŃ

---

$E_{mat.}$	moduł sprężystości pala (zależny od zastosowanego materiału) [MPa],
$E_t$	średni moduł ściśliwości gruntu na długości pala [kPa],
$G$	moduł odkształcalności postaciowej (moduł Kirchhoffa) [GPa],
$H$	długość pala [m],
$H_k$	zagłębienie w gruncie pala kotwiącego [m],
$k$	współczynnik korekcyjny wg metody z normy PN-83/B02482 [-],
$L$	długość pala [m],
$N$	siła przyłożona do głowicy obciążanego pala [kN],
$N_c^0$	obciążenie wciskające, które można dopuścić na pal, wyznaczone na podstawie próbnego obciążenia wg metody PN-83/B02482 [kN],
$N_{gr}$	maksymalne obciążenie w głowicy, które powoduje niekontrolowane osiadanie [kN],
$N_{gr,CHIN}$	nośność graniczna pala w metodzie China [kN],
$N_{gr,DECOURT}$	nośność graniczna pala w metodzie Decourta [kN],
$N_{gr,HANSEN}$	nośność pala dopuszczalna w metodzie Hansena [kN],
$N_{gr,MK}$	nośność graniczna pala w metodzie Meyera-Kowalowa [kN],
$N_{gr1}$	nośność graniczna podstawy pala, graniczny opór pod podstawą pala [kN],
$N_{gr2}$	nośność graniczna pala, graniczna siłą przyłożona w głowicy pala [kN],
$N_{ref.}$	referencyjna nośność pala [kN],
$N_1$	siła skupiona działająca w podstawie pala [kN],
$N_2$	siła skupiona przyłożona w głowicy pala [kN],
$\{N_i, s_i\}$	zbiór punktów obciążenia oraz osiadania z testu statycznego pala [kN, mm],
$P$	siła wyciągająca pal kotwiący [kN],
$Q$	obciążenie przyłożone na pal [kN],
$Q_{Boussinesq}$	siła skupiona działająca pionowo w dół w punkcie współrzędnych, która te naprężenia wywołuje [kN],
$Q_f$	umowne obciążenie graniczne wg Eurokodu 7, przy osiadaniu $s = 10\%$ średnicy pala $D$ , metoda zmodyfikowanej hiperboli Gwizdały [kN],

$Q_r$	obciążenie obliczeniowe działające na pal przyjmowane do sprawdzenia stanu granicznego nośności, wg metody PN-83/B02482 [kN],
$Q_{(s)}$	krzywa osiadania typu hiperbolicznego, metoda Gwizdały [kN],
$R$	promień działania siły tarcia $\tau_k$ [m],
$R_f$	współczynnik uwzględniający relację między umownym obciążeniem granicznym a asymptotą wg metody hiperbolicznej krzywej Gwizdały[-],
$r$	odległość rozpatrywanego punktu od miejsca przyłożenia siły [m],
$S_q$	osiadanie podstawy pala [mm],
$S_t$	osiadanie poboczniczy pala [mm],
$s$	osiadanie głowicy pala [mm],
$s_k$	przesunięcie głowicy pala kotwiącego [m],
$s_0$	założona niedokładność pomiarowa [mm],
$z$	głębokość rozpatrywanego punktu w ośrodku gruntowym [m].

**Litery greckie:**

$\alpha_t$	współczynnik pomocniczy (pobocznica pala) [-],
$\alpha_q$	współczynnik pomocniczy (podstawa pala) [-],
$\kappa$	bezwymiarowy parametr krzywej osiadania w metodzie M-K [-],
$\kappa_1$	bezwymiarowy parametr krzywej osiadania w metodzie M-K, odnoszący się do całego elementu palowego [-],
$\kappa_2$	bezwymiarowy parametr krzywej osiadania w metodzie M-K, odnoszący się do podstawy pala [-],
$\nu$	współczynnik Poissona [-],
$\sigma_z(z, r)$	wartość naprężenia pionowego w gruncie [MPa],
$\tau$	naprężenia styczne na poboczniczy pala [kPa],
$\tau_k$	siła tarcia towarzysząca przesunięciu pala kotwiącego [kPa].

## 1. Wstęp

W związku z ciągłym rozwojem budownictwa i wzrostem urbanistycznym, coraz większa liczba inwestorów decyduje się na wybór lokalizacji w mniej sprzyjających warunkach gruntowych. Takie decyzje wymuszają zastosowanie fundamentów pośrednich, jako posadowienia obiektów budowlanych. Zależnie od danych warunków gruntowych, zadanych wymogów projektowych (określone maksymalne osiadanie obiektu) oraz warunków panujących na terenie inwestycji (zabudowania, obecna infrastruktura itp.) dobiera się technologię odpowiadającą takim wymogom oraz ekonomicznie uzasadnioną. Posadowienie palowe jest najpopularniejszym rodzajem fundamentów pośrednich, ich zadaniem jest przekazanie obciążeń wywołanych ciężarem konstrukcji danego obiektu oraz działających na niego sił zewnętrznych na podłoże gruntowe. Przekazanie tych obciążeń ma na celu uniknięcie nadmiernych osiadań obiektu oraz zapewnienie stateczności układu fundament – obiekt. Pał, jako smukły element konstrukcyjny o dużym zagłębieniu w podłoże, przekazuje oddziaływania za pomocą dwóch głównych elementów: podstawy oraz powierzchni bocznej (pobocznica). Stosunek udziału pracy pobocznicy oraz podstawy pała jest ciągłym przedmiotem badań naukowców; należy stwierdzić, iż ich stosunek jest zmienny i zależny od wielu czynników [83].

### 1.1 Klasyfikacja pali

Pale wykonywane są z różnych materiałów, mogą być pionowe lub ukośne, przenoszą siły wciskające, wyciągające i poziome. Według normy [110] oraz [111] pale dzieli się na dwie główne grupy:

- pale przemieszczeniowe
- pale wiercone (z usuwaniem urobku).

Pale przemieszczeniowe są wykonywane bez wydobywania urobku na powierzchnię, podczas wykonywania pala grunt jest przemieszczany na boki, co powoduje lokalną zmianę warunków gruntowych (zagęszczenie/ściśnięcie się gruntu). Pale te dzieli się na:

- prefabrykowane (gotowe): drewniane, stalowe, żelbetowe i kombinowane; pale te mogą być pogrążane na kilka różnych sposobów - wbijanie, wwibrowywanie, wkręcanie i wciskanie,
- formowane w gruncie, rura osłonowa z zamkniętym dnem zagłębianą jest w gruncie (metodą wbijania lub wwibrowywania) z jednoczesnym rozpieraniem gruntu na boki. W ten sposób powstaje otwór, w którym wykonywany jest pal. Rura osłonowa zależnie od technologii pozostaje w gruncie lub jest odzyskiwana. Są to np. pale Vibro, Vibrex oraz Fundex.

Norma [111] definiuje pal wiercony, jako formowany z rurą osłonową lub bez niej, przez wykopanie lub wywiercanie otworu w gruncie i wypełnienie go betonem lub żelbetem. Pale wiercone (z usuwaniem urobku) dzieli się następująco:

- z rurą osłonową lub bez,
- z powiększoną lub iniektowaną podstawą,
- baretę,
- formowane świdrem ciągłym CFA,
- formowane dwuetapowo.

Ze względu na rodzaj pracy (przekazywanie obciążeń) pale klasyfikuje się na:

- normalne – przekazywanie obciążeń jednocześnie przez tarcie gruntu o pobocznicę oraz siły normalne w podstawie pala,
- stojące (słupowe) – obciążenie przekazywane jest przez podstawę pala na warstwę nośną gruntu,
- zawieszony - obciążenie przekazywane jest niemal wyłącznie przez tarcie gruntu wzdłuż pobocznic,
- ukośne – stosowane przy znacznych obciążeniach poziomych (obciążenie poziome przekracza 10%),
- wciskane i wyciągane – zależnie od kierunku działania siły.



Pale dzieli się również ze względu na ich geometrię.

- Ze względu na długość wyróżnia się pale:
  - krótkie ( $L \leq 6\text{m}$ )
  - o długości normalnej ( $6\text{m} < L \leq 25\text{m}$ )
  - długie ( $L > 25\text{m}$ )
- Ze względu na średnicę wyróżnia się pale:
  - mikropale, małosrednicowe ( $\varnothing < 15\text{cm}$ )
  - normalnośrednicowe ( $\varnothing < 60\text{cm}$ )
  - wielkośrednicowe ( $\varnothing > 60\text{cm}$ )

## 1.2 Badania pali

W praktyce inżynierskiej wykonywane są trzy rodzaje badań pali: obciążenia statyczne (SPLT), obciążenia dynamiczne (DPLT) oraz badania ciągłości pali (PIT). Głównym zadaniem dwóch pierwszych metod jest określenie osiadania pala w zakresie obciążeń użytkowych, badania ciągłości mają za zadanie sprawdzenie, jakości (zachowanie ciągłości elementu oraz kontrola długości) pala.

Test statyczny pala jest najbardziej wiarygodnym sposobem zweryfikowania rzeczywistej nośności wykonanego pala, podczas testu symulowane są najbardziej zbliżone do rzeczywistości warunki pracy pala pod obiektem. Kolejnym testem jest badanie dynamiczne pali, najczęściej wykorzystuje się je na palach prefabrykowanych wbijanych, z uwagi na możliwość wykorzystania sprzętu używanego do ich pograżania. Badanie ciągłości jest powszechnie stosowane w przypadku pali formowanych w gruncie, lecz można w ten sposób zbadać niemal wszystkie rodzaje pali. Nieskomplikowanie tego badania oraz szybkość wykonania testu pozwala zbadać nawet wszystkie pale składające się na posadowienie danego obiektu.

Spośród wymienionych metod badawczych najbardziej miarodajną jest obciążenie statyczne pala i to ona będzie głównym przedmiotem rozważań w dysertacji.

Pozwala ona na zgromadzenie zbioru punktów  $\{N_i, s_i\}$ , który umożliwi wykreślenie krzywej zależności obciążenie – osiadanie (Q-s). Test polega na przyłożeniu obciążeń

w głowicy pala, wygenerowanych za pomocą specjalnie przystosowanej konstrukcji (z jednoczesnym pomiarem przemieszczeń) pala testowanego oraz pali wykorzystywanych do zakotwienia konstrukcji stalowej. Zazwyczaj konstrukcja ta składa się z pali kotwiących, masywnych belek stalowych, siłownika oraz aparatury pomiarowej. Stalowa konstrukcja z belek instalowana jest nad przedmiotowym palem przeznaczonym do badania, następnie zostaje ona trwale połączona z palami kotwiącymi, poprzez wykorzystanie siłownika zainstalowanego pomiędzy palem testowym a konstrukcją oporową (rygłem) wywiera się ciśnienie. Po zainstalowaniu aparatury pomiarowej koniecznej do bieżącego monitorowania osiadań pala testowego oraz sąsiadujących pali kotwiących, przystępuje się do wykonania badań.

W praktyce inżynierskiej zamiast pali kotwiących spotyka się użycie obciążenia w formie przeciwwagi, zazwyczaj płyt betonowych układanych na stalowej konstrukcji, służących, jako przeciwwaga siłownika hydraulicznego. Możliwe jest również przeprowadzenie testu statycznego pala tylko i wyłącznie za pośrednictwem balastu. Obciążenia wywoływane są podobnie, zazwyczaj za pośrednictwem płyt betonowych układanych bezpośrednio na palu bądź ich grupie, a następnie w odstępach czasu dokładane za pomocą dźwigu na poletko badawcze. Metoda ta jest znacznie dłuższa niż test statyczny realizowany za pośrednictwem obciążeń wywoływanych za pomocą siłownika hydraulicznego. Poniżej na zdjęciach (1.1 i 1.2) przedstawiono dwa przykładowe poletka badawcze przygotowane do wykonania testów statycznych pali.



**Zdj. 1.1** (od lewej) Test statyczny z użyciem pali kotwiących

**Zdjęcie 1.2** Test statyczny z wykorzystaniem bloków betonowych obciążający grupę pali

(źródło: Adam Wasiluk)

Próbne statyczne obciążenie pali w Polsce projektuje się na podstawie normy PN-B-02482:1983[108]. Norma ta została wycofana i zastąpiona przez normę PN-EN 1997-1:2008 [109]. Jednakże obowiązująca norma nie formułuje procedury

wykonania testu statycznego, jedynie wskazuje kilka warunków, kiedy takie badanie powinno być wykonane i do czego może zostać zastosowane. Kwestie doboru liczby stopni ich obciążenia, czas trwania tych stopni i zastosowanie cykli obciążeń pozostają w gestii projektanta. Eurokod 7 nie definiuje również metody interpretacji tych wyników, z uwagi na zapisy normy obowiązującej najczęściej stosowane w Polsce metody wykonywania testu statycznego oraz interpretacja ich wyników opiera się na „starej polskiej normie”.

Zgodnie z zapisami normy [109], próbne obciążenie wykonywane jest w dwóch cyklach ze stopniowym wzrostem obciążeń. Pierwszy cykl ma za zadanie doprowadzić do uzyskania sił równych projektowym obciążeniom, drugi natomiast zazwyczaj doprowadza do osiągnięcia ok. 150% wartości nośności projektowej (wartość z pierwszego cyklu). W praktyce czasami spotyka się zastosowanie szerszego zakresu obciążenia pala próbnego, jednak są to sytuacje dość rzadkie z uwagi na fakt trudności osiągnięcia wymaganych obciążeń z użyciem pali kotwiących oraz większych kosztów wykonania badania. Każdy kolejny stopień obciążenia w cyklu jest zadawany po ustabilizowaniu się przemieszczeń. Zdefiniowanie liczby stopni obciążenia oraz ich wartość jest ustalona przez autora projektu obciążenia próbnych pali.

Krzywa uzyskana podczas próbnego statycznego obciążenia jest rzeczywistą reakcją podłoża i pala na przyłożone obciążenia, odzwierciedlając w ten sposób praktyczną pracę elementu konstrukcyjnego pod obciążeniem. W sposób jednoznaczny i pewny obserwowane jest osiadanie wraz ze stopniowym wzrostem obciążenia. Większa liczba stopni obciążenia, tj. mniejsze przyrosty procentowe docelowego obciążenia, sprzyjają wyrysowaniu dokładniejszej krzywej obciążenie-osiadanie oraz lepsze zobrazowanie charakteru pracy pala pod stopniowym obciążaniem.

Podczas testów statycznych pali bardzo rzadko osiąga się duże przyrosty osiadania przy bardzo małych wzrostach sił, do określania nośności granicznej takiego fundamentu palowego zgodnie z normą [110], należy przyjąć wartość siły odpowiadającą osiadanemu wynoszącemu 10% wymiaru średnicy pala. Niestety w praktyce inżynierskiej pojawiają się problemy z osiągnięciem takich osiadań, szczególnie w przypadku pali o większych średnicach.

W takich sytuacjach konieczne jest zastosowanie metod pozwalających na ekstrapolację krzywej  $\{N_i, s_i\}$ . Jedną z takich metod jest krzywa M-K [58]. Metoda ta pozwala na

wyznaczenie nośności granicznej pala  $N_{gr}$ , rozumianą, jako siłę, przy której pal osiada w sposób niekontrolowany, na podstawie zbioru wartości  $\{N_i, s_i\}$  uzyskanych w próbnym obciążeniu statycznym.

Do optymalnego zaprojektowania oraz wykonania posadowienia palowego, konieczne jest wykonanie serii próbnych statycznych obciążeń na palu lub palach testowych. Uzyskane w ten sposób wyniki dają zazwyczaj jednoznaczne wytyczne do zaprojektowania posadowienia całych obiektów. Rozwiązanie to jest stosowane dość rzadko, z powodów ekonomicznych oraz czasowych.

Ważnym czynnikiem oceny nośności pali testowanych podczas próbnych statycznych obciążeń jest reżim wykonania samego pala oraz sposób przeprowadzenia testu statycznego pala. Na etapie wykonania pala oraz podczas przeprowadzania testu statycznego pala mogą wystąpić zjawiska wpływające na początkową fazę osiadania przy małych obciążeniach, wywołując swego rodzaju błąd pomiaru, a w efekcie niedoszacowanie wartości osiadania pala. Występowanie tej niedokładności może być spowodowane wieloma czynnikami, takimi jak:

- naruszenie gotowego fundamentu (ciężki sprzęt na budowie),
- technologia wykonania pala,
- stężenie konstrukcji oporowej wykorzystywanej do wykonania próbnego statycznego obciążenia w początkowej fazie testu,
- ugięcie się przestrzeni gruntowej wokół pala testowanego (wywołane siłami generowanymi w palach kotwiących),
- dopasowanie się gruntu do pala pod obciążeniem w celu uzyskania pełnej współpracy w tym zakresie,
- przemieszczanie się pali kotwiących w trakcie wykonywania próbnego obciążenia.

Czynniki wymienione powyżej do tej pory były pomijane przez inżynierów podczas projektowania oraz wykonywania posadowień palowych oraz testów statycznych.

Czynnikiem mocno wpływającym na wyniki testu statycznego jest również odkształcenie samego materiału pala pod obciążeniem, co skutkuje skróceniem pala. Zagadnienie to jest często analizowane przez badaczy (m in. Gwizdała [30, 33], Krasiński [42-44], Sahajda [80], Siemaszko [81], Wiszniewski [98], Yue Ma[100]), ale

jak wskazują badania, nie jest to kwestia łatwa do interpretacji, siła osiowa w pału jest wartością zmienną na jego długości, nawet w elementach prefabrykowanych o równym przekroju poprzecznym (największy reżim technologiczny spośród wszystkich dostępnych na rynku technologii posadowień pośrednich). Zjawisko to nie jest przedmiotem niniejszej rozprawy.

### 1.3 Uzasadnienie prowadzenia badań

Przedmiotem rozprawy jest analiza mechanizmów współpracy pała fundamentowego z gruntem podczas wykonywania testu statycznego pała. Ma za zadanie określić wpływ czynników na współpracę pała z gruntem i na wykonywanie testu statycznego pała, szczególnie w małym zakresie obciążeń.

Czynniki wpływające na pracę fundamentu oraz test statyczny pała wymienione w rozdziale 1.2 do tej pory nie były uwzględniane w obliczeniach inżynierskich. Zasadnym jest analiza tych zjawisk oraz wykazanie obecności niepewności pomiarowych testu statycznego pała. Założenie występowania takiej niepewności w obliczeniach pozwoli na korektę zbioru danych  $\{N_i, s_i\}$  i przeprowadzenie obliczeń na skorygowanym zbiorze.

W celu poprawnego przedstawienia mechanizmów współpracy pała z gruntem, badania oparto na podstawowej definicji naprężeń w gruncie [6] [97]

W rozważaniach naprężeń w gruncie przyjęto kilka założeń upraszczających, tj. ośrodek gruntowy, który można rozważać, jako półprzestrzeń ograniczoną od góry płaszczyzną poziomą (powierzchnia terenu), a jej zasięg jest nieskończenie głęboki i szeroki. Przy wyznaczaniu naprężeń od obciążeń zewnętrznych należy przyjąć, iż ośrodek gruntowy jest izotropowy, jednorodny i sprężysty (liniowo-odkształcalny). Uproszczenia te znacznie ułatwiają wyznaczanie wartości naprężeń i odkształceń. Niepewność towarzysząca tym obliczeniom zależy od tego, jak daleka jest rzeczywista zależność odkształceń od naprężeń gruntu w rozpatrywanych warunkach od prawa Hooke'a.

Jednakże przy dużych wartościach odkształceń ośrodek gruntowy traci swoją sprężystość, szczególnie przy współpracy z fundamentami pośrednimi, zbliżając się do swoich granicznych nośności potrafi wykroczyć poza liniową strefę naprężeń podłoża.

Jak wcześniej opisano, pale gruntowe są instalowane w gruncie z użyciem różnych technologii, tj. pale przemieszczeniowe oraz pale wiercone z usunięciem urobku. Pale przemieszczeniowe wykonywane są z różnych materiałów i mogą być wciskane, wbijane lub wwibrowywane. Natomiast pale wiercone zależnie od wybranej technologii mogą być wykonywane z użyciem rur osłonowych lub bez nich.

Naprężenia w podłożu gruntowym występują w każdej możliwej sytuacji i zależą ściśle od danych warunków i etapu wykonywania prac. Każda z technologii wykonania pali gruntowych narusza istniejącą strukturę podłoża gruntowego i wywołuje dodatkowe oddziaływania. Badania gruntu poprzedzające wykonanie i projektowanie posadowienia palowego uwzględniają zazwyczaj tylko warunki rodzime. Pomijany jest natomiast fakt zmiany warunków gruntowych po wykonaniu pali fundamentowych.

Na przykład w gruntach niespoistych przy użyciu technologii pali przemieszczeniowych nastąpi zagęszczenie podłoża gruntowego poprzez zmniejszanie objętości gruntu podczas formowania pali w podłożu. Dodatkowo zależnie od metody instalacji niższe partie podłoża zostaną również dogęszczone wskutek przykładanych sił oraz oddziaływań mechanicznych (wbijanie udarowe, wibracja). W przypadku pali wierconych sytuacja z usunięciem urobku zależnie od konkretnej technologii i reżimu wykonania może spowodować wystąpienie relaksacji w podłożu wskutek usunięcia urobku. Przy palach wykonywanych w rurach osłonowych dochodzi czynnik docisku gruntu do pala po usunięciu rur osłonowych.

Natomiast w gruntach spoistych zjawiska te są znacznie bardziej skomplikowane, z uwagi na mechaniczne właściwości gruntów drobnoziarnistych. Wskutek pograżania pali, świrdrów lub rur obsadowych może dojść do uplastycznienia gruntu. Prowadzi to do zmiany parametrów wytrzymałościowych gruntu, warunkujących nośność elementów konstrukcyjnych z nim współpracujących.

Każde wprowadzenie elementów konstrukcyjnych w podłoże gruntowe wiąże się ze zmianą istniejących naprężeń. Przy instalacji pali w gruncie może dojść zarówno do ich wzrostu, jak i spadku, zależnie od rodzaju pala oraz gruntu. W sytuacjach, kiedy grunt

wokół pala się dogęszcza oraz bardziej dociska się do elementu, zaobserwujemy wzrost naprężeń, natomiast przy rozluźnianiu gruntu wokół pala podczas jego instalacji nastąpi spadek naprężeń w tym miejscu.

Na podstawie tych rozważań należy założyć, że w palach fundamentowych instalowanych w podłożu, zależnie od technologii, mogą wystąpić dodatkowe naprężenia, a w przypadku konieczności dopasowania się gruntu do pala zaobserwować można wystąpienie znikomych naprężeń w elemencie lub ich brak. Pale jeszcze nieobciążone, a jedynie zainstalowane w podłożu gruntowym, mogą pracować już, jako wstępnie stężone.

.

## **2. Cel, teza i zakres rozprawy**

### **2.1. Cel rozprawy doktorskiej**

Celem rozprawy jest analiza zjawisk towarzyszących próbnym statycznym obciążeniom wpływającym na przebieg tego testu i interpretacja wyników. Na podstawie tej analizy opracowano metodę, która pozwala na korektę krzywej próbnego statycznego obciążenia pała uwzględniającą niepewności wynikające z dopasowania pała do podłoża oraz wpływ ugięcia przestrzeni gruntowej wywołanego palami wyciąganymi. Na podstawie interpretacji wyników badań eksperymentalnych sprawdzenie dotychczas sformułowanych zależności pomiędzy oporem poboczniczy a podstawy pała oraz zakresu ich stosowalności.

### **2.2. Teza rozprawy doktorskiej**

Teza rozprawy formułuje się następująco:

„Istnieje możliwość na podstawie analizy krzywej próbnego statycznego obciążenia pała, ustalenia niepewności wynikających ze sposobu prowadzenia tego testu oraz uwzględnienia ich w interpretacji wyników.”

### **2.3. Zakres rozprawy doktorskiej**

Zakres rozprawy doktorskiej obejmuje:

- analizę literatury w zakresie badania nośności granicznej pali, wykonywania testów statycznych oraz interpretacji ich wyników;
- opracowanie modelu matematycznego i pakietu komputerowego do obliczeń wpływu niepewności:
  - określenie rodzaju i wielkości niepewności, które mogą wystąpić,



- określenie wpływu technologii wykonania pała na niepewności – stworzenie bazy danych pali w różnych gruntach, wykonanych w różnych technologiach, w celu przeprowadzenia obliczeń.
- zbadanie zakresu stosowalności wypracowanych zależności pomiędzy oporem pobocznicy i podstawy pała;
- stworzenie zbiorów próbnych statycznych obciążeń na bazie badań eksperymentalnych wykonanych w całym zakresie obciążenia aż do zniszczenia; uzyskane wyniki pozwolą na wskazanie wpływu niepewności na parametry krzywej statycznych próbnych obciążeń pali;
- analizę uzyskanych wyników w aspekcie relacji - technologia wykonania pała a niepewności;
- sprawdzenie własności dotychczas stosowanych przy ekstrapolacji krzywych uzyskanych z testu statycznego obciążenia oraz sprawdzenie zakresu ich stosowalności;
- opracowanie wyników badań i wnioski;
- opracowanie metod obliczeń do praktycznych zastosowań inżynierskich.

#### 2.4. Metody i narzędzia badawcze

Model analityczny pozwala na wyznaczenie rzeczywistej nośności pała na podstawie wykonanego testu statycznego.

Ponieważ zwykle statyczne próbne obciążenia pali nie dochodzą do wartości nośności granicznej, dlatego do wyznaczenia parametrów krzywej M-K [84] można posłużyć się statystyką matematyczną i zbiorem wartości  $\{N_i, s_i\}$ .

Wyniki z wykonanego próbnego statycznego testu pała w małym zakresie osiadania bez użycia modelu matematycznego uniemożliwiają określenie rzeczywistej wartości nośności granicznej. Z użyciem modelu Meyera-Kowalowa możliwa jest ekstrapolacja krzywej obciążenie-osiadanie i wyznaczenie nośności granicznej.

### 3. Przegląd literatury

W literaturze oraz w praktyce inżynierskiej nośność graniczna pala jest rozumiana na kilka różnych sposobów. Zgodnie z definicją teoretyczną jest to siła, przy której pal osiada w sposób niekontrolowany. Jednak osiadanie to jest odmiennie rozumiane. Część metod interpretacyjnych pali jest metodami graficznymi i nośność tę wyznacza się na podstawie uzyskanej krzywej osiadania tylko w jej zakresie pomiaru rzadko realizowanym w dużym zakresie osiadania. Zalecenia Eurokodu 7 wartość tego osiadania określa, jako 10% średnicy obciążanego pala. Metody ekstrapolacyjne, gdzie aproksymuje się pomierzoną krzywą osiadania, wyznaczają ją dla asymptoty pionowej, do której dąży ekstrapolowana krzywa. Niektóre z metod określają nośność graniczną, jako maksymalną siłę, którą można przyłożyć na pal (kryterium do danej metody, określone przez autora modelu).

Brak spójności w postrzeganiu nośności granicznej, jako zunifikowanego parametru, każdego z wyników uzyskanej krzywej obciążenie-osiadanie powoduje swego rodzaju nieporozumienia badaczy oraz projektantów posadowień pośrednich. Hirany i Kulhawy [36] podsumowali 45 metod interpretacji wyników uzyskanych ze statycznego próbnego obciążenia pala. W kolejnych latach pojawiły się kolejne metody rozwijające poprzednie bądź prezentujące nowe podejścia do obliczeń nośności granicznych pala. Omówienie różnych metod obliczania nośności pali na podstawie wyników testów statycznych opisali m.in.: Baca M. [2], Backer, R. M., Duncan, J. M., Rojiani, K. B., Ooi, P. S. K., Tan, C. K. oraz Kim S. G. [3], Bird K.C. [8], Handley B., Ball J., Bell A. oraz Suckling T. [35], Kacprzak G. [40], Naveen B.P., Parthasarathy C.R. oraz Sitharam T.G. [67], Olgun M., Hanati A. oraz Yenginar Y. [69], Prekop L. [77], Rybak J. [79], Singh N.T. [82], Wrana B. [99]. Poniżej przedstawione zostaną najczęściej wymieniane w literaturze metody interpretacyjne, które zyskały zaufanie inżynierów praktyków oraz badaczy.

W niniejszej rozprawie doktorskiej nośność pala wyznaczana według metod, w których nie wiąże się ona z wciśnięciem pala w grunt (niekontrolowany przyrost osiadań przy stałym obciążeniu), będzie nazywana nośnością referencyjną.

### 3.3. Metody interpretacji wyników testów statycznych pala

W literaturze oraz normach podaje się wiele metod i kryteriów do interpretacji wyników uzyskanych na podstawie wykonanych testów statycznych pala. W tej sekcji opisane zostaną metody stworzone do interpretacji krzywej obciążenie – osiadanie, najczęściej wymieniane w literaturze. Zaznaczyć należy jednak, iż konstrukcja każdej z metod wyznacza indywidualny parametr do danej metody, nazywany w literaturze, jako m.in. nośność graniczna, obciążenie krytyczne, obciążenie graniczne obliczeniowe, obciążenie dopuszczalne.

#### **Metoda z normy PN-69/B02482 - Metoda Mazurkiewicza [107]**

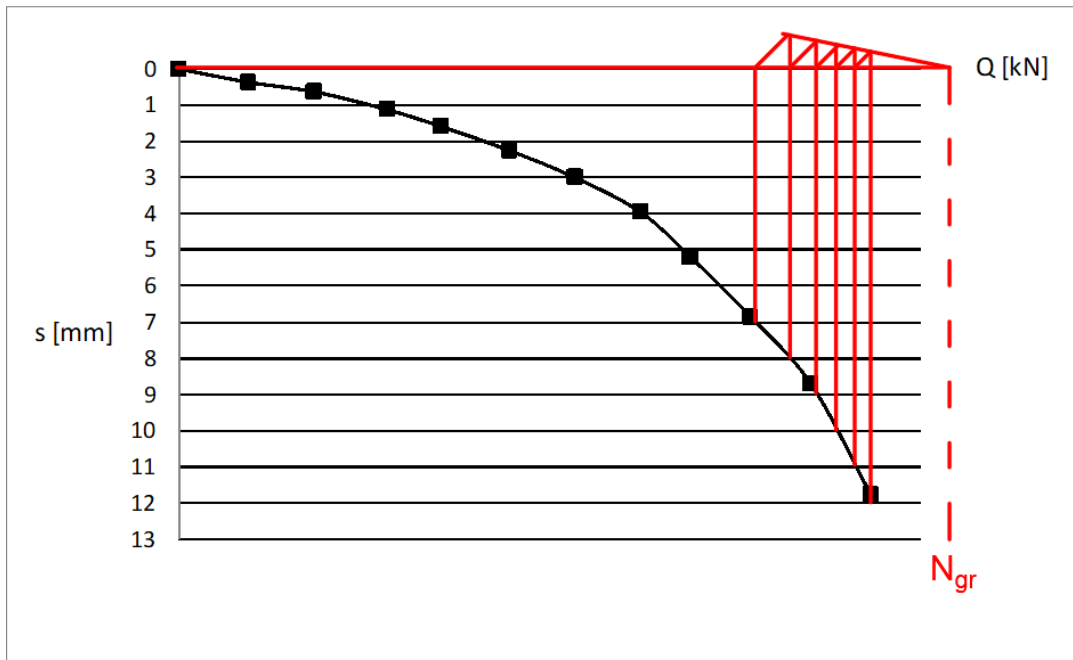
Rozwiązanie jest metodą wykreślną. Zakłada trzy przypadki wykorzystania przebiegu krzywej Q-s:

W przypadku pierwszym, przebieg krzywej Q-s wykazuje proporcjonalność osiadania do obciążenia (do 10% odchyłki od prostej). W takim przypadku za nośność referencyjną uznaje się połowę wartości siły maksymalnej, którą został obciążony pał, przy założeniu, że test jest przeprowadzany do osiągnięcia dwukrotnego projektowego obciążenia pala, chyba, że występują warunki sprzyjające, wtedy nośność może wzrosnąć do dwóch trzecich maksymalnego obciążenia.

Przypadek drugi bierze pod uwagę sytuację, gdy na wykreślonej krzywej Q-s z testu statycznego widoczne jest załamanie wykresu osiadania od obciążenia, w tej sytuacji wartość nośności referencyjnej przyjmuje się, jako wartość odpowiadającą temu załomowi.

Trzeci przypadek zakłada paraboliczny kształt wykresu osiadania od obciążenia. Koniecznym wtedy jest zastosowanie pomocniczej konstrukcji graficznej. Końcowy odcinek krzywej dzieli się kilkoma poziomymi liniami, rozmieszczonymi w równych odległościach pomiędzy sobą, w miejscu przecięcia się prostych poziomych z krzywą Q-s wyprowadza się proste do nich prostopadłe aż do osi odciętych. Następnie przedłuża się je pod kątem 45 stopni. Powstała w ten sposób prosta pomocnicza wyznaczy na linii odciętych wartość nośności granicznej. Schemat wyznaczania

nośności granicznej w przypadku krzywej bez załomu przedstawiono na rys. 3.1.



**Rys. 3.1** Sposób wyznaczania nośności granicznej w przypadku krzywej bez załomu

Wartości uzyskane w przypadku 2. oraz 3. należy podzielić przez współczynnik bezpieczeństwa.

### Metoda z normy PN-83/B02482 [108]

Interpretacja wyników badań statycznych pali przez długi czas (od 1983 r.) była wykonywana według normy [108], obecnie (od 2008 r.) norma ta posiada status wycofanej i została zastąpiona przez Eurokod 7. Mimo to jest wciąż stosowana przez większość inżynierów w praktyce do interpretacji wyników badań. Według normy stan graniczny nośności przy obciążeniach statycznych musi zostać sprawdzony następujący warunek:

$$Q_r \leq k N_c^0 \quad (3.1)$$

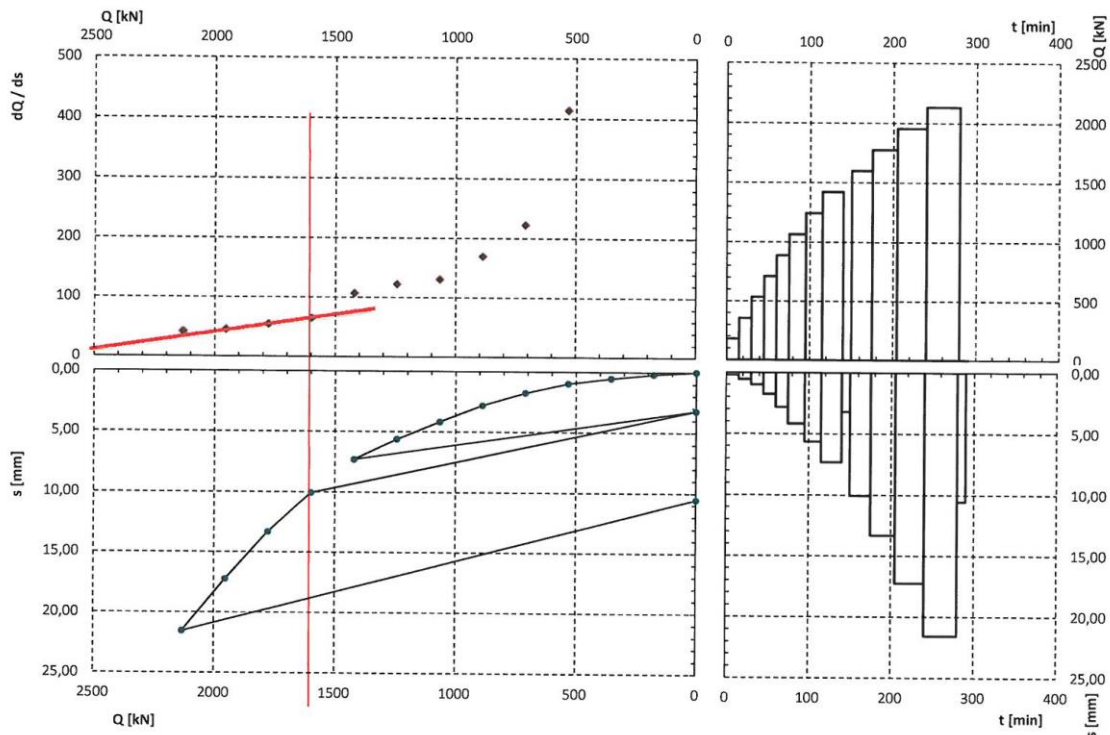
gdzie:

$Q_r$  – obciążenie obliczeniowe działające na pal przyjmowane do sprawdzenia stanu granicznego nośności [kN],

$k$  – współczynnik korekcyjny przyjmowany wg tablicy 16. *Wartości współczynnika korekcyjnego  $k$*  [108],

$N_c^0$  – obciążenie wciskające, które można dopuścić na pal wyznaczone na podstawie próbnego obciążenia, [kN].

W celu wyznaczenia wartości  $N_c^0$  należy przeanalizować wykres pomocniczy. Metoda obliczeniowa do wykresu pomocniczego obejmuje trzy przypadki aproksymacji pochodnej. Wykres pomocniczy może charakteryzować się jednym lub dwoma odcinkami prostymi. Nośność graniczną podczas testu wyznaczyć należy z przecięcia ostatniego prostoliniowego odcinka wykresu pomocniczego z osią poziomą  $N$ . Wykres przedstawiający wyniki obliczeń wg omawianej metody przedstawiono na rys. 3.2.



Rys. 3.2 Sposób wyznaczenia nośności granicznej wg PN-83/B02482 [105]

### Metoda z normy PN-EN:1997-1:2008 – Eurokod 7 [109]

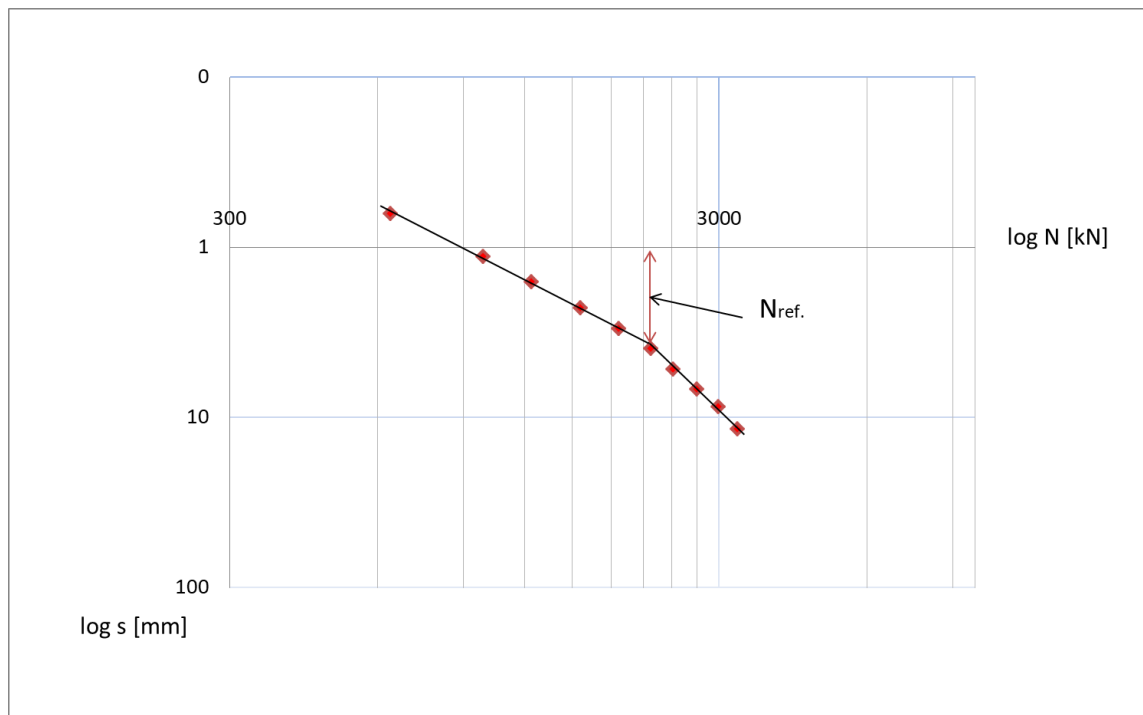
W Eurokodzie 7 autorzy przewidzieli osiągnięcie nośności referencyjnej pała podczas testu statycznego pała przy osiągnięciu pewnych osiadań. Wartość tych osiadań wynosi 10% średnicy pała testowego. Kryterium to jest bardzo proste do sprawdzenia, jednak w żaden sposób nie uwzględnia kształtu oraz charakteru przebiegu krzywej w badaniu statycznym. Wielu projektantów na potrzeby projektowania posadowień przyjmuje to właśnie kryterium. W praktyce jednak jest ono osiąganego bardzo rzadko i zależnie od geometrii badanego pała może nie korespondować z jego rzeczywistą współpracą z gruntem (osiągnięcie tych osiadań nie będzie trudne przy palach smukłych, natomiast

przy palach masywnych do osiągnięcia takich osiadań niezbędne będzie przyłożenie bardzo dużych obciążeń w stosunku do projektowych).

### Metoda De Beera [69]

Metoda De Beera wyznacza nośność graniczną pala (miejsce maksymalnego przegięcia się wykresu Q-s uzyskanego w próbnym statycznym obciążeniu) będącą wartością niewykraczającą poza zakres wykonanych pomiarów. W celu znalezienia miejsca największego przegięcia należy wykreślić wykres w podwójnej skali logarytmicznej (zarówno oś rzędnych jak i odciętych). Wartość nośności odpowiada przecięciu się dwóch prostych formujących się po przekształceniu wykresu pierwotnego.

Rozwiązanie to może być zastosowane tylko do pali z widocznym przegięciem wykresu Q-s podczas testu, a sama wyznaczona nośność nie jest rozumiana, jako wartość, przy której pal osiada w sposób niekontrolowany. Określenie nośności pala na podstawie wyników testów statycznych metodą De Beera zamieszczono na rys. 3.3.



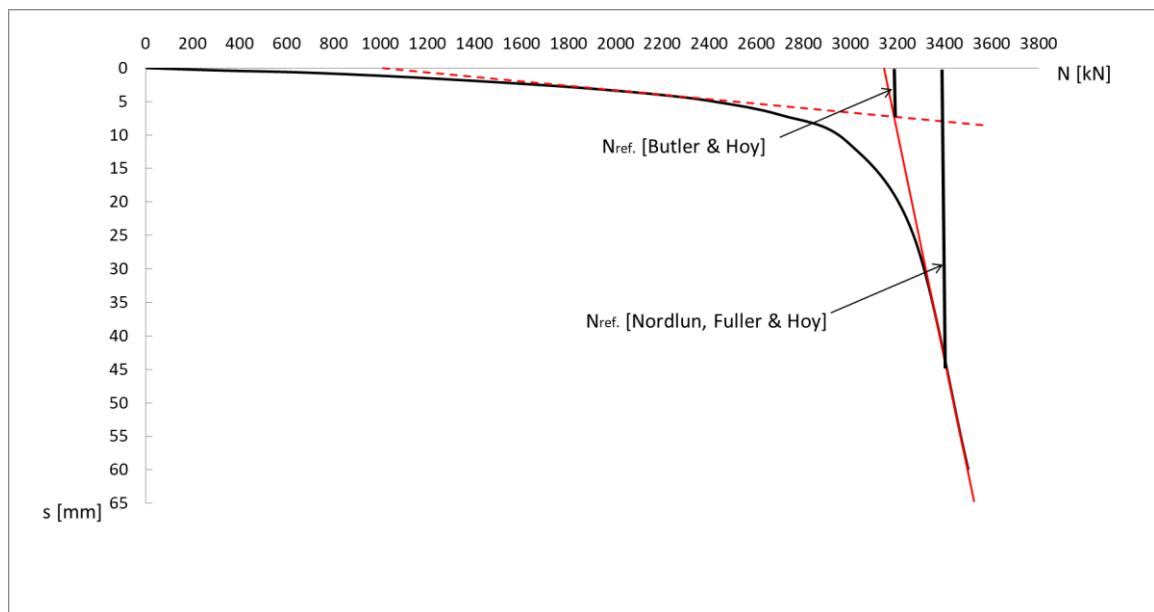
**Rys. 3.3** Określenie nośności pala z testu statycznego metodą De Beera

### Metoda Nordluna, Fullera & Hoya oraz Butler & Hoya [82]

Metoda opracowana przez Nordluna, Fullera i Hoya jest metodą graficzną polegającą na znalezieniu stycznej do wykresu obciążenie – osiadanie uzyskanego w teście statycznym. Styczna ta jest nachylona pod kątem  $1,27 \text{ mm/tonę}$  ( $\text{mm}/10\text{kN}$ ), miejsce styku krzywej Q-s oraz wspomnianej stycznej określa wartość nośności granicznej.

Rozwiązanie Butlera i Hoya modyfikuje wspomnianą metodę o wykreślenie kolejnej stycznej będącej linią sprężystego ściskania (pierwszy odcinek liniowy krzywej Q-s). Nośność graniczną wyznacza się na przecięciu się dwóch stycznych. Zmodyfikowana metoda jest bardziej konserwatywna niż metoda podstawowa i wartości nośności uzyskiwanych na jej podstawie zawsze będą niższe.

Określenie wartości nośności granicznej za pomocą opisanych metod przedstawiono na rys. 3.4.



**Rys. 3.4** Określenie nośności pała z testu statycznego metodą Nordluna, Fullera & Hoya oraz Butlera & Hoya

Nośność graniczna w tych metodach również nie jest rozumiana, jako wartość obciążenia, przy którym pał osiada w sposób niekontrolowany.

**Metoda Davissona [69]**

Metoda stosowana jest do określenia oporu pala będącego wyznacznikiem do określenia nośności projektowej pala, nie wyznacza ona nośności granicznej pala (niekontrolowany przyrost osiadań ze znikomym przyrostem obciążenia). Rozwiązanie to jest szeroko stosowane w Ameryce Północnej. Metoda ta opiera się na pracy sprężystej pala oraz jego osiadaniach podczas testu, polega ona na wyznaczeniu przesunięcia nazywanego „przesunięciem Davissona”.

Przesunięcie to oblicza się zgodnie z równaniem:

$$OC = 4 + D/120 \quad (3.2)$$

gdzie:

$D$  – średnica pala [m].

Zaś wartość skrócenia pala oblicza się zgodnie z równaniem:

$$\Delta = QL / AE_{mat.} \quad (3.3)$$

gdzie:

$Q$  – obciążenie przyłożone na pal [kN],

$L$  – długość pala [m],

$A$  – pole powierzchni w przekroju pala [m<sup>2</sup>],

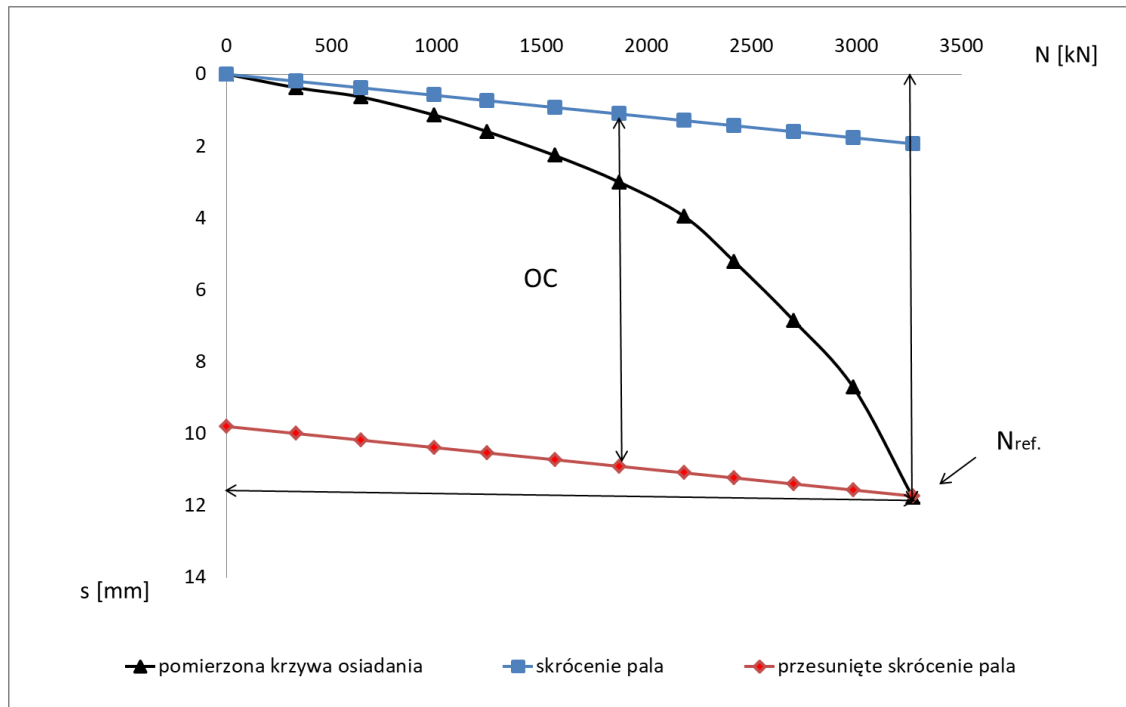
$E_{mat.}$  – moduł sprężystości pala (zależny od zastosowanego materiału) [MPa].

W wyniku określenia skrócenia pala i przesunięcia możliwe jest określenie wartości nośności pala. Wartość ta odczytywana jest z wykresu Q-s, jako przecięcie prostej (skrócenie pala) przesuniętej o wartość „przesunięcia Davissona (Davisson's offset) w miejscu przecięcia się z krzywą osiadania.

Zakłada się, iż nośność uzyskiwana jest przy osiągnięciu stosunkowo małych osiadań pod stopą pala, uwzględniając jednocześnie jego moduły sprężystości (skurcz). W celu poprawnego zastosowania metody konieczne jest obciążenie pala bliskie uzyskania nośności granicznej.

Graficzny sposób wyznaczenia nośności granicznej z pomocą przesunięcia Davissona przedstawiono na rys. 3.5.





Rys. 3.5 Nośność graniczna określona metodą Davissona

### Metoda krzywej Meyera – Kowalowa (krzywa M-K)

Podstawową postać równania krzywej M-K [58] opisano równaniem:

$$s = CN \frac{\left(1 - \frac{N}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - 1}{\kappa} \quad (3.4)$$

gdzie:

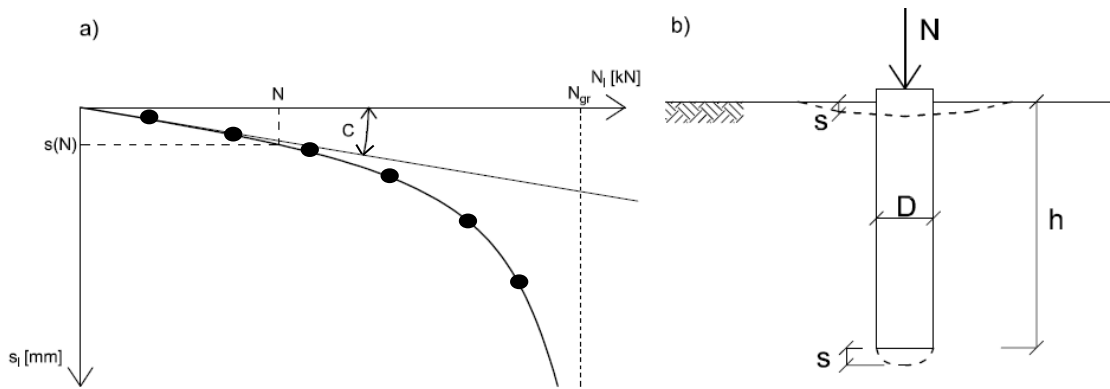
$C$  – odwrotność stałej Winklera [mm/kN],

$N_{gr}$  – maksymalne obciążenie w głowicy, które powoduje niekontrolowane osiadanie [kN],

$\kappa$  – proporcja pomiędzy oporem pobocznicy i podstawy pala [-],

$s$  – osiadanie głowicy pala [mm].

W tej krzywej występują dwie asymptoty. W początkowym zakresie osiadania zachowują charakter liniowy i można je opisać, wykorzystując zasady liniowej mechaniki gruntów, w przedziale tym występuje asymptota ukośna. Wraz ze wzrostem osiadania wykres staje się nieliniowy, a gdy obciążenia zaczynają osiągać wartości graniczne  $N \rightarrow N_{gr}$ , to krzywa  $s(N)$  zbliża się do asymptoty pionowej. Na rysunku 3.6a pokazano przebieg krzywej Q-s, jako funkcję  $\kappa$ ,  $C$ ,  $N_{gr}$  (schemat graficzny modelu M-K). Schemat pracy pala w gruncie przedstawiono na rys. 3.6b.



**Rys. 3.6** a) Schemat graficzny modelu krzywej M-K [63]

b) Schemat pracy pała w gruncie [63]

W związku z tym, że zwykle w statycznych próbnych obciążeniach pali nie osiąga się  $N_{gr}$ , do wyznaczenia parametrów krzywej M-K, można posłużyć się statystyką matematyczną i zbiorem wartości  $\{N_i, s_i\}$  [58].

Krzywa opisana jest przez trzy parametry ( $\kappa$ ,  $C$ ,  $N_{gr}$ ), których wartości muszą zostać wyznaczone w celu określenia geometrii krzywej. Wychodząc ze zbioru danych pomierzonych w teście statycznym  $\{N_i, s_i\}$ , możliwe jest wyznaczenie tychże parametrów.

W metodzie M-K parametry określone indeksem dolnym „2” odnoszą się do całego elementu palowego, zaś parametry określone indeksem dolnym „1” jedynie do jego podstawy. W przypadku, gdy symbole parametrów nie zostały opisane numerycznym indeksem dolnym, rozumieć należy przez to odniesienie do całego elementu palowego.

Poniżej zamieszczono definicje parametrów krzywej M-K z podziałem na podstawę pała i cały element palowy:

$N_{gr1}$  – nośność graniczna podstawy pała, graniczny opór pod podstawą pała [kN],

$N_{gr2}$  – nośność graniczna pała, graniczna siła przyłożona w głowicy pała [kN],

$C_1$  – parametr krzywej osiadania (odwrotność stałej Winklera), określający pracę podstawy pała [mm/kN],

$C_2$  - parametr krzywej osiadania (odwrotność stałej Winklera), określający pracę całego elementu palowego [mm/kN],

$\kappa_1$  – bezwymiarowy parametr krzywej osiadania, odnoszący się do całego elementu palowego [-],

$\kappa_2$  – bezwymiarowy parametr krzywej osiadania, odnoszący się do podstawy pala [-].

Po wyznaczeniu wszystkich trzech parametrów krzywej M-K możliwe jest ekstrapolowanie krzywej pomierzonej w teście do dalszego zakresu obciążeń.

Metoda ta była już wielokrotnie opisywana w literaturze i jest nieustająco przedmiotem rozważań wielu inżynierów m in. Meyer et al.[57-66], Szmechel [84] oraz Żarkiewicz [102-103].

Kacprzak [40] przyjął, że przebieg krzywej uzyskiwanej ze statycznego próbnego obciążania pala ma przebieg logarytmiczny. Faktycznie jest to krzywa M-K przy  $\kappa = 0$ . Przypadek taki zakłada, że przy  $\kappa = 0$ , wartość oporu poboczniczy nie występuje  $T = 0$ .

Znając ogólną postać równania krzywej M-K:

$$s_i = CN_{gr} \frac{\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - 1}{\kappa} \quad (3.5)$$

Przy wspomnianych założeniach znaleźć należy granicę:

$$\lim_{\kappa \rightarrow 0} s = CN_{gr} \frac{e^{-\kappa \ln\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right)} - 1}{\kappa} \quad (3.6)$$

$$\lim_{\kappa \rightarrow 0} s = -\ln\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right) CN_{gr} \quad (3.7)$$

W efekcie otrzymano równanie:

$$s = -CN_{gr} \ln\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right) \quad (3.8)$$

Równanie to jest poprawne w przypadku gdy  $\kappa = 0$ ,  $T = 0$ , a co za tym idzie  $N_{gr2} = N_{gr1}$ . Zgodnie z równaniem (3.9), pal przenosi obciążenie tylko za pomocą podstawy.

$$N_2(s) = N_1(s) + T(s) \quad (3.9)$$

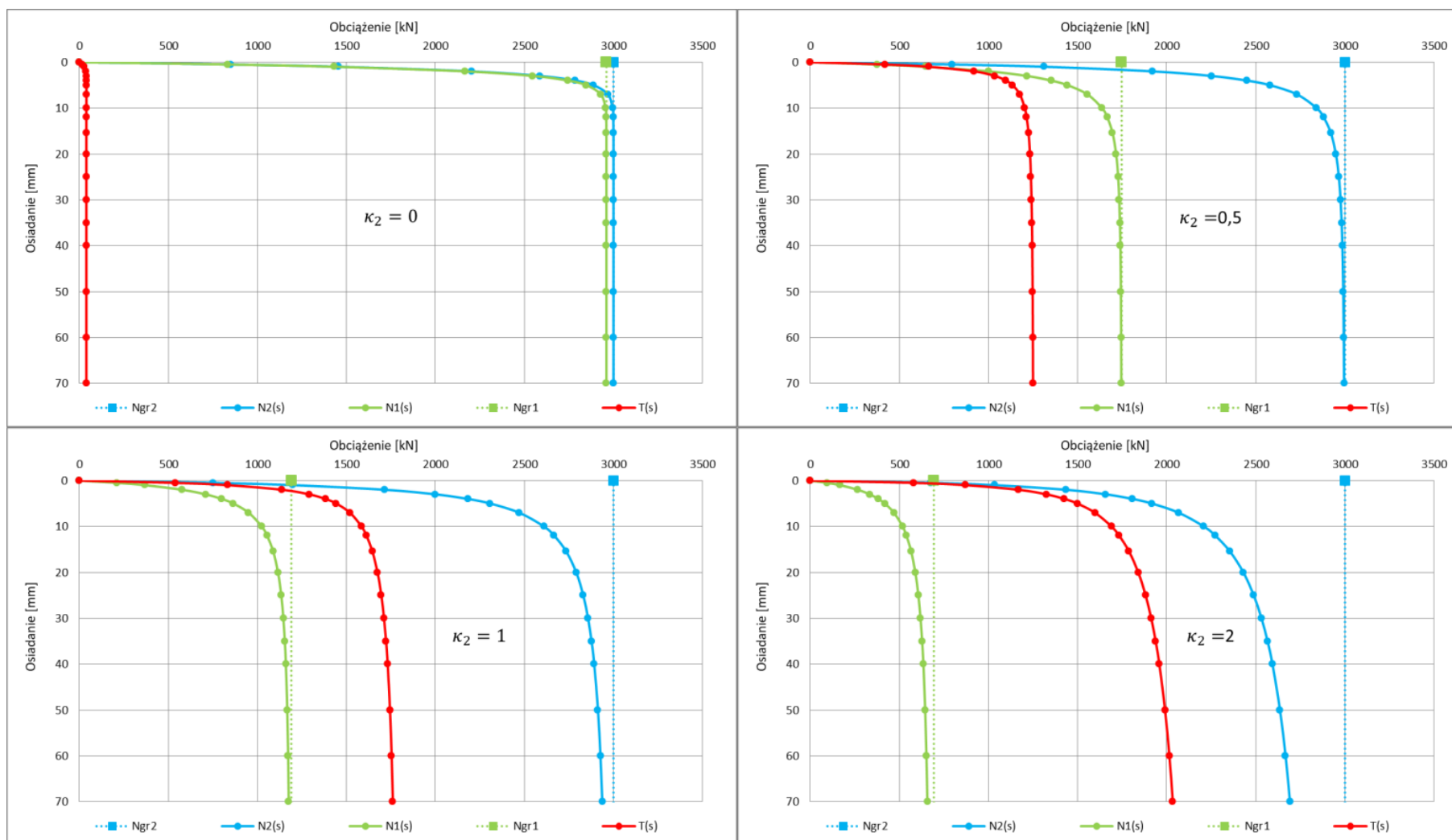
Na podstawie wyników badań laboratoryjnych wyznaczono równania pozwalające na obliczenie wartości parametrów krzywej M-K dla podstawy pala. Na potrzeby przeprowadzenia analizy rozkładu nośności pala posłużono się własnościami określonymi przez Żarkiewicza [102, 103] w warunkach laboratoryjnych:

$$\frac{N_{gr2}}{N_{gr1}} = (1 + \kappa_2)^{1/3} \quad (3.10)$$

$$\frac{c_1}{c_2} = (1 + \kappa_2)^2 \quad (3.11)$$

$$\kappa_1 = \ln(1 + \kappa_2) \quad (3.12)$$

Na rys. 3.7 zaprezentowano wykresy krzywej osiadania przy różnych wartościach parametru  $\kappa_2$ . W praktycznych przypadkach parametr  $\kappa$  przyjmuje wartości w zakresie  $0 < \kappa < 2$ , wartość ta zależy od rodzaju podłoża, w którym zainstalowany jest pal. Gdy pal w dużym stopniu uzyskuje nośność za pośrednictwem pobocznic, parametr  $\kappa$  przyjmuje większe wartości.

Rys. 3.7 Krzywe osiadania przy różnych wartościach parametru  $\kappa$

**Metoda Chin-Kondner [9]**

Jedną z bardziej uproszczonych metod wyznaczania nośności granicznej jest opisana w latach 70 - tych XX w. metoda China (rozwińnięcie metody Kondnera z 1963 r.). Metoda zakłada związek osiadania od obciążenia, jako zależność hiperboliczną. Na podstawie jej schematu postępowania zależność obciążenie – osiadanie została przetransformowana do układu współrzędnych gdzie:

$s$  – odcięte,

$\frac{s}{N}$  – rzędne.

Dla ostatnich punktów pomiarowych przeprowadzonego próbnego obciążenia uzyskuje się (poprzez aproksymację) zależność liniową:

$$\frac{s}{N} = A_1 s + A_2 \quad (3.13)$$

Wartość nośności granicznej jest równa odwrotności współczynnika kierunkowego prostej pomocniczej. Nośność graniczną wyznacza się ze wzoru:

$$N_{gr,CHIN} = \frac{1}{A_1} \quad (3.14)$$

gdzie:

$N$  – siła przyłożona do głowicy obciążanego pała,

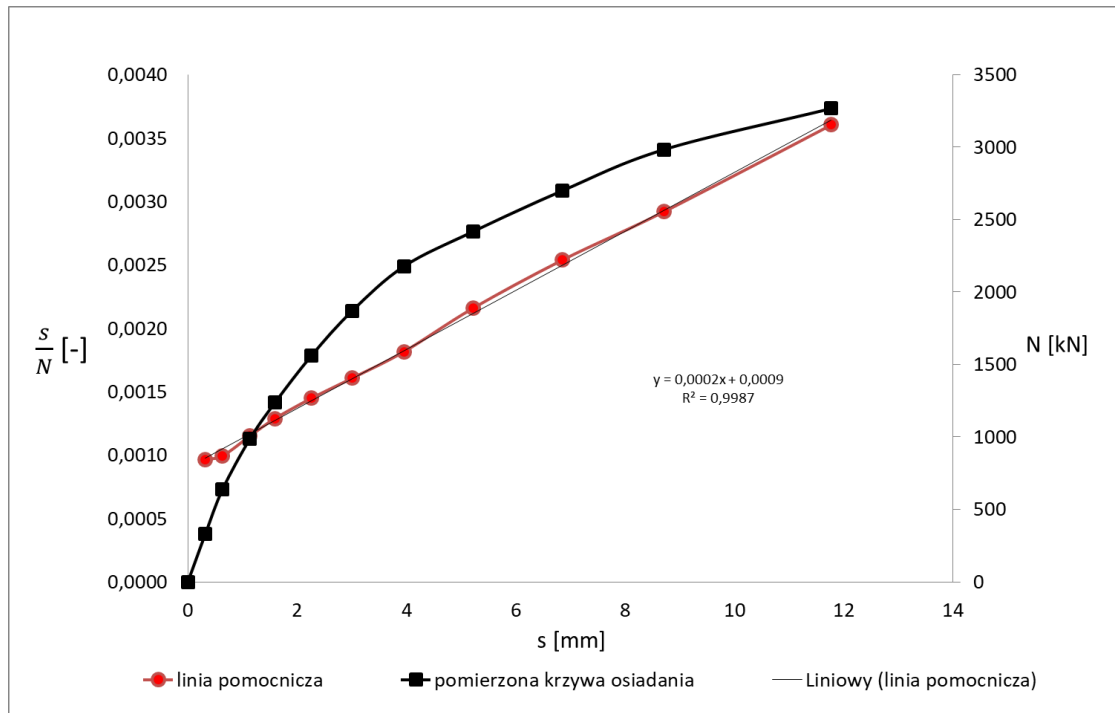
$s$  – osiadanie głowicy pała [mm],

$N_{gr,CHIN}$  – nośność graniczna pała w metodzie China [kN],

$A_1$  – współczynnik kierunkowy prostej pomocniczej  $\frac{s}{N} = f(s)$  [1/kN],

$A_2$  – wyraz wolny prostej pomocniczej  $\frac{s}{N} = f(s)$  [mm/kN],

Graficzne przedstawienie metody Chiny –Kondnera wskazano na rys. 3.8.



Rys. 3.8 Ekstrapolacja nośności granicznej metodą Chin-Kondner

Metoda ta często wykorzystywana jest do określenia trendu nośności, nie należy wykorzystywać jej do ekstrapolowania krzywej uzyskanej podczas testu statycznego.

Przekształcając równanie w celu wyznaczenia osiadania  $s$ , możliwe będzie porównanie wzorów krzywej China-Kondnera oraz krzywej M-K (3.4).

$$\frac{s}{N} = A_1 s + A_2 \quad (3.15)$$

$$s = A_1 s N + A_2 N \quad (3.16)$$

$$s(1 - A_1 N) = A_2 N \quad (3.17)$$

$$s = \frac{A_2 N}{(1 - A_1 N)} \quad (3.18)$$

W celu wykonania porównania, zakłada się  $\kappa = 1$ , podstawiając tę wartość do wzoru ogólnego otrzyma się:

$$s = C N_{gr,MK} \frac{\left(1 - \frac{N}{N_{gr,MK}}\right)^{-1} - 1}{1} \quad (3.19)$$

$$s = C N_{gr,MK} \frac{N_{gr,MK}}{N_{gr,MK} - N} - \frac{N_{gr,MK} - N}{N_{gr,MK} - N} \quad (3.20)$$

$$s = CN_{gr,MK} \frac{N}{N_{gr,MK} - N} \quad (3.21)$$

$$s = C \frac{N}{1 - \frac{N}{N_{gr,MK}}} \quad (3.22)$$

Po przekształceniu ogólnej postaci krzywej M-K możliwe jest porównanie wzorów (3.18) oraz (3.22).

$$\frac{CN}{1 - \frac{N}{N_{gr,MK}}} = \frac{A_2 N}{(1 - A_1 N)} \quad (3.23)$$

$$A_1 = \frac{1}{N_{gr,MK}} = \frac{1}{N_{gr,CHIN}} \quad (3.24)$$

$$A_2 = C \quad (3.25)$$

$$N_{gr,MK} = N_{gr,CHIN} \quad (3.26)$$

gdzie:

$N_{gr,MK}$  – nośność graniczna pala w metodzie Meyera-Kowalowa [kN].

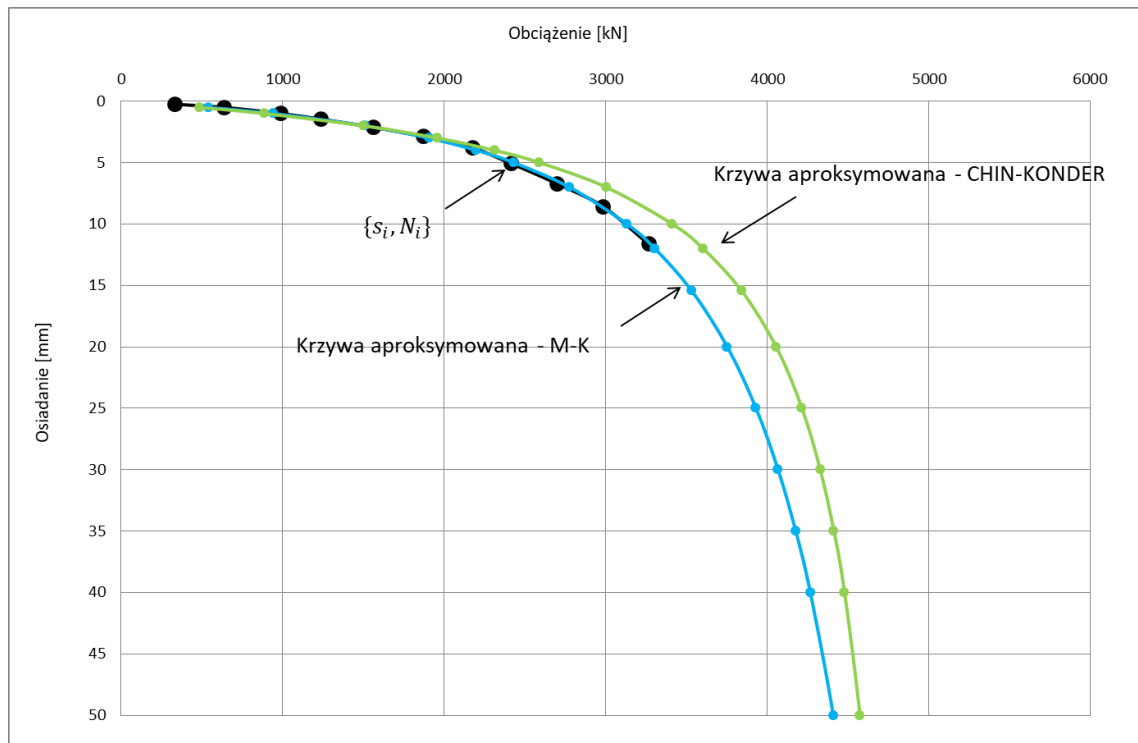
W efekcie porównania dwóch krzywych otrzymano równość (3.26), co potwierdza, iż metoda China-Kondnera jest rozwiązaniem krzywej M-K przy  $\kappa = 1$ .

Ograniczenie bezwymiarowego parametru  $\kappa$  do stałej wartości, w tym przypadku 1, wymusza określony kształt krzywej, co nie pozwala na pełne dopasowanie się aproksymowanej krzywej do pomierzonego zbioru wartości  $\{N_i, s_i\}$  w teście statycznym pala.

W celu zobrazowania tego zjawiska na rys. 3.9 przedstawiono wykresy dwóch aproksymowanych krzywych. Pierwsza z nich przedstawia krzywą M-K uzyskaną na podstawie pomierzonego zbioru danych z testu statycznego pala (**załącznik 4.** - pal Lp. 10). Druga zaś jest krzywą aproksymowaną zgodnie z równaniem krzywej M-K, jednak z parametrami wyznaczonymi z metody China-Kondnera. W pierwszej krzywej parametr  $\kappa$  wynosi 2,5, a nośność graniczna około  $N_{gr,MK} = 6000$  kN i  $C = 0,00078$  mm/MN, zaś tak, jak już wspomniano powyżej, metoda China-Kondnera zakłada stałą wartość 1 parametru  $\kappa$ , a nośność graniczna wyznaczona z tej metody wyniosła  $N_{gr,CHIN} = 5000$  kN. Wartość parametru  $C$  do krzywej China-Kondnera obliczono zgodnie ze znanymi wartościami pozostałych parametrów tj.  $C = 0,00093$  mm/MN.



Różnica w wartościach nośności granicznej wynika z faktu, iż przy większych wartościach parametru  $\kappa$  krzywa Q-s charakteryzuje się powolnym spadkiem (sukcesywny przyrost oporu pobocznicy podczas obciążania), brak jest widocznego załamania, pomimo tego faktu krzywa odzwierciedla rzeczywistą pracę pała. W takich sytuacjach podczas oceny nośności pała należy opierać się na wartościach dopuszczalnych/oczekiwanych osiadań i odnieść się do korespondujących z nimi wartości obciążeń.



**Rys. 3.9** Krzywe aproksymowane zbioru pomierzonego w teście statycznym (M-K oraz Chin-Kondner)

Rys. 3.9 pokazuje, że dwie krzywe mają różniący się przebieg, przebieg krzywej China-Kondnera w dolnej części pomierzonego zbioru danych  $\{N_i, s_i\}$  odbiega od niego, co wymuszone jest stałą wartością parametru  $\kappa$ . Natomiast krzywa M-K, gdzie są narzucone ograniczenia, charakteryzuje się bardzo dobrym dopasowaniem do punktów pomierzonych w zakresie statycznego próbnego obciążenia.

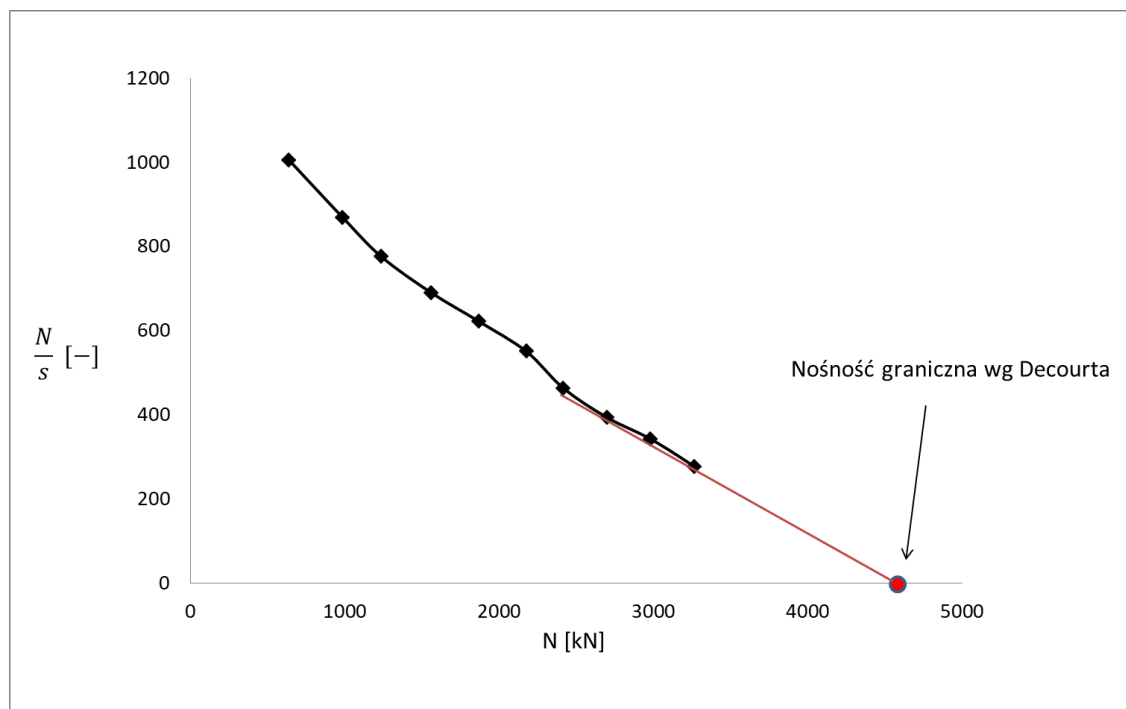
### Metoda Decourta [55]

Metoda zaproponowana przez Decourta jest rozwiązaniem podobnym do metody China-Kondnera, polega ona na wykreśleniu wykresu (w końcowej części tworząc zbiór punktów formujących się w funkcję liniową), gdzie na osi rzędnych należy nanieść wartości obciążeń podzielonych przez osiadanie, natomiast na osi odciętych wartości obciążenia. Przecięcie się utworzonej funkcji liniowej z osią odciętych wskazuje wartość nośności granicznej.

Omówioną prostą tworzy się zgodnie z równaniem:

$$N = \frac{(A_4 s)}{1 - (A_3 s)} \quad (3.27)$$

Ekstrapolacje Decourta pokazano na rys. 3.10.



**Rys. 3.10** Ekstrapolacja metodą Decourta

Dokładną wartość nośności granicznej można wyznaczyć z równania:

$$N_{gr,DECOURT} = \frac{-A_4}{A_3} \quad (3.28)$$

gdzie:

$N$  – siła przyłożona do głowicy obciążanego pala,

$s$  – osiadanie głowicy podczas testu statycznego pala,

$N_{gr,DECOURT}$  – wartość nośności granicznej (niekontrolowane osiadanie),

$A_3$  – współczynnik kierunkowy utworzonej prostej  $s/N = f(s)$ , metoda Decourta [1/kN],

$A_4$  – wyraz wolny prostej  $s/N = f(s)$ , metoda Decourta [mm/kN].

Metoda pozwala na ekstrapolowanie krzywej Q-s oraz prognozowanie wartości nośności granicznej wykraczającej poza zakres pomierzonych wartości podczas testu statycznego pała. Przekształcając równanie metody Decourta (3.28) w celu wyprowadzenia wartości  $s$ , otrzymano:

$$(1 - A_3 s)N = (A_4 s) \quad (3.29)$$

$$N - A_3 s N = A_4 s \quad (3.30)$$

$$N = s(A_3 N + A_4) \quad (3.31)$$

$$s = \frac{N}{(A_3 N + A_4)} \quad (3.32)$$

$$s = \frac{1}{A_3} \frac{N}{\left(\frac{A_4}{A_3} + N\right)} \quad (3.33)$$

$$s = \frac{1}{A_3 - 1\left(\frac{A_4}{A_3} - N\right)} \quad (3.34)$$

Przyjmując z poprzedniego wyprowadzenia równanie krzywej M-K przy  $\kappa = 1$ , zapisać można:

$$s = C N_{gr,MK} \frac{N}{N_{gr,MK} - N} \quad (3.35)$$

Wykonując porównanie równań (3.34) oraz (3.35), otrzymano:

$$\frac{1}{A_3 - 1\left(\frac{A_4}{A_3} - N\right)} = C N_{gr,MK} \frac{N}{N_{gr,MK} - N} \quad (3.36)$$

$$N_{gr,DECOURT} = -\frac{A_4}{A_3} \quad (3.37)$$

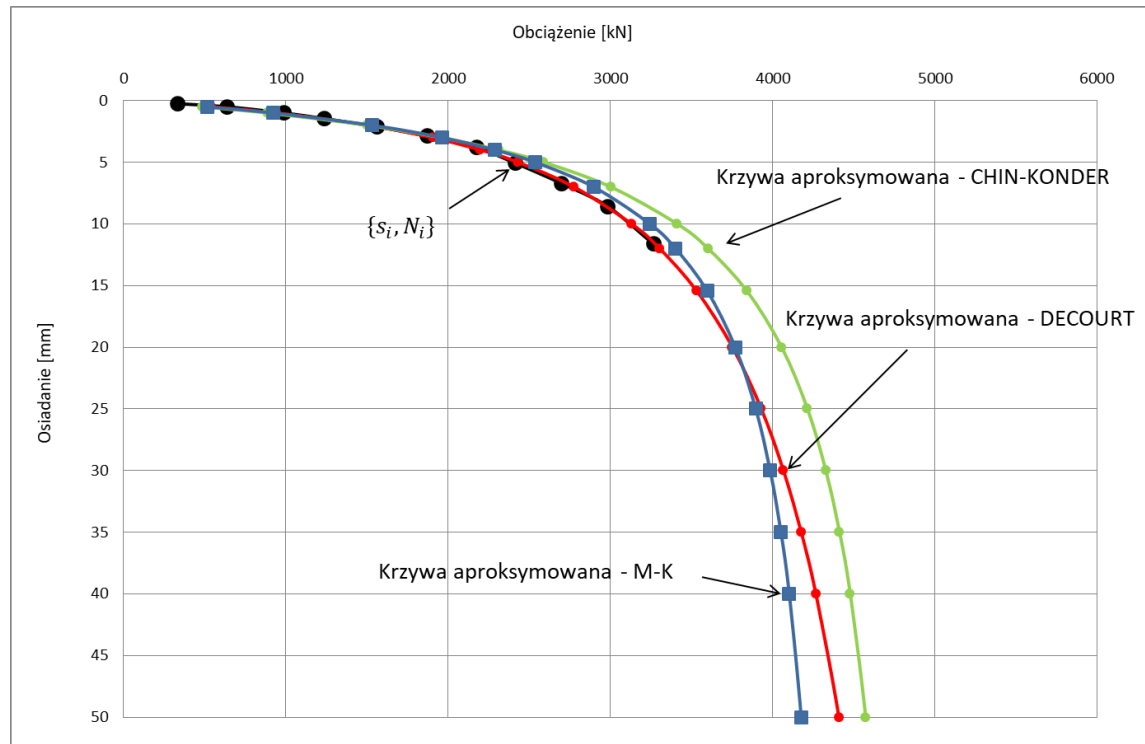
$$A_3 = \frac{1}{-C \cdot N_{gr}} \quad (3.38)$$

$$N_{gr,MK} = N_{gr,DECOURT} \quad (3.39)$$

W tym przypadku również uzyskano potwierdzenie (równość 3.39), iż nośność graniczna w ujęciu Decourta jest równa nośności granicznej wyznaczonej z krzywej M-K przy stałej  $\kappa = 1$ .

Tak jak przy metodzie China-Kondnera, tutaj również ograniczenie parametru  $\kappa$  do stałej wartości stanowi swego rodzaju ograniczenie uniemożliwiające pełne

dopasowanie aproksymowanej krzywej do wartości pomierzonych w trakcie testu statycznego pała. Do tej metody również przeprowadzono graficzne porównanie dwóch krzywych aproksymowanych tego samego zbioru danych  $\{N_i, s_i\}$ . Przykład zaprezentowano na rys. 3.11.



**Rys. 3.11** Krzywe aproksymowane zbioru pomierzonego w teście statycznym (M-K, Decourt oraz Chin-Kondner)

W tym przypadku nośność graniczna pała wg Decorurta wynosi  $N_{gr,DECOURT} = 4500$  kN, parametr  $\kappa = 1$ , na podstawie przedstawionych parametrów obliczono parametr  $C = 0,00086$  mm/MN. Parametry krzywej M-K, tak jak w przykładzie do metody China-Kondnera tj.  $N_{gr,MK} = 6000$  kN  $\kappa = 2,5$  oraz  $C = 0,00078$  mm/MN. Na rys. 3.11 przedstawiono również do porównania krzywą aproksymowaną uwzględniającą parametry wyznaczone do metody China.

W tym przypadku zaobserwowano osiągnięcie większego dopasowania krzywej opartej na wyznaczonej nośności graniczną metodą Decourta, jednak wciąż bardziej optymalnym dopasowaniem charakteryzuje się krzywa aproksymowana klasyczną metodą M-K, dopasowanie krzywej wyznaczonej na podstawie nośności granicznej wg China-Kondnera, w tym przypadku daje najmniejsze przybliżenie krzywej pomierzonej.

### Metoda Brinch Hansena [82]

Metoda ta wymaga przeprowadzenia testu statycznego wykraczającego poza pracę sprężystą pała. Sposób ten zakłada, że krzywa Q-s jest zbliżona do paraboli. W metodzie tej wyszczególnione zostały dwa podejścia:

- metoda 90%; za nośność graniczną rozumie się takie obciążenie, dla którego osiadanie przekroczyło dwukrotnie wartość pomierzoną przy 90% tego obciążenia;
- metoda 80%; za nośność graniczną rozumie się takie obciążenie, dla którego osiadanie przekroczyło czterokrotnie wartość pomierzoną przy 80% tego obciążenia.

Aby wyznaczyć 80% nośności pała, należy przetransformować zależność obciążenie - osiadanie do układu współrzędnych, gdzie:  $s$  – odcięte i  $\sqrt{s}/N$  – rzędne. Dla ostatnich punktów przeprowadzonego badania uzyskuje się (przez aproksymację) zależność liniową w postaci:

$$\frac{\sqrt{s}}{N} = A_5 s + A_6 \quad (3.40)$$

Nośność graniczną pała  $N_{gr,HANSEN}$  określa się przy użyciu współczynników z wyznaczonej prostej:

$$N_{ref,HANSEN} = \frac{1}{2\sqrt{A_5 A_6}} \quad (3.41)$$

gdzie:

$N$  – siła przyłożona do głowicy obciążanego pała,

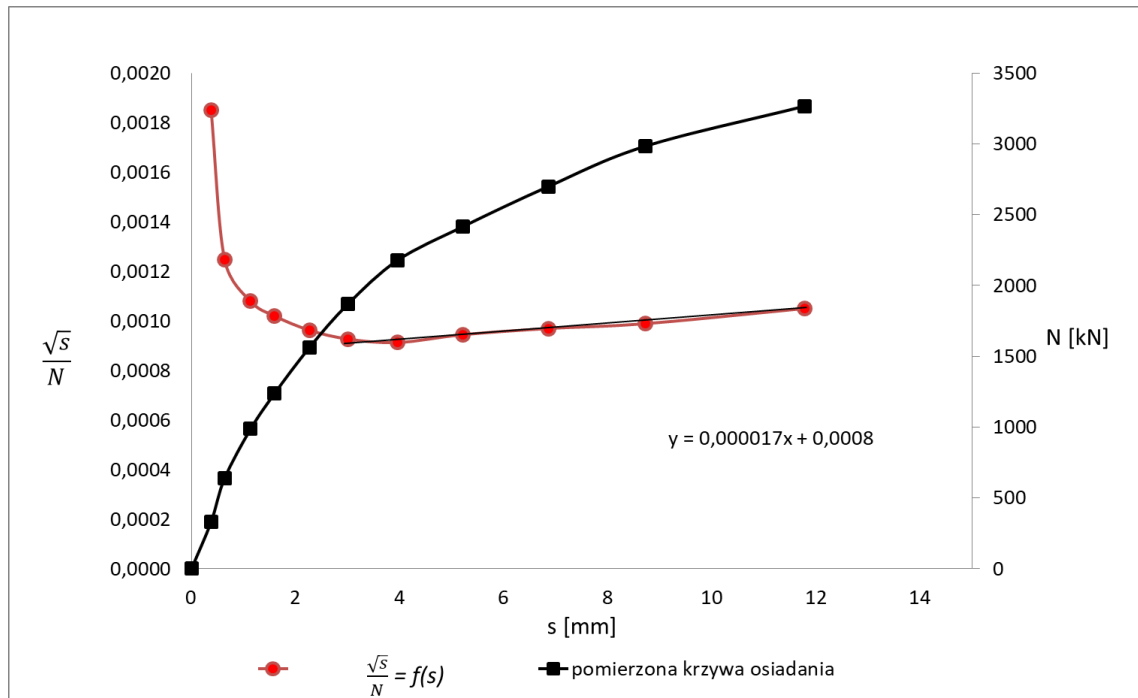
$s$  – osiadanie głowicy podczas testu statycznego pała,

$N_{ref,HANSEN}$  – nośność pała dopuszczalna w metodzie Hansena [kN],

$A_5$  – współczynnik kierunkowy prostej pomocniczej  $\frac{\sqrt{s}}{N} = f(s)$ ,

$A_6$  – wyraz wolny prostej  $\frac{\sqrt{s}}{N} = f(s)$ .

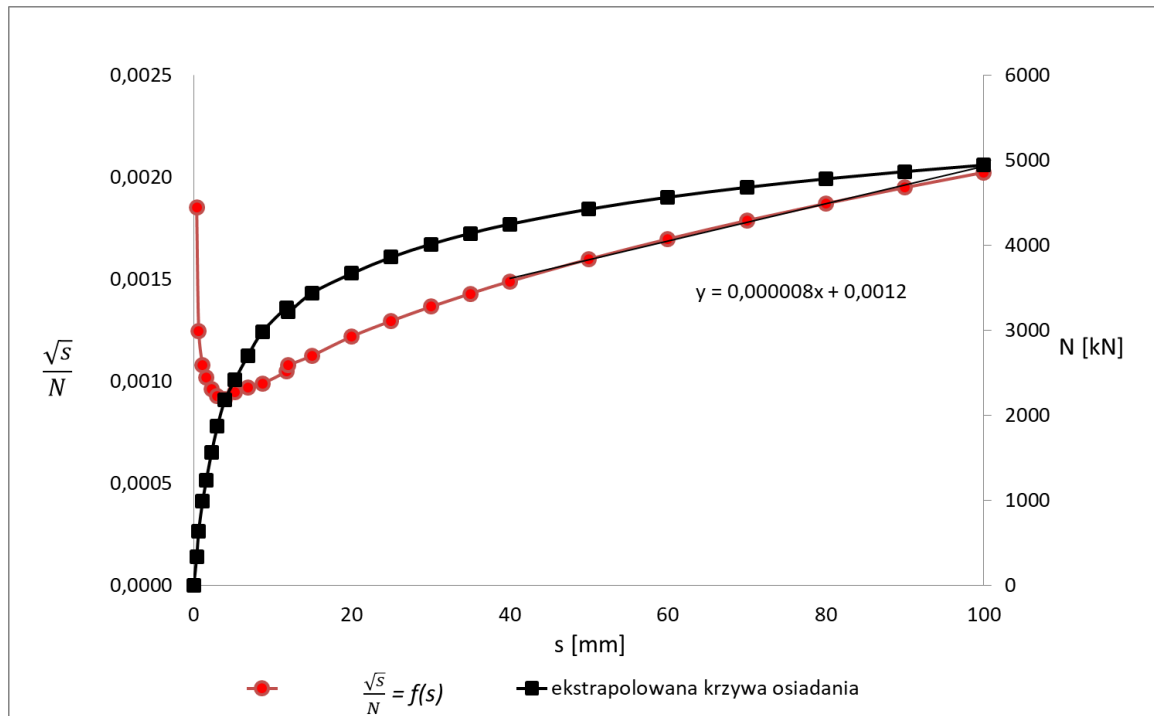
Graficzne przedstawienie metody Hansena zaprezentowano na rys. 3.12.



**Rys. 3.12** Nośność pała wg Kryterium Hansena

W celu przeprowadzenia analizy metody Hansena posłużono się poszerzonym zbiorem punktów  $\{N_i, s_i\}$ , wyznaczonym za pomocą równania krzywej M-K. Najpierw obliczono parametry krzywej do zbioru pomierzonego podczas testu statycznego, następnie obliczono wartości nośności do zdefiniowanego osiadania w zakresie od 0 do 100 mm. W tym momencie możliwe jest przeprowadzenie obliczeń metodą Hansena ponownie, lecz w zakresie znacznie wykraczającym poza zakres pomierzonego osiadania w teście.

Analiza danych na rys. 3.13 wykazała, że kształt funkcji pomocniczej na wykresie nie przyjmuje ściśle liniowej zależności, a wciąż pozostaje krzywą. Aproksymacja liniowa końcowego odcinka do poszerzonego zakresu wykazuje odmienne parametry (współczynnik kierunkowy oraz wyraz wolny), co uwidacznia się w wyniku obliczanej nośności granicznej.



**Rys. 3.13** Nośność pała wg Kryterium Hansena wydłużona poza zakres wartości pomierzonych (ekstrapolacja krzywą M-K)

Metoda ta zależnie od zakresu pomierzonego osiadania będzie wykazywać różne wartości obliczonej nośności.

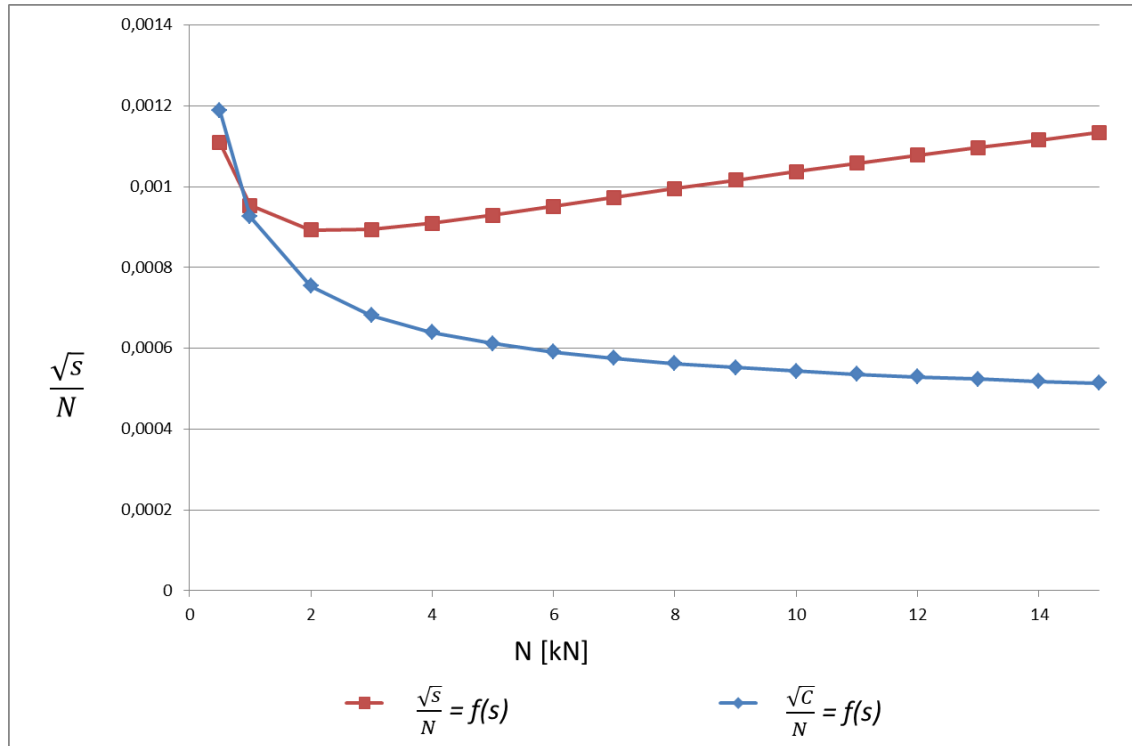
Porównanie metody Hansena do metody krzywej M-K możliwe jest jedynie w początkowym zakresie osiadania, kiedy krzywa osiadania ma charakter liniowy, wykorzystując wcześniejsze wyprowadzenia możliwe jest wykonanie podstawień w celu uzyskania funkcji osiadania uzależnionej od parametrów M-K.

$$\sqrt{\frac{C \frac{N}{N}}{1 - \frac{N}{N_{gr,MK}}}} = A_5 s + A_6 = F(s) \quad (3.42)$$

Przy małych obciążeniach wartość  $\frac{N}{N_{gr,MK}}$  dąży do 0, wtedy:

$$\lim_{\frac{N}{N_{gr,MK}} \rightarrow 0} \sqrt{\frac{C \frac{N}{N}}{1 - \frac{N}{N_{gr,MK}}}} = \frac{\sqrt{CN}}{N} = \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{N}} = F(s) \quad (3.43)$$

Możliwe jest porównanie wykresów pomocniczych do osiadiania pomierzonego oraz obliczonego z uwzględnieniem własności z krzywej M-K tj. równanie (3.43). Wykresy te przedstawiono na rys. 3.14.



**Rys. 3.14** Krzywa pomocnicza wg Hansena oraz krzywa pomocnicza uwzględniająca własności wyprowadzone z krzywej M-K

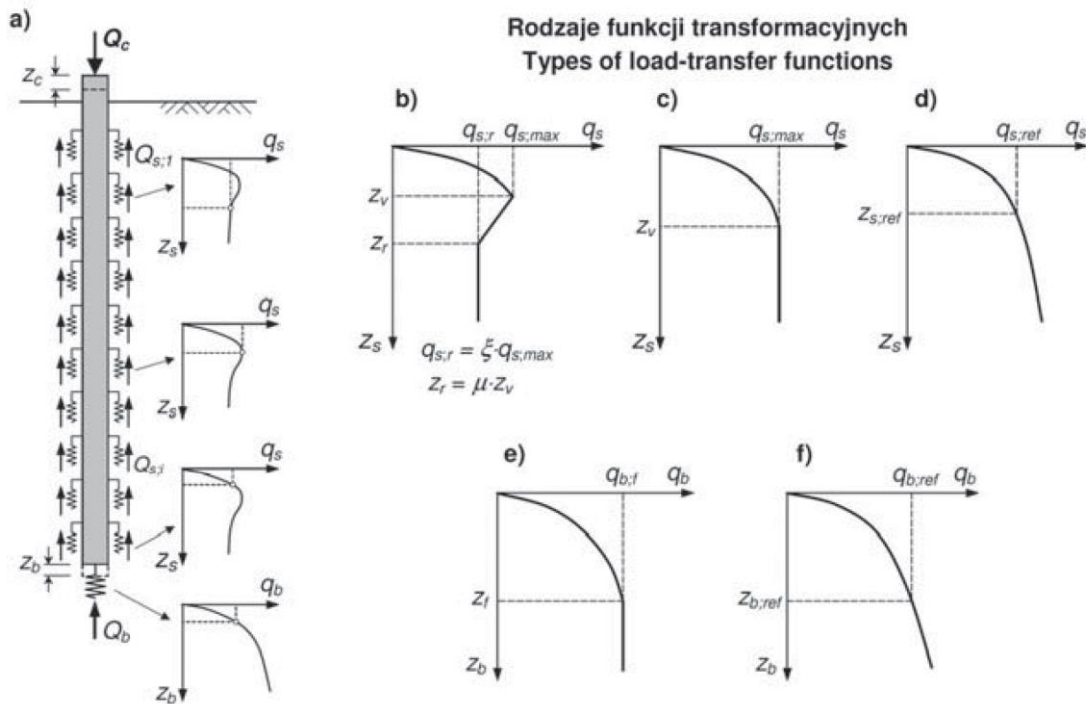
Przeprowadzona analiza porównawcza wskazuje, że zbieżne wartości otrzymane zostały tylko w początkowej części wykresu, gdzie wykres Q-s charakteryzuje się liniowym przebiegiem.

### Metoda funkcji transformacyjnych – (Gwizdała et al.)

Kolejną metodą służącą do badania zależności obciążenie – osiadanie są funkcje transformacyjne. Są to funkcje krzywoliniowe opisujące zależność pomiędzy oporem na pobocznicy pała lub w jego podstawie a przemieszczeniem dowolnego punktu pała. Funkcje te umożliwiają wykreślenie krzywej Q-s na podstawie wspomnianych zależności (t-z dla pobocznicy pała oraz t-z dla podstawy pała). Rodzaje funkcji transformacyjnych opisanych przez Gwizdałę przedstawiono na rys. 3.15. W celu przeprowadzenia analizy konieczna jest znajomość geometrii, właściwości materiału,



z którego wykonany jest element, oraz podział elementu na skończoną liczbę elementów. Do rozwiązania konieczne jest przeprowadzenie iteracyjnych obliczeń zależności między obciążeniem a przemieszczeniem w danym węźle obliczeniowym w celu uzyskania stanu równowagi.



**Rys. 3.15** Schemat współpracy pala/kolumny z gruntem w metodzie funkcji transformacyjnych oraz rodzaje funkcji transformacyjnych [32]

Metoda ta została szczegółowo opisana w literaturze przez Gwizdałę [24-34], Krasinskiego [42-46] oraz Wieclawskiego [94, 95], jej dokładność jednak zależy od przyjętych warunków oraz parametrów pala. Jak wskazuje literatura, właściwości fizyko-mechaniczne pali są zmienne nawet w takich elementach, jak pale prefabrykowane, będące elementami wykonywanymi w najbardziej zunifikowany sposób z obecnych na rynku technologii. Charakteryzuje się ona skomplikowanym schematem obliczeniowym.

**Metoda zmodyfikowanej hiperboli Gwizdały [34]**

Metoda opracowana przez Gwizdałę - w oparciu o metodę China-Kondnera - wymaga wyznaczenia parametrów pomocniczych  $a_1$  oraz  $b_1$  równania, wykorzystując wartości uzyskane z testu statycznego:

$$N = \frac{s}{a_1 + b_1 s} \quad (3.44)$$

gdzie:

$N$  – siła przyłożona do głowicy obciążanego pała,

$s$  – osiadanie głowicy pała [mm],

$a_1$  – parametr pomocniczy [mm/kN],

$b_1$  – parametr pomocniczy [1/kN].

Aby wyznaczyć wartości parametrów równania należy przetransformować układ współrzędnych do postaci gdzie:  $s/Q$  – odcięte,  $s$  – rzędne. Następnie wyznaczyć wyraz wolny równania  $a_1$  oraz współczynnik kierunkowy  $b_1$  linii prostej aproksymującej nakreślony zbiór punktów. Na podstawie parametrów pomocniczych możliwe jest wyznaczenie asymptoty  $b_f = \frac{1}{b_1}$  i opisanie krzywej osiadania równaniem:

$$Q_{(s)} = \frac{s}{a_1 + \frac{s}{R_f Q_f}} \quad (3.45)$$

gdzie:

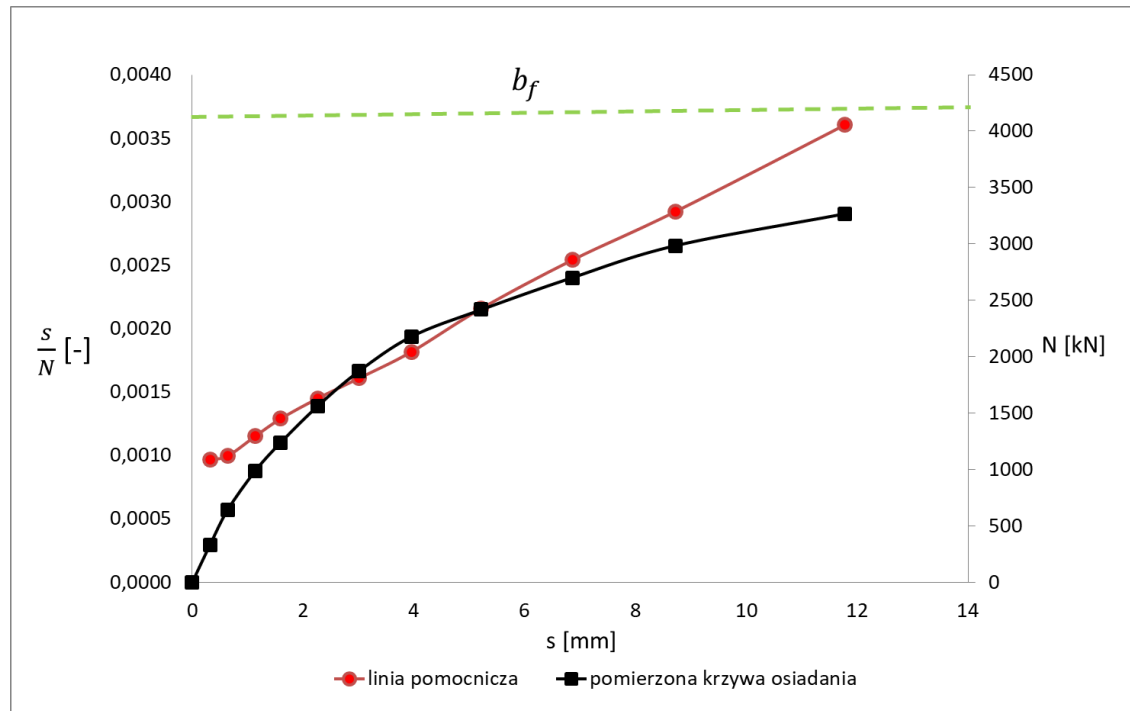
$Q_{(s)}$  – krzywa osiadania typu hiperbolicznego [kN],

$R_f$  – współczynnik uwzględniający relację między umownym obciążeniem granicznym a asymptotą [-],

$b_f$  – asymptota hiperboli [kN],

$Q_f$  – umowne obciążenie graniczne wg. Eurokodu 7, przy osiadania  $s = 10\%$  średnicy pała  $D$

Metoda zmodyfikowanej zależności hiperbolicznej krzywej Q-s wg Gwizdały zaprezentowano na rys. 3.16.



**Rys. 3.16** Metoda zmodyfikowanej zależności hiperbolicznej krzywej Q-s wg Gwizdały

Wartość umownej nośności granicznej oblicza się opierając się na założeniach EC7 tj. wartość siły przy osiadaniu trzonu pała wynoszącym 10% wartości średnicy pała. Kiedy  $R_f = 1$  metoda przyjmuje klasyczny kształt metody China. Wartość współczynnika  $R_f$  oblicza się ze wzoru:

$$R_f = \frac{b_f}{Q_f} \quad (3.46)$$

### Metody badawcze związane ze sztywnością pała

Metody badawcze pali opierają się również na pomiarach wykonywanych na palach oprzyrządowanych w zespół ekstensometrów pomiarowych pozwalających na analizę sił wewnętrznych w obciążanym pałach (Gwizdała [30-33], Krasieński [42-44], Sahajda [80], Wiszniewski [98], Yue Me [100]). Badania prowadzone przez zespół badaczy z Politechniki Gdańskiej [45] na oprzyrządowanych palach wbijanych z dużą dokładnością wskazują na charakter pracy pała w gruncie oraz wskazują potencjalne zagrożenia dla dokładności przeprowadzenia testu statycznego pała. Analiza wyników uzyskanych przez badaczy, wykazuje duże znaczenie sztywności pała, jako elementu konstrukcyjnego. Zmienność przekroju oraz charakterystyka własności fizyczno-mechanicznych na długości pała jest zmienna szczególnie w palach monolitycznych,

z uwagi na technologie ich wykonania. Najnowsze badania wykazują jednak podobne problemy w palach prefabrykowanych, gdzie przekrój jest stały, jednak sztywność obciążanego elementu wciąż nie jest jednolita na długości całego elementu. Własności te tłumaczone są powstawaniem mikropęknięć betonu oraz istnieniem siły rezydualnej w palu wynikającej z samego jego pograżenia w grunt. Badania wykazują, iż siły wewnętrzne w palu mogą spowodować zamknięcie się rys podczas obciążania. Badania na palach oprzyrządowanych pozwalają również na wskazanie wartości oporów osobno dla pobocznicy oraz podstawy pala. Wbrew obecnie panującej opinii w środowisku inżynierów o charakterze pracy pali prefabrykowanych, badania wskazały na bardzo duży udział w nośności pala jego pobocznicy. Charakter pracy pala (udział oporu pobocznicy i podstawy) w zadanych warunkach gruntowych należy odnosić szczególnie do tych właśnie warunków gruntowych, a nie tylko do technologii, w jakiej powstaje pal.

Analiza odkształceń trzonu pala jest słuszna i prowadzi do wielu ciekawych wniosków na temat sił wewnętrznych w palu. Mankamentem tego podejścia jest konieczność wykonywania kosztownego oprzyrządowania badanych pali. Sama analiza wyników również jest dość kłopotliwa, a oprzyrządowanie w zależności od rodzaju wykonania potrafi ulec uszkodzeniu podczas instalacji/wykonywania pala w gruncie. Aspekt skrócenia trzonu pala nie będzie szczegółowo analizowany w rozprawie z uwagi na brak oprzyrządowania badanych pali, stanowiących materiał badawczy niniejszej dysertacji. Samo odkształcenie trzonu pala będzie jedną ze składowych szukanej niepewności w analizowanych testach statycznych pali.

Do opisu pali oprzyrządowanych bardzo dobre zastosowanie znajdują opisane już funkcje transformacyjne.

### **Podsumowanie metod badawczych krzywej Q-s**

W literaturze spotkać można jeszcze wiele metod określających sposoby określenia nośności pala na podstawie wyników testów statycznych pala. Rozwiązania te, to między innymi metody Hirany & Kulhawy [99], O'Rourke and Kulhawy [99], Terzhagi & Peck [67,99], Van der Veen [69, 82]. Metody te nie zostały szerzej opisane w niniejszej rozprawie.

Na podstawie przeprowadzonej analizy najbardziej spopularyzowanych metod analizy krzywej obciążenie - osiadanie, można zauważyć znaczne różnice w podejściu do analizy wyników. Część badaczy określa nośność pala z dużą dozą bezpieczeństwa i często nie ma ona wiele wspólnego z rzeczywistą utratą nośności elementu konstrukcyjnego (uzyskanie niekontrolowanych osiadań) m in. Metoda EC7, Nordlun & Fuller & Hoy, Butler & Hoy, De Beer, przesunięcie Davissona. Niewielka liczba metod pozwala na prognozę nośności wykraczającą poza zakres pomierzonej krzywej Q-s, z uwagi na częste problemy w praktyce inżynierskiej z osiaganiem dużych osiadań podczas testów statycznych to właśnie te metody powinny służyć, jakościowej ocenie przeprowadzanych badań. Pośród tych metod wyróżnić można również metody, które wskazują szukaną wartość nośności na podstawie graficznej konstrukcji transformowanych układanych współrzędnych krzywej Q-s tj. metoda Mazurkiewicza, PN-83/B02482, Decourt, Hansen. Analizy takie nie pozwalają na dogłębną analizę numeryczną zjawiska, jakim jest przebieg testu statycznego próbnego obciążenia.

Funkcje transformacyjne z powodu konstrukcji modelu jego uzmiennienie wymagałoby jego przebudowania. Model ten jest trudny do uwzględnienia przy analizie wpływu niepewności pomiarów z testu statycznego pala.

Metoda krzywej hiperbolicznej opisana przez Gwizdałę jest metodą China-Kondnera wzbogaconą o dodatkowe kryterium, korespondujące do stosunku wartości nośności umownej (wartość obciążenia przy osiadaniu równym 10% średnicy pala obciążanego) oraz nośności granicznej określonej asymptotą (niekontrolowane osiadanie przy znikomym przyroście obciążeń). Spośród metod ekstrapolacji krzywej Q-s, metoda China=Kondnera jest najczęściej wspomniana w literaturze na całym świecie. Paikowsky i Tolosko [78] prowadzili badania na palach obciążanych, aż do zniszczenia (63 pale), w wyniki nośności otrzymywane z obliczeń były większe niż te uzyskiwane w warunkach rzeczywistych. Badacze zwrócili uwagę, iż wynikać to może prawdopodobnie z braku uwzględnienia sprężystego skrócenia pala oraz odkształceń elementu palowego wynikającego z możliwego mimośrod. W celu uzyskania bardziej konserwatywnych wyników, zaproponowali połączenie kryterium Davissona oraz China-Kondnera.

Metoda China-Kondnera jest zaś szczególnym rozwiązaniem krzywej aproksymującej Meyera-Kowalowa przy stałej  $\kappa = 1$ . Krzywa M-K jest metodą pozwalającą na

modelowanie kształtu wykresu, właśnie za pomocą wprowadzonej do modelu stałej  $\kappa$ . Oprócz wpływu na kształt krzywej wyraża ona jednocześnie proporcje pomiędzy oporem pobocznicy i podstawy pala.

### 3.4. Analiza wpływu niepewności przy wykonywaniu próbnych obciążeń

Badacze na całym świecie zajmują się badaniem niepewności w modelach obliczeniowych pali oraz niepewności związanych z określaniem wartości parametrów geotechnicznych do projektowania, analizując w sposób bardzo szczegółowy zagadnienia ryzyka, niezawodności i współczynników bezpieczeństwa ściśle powiązanych z dokładnością wykonywanych obliczeń. W literaturze znaleźć można wiele obszernych pozycji z tego zakresu. Autorami badań są m in. Phoon K. [49, 70-76, 88], Zhang L. [101], Lacasse S. [51-53], Nadim S. [51], Farell E. [21], Galbraith A. [21], Whitman J.L. [89-91], Jaksa M.B. [38], Griffiths D.V. [23], Christian T. [10-12], Tang W.H. [76, 86-88, 101], Beacher G.B. [4, 5], Tabb M.M. [85], Kulhawy F.K. [47-50, 71-74], Dithinde M. [15, 16], Tautmann C.H. [48], DeGroot D.J. [13], Becker D.E [7], Aguilar V. [1], Nowak A. [1, 68], Jones A. [39], Hossan E. [37], Marcos M. [55,56].

Źródła niepewności opisywane przez powyższych autorów to m.in.:

- zmienność właściwości materiałów,
- niepewności związane z pomiarem i konwersją parametrów projektowych,
- niedokładności wynikające z modeli obliczeniowych,
- nieprecyzyjne oszacowanie wielkości i rozkładu obciążeń,
- błędy popełnione przez człowieka,
- anomalie w wyniku zmienności konstrukcji.

Jako główne dwa źródła niepewności wymienia się niepewności związane z oszacowaniem parametrów wytrzymałościowych gruntu oraz niedokładności modelu obliczeniowego. Parametry gruntowe określone są na podstawie badań podłoża gruntowego, zarówno terenowe jak i laboratoryjne. Niewystarczające, niepoprawnie dobrane lub nieprofesjonalnie wykonane badania będą skutkować konsekwencjami na etapie projektowania pali oraz ich testów statycznych. Natomiast w kwestii niepewności

modelu obliczeniowego, wynikają one z niedokładności modeli analitycznych służących do przewidywania zjawisk współpracy pala z gruntem. Modelowanie matematyczne dowolnego procesu fizycznego na ogół wymaga uproszczeń, aby stworzyć użyteczny model. Nieuchronnie powstałe modele są uproszczeniami złożonych zjawisk w świecie rzeczywistym. W konsekwencji istnieje niepewność w przewidywaniach modelu, nawet, jeśli dane wejściowe są znane ze znaczną pewnością.

W celu uniknięcia wpływu tych niepewności w zależności od podejścia do projektowania stosuje się współczynniki bezpieczeństwa, współczynniki materiałowe oraz współczynniki częściowe. W normie EC7 przy projektowaniu pali na podstawie wyników sondowań CPT [54] współczynnik częściowy zależny jest od liczby wykonywanych sondowań, wraz ze wzrostem ich liczby w stosunku do projektowanych pali współczynnik staje się mniej rygorystyczny [109]

Fellenius B.H. przedstawił wiele aspektów mających wpływ na wykonywanie testów statycznych wliczając w to między innymi wpływ czasu pomiędzy wykonaniem badanego pala, a jego obciążeniem, nie poprawnie dobrana procedura przeprowadzenia testu (odciążenie/obciążenie), błędy techniczne w przygotowaniu stanowisk badawczych oraz w przeprowadzeniu samego testu. Nie proponuje jednak sposobu na uwzględnienie tych niepewności w obliczeniach, a jedynie skupia się na podsumowaniu „złej praktyki” w codziennej pracy inżynierów [17-20].

Istnieje wiele analiz opisujących podejścia do projektowania na podstawie zarówno badań gruntowych (odwierty geotechniczne, sondowania cylindryczne SPT i sondy statyczne CPTU [92-96]), jak i wyników próbnych badań statycznych pali, w tym niektóre, aż do osiągnięcia niekontrolowanego osiadania. W publikacjach opierających się o wyniki badań statycznych pali autorzy używają do analizy nośności głównie metodę ekstrapolacji China-Kondnera lub zmodyfikowaną metodę łączącą jednocześnie ekstrapolacje China-Kondnera i przesunięcie Davissona. Połączeniu tych metod ma na celu uwzględnienie efektu skrócenia się pala podczas przeprowadzania testu.

Jednak żaden z autorów nie porusza kwestii samego pomiaru podczas testu oraz towarzyszących zjawisk mogących mieć wpływ na uzyskane wyniki i ich niepewność. Wspomniani w tym rozdziale autorzy zakładają, iż uzyskane wyniki są pozbawione niepewności, następnie przeprowadzają analizę wspomnianymi metodami i przystępują

do analizy ryzyka, niezawodności i współczynników bezpieczeństwa związanych z wynikami badań terenowych w porównaniu do wyników metod analitycznych. Wskazują jednocześnie na bardzo dobre odzwierciedlenie wyników uzyskanych w krzywych Q-s podczas testu z ekstrapolacją China/Davissona.

### 3.5. Podsumowanie przeglądu literatury

Na podstawie przedstawionej analizy literatury, stwierdza się, iż, istnieje wiele pozycji literatury związanych z wykonywaniem testów statycznych pali. Skupiających się na przeprowadzaniu tychże testów w konkretnych przypadkach pali w budownictwie. Jednakże istnieje niewiele publikacji związanych z analizą krzywej Q-s. Żadna z tych pozycji nie odnosi się do niepewności, jakimi obarczona jest krzywa uzyskiwana podczas testu statycznego pala, jedynym uwzględnianym czynnikiem jest sprężyste skrócenie się pala.

Na podstawie przeprowadzonej analizy literatury Autor rozprawy do dalszej analizy przedstawionego zagadnienia, postanowiono posłużyć się krzywą M-K. Zdecydowano się na wybranie tej metody z uwagi na spełnienie dwóch warunków fizycznych tj. obecność dwóch stycznych. Pierwsza ze stycznych jest styczną diagonalną występującą w początkowej fazie oraz druga styczna pionowa jest asymptotą wyznaczającą wartość nośności granicznej. Pomędzy tymi dwiema stycznymi rysowana jest modelowana krzywa, jej krzywizna zależna jest od parametru  $\kappa$ , będącego bezwymiarowym wykładnikiem potęgi. Krzywa zawiera własności fizyczne, stała  $C$  jest odwrotnością zagregowanej stałej Winklera, zaś  $N_{gr2}$  jest wartością nośności granicznej, przy której pal osiada w sposób niekontrolowany. Krzywa ta jednocześnie zawiera w sobie metodę China najczęściej stosowaną w literaturze do ekstrapolowania wyników krzywych Q-s wykreślonych do pali obciążanych w małym zakresie osiadania.

Dodatkowo stwierdza się, iż przyczyną niepewności może być nie tylko sama krzywa, ale również sposób przeprowadzenia testu statycznego. Obciążenie w głowicy za pomocą przeciwwagi lub poprzez zastosowanie konstrukcji oporowej przymocowanej do pali kotwiących. W związku z tym Autor opracował dwa zagadnienia, po pierwsze analizę wpływu niepewności wynikającą tylko z analizy pomierzonej krzywej Q-s oraz



analizę wpływu przeprowadzenia testu na uzyskany wynik (zaburzenie pomierzonej krzywej Q-s). Do analizy badawczej zostały zastosowane: krzywa M-K, znana z literatury metoda porównania Kirchhoffa i ugięcia przestrzeni poprzez wyciąganie lub wciskanie pała oraz metoda najmniejszych kwadratów.

### 3.6. Program badań

Program badań obejmuje następujące zagadnienia:

1. Badania analityczne, które będą miały na celu eksperymenty numeryczne jak wykorzystać metody statystyki matematycznej do określenia wpływu  $s_0$ , jako wskaźnika niepewności na parametry modelu M-K
2. Badania eksperymentalne wykonane na 5 palach w naturze, gdzie uzyskano zniszczenie elementu. Rozumieć przez to należy osiągnięcie nośności granicznej tj. jeden z parametrów krzywej M-K został pomierzony w warunkach rzeczywistych. Jest to weryfikacja oszacowania nośności granicznej wyznaczonej metodą najmniejszych kwadratów.

W pierwszej kolejności autor przeanalizował metody statystyki matematycznej, które w odniesieniu do krzywej M-K pozwalają na obliczenie trzech parametrów. Analiza przeprowadzona została w następujący sposób: mając zadaną nośność graniczną pomierzoną w warunkach rzeczywistych, określono dwie pozostałe stałe krzywej M-K. Analiza ta pozwoli na porównanie wartości parametrów krzywej M-K, gdzie wartość  $N_{gr}$  jest znana (gdyż wyznaczone są tylko dwa pozostałe parametry) oraz parametrów krzywej M-K obliczonych dla tego samego zbioru punktów tworzących Q-s uwzględnionych tylko w początkowym zakresie (zasymulowanie braku uzyskania nośności granicznej podczas testu statycznego pała). Wraz ze znaną wartością nośności granicznej możliwe jest obliczenie dwóch pozostałych wartości zgodnie ze wzorami (4.1 – 4.13) przedstawionymi w podstawowym opisie metody, wartości te należy uznać za parametry „pomierzone”.

W wyniku tego porównania możliwe będzie udowodnienie prawidłowej oceny nośności granicznej za pomocą metody krzywej M-K, w przypadkach gdy ta wartość nie zostaje osiągnięta w warunkach rzeczywistych.

Następnie przeanalizowano założone niepewności w stosunku do głównego równania. Pomierzone wartości różnią się od rzeczywistych o wartość parametru  $s_0$ . Przeanalizowane zostały pale, aż do zniszczenia oraz pale, na których wykonano standardowy test statyczny w małym zakresie osiadania.

Graficzną interpretację programu badań przedstawiono na rys. 3.17.

## 4. Analiza zjawiska

### 4.3. Osiadanie pala w zakresie liniowej teorii sprężystości

Analizy rozkładu naprężeń w gruncie w zakresie liniowym dokonał Boussinesq (1885), wykorzystując do opisu zjawiska jedynie składową  $\sigma_z$  pionową tensora naprężeń [97]. Podstawowy wzór opisujący składową  $\sigma_z$  ma postać:

$$\sigma_z(z, r) = \frac{3}{2\pi} Q_{Boussinesq} \frac{z^3}{(z^2+r^2)^{\frac{5}{2}}} \quad (4.1)$$

gdzie:

$\sigma_z(z, r)$  – wartość naprężenia pionowego w gruncie [MPa],

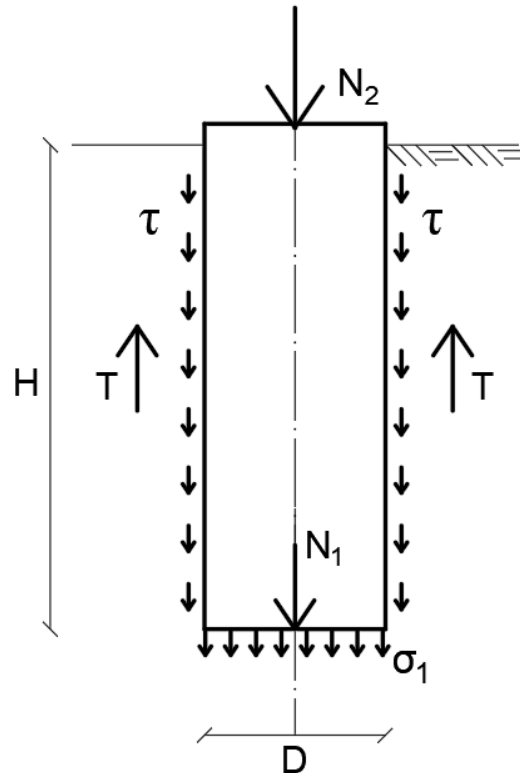
$Q_{Boussinesq}$  – jest siłą skupioną działającą pionowo w dół w punkcie współrzędnych, która te naprężenia wywołuje [kN],

$r$  – odległość rozpatrywanego punktu od miejsca przyłożenia siły [m],

$z$  – głębokość rozpatrywanego punktu w ośrodku gruntowym [m].

Według tej teorii możliwe jest rozpatrywanie pracy pala w zakresie liniowej pracy elementu konstrukcyjnego, rozumie się przez to początkowy zakres obciążenia pala, gdzie wykres osiadania od obciążenia przyjmuje formę prostej. W praktyce inżynierskiej bardzo często dopuszczalne osiadania elementu konstrukcyjnego nie wykraczają poza zakres liniowej teorii sprężystości, co znacznie ułatwia sposób przewidywania osiadań takiego pala.

Na rys. 4.1 przedstawiono schemat pracy pala zagłębionego w gruncie.



**Rys. 4.1** Schemat pala zagłębionego w gruncie

Meyer, stosując teorię liniowej sprężystości Boussinesqua oraz wykorzystując własności modułu odkształcenia postaciowego, opisał następujące równania służące do wyznaczenia wartości osiadania podstawy oraz pobocznicy pala [58]. Równania przyjmują postać:

$$S_q = \alpha_q \frac{N_1}{\pi DE} \quad (4.2)$$

$$S_t = \alpha_t \frac{2(1+\nu)\tau}{E} 3D \quad (4.3)$$

gdzie:

$S_q$  – osiadanie podstawy pala [mm],

$S_t$  – osiadanie pobocznicy pala [mm],

$\tau$  – naprężenia styczne na pobocznicy pala [kPa],

$N_1$  – siła skupiona działająca w podstawie pala [kN],

$D$  – średnica pala [m],

$\nu$  – współczynnik Poissona [-],

$\alpha_t$  – współczynnik pomocniczy (pobocznicza pala) [-],

$\alpha_q$  – współczynnik pomocniczy (podstawa pala) [-],

$E$  – moduł ściśliwości gruntu [MPa].

Do obliczeń osiadania pała uwzględnił on również współpracę pał-grunt (tj. przyleganie do siebie dwóch materiałów, chropowatość powierzchni pała), uzupełniając wymienione równania o współczynniki  $\alpha_t = 0,8 - 1,2$  oraz  $\alpha_q = 0,5 - 1,0$  kolejno dla pobocznic oraz podstawy pała. Wraz z zachowaniem równowagi sił w rozpatrywanym układzie (pał w ośrodku gruntowym, obciążony siłą pionową w osi pała – rys. 4.1.) oraz przy założeniu, że na pobocznicach nie występuje poślizg, można sformułować równania:

$$S_t = S_q = s \quad (4.4)$$

$$N_2 = N_1 + T \quad (4.5)$$

Uwzględniając równania 4.4 oraz 4.5 otrzymuje się:

$$s = \frac{N_2}{\left(\frac{1}{\alpha_q} + \frac{1}{\alpha_t \cdot 6 \cdot D(1+\nu)}\right) \pi D E} \quad (4.6)$$

gdzie:

$H$  – długość pała [m],

$N_2$  – siła skupiona przyłożona w głowicy pała [kN],

$s$  – osiadanie pała [mm].

W zakresie liniowej teorii Boussinesqua analiza testów statycznych przyjmuje znacznie prostszą postać i nie zmusza do stosowania skomplikowanych modeli matematycznych. Nie pozwala ona jednak na wyznaczenie wartości granicznych nośności dla pała, może służyć jednak, jako narzędzie do uproszczonych obliczeń osiadań oraz wstępnego doboru geometrii pała (długość i średnica), a po wykonaniu testów statycznych do analizy rzeczywistych parametrów wytrzymałościowych gruntu.

#### 4.4. Uogólniona metoda M-K

Pale obciążane w dużym zakresie, gdzie siła przyłożona na pał zbliża się do wartości granicznej, wykracza poza zakres liniowej teorii sprężystości. W celu analizy takich przypadków konieczna jest analiza wyników testów statycznych na podstawie bardziej zaawansowanych modeli. W ramach przeglądu metod i modeli służących do analizy testów statycznych autor postanowił zastosować model krzywej M-K. Metoda ta została wstępnie opisana w rozdziale 3. W tym rozdziale zostanie omówiona bardziej

szczegółowo, z uwzględnieniem sposobu wyznaczania niewiadomych równania tj. parametrów krzywej ( $\kappa$ ,  $C$ ,  $N_{gr}$ ).

Jak już wcześniej opisano, podstawowa postać równania jest opisana wzorem 2.4. Z uwagi na skrajnie rzadkie zjawisko osiągnięcia wartości nośności granicznej podczas testu statycznego (uzyskanie niekontrolowanych osiadań), koniecznym jest posłużenie się wartościami pomierzonymi podczas testu statycznego, tj. zbiór  $\{N_i, s_i\}$ .

Z uwagi na trudność wyznaczenia trzech niewiadomych w jednym równaniu konieczne jest zastosowanie procedury opisanej w dalszej części rozdziału.

Procedura obliczeniowa rozpoczyna się od wyznaczenia wartości  $N_{gr2}$  oraz  $\kappa_2$ . W tym celu należy stworzyć następujące funkcje:

$$Y_{pom} = \frac{s_{i+1}}{s_i} \quad (4.7)$$

$$Y_{obl} = \frac{\left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2}}{\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2}} \quad (4.8)$$

Następnie, korzystając z metody najmniejszych odchyłek kwadratów, możliwe jest znalezienie optymalnych wartości nośności granicznej pała  $N_{gr2}$  oraz współczynnika  $\kappa_2$  będącym bezwymiarowym wykładnikiem potęgi.

$$\sum (Y_{pom} - Y_{obl})^2 = \delta^2 \quad \delta^2 = \min \rightarrow N_{gr2}; \kappa_2 \quad (4.9)$$

Do wyznaczenie pozostaje stała  $C_2$ . W tym celu należy odjąć od siebie sąsiadujące punkty na wykresie w początkowym zakresie krzywej M-K (liniowe odkształcenie od obciążenia)

$$Y_{pom} = s_{i+1} - s_i \quad (4.10)$$

$$X_{obl} = N_{gr2} \frac{\left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2} - \left(1 - \frac{N_i}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2}}{\kappa_2} \quad (4.11)$$

$$Y_{pom} = C_2 X_{obl} \quad (4.12)$$

$$C_2 = \frac{\sum (X_{obl} Y_{pom})}{\sum (X_{obl}^2)} \quad (4.13)$$

Wraz z wyznaczeniem wartości parametrów krzywej M-K należy przystąpić do wyrysowania krzywej ekstrapolującej, krzywą wykreśloną z wartości pomierzonych w teście statycznym.

#### 4.5. Związki pomiędzy parametrami krzywej M-K

Badacze zajmujący się zagadnieniem nośności posadowień pośrednich od wielu lat próbują rozdzielić składowe nośności całego pala mierzone podczas testów statycznych. Najczęściej rozwiązaniu tego zagadnienia służą badania eksperymentalne, wykonywane w laboratorium w zmniejszonej skali lub wykonywane w terenie na palach oprzyrządowanych oraz specjalnie wykonanych palach pozwalających na osobne obciążanie podstawy.

Zagadnieniem rozkładu nośności pala w ujęciu modelu krzywej M-K zajmował się Żarkiewicz [102], który swoje badania oparł na modelu laboratoryjnym, obciążając statycznie pale w mniejszej skali.

Nośność podstawy można opisać za pomocą krzywej M-K, a wartość nośności poboczniczy pala wynika z różnicy nośności całego pala i nośności podstawy (równania (3.9, 4.14- 4.15)).

$$N_2(s) = N_{gr2} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\kappa_2 s}{C_2 N_{gr2}} \right)^{-\frac{1}{\kappa_2}} \right] \quad (4.14)$$

$$N_1(s) = N_{gr1} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\kappa_1 s}{C_1 N_{gr1}} \right)^{-\frac{1}{\kappa_1}} \right] \quad (4.15)$$

#### 4.6. Parametr niepewności $s_0$ podczas testu – dopasowanie się gruntu do pala

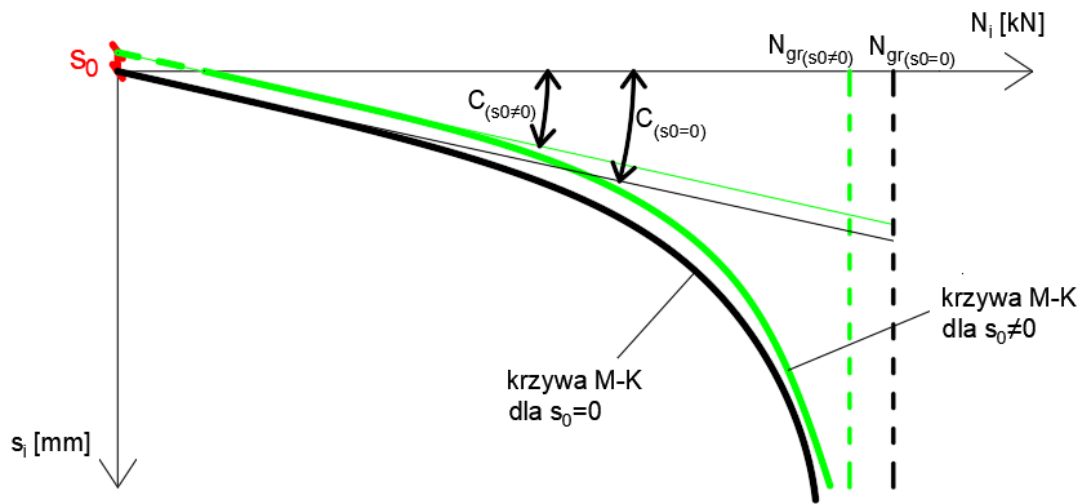
Wraz z założeniem występowania niepewności pomiarowej osiadania pala w trakcie testu statycznego przy użyciu metody krzywej M-K, konieczne jest włączenie dodatkowego członu do wzoru podstawowego. Autor niniejszej rozprawy zaproponował, aby w pierwszym odcinku krzywej  $s = s(N)$  wprowadzić stałą poprawkę  $s_0$ , która pozwala na zminimalizowanie sumy kwadratów odchyłek

zbudowanego funkcjonału [65]. Na rys. 4.2 przedstawiono graficzne uwzględnienie parametru niepewności (niedokładności)  $s_0$  w krzywej M-K.

$$s_i = s_0 + CN_{gr} \frac{\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - 1}{\kappa} \quad (4.16)$$

gdzie:

$s_0$  – założona niedokładność pomiarowa [mm].



**Rys. 4.2** Poglądowe przedstawienie niepewności  $s_0$  w krzywej M-K

Rozwiązanie oparte jest na analizie statystycznej zbioru podstawowego  $\{N_i, s_i\}$ , przy czym, jako równania warunkowe przyjmuje się na krzywej trzy punkty, to jest:  $s_i, s_{i+1}, s_{i+2}$ . Umożliwia to wyznaczenie parametrów krzywej po uprzednim wyeliminowaniu niedokładności pomiarowej  $s_0$  w następujący sposób: należy odjąć od siebie wartości sąsiednich punktów w zbiorze, a następnie podzielić przez siebie różnicę tych wartości.

Na podstawie pomierzonych wartości osiadania oraz odpowiadających im sił możliwe jest wyznaczenie funkcji:

$$s_{i+1} - s_i = CN_{gr} \frac{\left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - \left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right)^{-\kappa}}{\kappa} \quad (4.17)$$

$$s_{i+2} - s_{i+1} = CN_{gr} \frac{\left(1 - \frac{N_{i+2}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - \left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa}}{\kappa} \quad (4.18)$$



$$Y_{pom} = \frac{s_{i+1} - s_i}{s_{i+2} - s_{i+1}} \quad (4.19)$$

$$Y_{obl} = \frac{\left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - \left(1 - \frac{N_i}{N_{gr}}\right)^{-\kappa}}{\left(1 - \frac{N_{i+2}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - \left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa}} \quad (4.20)$$

Podobnie jak w standardowej procedurze za pomocą najmniejszych sum kwadratów odchyłek, możliwe jest znalezienie  $s_0$ .

$$X_{obl} = N_{gr2} \frac{\left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2} - \left(1 - \frac{N_i}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2}}{\kappa_2} \quad (4.21)$$

Obliczenia prowadzi się zgodnie z poniższymi równaniami.

$$\sum s_{i+1} = ns_0 + \frac{C \cdot N_{gr}}{\kappa} \sum \left( \left(1 - \frac{N_{i+1}}{N_{gr}}\right)^{-\kappa} - 1 \right) \quad (4.22)$$

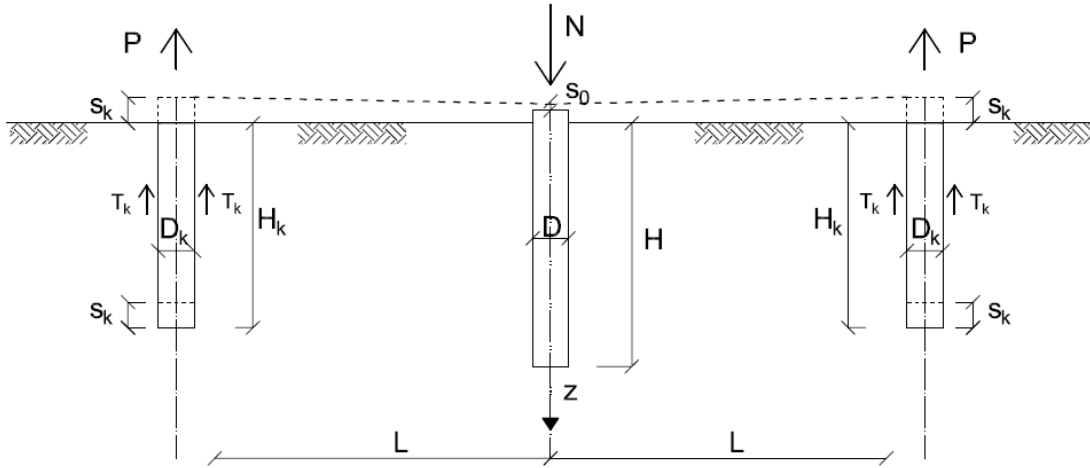
Rozwiązanie to umożliwia jednoczesne wyznaczenie założonej niepewności pomiarowej oraz wyznaczenie wszystkich niewiadomych stałych krzywej M-K tj.  $\kappa, C, N_{gr}$ .

W dalszej części rozprawy przedstawione zostaną przykłady zastosowania proponowanej modyfikacji do modelu M-K z uwzględnieniem niepewności pomiaru podczas testu statycznego pała, w celu zobrazowania wpływu modyfikacji na wyniki uzyskiwane ze standardowej procedury oraz pokazania wpływu pionowego przemieszczenia pała kotwiącego na wynik próbnego statycznego obciążenia

#### 4.7. Parametr niepewności $s_k$ wynikający z wyniesienia pali kotwiących

Następnym zjawiskiem, które może powodować niepewności w ustalaniu zbioru wartości  $\{N_i, s_i\}$  podczas wykonywania testu statycznego pała, może być sposób przyłożenia obciążenia do głowicy pała. Jeżeli obciążenie to jest przyłożone w taki sposób, że wykorzystuje się pale kotwiące, wówczas współpraca pała kotwiącego

z gruntem może powodować dodatkowe efekty w badanym pału w relacji obciążenie - odkształcenie. Schematycznie rozmieszczenie pali oraz obciążenie takiego zakotwienia przedstawiono na rys. 4.3.



**Rys. 4.3** Schemat geometryczny pali do próbnego statycznego obciążenia [63]

Podstawowe równania do pala kotwiącego wyciąganego oraz związki pomiędzy obciążeniem a osiadaniami mają znaną z mechaniki gruntów postać, przedstawione je równaniami (4.23-4.25).

$$s_k = \frac{\tau_k R}{G} \quad (4.23)$$

$$\tau_k = \frac{P}{\pi D_k H_k} \quad (4.24)$$

$$G = \frac{E_t}{2(1+\nu)} \quad (4.25)$$

gdzie:

$s_k$  – przesunięcie głowy pala kotwiącego [m],

$\tau_k$  – siła tarcia towarzysząca przesunięciu pala kotwiącego [kPa],

$G$  – moduł odkształcalności postaciowej (moduł Kirchhoffa) [GPa]

$R$  – promień działania siły tarcia  $\tau_k$  [m],

$\nu$  – współczynnik Poisson'a [-],

$E_t$  – średni moduł ścisłości gruntu na długości pala [kPa],

$P$  – siła wyciągająca pal kotwiący [kN],

$D_k, H_k$  – szerokość oraz zagłębienie w gruncie pala kotwiącego [m].

Analiza podstawowych równań (4.23, 4.24. i 4.25) na podstawie statycznych obciążeń pali w przypadkach użycia pali kotwiących prowadzi do wniosku, że do celów praktycznych obliczeń inżynierskich założono  $R = D_k/2$ .

Po podstawieniu otrzymano:

$$S_k = \frac{(1+\nu)}{\pi} \frac{P}{E_t H_k} \quad (4.26)$$

Ugięcie przestrzeni gruntowej – wyniesienie powierzchni – w przekroju pionowym pala badanego wywołane wyciąganiem pala kotwiącego może być obliczone z liniowej teorii Bousinessq'a

$$s_0 = \int_0^\infty \frac{\sigma_z(z)}{E_t} dz \quad \text{gdzie} \quad \sigma_z(z) = \frac{3}{2\pi} \frac{Pz^3}{(L^2+z^2)^{5/2}} \quad (4.27)$$

Po całkowaniu otrzymano  $E_t = const$  :

$$s_0 = const \frac{P}{\pi E_t L} \quad (4.28)$$

Na podstawie analizy pali wyciąganych, w których nie występuje opór podstawy, można wykazać, że do praktycznych obliczeń inżynierskich przyjęto  $const = 1/20$  (analiza w rozdziale, 6.3; weryfikacja wartości  $const$  w tab. 6.2 do tab. 6.4 ), wówczas podstawowa zależność dotycząca pali wyciąganych ma postać:

$$s_0 = \frac{1}{20} \frac{P}{\pi E_t L} \quad (4.29)$$

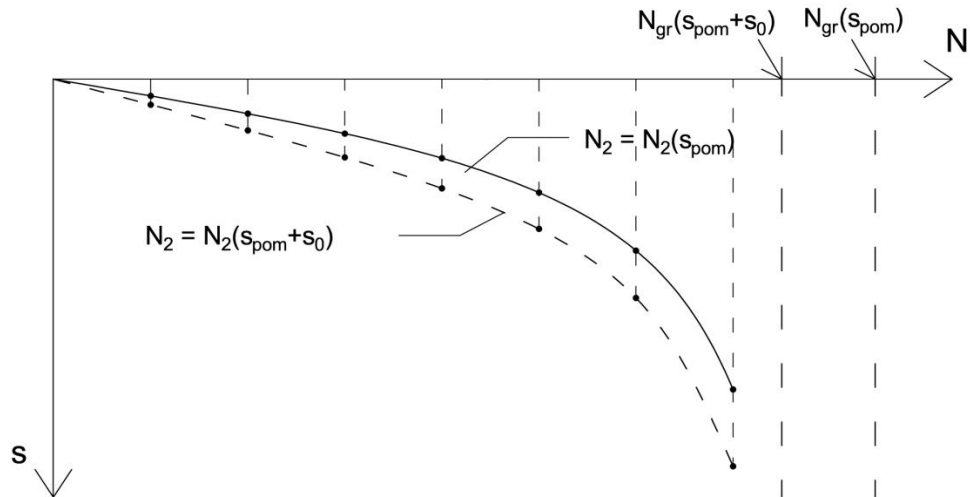
Ponieważ założono, że występują dwa pale kotwiące, dlatego całkowite wyniesienie powierzchni w przekroju pionowym pala badanego wyniesie:

$$s_0 = 2 \cdot \frac{1}{20} \frac{\frac{N}{2}}{\pi E_t L} = \frac{N}{20\pi E_t L} \quad \text{ponieważ } P = \frac{N}{2} \quad (4.30)$$

W przypadku zastosowania większej liczby pali kotwiących konieczne jest określenie sił wyciągających poszczególne pale kotwiące, a następnie korzystając z zasady superpozycji, obliczenie wartości wyniesienia. Ostateczne wyniki statycznego próbnego obciążenia daje zbiór wartości  $\{N_i, s_i\}$ . Jeżeli do interpretacji tego wzoru wykorzystana się krzywą M-K, to przyjęć należy:

$$N_2 = N; \quad s_2 = s_{pom}(N) + \frac{N}{20\pi E_t L} \quad (4.31)$$

Na rys. 4.4. przedstawiono krzywą M-K uwzględniającą korektę na wyciąganie pali kotwiących w stosunku do krzywej dla osiadań pomierzonych w trakcie wykonywania testu statycznego pala.

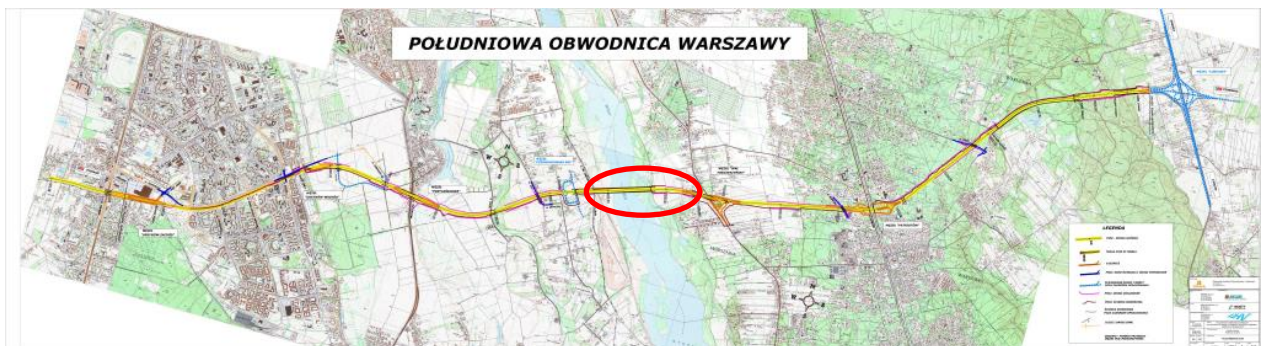


**Rys. 4.4** Krzywa M-K z korektą na wyciąganie pala kotwiącego [63]

## 5. Badania eksperymentalne

Klasyczne metody przeprowadzania testów statycznych pali zazwyczaj sprowadzają się do obciążenia pali testowych w zakresie wykraczającym poza projektowane obciążenie do osiągnięcia do 150% tej wartości. Taki zakres obciążeń rzadko umożliwia osiadanie obciążanego pala w zakresie umożliwiającym swobodną interpretację wyników badań, tj. ocena nośności pala na podstawie wykreślonej krzywej Q-s. W tej sytuacji niemożliwe jest jednoznaczne określenie nośności granicznej pali. Jedynie badania wykonane w dużym zakresie obciążenia są w stanie jednoznacznie zdefiniować wartość siły granicznej, przy której pal ulega zniszczeniu. Przez zniszczenie należy rozumieć utratę statyczności związaną z niekontrolowanym osiadaniem.

Firma Energopol S. A. była odpowiedzialna za wykonanie posadowienia palowego podpór mostu przez rzekę Wisłę w ciągu drogi ekspresowej S2. Posadowienie palowe składało się z grupy pali wielkośrednicowych częściowo z powiększoną podstawą, wykonywanych w technologii pali wierconych w rurze obsadowej. Średnica pali wahała się w zakresie 1000-1500 mm. Lokalizację badań przedstawiono na rys. 5.1.

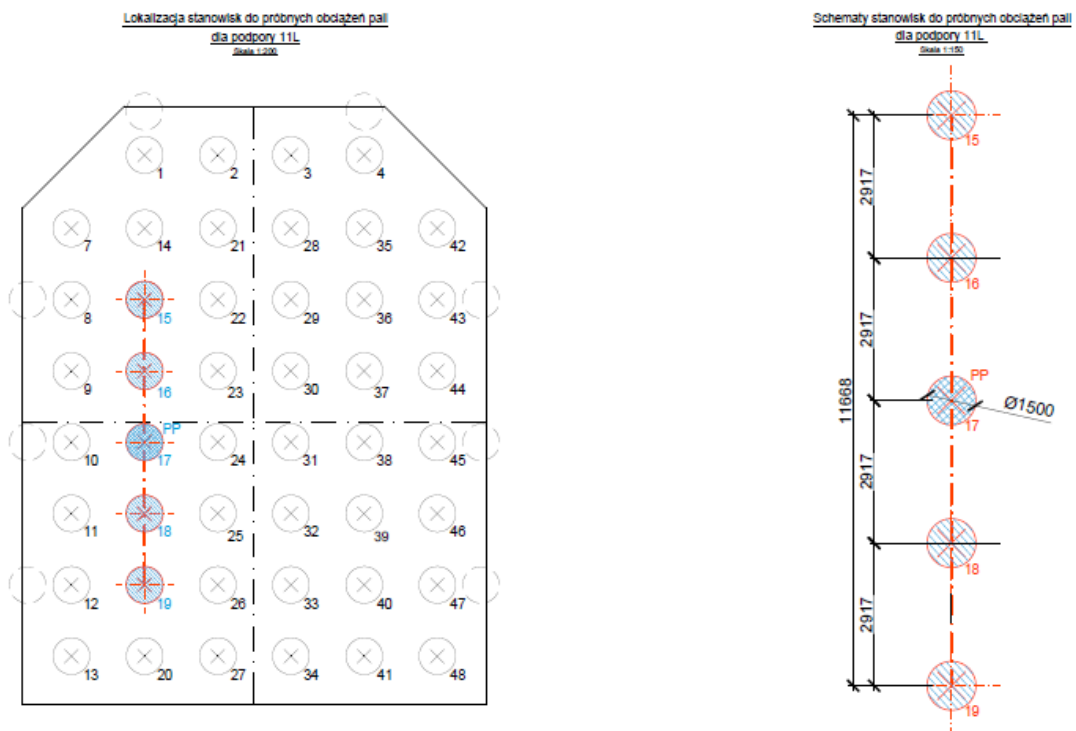


**Rys. 5.1** Lokalizacja miejsca badań, ciąg drogi ekspresowej S2 (źródło: [www.pulawska-lubelska.pl](http://www.pulawska-lubelska.pl) - dostęp 30.01.2019)

W zakresie wykonywanych prac zgodnie ze sztuką budowlaną zaplanowano wykonanie testów statycznych pali. Podczas wykonywania tych badań pięć spośród testowanych pali było obciążanych w zakresie umożliwiającym osiągnięcie niekontrolowanych osiadań. Dzięki uprzejmości firmy Energopol S.A. autorowi umożliwiono uczestnictwo

w badaniach *in situ*, a następnie udostępniono wyniki badań do wykorzystania ich w niniejszej rozprawie [104].

Pale pod poszczególne podpory mostu wykonywane były na sztucznych wyspach usytuowanych na rzece Wiśle, w technologii koferdamu (ściana szczelna stalowa formowana w zamknięty kształt, następnie wypełniona gruntem piaszczystym, formując platformę roboczą dla maszyn palowych. Na rys. 5.2 Przedstawiono szkic jednego z koferdamów wraz lokalizacją poletka badawczego do testu statycznego pala.



**Rys. 5.2** Szkic koferdamu wraz z lokalizacją i geometrią poletka testowego na podporze [104]

Badania statyczne pali wykonywane były przy użyciu belki odwróconej zamocowanej do pali kotwiących w sąsiedztwie pala testowego. Na zdjęciu 5.1. przedstawiono poletko badawcze przygotowane do wykonania próbnego statycznego obciążenia.

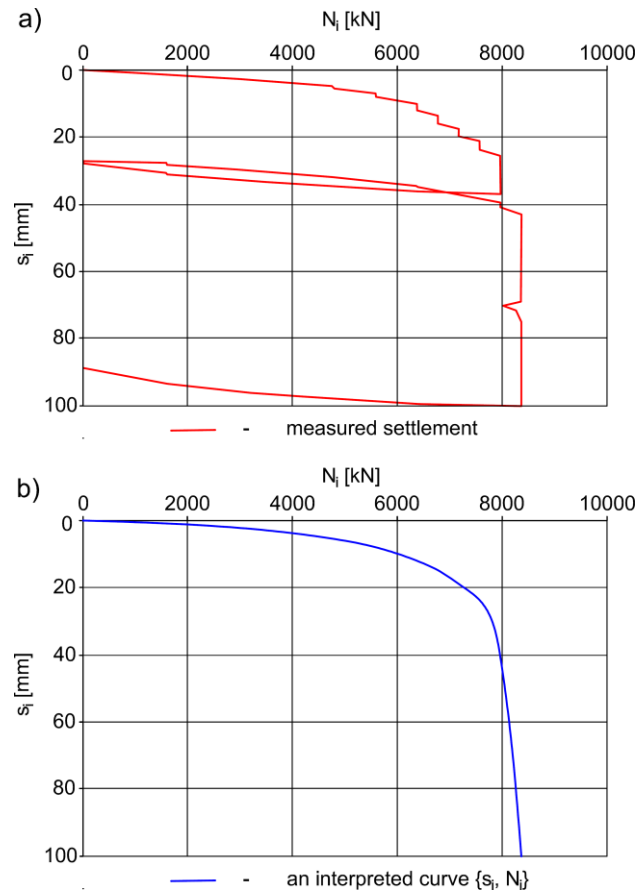


**Zdjęcie 5.1** Konstrukcja oporowa przygotowana do wykonania próbnego obciążenia pala  
(źródło: A. Wasiluk)

Krzywe uzyskane podczas badań jednoznacznie wskazują wartości nośności granicznych (wartość siły przy niekontrolowanym osiadaniu pala) i zostały one odczytane z wykresów osiadania. Ze znanymi wartościami nośności granicznych będących głównym parametrem krzywej M-K oraz posiadając wykresy krzywej osiadania w dużym jej zakresie, możliwe jest zweryfikowanie modelu. Q niniejszej rozprawie weryfikacji poddany zostanie zarówno model klasyczny krzywej M-K, jak i model zmodyfikowany przez Wasiluka i Meyera.

Na rys. 5.3 został przedstawiony przykładowy wynik uzyskany podczas jednego z testów statycznych pali wykonanego w ramach badań eksperymentalnych. Na rys. 5.3 przedstawiono dwie krzywe, pierwsza z nich to wynik pomierzony, druga zaś interpolowana na podstawie wyników pomierzonych z pominięciem skoków obciążenia.

Wyniki testów statycznych pali wykonanych w ramach badań eksperymentalnych przedstawiono w **załączniku 1**.



**Rys. 5.3** Wynik testu statycznego pała w dużym zakresie osiadania a) krzywa pomierzona, b) krzywa interpolowana na podstawie wyniku [65]

Głównym zadaniem modelu krzywej M-K jest ekstrapolacja krzywych Q-s w małym zakresie osiadania. Najprostszym oraz najbardziej obrazowym sposobem na zweryfikowanie krzywej M-K będzie użycie zgromadzonego zbioru  $\{N_i, s_i\}$  w niepełnym zakresie. W ten sposób powstaną zbiory punktów tworzące krzywe w małym zakresie osiadania, najczęściej spotykane w praktyce inżynierskiej. Uzyskane wyniki zezwolą na symulacje standardowych aproksymacji typowych krzywych. Wyniki uzyskane z tego eksperymentu numerycznego należy porównać z wynikami badań eksperymentalnych, w których osiągnięto niekontrolowane osiadania.

Na potrzeby przeprowadzenia analizy rozkładu oporów pała posłużono się własnościami określonymi przez Żarkiewicza (równania 3.10, 3.11 oraz 3.12).

Wraz ze znaną wartością nośności granicznej (wiodący parametr modelu M-K) możliwe jest w pierwszej kolejności sprawdzenie wartości pozostałych parametrów krzywej M-K. Obliczenia te wykonano dla podstawowej postaci omawianego modelu oraz dla modyfikacji z uwzględnieniem występowania założonej niepewności pomiarowej  $s_0$ .



Zestawienie wyników obliczeń przybliżenia w skróconych zbiorach  $\{N_i, s_i\}$  zgromadzonych w badaniach eksperymentalnych z określoną wartością nośności granicznej przedstawiono w tabeli 5.1.

**Tab. 5.1** Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych w skróconych zbiorach  $\{N_i, s_i\}$  ze znaną wartością nośności granicznej

					$N_{gr}(s_0 = 0)$		$N_{gr}(s_0 \neq 0)$		
Lp.	Nr pala	D	H	$N_{gr2}$ (pomierzone)	$C_2$	$\kappa_2$	$C_2$	$\kappa_2$	$s_0$
[-]	[-]	[mm]	[m]	[kN]	[mm/ kN]	[-]	[mm/ kN]	[-]	[mm]
1	21N	1000/ 1200	27.5	8500	0.00063	0.26	0.00044	0.86	1.1
2	25N	1000	27.5	6300	0.00049	0.74	0.00028	1.38	-1,9
3	31	1000/ 1200	27.5	7250	0.00047	0.74	0.00033	1.33	-1.2
4	36N	1000	27.5	6450	0.00055	0.56	0.00054	0.58	1.2
5	38	1500	31.5	12700	0.00053	0.86	0.00016	2,5	-1,2

Kolejnym etapem weryfikacji modelu krzywej M-K jest ponowne wykonanie analogicznych obliczeń w skróconych zbiorach pomierzonych osiadań, bez zakładania określonej nośności granicznej zmierzonej w warunkach rzeczywistych. Wyniki tych obliczeń przedstawione zostały w tabeli 5.2.

**Tab. 5.2** Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych w skróconych zbiorach

					$N_{gr}(s_0 = 0)$			$N_{gr}(s_0 \neq 0)$			
Lp.	Nr pala	D	H	$N_{gr2}$ (pomierzone)	$N_{gr2}$	$C_2$	$\kappa_2$	$N_{gr2}$	$C_2$	$\kappa_2$	$s_0$
[-]	[-]	[mm]	[m]	[kN]	[kN]	[mm/ kN]	[-]	[kN]	[mm/kN]	[-]	[mm]
1	21N	1000/ 1200	27.5	8500	8632	0.00059	0.80	9264	0.00037	1.41	1.7
2	25N	1000	27.5	6300	6315	0.00054	0.76	6516	0.00025	1.65	-1,2
3	31	1000/ 1200	27.5	7250	7677	0.00045	1.39	7889	0.00075	0.97	-1.4
4	36N	1000	27.5	6450	6288	0.00074	0.37	6649	0.00044	0.87	1.4
5	38	1500	31.5	12700	12983	0.00022	2.45	13725	0.00017	3.16	1.8

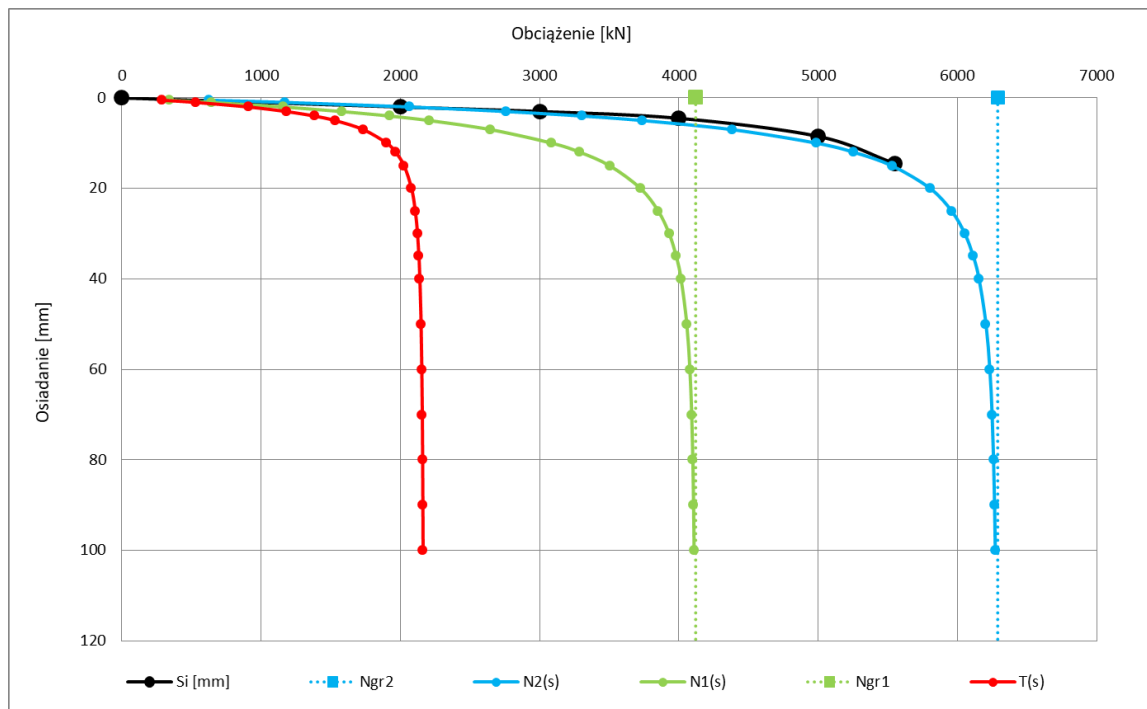
Wyniki wykonanych aproksymacji testów statycznych wykonanych w ramach badań eksperymentalnych wraz z wykresami przedstawiono w **załączniku 2**.

Obliczenia wskazują na to, iż aproksymacje wykazują zbliżone wartości nośności granicznych zarówno w modelu klasycznym, jak i zmodyfikowanym (uwzględniającym niepewność pomiarową). Pozostałe parametry krzywej M-K w obu modelach wykazują różnicę, jednak ich wartości nie odbiegają w dużych zakresach.

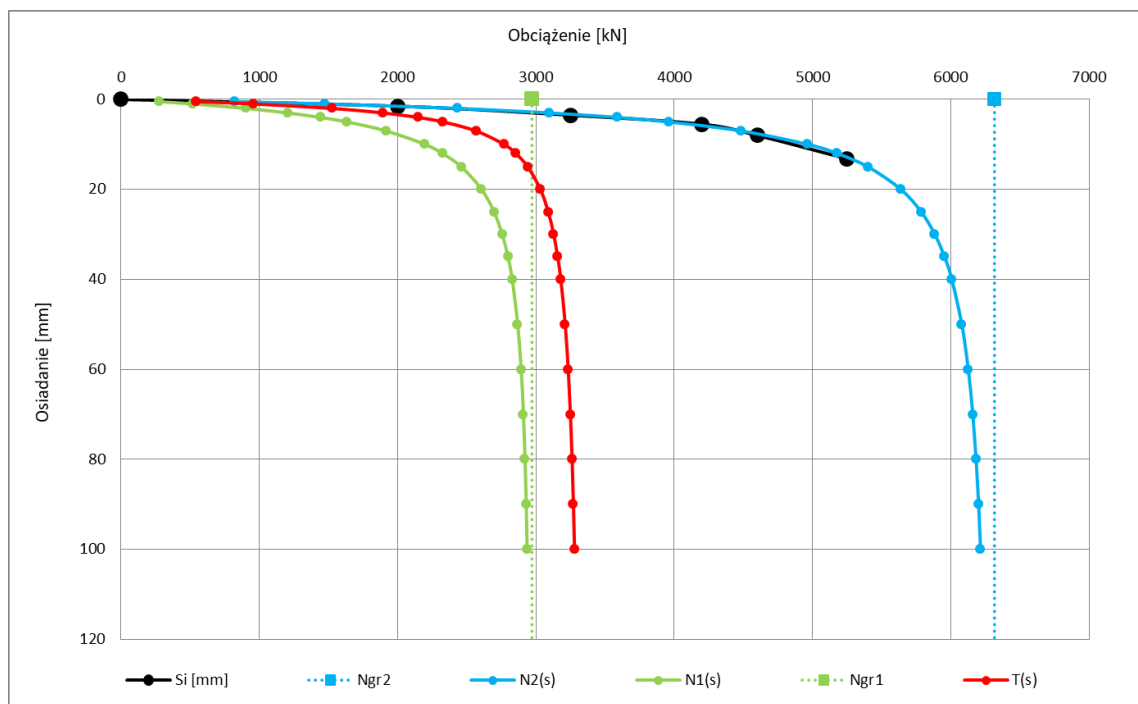
Na podstawie danych przedstawionych w tabeli 2. można stwierdzić, iż wyniki wyznaczonej wartości granicznej całego pala ( $N_{gr2}$ ) są zbieżne z wartościami uzyskanymi podczas testów statycznych. Odchyłka pomiędzy wartościami wyznaczonymi a wartościami pomierzonymi wynosi max. 6 % wartości pomierzonej. Tak duża dokładność w pokryciu się wyników jednoznacznie potwierdza, iż krzywa M-K jest wiarygodnym narzędziem w ocenie nośności granicznej pali na podstawie testów statycznych pali w małym zakresie osiadania.

Na podstawie analizy wartości przedstawionych w tabeli 1. i 2. wywnioskować można, iż model klasyczny i model zmodyfikowany wskazują podobne wartości nośności granicznych. Wartości uzyskanych niepewności pomiarowych mieszczą się w zakresie  $\pm 2$  mm, przy tak dużych osiadaniach, jakie osiągnięto podczas testów statycznych. Niepewność ta nie ma dużego znaczenia dla aproksymacji. Różnicę można zauważyć w wartościach dwóch pozostałych parametrów krzywych M-K uzyskiwanych w dwóch modelach (klasycznym i zmodyfikowanym). Świadczy to o odmiennym charakterze pracy pali, tj. rozkład naprężeń wzdłuż pobocznic i w podstawie pala. W celu weryfikacji, który z modeli wskazuje dokładniejsze wyniki, konieczne jest przeprowadzenie dokładniejszych badań statycznych, umożliwiających odseparowanie oporów podstawy oraz pobocznic.

Na rysunkach 5.4 i 5.5 przedstawiono graficzną aproksymację skróconych krzywych eksperymentalnych wraz z rozkładem oporów pala na pobocznice oraz podstawę pala.



**Rys. 5.4** Aproksymacja krzywą M-K pala nr 36N wraz z rozkładem składowych nośności pala (pobocznica oraz podstawa pala)



**Rys. 5.5** Aproksymacja krzywą M-K pala nr 25N wraz z rozkładem składowych oporu pala (pobocznica oraz podstawa pala)

Krzywe aproksymowane w bardzo dokładny sposób odzwierciedlają wyniki rzeczywiste. W skróconych zbiorach osiadanie - obciążenie stanowią przedłużenie krzywej, w efekcie uzyskując kształt krzywej z badań eksperymentalnych.

Wyniki obliczeń dla wszystkich badań zrealizowanych w dużym zakresie osiadań zostały przedstawione w **załączniku 2**.

W **załącznikach 1. oraz 2.** przedstawiono pełne krzywe pomierzone podczas testów, aproksymacje dla zbiorów skróconych w procedurze podstawowej krzywej M-K oraz krzywej zmodyfikowanej.

## 6. Badania analityczne

### 6.1. Analiza parametru niepewności w świetle dostępnych badań testów statycznych

Poniżej przedstawione zostaną przykłady zastosowania opisanej modyfikacji do modelu M-K z uwzględnieniem niepewności pomiaru podczas testu statycznego pala, zarówno niepewności założonej podczas testu jak i niepewności wynikającej z wpływu pali kotwiących.. W celu zobrazowania wpływu modyfikacji na wyniki uzyskiwane ze standardowej procedury. Do przytoczonych przykładów zamieszczono w tekście krzywe Q-s.

Do obliczenia poszczególnych składowych oporu pala posłużono się równaniami 3.10, 3.11 oraz 3.12.

Następnie przystąpiono do analizy statystycznej wyników testów statycznych pali wykonanych w terenie w warunkach rzeczywistych. Szczegółowe obliczenia do wspomnianych testów zamieszczono w **załącznikach 3. i 4.**

Do analizy zakwalifikowano ok. 60 wyników testów statycznych pali wykonanych w różnych technologiach oraz w różnych lokalizacjach [59, 63,105,106]. Wstępny zbiór wyników statycznych wynosił ok. 170 pali, jednak duża część z nich charakteryzowała się znikomymi osiadaniami osiąganymi podczas testu statycznego (ok. 0,5-1% średnicy pala testowanego). W takich przypadkach zebrany zbiór danych  $\{N_i, s_i\}$  nie jest podatny na ekstrapolację uogólnionym modelem krzywej M-K i nie zostały one włączone do analizy.

## 6.2. Wpływ parametru niepewności $s_0$

W niniejszym rozdziale zaprezentowano trzy pale wskazujące trzy rodzaje zmian w rozkładzie składowych oporu pala. Wykresy Q-s wraz z ekstrapolowanymi krzywymi w metodzie standardowej i zmodyfikowanej dla wszystkich rozpatrywanych pali z uwagi na znaczną objętość zostały ujęte w **załączniku 4**. Podsumowanie parametrów określanych w modelu M-K przedstawione zostaną w ujęciu tabelarycznym.

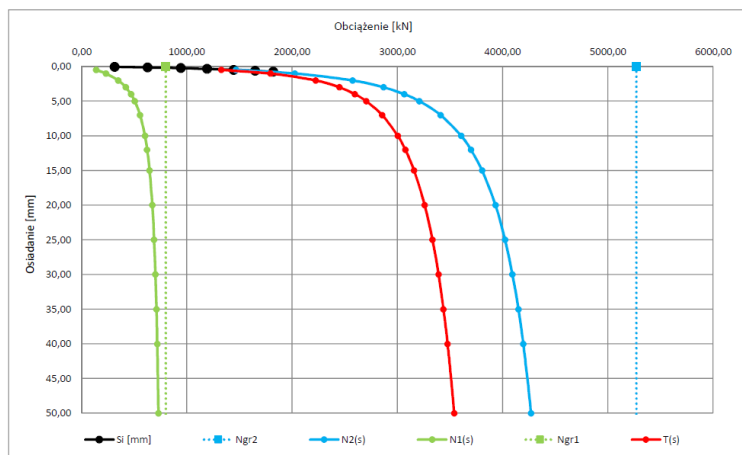
Na rysunkach od 6.1 do 6.6 przedstawiono graficzne wyniki przeprowadzonej analizy trzech pali (LP 135, LP 145 oraz LP 98). W przypadku pala LP135 (rys. 6.1 oraz 6.2) widoczna jest wyraźna zmiana nośności granicznej oraz charakteru pracy pala. W procedurze zmodyfikowanej nośność graniczna ma zmniejszoną wartość w stosunku do procedury podstawowej i można zaobserwować zmianę udziału podstawy pala w oporze całego elementu.

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	5269	[kN]
C2	0,00017	[mm/kN]
Kappa 2	3,12	[-]

Ngr 1	799	[kN]
C1	0,00283	[mm/kN]
Kappa 1	1,41	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1468,4	139,7	1328,7
1	2025,6	232,1	1793,5
2	2573,4	348,6	2224,9
3	2870,2	420,2	2449,9
4	3066,5	469,4	2597,0
5	3209,9	505,6	2704,4
7	3411,6	555,6	2856,0
10	3606,3	602,0	3004,3
12	3698,6	623,0	3075,6
15	3805,0	646,1	3158,8
20	3932,1	672,1	3260,0
25	4023,5	689,5	3334,0
30	4093,6	702,0	3391,5
35	4149,8	711,6	3438,2
40	4196,5	719,2	3477,3
50	4270,2	730,5	3539,7
60	4326,7	738,5	3588,2
70	4372,0	744,6	3627,4
80	4409,5	749,4	3660,1
90	4441,3	753,3	3688,0
100	4468,8	756,6	3712,2

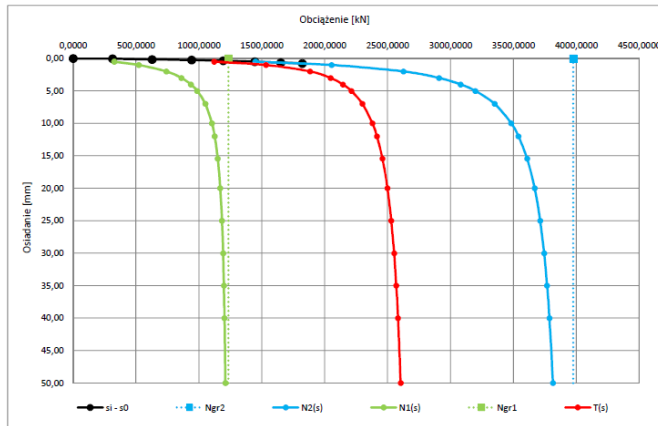


**Rys. 6.1** Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe. (pal LP 135)

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$  oraz wykreślone krzywe  $N_1(s)$ ,  $N_2(s)$  i  $T(s)$

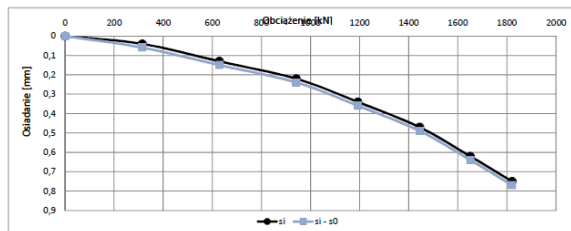
Ngr 2	3974	[kN]
C2	0,00020	[mm/kN]
Kappa 2	1,40	[-]
Ngr 1	1234	[kN]
C1	0,00115	[mm/kN]
Kappa 1	0,88	[-]
$s_0$	-0,02	[mm]

s	$N_2(s)$	$N_1(s)$	$T(s)$
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1448,6	326,7	1121,9
1	2055,4	521,6	1533,7
2	2625,2	741,4	1883,7
3	2907,3	861,0	2046,2
4	3079,6	935,7	2143,9
5	3197,3	996,4	2210,9
7	3349,9	1050,7	2299,2
10	3482,0	1103,5	2378,6
12	3539,2	1125,0	2414,2
15	3607,7	1149,5	2458,2
20	3667,9	1169,5	2498,4
25	3711,8	1183,0	2528,8
30	3743,2	1192,0	2551,2
35	3766,8	1198,4	2568,4
40	3785,3	1203,2	2582,1
50	3812,7	1209,8	2602,9
60	3832,2	1214,1	2618,0
70	3846,8	1217,2	2629,6
80	3858,3	1219,5	2638,8
90	3867,5	1221,0	2645,3
100	3875,2	1222,6	2652,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie  $\{N_i, S_i\}$  skorygowanych o wartość wyznaczoną niedokładności  $s_0$

$s_i - s_0$	$N_i$
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,06	314,0000
0,15	628,0000
0,24	942,0000
0,36	1193,0000
0,49	1444,0000
0,64	1650,0000
0,77	1821,0000
0,96	2010,0000
#ARG1	-
#ARGI	-
#ARGI	-



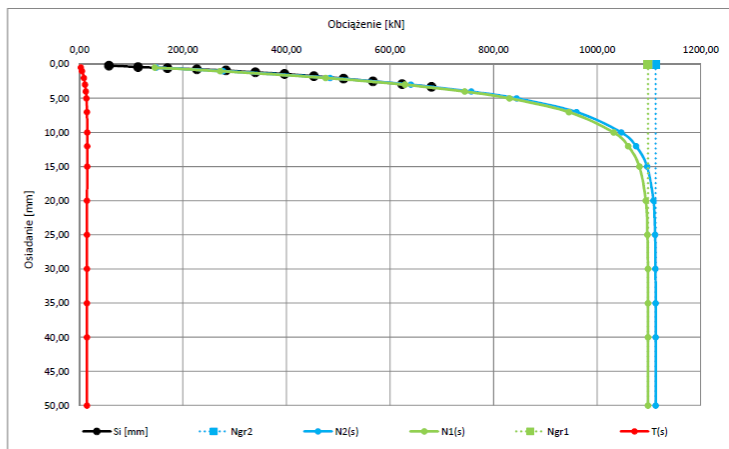
Rys. 6.2 Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$ , wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem  $\{N_i, s_i\}$  pomierzonym a skorygowanym. (pal LP 135)

Natomiast w palu LP 145 charakter pracy pala pozostał taki sam dla obu metod (podstawowej i zmodyfikowanej), a wartość nośności granicznej wzrosła w procedurze zmodyfikowanej (rys 6.3 oraz 6.4)

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe  $N_1(s)$ ,  $N_2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	1113	[kN]
C2	0,00314	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]
Ngr 1	1098	[kN]
C1	0,00320	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	$N_2(s)$	$N_1(s)$	$T(s)$
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	148,4	145,5	2,9
1	276,8	271,6	5,2
2	484,3	475,6	8,7
3	639,9	628,9	11,1
4	756,7	744,1	12,6
5	844,5	830,9	13,6
7	960,1	945,5	14,6
10	1046,9	1031,9	15,0
12	1075,1	1060,1	15,0
15	1096,4	1081,5	14,9
20	1108,8	1094,0	14,8
25	1111,9	1097,2	14,7
30	1112,7	1098,0	14,7
35	1112,9	1098,2	14,7
40	1113,0	1098,3	14,7
50	1113,0	1098,3	14,7
60	1113,0	1098,3	14,7
70	1113,0	1098,3	14,7
80	1113,0	1098,3	14,7
90	1113,0	1098,3	14,7
100	1113,0	1098,3	14,7



Rys. 6.3 Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe (pal LP 145)

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	1477	[kN]
C2	0,00361	[mm/kN]
Kappa 2	0,02	[-]

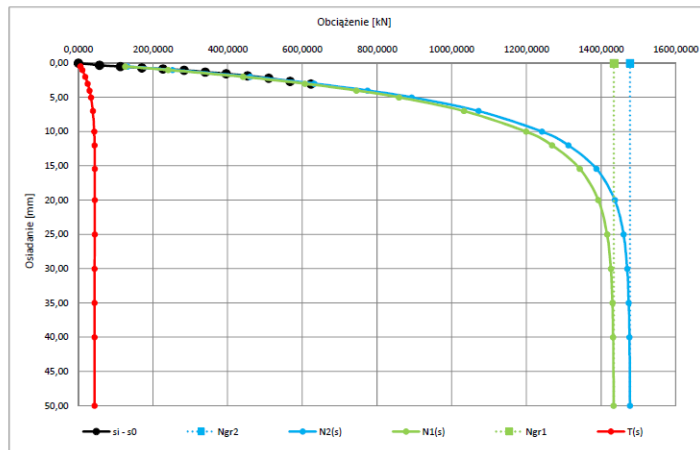
  

Ngr 1	1433	[kN]
C1	0,00378	[mm/kN]
Kappa 1	0,02	[-]

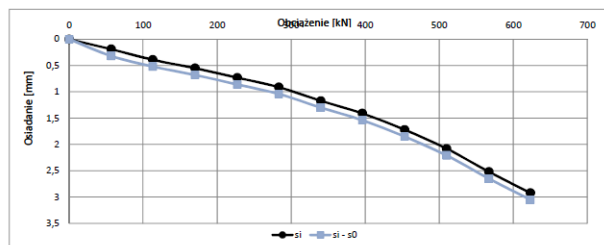
$s_0$	-0,13	[mm]
-------	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	132,0	126,3	5,7
1	251,9	241,2	10,7
2	480,0	441,0	19,0
3	632,1	606,8	25,3
4	774,3	744,3	30,2
5	892,5	858,5	34,0
7	1071,4	1032,5	38,9
10	1241,2	1198,6	42,6
12	1312,2	1268,5	43,7
15	1387,0	1342,7	44,3
20	1436,5	1392,2	44,3
25	1459,7	1415,7	44,0
30	1469,5	1425,7	43,8
35	1473,7	1430,1	43,6
40	1475,5	1431,9	43,5
50	1476,6	1432,2	43,5
60	1476,9	1433,4	43,5
70	1476,9	1433,5	43,4
80	1476,9	1433,5	43,4
90	1476,9	1433,5	43,4
100	1476,9	1433,5	43,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie  $\{N_i, S_i\}$  skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności  $s_0$

$s_i - s_0$	$N_i$
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,32	57,0000
0,52	113,0000
0,68	170,0000
0,86	227,0000
1,04	283,0000
1,30	340,0000
1,54	396,0000
1,85	453,0000
2,21	510,0000
2,65	567,0000
3,05	623,0000



Rys. 6.4 Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$ , wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem  $\{N_i, s_i\}$  pomierzonym a skorygowanym (LP 145)

Obliczenia dla pała LP 98 wskazują na większy udział oporu podstawy w całkowitej nośności pała oraz znaczące zmniejszenie wartości nośności granicznej w metodzie zmodyfikowanej (rys.6.5 i 6.6).

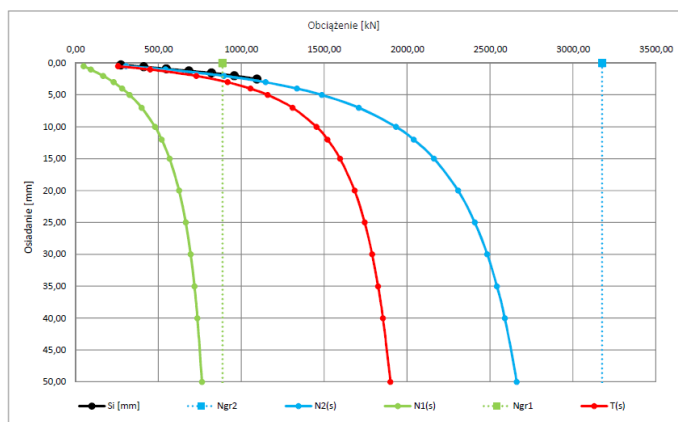
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	3174	[kN]
C2	0,00144	[mm/kN]
Kappa 2	1,60	[-]

Ngr 1	896	[kN]
C1	0,00978	[mm/kN]
Kappa 1	0,96	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	303,6	48,4	255,3
1	541,7	91,8	449,9
2	894,2	166,8	727,4
3	1145,4	229,0	916,5
4	1335,4	281,5	1053,9
5	1485,1	326,4	1158,7
7	1707,9	399,0	1308,8
10	1931,8	473,9	1452,9
12	2038,9	519,3	1519,7
15	2162,0	567,0	1595,0
20	2306,5	624,2	1682,3
25	2407,2	664,3	1742,9
30	2482,3	693,9	1788,4
35	2540,8	716,7	1824,1
40	2588,0	734,7	1853,2
50	2659,9	761,5	1898,4
60	2712,6	780,3	1932,3
70	2753,2	794,3	1958,9
80	2785,6	805,1	1980,6
90	2812,3	813,6	1998,7
100	2834,7	820,6	2014,1



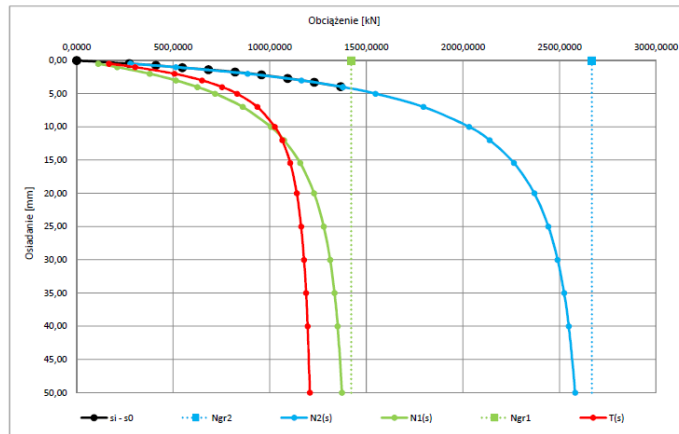
Rys. 6.5 Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe (LP 98)



Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

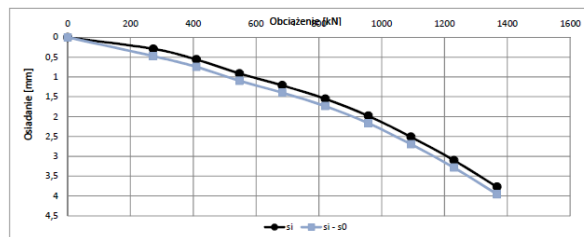
Ngr 2	2667	[kN]
C2	0,00184	[-]
Kappa 2	0,80	[-]
Ngr 1	1421	[kN]
C1	0,00422	[-]
Kappa 1	0,47	[-]
$s_0$	-0,18	[mm]

s	$N2(s)$	$N1(s)$	$T(s)$
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	278,7	111,5	167,2
1	513,5	210,6	302,8
2	885,1	378,4	506,7
3	1163,6	514,0	649,6
4	1378,4	625,2	753,2
5	1547,9	717,4	830,5
7	1795,9	860,2	935,7
10	2032,3	1005,7	1068,6
12	2137,8	1073,8	1064,0
15	2263,4	1157,3	1106,2
20	2369,6	1229,5	1140,0
25	2442,1	1279,5	1162,6
30	2489,9	1312,4	1177,5
35	2523,3	1335,2	1188,1
40	2547,7	1351,6	1196,0
50	2580,3	1373,1	1207,1
60	2600,6	1386,1	1214,5
70	2614,3	1394,6	1219,7
80	2624,0	1400,4	1223,6
90	2631,1	1404,5	1226,6
100	2636,5	1407,5	1229,0



Zbiór wartości obciążenie osiadanie  $\{N_i, S_i\}$  skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności  $s_0$

$s_i - s_0$	$N_i$
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,47	273,0000
0,74	410,0000
1,09	547,0000
1,39	683,0000
1,73	820,0000
2,16	957,0000
2,69	1093,0000
3,28	1230,0000
3,95	1367,0000
#ARG1	-
#ARG2	-



**Rys. 6.6** Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$ , wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem  $\{N_i, s_i\}$  pomierzonym a skorygowanym (LP 98)

Opisane różnice występują nawet przy małej wartości wyznaczonej wartości parametru niepewności  $s_0$ , jednak wartość tę należy oceniać w odniesieniu do zakresu osiadania danego testu statycznego. Na przykład w przypadku pala LP 98 niepewność wynosi około 5% wartości max. uzyskanego osiadania. Szczegółowa analiza większej liczby przebadanych pali zostanie opisana w dalszej części rozprawy tj. rozdział 6.4 i 6.5.

Dla zaprezentowanych pali na rysunkach 6.2, 6.4 i 6.6 widoczne jest również graficzne przedstawienie zmian w zbiorze pomierzonych wartości  $\{N_i, s_i\}$ . Wyznaczenie parametru niepewności i uwzględnienie go w zbiorze danych jest łatwo zauważalne na wykresie osiadania.

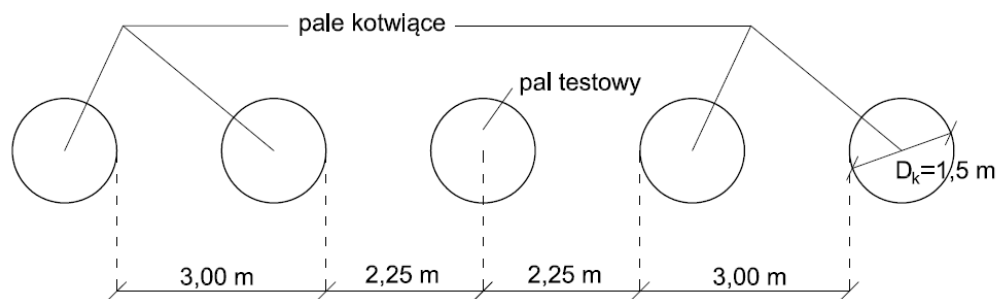
### 6.3. Wpływ parametru niepewności $s_k$

Wpływ parametru niepewności wynikającego z wyniesienia pala testowego za pośrednictwem pali kotwiących podczas testu został przedstawiony na podstawie wyników z poletek wykonanych w ramach badań eksperymentalnych (pal wielkośrednicowy) oraz opierając się na poletkach testowych pali wykonanych w technologii Vibro.

#### Pal wielkośrednicowy – Warszawa

Przykład obliczeniowy Autor opublikował w [63], schemat przedstawiono na rys. 6.7.

Dane:  $D_k = 1,5 \text{ m}$ ;  $H_k = 27 \text{ m}$ ;  $P = \frac{N}{4} = 2,5 \text{ MN}$ ;  $L_{sr} = 4 \text{ m}$



**Rys. 6.7** Układ pali do przykładowego obliczeniowego [63]

W tab. 6.1 opisano wyniki uzyskane z próbnego obciążenia statycznego pala wraz z pomiarem uniesienia pali wyciąganych.

**Tab. 6.1** Wyniki uzyskane z próbnego statycznego obciążenia

<i>s</i>	<i>N</i>	Pale kotwiące				
		<i>S<sub>k1.pom</sub></i>	<i>S<sub>k2.pom</sub></i>	<i>S<sub>k3.pom</sub></i>	<i>S<sub>k4.pom</sub></i>	<i>S<sub>kśr.pom</sub></i>
[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1,39	3411	-0,66	-0,55	-0,72	-1,24	-0,79
1,76	4093	-0,84	-0,77	-0,93	-1,58	-1,03
2,16	4775	-1,08	-0,96	-1,1	-1,83	-1,24
2,71	5457	-1,34	-1,24	-1,33	-2,12	-1,51
3,54	6139	-1,6	-1,52	-1,6	-2,47	-1,80
4,3	6821	-1,73	-1,7	-1,9	-1,8	-1,78
5,21	7503	-1,77	-2,01	-2,34	-3,21	-2,33
6,67	8185	-1,96	-2,3	-2,68	-3,55	-2,62
8,89	8867	-2,21	-2,44	-2,9	-3,88	-2,86
11,84	9549	-2,51	-2,76	-3,27	-4,24	-3,20
15,42	10232	-2,66	-2,94	-3,52	-4,66	-3,45

Schemat obliczeń, które zostały wykonane, jest przedstawiony poniżej, zaś wyniki do każdego z kroków obciążenia przedstawiono w tab. 6.2. poniżej.

Po podstawieniu otrzymano:

$$0,0035m = \frac{1+0,3}{\pi} \cdot \frac{2,5MN}{E_t \cdot 27m} \quad \text{stad} \quad E_t = 11MPa$$

Wyniesienie powierzchni w przekroju pala testowego

$$S_{k,obl} = S_0 = \frac{1}{20} \cdot \frac{N}{\pi E_t L_{śr.}} = \frac{1}{20} \cdot \frac{10MN}{\pi \cdot 11MPa \cdot 4m} = 3,6 \text{ mm}$$

**Tab. 6.2** Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących

<i>s</i>	<i>N</i>	<i>S<sub>kśr.pom</sub></i>	<i>E<sub>t,obl</sub></i>	<i>S<sub>0</sub> = S<sub>k,obl</sub></i>	<i>S - S<sub>kśr.pom</sub></i>
[mm]	[kN]	[mm]	[MPa]	[mm]	[mm]
1,39	3411	-0,79	16,49	0,82	2,18
1,76	4093	-1,03	15,23	1,07	2,79
2,16	4775	-1,24	14,72	1,29	3,40
2,71	5457	-1,51	13,87	1,57	4,22
3,54	6139	-1,80	13,09	1,87	5,34
4,3	6821	-1,78	14,66	1,85	6,08
5,21	7503	-2,33	12,32	2,42	7,54
6,67	8185	-2,62	11,96	2,72	9,29
8,89	8867	-2,86	11,89	2,97	11,75
11,84	9549	-3,20	11,45	3,32	15,04
15,42	10232	-3,45	11,38	3,58	18,87

Ze względu na małą odległość  $L_{sr} = 4$  m przy  $H_k = 27$  m istnieje zależność  $s_0 = s_k$ , układ pali przedstawiono na rys. 9. Korzystając z tej zależności, przedstawiono przykład wykreślonych krzywych ekstrapolujących, przedstawiający wpływ niepewności pomiarowych oraz ich wpływ na wartość głównego parametru krzywej M-K, to jest  $N_{gr}$ .

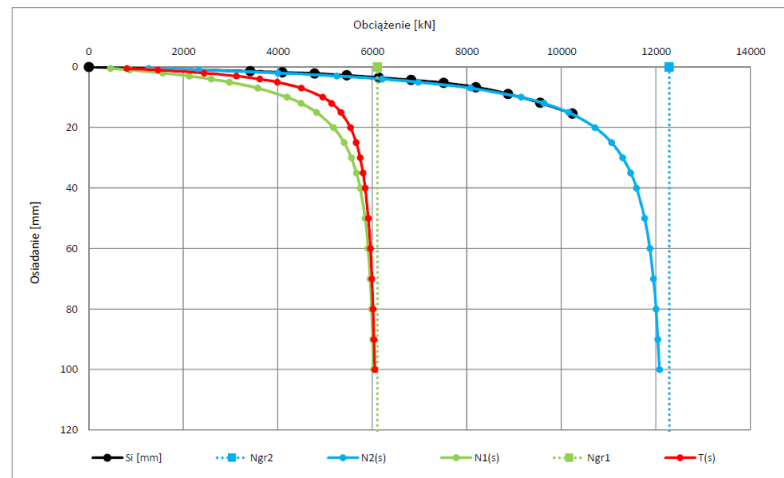
Rys. 6.8 przedstawia wyniki aproksymacji uzyskane dla zbioru danych  $\{N_i, s_i\}$  uzyskanego z testu statycznego bez uwzględnienia wyniesienia pali kotwiących.

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	12279	[kN]
C2	0,00036	[mm/kN]
Kappa 2	0,69	[-]

Ngr 1	6109	[kN]
C1	0,00102	[mm/kN]
Kappa 1	0,52	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1269,0	460,0	809,0
1	2331,4	969,2	1462,2
2	4002,2	1563,1	2439,1
3	5248,6	2126,1	3122,4
4	6207,9	2589,4	3618,5
5	6965,3	2975,3	3990,0
7	8076,7	3576,5	4500,1
10	9145,0	4196,3	4948,7
12	9627,2	4489,7	5137,5
15	10149,5	4816,5	5333,0
20	10709,3	5175,2	5534,1
25	11058,9	5401,6	5657,3
30	11294,6	5553,9	5740,7
35	11462,5	5661,3	5801,2
40	11587,1	5740,0	5847,1
50	11757,9	5845,4	5912,6
60	11868,0	5910,9	5957,0
70	11943,7	5954,5	5989,2
80	11998,6	5985,0	6013,6
90	12039,9	6007,2	6032,7
100	12071,8	6023,9	6047,9



**Rys. 6.8** Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe (38-12L). – bez uwzględnienia wyniesienia

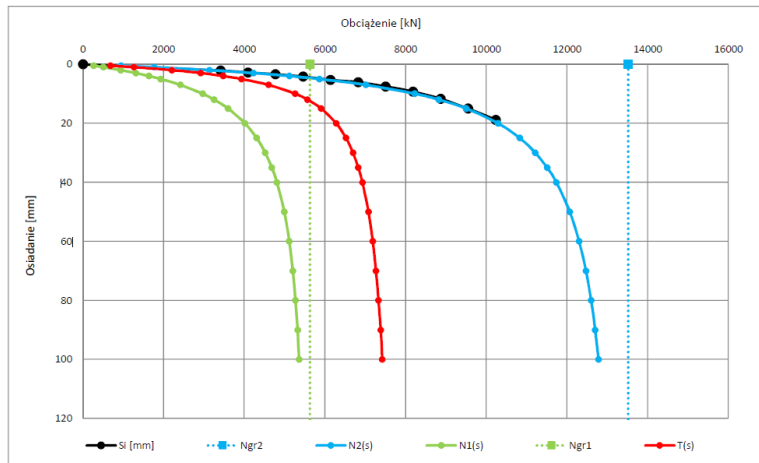
Na rys. 6.9 pokazano wykresy wykreślone dla zbioru zmodyfikowanego o wyniesienie  $s_k$ , a następnie obliczono niepewność  $s_0$  zgodnie ze zmodyfikowaną procedurą przedstawioną w rozdziale 4.4 dla tego właśnie zbioru, tj. rys. 6.10.

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	13519	[kN]
C2	0,00049	[mm/kN]
Kappa 2	0,93	[-]

Ngr 1	5631	[kN]
C1	0,00184	[mm/kN]
Kappa 1	0,66	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	943,1	261,3	681,7
1	1767,0	503,1	1263,8
2	3136,7	935,9	2200,8
3	4228,7	1311,4	2917,3
4	5118,8	1639,6	3479,2
5	5857,9	1928,4	3929,5
7	7013,3	2412,0	4601,3
10	8226,6	2964,8	5261,8
12	8817,8	3251,5	5566,2
15	9498,1	3595,5	5902,6
20	10288,1	4012,4	6275,6
25	10824,9	4304,7	6520,2
30	11212,7	4518,8	6693,9
35	11505,5	4681,2	6824,3
40	11734,2	4807,7	6926,5
50	12067,8	4990,5	7077,3
60	12298,9	5114,6	7184,4
70	12468,2	5203,4	7264,9
80	12587,4	5269,4	7328,0
90	12699,0	5320,1	7378,9
100	12781,1	5360,0	7421,1



Rys. 6.9 Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  oraz wykreślone krzywe (38-12L) – uwzględnienie wyniesienia

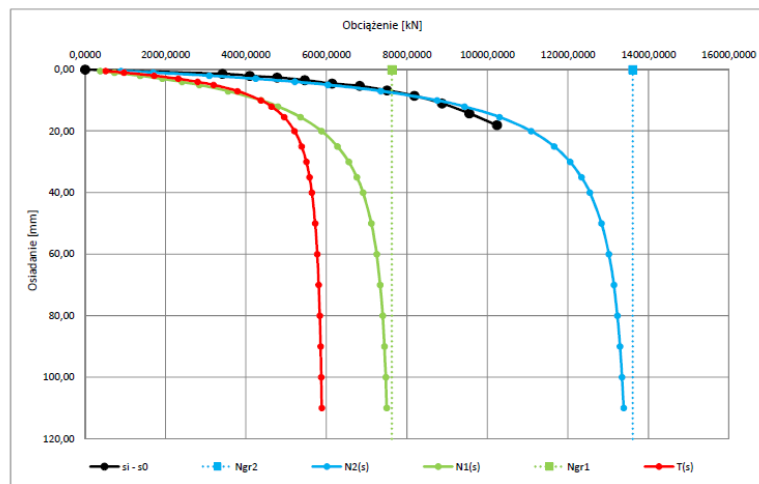
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$  oraz wykreślone krzywe  $N1(s)$ ,  $N2(s)$  i  $T(s)$

Ngr 2	13607	[kN]
C2	0,00053	[mm/kN]
Kappa 2	0,54	[-]

Ngr 1	7623	[kN]
C1	0,00127	[mm/kN]
Kappa 1	0,43	[-]

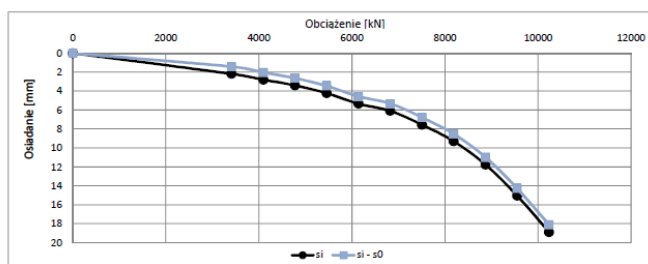
$s_0$	0,77	[mm]
-------	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	891,0	379,4	511,6
1	1695,0	732,4	962,6
2	3084,7	1367,8	1716,9
3	4239,1	1922,5	2316,6
4	5208,9	2409,2	2798,7
5	6032,0	2838,4	3193,5
7	7345,3	3557,1	3788,2
10	8745,2	4374,3	4370,9
12	9427,4	4793,9	4633,5
15	10295,5	5349,8	4945,7
20	11083,4	5876,7	5206,7
25	11655,2	6272,6	5382,6
30	12049,0	6551,3	5497,7
35	12332,4	6754,4	5578,0
40	12543,4	6906,4	5637,0
50	12831,5	7114,2	5717,4
60	13014,8	7245,2	5769,5
70	13138,8	7332,7	5806,1
80	13226,9	7393,8	5833,1
90	13291,8	7438,0	5853,8
100	13341,1	7470,9	5870,2



Zbiór wartości obciążenie osiadanie  $\{N_i, S_i\}$  skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności  $s_0$

$s_i - s_0$	$N_i$
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
1,41	3411,0000
2,02	4093,0000
2,63	4775,0000
3,45	5457,0000
4,57	6139,0000
5,31	6821,0000
6,77	7503,0000
8,52	8185,0000
10,98	8867,0000
14,26	9549,0000
18,09	10232,0000



Rys. 6.10 Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych  $\{N_i, s_i\}$  przy założeniu występowania niedokładności  $s_0$  po uwzględnieniu wyniesienia, wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem  $\{N_i, s_i\}$  pomierzonym a skorygowanym (38-12L)

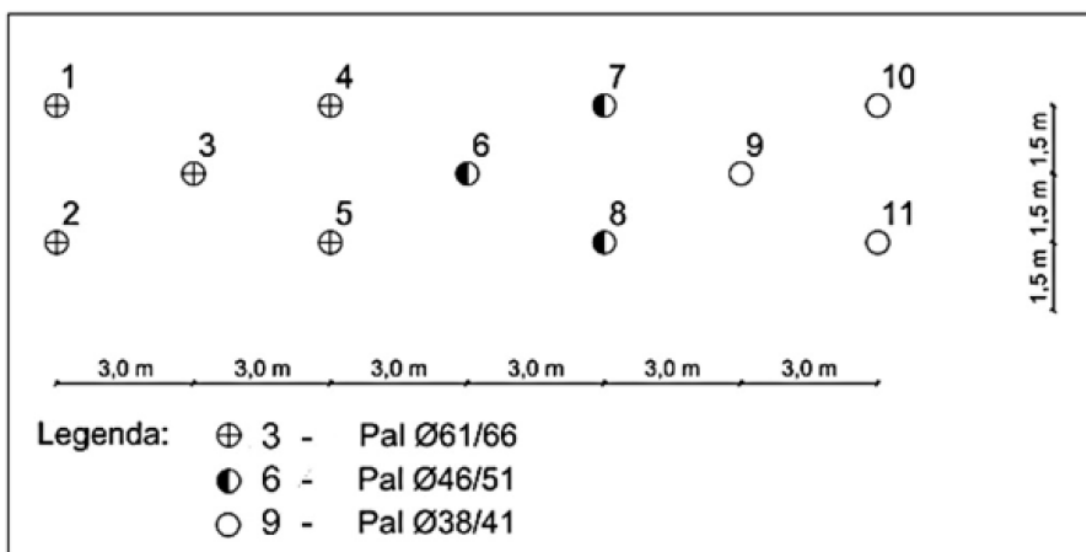
Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, iż uwzględnienie zarówno parametru niepewności wynikającej z wyniesienia  $s_k$ , jak i parametru niepewności  $s_0$  mają duży wpływ na najważniejszą wartość poszukiwaną, czyli nośność graniczną oraz na charakter pracy pala, tj. stosunek oporu podstawy do poboczniczy.

Zgodnie z przedstawioną analizą zjawiska popartą przykładem obliczeniowym stwierdzić można, iż uwzględnienie zarówno parametru niepewności  $s_0$ , jak i niepewności wynikającej z uniesienia się pali kotwiących ma wpływ na uzyskiwane wyniki aproksymacji i należy to analizować podczas rozpatrywania wyników próbnych statycznych obciążeń pali.

### Vibro – Września [59]

W celu przybliżenia wpływu wyniesienia pali kotwiących podczas testu statycznego posłużono się trzema palami testowymi wykonanymi w ramach dwóch poletek testowych (poletko nr 4 oraz nr 25). Geometrię ułożenia pali testowych oraz pali kotwiących przedstawiono na rys. 6.11 Pale testowe oznaczone zostały numerami 3, 6 oraz 9. Dla każdego z tych pali, jako zakotwienie służą pale przylegające, tak dla pala nr 3 są to pale numer 1, 2, 4 i 5. W przypadku pozostałych pali testowych sytuacja jest analogiczna.

a



Rys. 6.11 Szkic przedstawiający geometrie poletka testowego do statycznych obciążeń [59]

Podczas wykonywania testu statycznego omawianych pali odnotowano ruch pionowy ku górze pali kotwiących. Wszystkie pale kotwiące znajdują się w tej samej odległości od pala testowego, pomiary wyniesienia pali kotwiących ku górze uśredniono i dalsze obliczenia prowadzono na wynikach uśrednionych. Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. od 6.3 do 6.5.

Wyniki aproksymacji do omawianych pali wraz z wykresami przedstawiono w załączniku 3.

**Tab. 6.3** Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących. – pal 25.6

$s$	$N$	$S_{k\ \acute{s}r.\ pom}$	$S_{k,obl}$	$s - S_{k\ \acute{s}r.\ pom}$
[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
0,18	100	-0,09	0,08	0,26
0,72	375	-0,11	0,11	0,83
2,60	1125	-0,44	0,43	3,03
4,32	1500	-0,84	0,82	5,13
5,85	1895	-1,28	1,25	7,10
7,91	2250	-2,19	2,13	10,04
11,19	2625	-3,21	3,13	14,32
18,39	3000	-4,60	4,50	22,89

**Tab. 6.4** Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących. – pal 25.3

$s$	$N$	$S_{k\ \acute{s}r.\ pom}$	$S_{k,obl}$	$s - S_{k\ \acute{s}r.\ pom}$
[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
0,71	625	-0,08	0,07	0,78
1,83	1250	-0,27	0,23	2,06
3,48	1875	-0,51	0,45	3,93
6,17	2500	-0,94	0,83	7,00
8,97	3125	-1,53	1,34	10,31
12,71	3750	-2,76	2,43	15,13

**Tab. 6.5** Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących. – pal 4.3

$s$	$N$	$S_k$ śr. pom	$S_{k,obl}$	$s - S_k$ śr. pom
[mm]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
0,91	625	-0,09	0,08	0,99
3,72	1250	-0,26	0,26	3,98
8,43	1875	-0,61	0,61	9,04
15,58	2500	-1,21	1,20	16,78
22,68	3125	-2,22	2,21	24,89
27,91	3450	-3,10	3,09	31,00

Uzyskane wyniki pomiarów wyniesienia oraz wartości obliczone poparte modelem obliczeniowym przedstawione w rozdziale 6.3, pozwalają na uwzględnienie ich w procesie wyznaczania nośności granicznej testowanego pala. Podobnie jak w poprzednim przykładzie (Warszawa – pal wielkośrednicowy) do przedstawionych pali wykonano aproksymacje na zbiorze danych uzyskanym z testu (bez uwzględnienia wyniesienia pali kotwiących), następnie uwzględniono w zbiorze danych obliczone wyniesienie ( $s_k$ ) oraz, jako trzeci etap kalkulacji wyznaczono parametr niepewności pomiaru za pomocą zmodyfikowanej procedury krzywej M-K ( $s_k + s_0$ ). Wyniki tych aproksymacji (wartości nośności granicznych) przedstawiono w tab. 6.6.

**Tab. 6.6** Zestawienie wyników aproksymacji do pali testowych – wpływ wyniesienia

	$N_{gr2}$	$\kappa_2$	$N_{gr2}(S_k)$	$\kappa_2$	$N_{gr2}(S_k + s_0)$	$\kappa_2$
	[kN]	[-]	[kN]	[-]	[kN]	[-]
4.3	4543	0,01	4359	0,01	4501	0,01
25.3	11746	2,96	6198	0,81	5508	0,01
25.6	3511	0,46	3215	0,02	6616	4,3

Dla wszystkich z trzech pali zaobserwować można wpływ pionowego ruchu pali kotwiących na interpretacje testu statycznego pala. Pomierzony ruch pali ku górze, a jednocześnie przyjęte wyniesie stratum wokół pala testowego wyniosło od około 2,4 mm do 4,5 mm. We wszystkich spośród trzech pali testowych zaobserwowano zmniejszenie się wartości aproksymowanej nośności granicznej po uwzględnieniu wyniesienia. W przypadku pali 4.3 oraz 25.6 zmiana wyniosła kolejno ok. 5% oraz 9%. Charakter pracy pala (rozkład składowych oporu pala) nie uległ większej zmianie,



natomiast pal 25.3, gdzie odnotowano około 48% mniejszą nośność graniczną, charakteryzuje się również zmianą rozkładu sił wewnętrznych pala. W tym palu po uwzględnieniu wyniesienia pobocznica pala wykazuje znacznie większy udział w przenoszeniu obciążenia.

Dodatkowo po uwzględnieniu wyniesienia gruntu wokół pala testowego ku górze poprzez ruch pionowych pali kotwiących, wykonano obliczenia polegające na wyznaczeniu niepewności  $s_0$ . Wyniki te wykazują kolejno: pal 4.3 nie odnotowano zmiany rozkładu oporu pala (główna część obciążenia przenoszona jest przez podstawę pala), wyznaczona wartość nośności granicznej znajduje się pomiędzy wartością wyznaczoną w aproksymacji na zbiorze pomierzonym oraz zbiorze gdzie uwzględniono wyniesienie, dla pala 25.3 ponownie zmniejszył się udział pobocznic w nośności całego pala (zmniejszenie się wartości parametru  $\kappa_2$ ) oraz ponownie zmniejszyła się wartość nośności granicznej. Obliczenia do pala 25.6 wykazały zmianę charakteru pracy (znaczny udział pobocznic) oraz odnotowano znaczny wzrost nośności granicznej. W przypadku ostatniego z pali testowych przy tak dużych wartościach parametru  $\kappa_2$  konieczne jest porównywanie sił do poszczególnych osiadań wykraczających poza zakres pomiaru; samo porównanie wartości nośności granicznych nie jest obiektywne. I tak dla osiadania rzędu 30 mm w aproksymacji uwzględniającej zarówno wyniesienie jak i wpływ niepewności odnotowano najmniejszą wartość siły.

Jak wynika z obliczeń wykonanych na palach rzeczywistych (przykłady Warszawa – pal wielkośrednicowy oraz Września – pale Vibro), uwzględnienie wyniesienia wraz z wpływem niepewności pomiaru ma wpływ na interpretację wyników testu statycznego pala.

#### **6.4. Analiza statystyczna uzyskanych wyników**

Hipoteza rozprawy badawczej mówi o możliwości uwzględnienia wyznaczonej niepewności w wynikach próbnych statycznych obciążeń. W tym celu wykonano obliczenia zawarte w tabelach od 6.7 do 6.9; opierając się na uzyskanych wynikach określony zostanie wpływ na aproksymacje krzywą M-K., jako iż każdy z rozpatrywanych pali stanowi odrębny przypadek [59, 63, 104, 105, 106], nie należy

korelować ze sobą wyników parametrów poszczególnych pali. Poprawnym podejściem jest rozpatrywanie i analiza zmian w wartościach parametrów obliczanych z pomocą procedury podstawowej i zmodyfikowanej (uwzględnienie niepewności  $s_0$  w zbiorze pomierzonych punktów).

Jak już wspomniano, większość modeli znajduje zastosowanie w momencie uzyskania znacznego osiadania głowicy pala, więc ich użycie możliwe jest jedynie w przypadku pali obciążanych do poziomu zbliżonego do zniszczenia tj. uzyskania niekontrolowanych osiadań. Wykonywanie testów pali, aż do ich zniszczenia ograniczone jest jedynie do dużych kontraktów na palowanie, a kontrakty takie nie są częstym zjawiskiem. Typowo testowane są wyselekcjonowane pale robocze, wchodzące w skład posadowienia danego obiektu. W rezultacie większość pali testowych w bazie danych to pale robocze przetestowane pod maksymalnym obciążeniem półtorakrotnym obciążenia projektowego. Ogranicza to ruch, któremu poddawana jest głowica pala, i wymaga przedłużenia krzywej obciążenia-osiadania w celu określenia całkowitego oporu.

Wyniki aproksymacji rezultatów testów statycznych pali rzeczywistych wraz z wykresami, których wyniki podsumowano w tab. od 6.7. do 6.9., przedstawiono w **załączniku 4**.

Tab. 6.7 Zbiorcze wyniki przeprowadzonych analiz – tj. wyniki aproksymacji w procedurze podstawowej oraz zmodyfikowanej wszystkich pali - grupa I

Lp.	Technologia	Geometria			s0 = 0						s0 ≠ 0						s0
		H	D	D podst.	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa 1	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa 1	
18	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	14	1	1,8	2374	0,00039	0,09	2128	0,00046	0,08	3312	0,00056	0,01	3269	0,00057	0,01	-0,05
34	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	8	0,8	0,8	2186	0,00062	0,01	2157	0,00064	0,01	2283	0,00107	0,01	2253	0,00109	0,01	-0,16
37	FDP	11,5	0,51	0,51	1877	0,00198	0,01	1852	0,00202	0,01	1547	0,00190	0,01	1526	0,00194	0,01	0,13
38	FDP	12	0,51	0,51	1706	0,00195	0,01	1683	0,00199	0,01	1367	0,00184	0,01	1349	0,00188	0,01	0,08
39	Vibro	18	0,56	0,63	5803	0,00095	0,01	5726	0,00097	0,01	4865	0,00098	0,01	4801	0,00099	0,01	0,20
54	Vibro	12,3	0,61	0,66	4637	0,00110	0,05	4334	0,00122	0,05	4545	0,00107	0,01	4485	0,00109	0,01	-0,28
55	Vibro	12,3	0,61	0,66	7751	0,00133	0,01	7649	0,00135	0,01	6086	0,00137	0,01	6005	0,00139	0,01	-0,32
58	Vibro	14	0,51	0,56	4542	0,00124	0,01	4482	0,00126	0,01	4463	0,00123	0,01	4404	0,00125	0,01	-0,20
59	Vibro	19	0,46	0,51	4596	0,00140	0,01	4535	0,00143	0,01	3987	0,00134	0,01	3935	0,00137	0,01	-0,56
70	Vibro	7,5	0,51	0,56	3135	0,00098	0,01	3093	0,00100	0,01	2874	0,00095	0,01	2836	0,00097	0,01	-0,23
71	Vibro	13	0,61	0,66	4349	0,00099	0,01	4291	0,00101	0,01	4109	0,00084	0,01	4054	0,00085	0,01	-0,02
77	Vibro	10,5	0,51	0,56	7053	0,00177	1,78	1808	0,01366	1,02	7701	0,00188	1,91	1856	0,01588	1,07	-0,41
84	Vibro	6	0,61	0,66	2353	0,00140	0,01	2322	0,00143	0,01	3055	0,00170	0,01	3015	0,00174	0,01	-0,25
97	Vibrex	12	0,51	0,51	1113	0,00061	0,01	1098	0,00062	0,01	1076	0,00065	0,01	1061	0,00066	0,01	0,06
104	Vibro	10,5	0,46	0,51	5192	0,00202	4,75	504	0,06677	1,75	6845	0,00231	6,39	476	0,12587	2,00	-0,73
111	Wiercone wielkośrednicowe	23,3	1	1	9829	0,00037	6,41	681	0,02052	2,00	7802	0,00048	4,10	889	0,01238	1,63	0,17
113	Wiercone wielkośrednicowe	8	1	1	6050	0,00041	6,97	380	0,02582	2,08	5116	0,00045	5,13	456	0,01682	1,81	-0,03
123	Wiercone wielkośrednicowe	9	0,88	0,88	3651	0,00034	2,48	693	0,00415	1,25	3071	0,00046	1,15	1109	0,00211	0,76	0,06
125	Wiercone wielkośrednicowe	10,5	1	1	7178	0,00019	4,06	826	0,00491	1,62	9926	0,00018	6,38	691	0,00953	2,00	0,04
131	vibro	11,3	0,45	0,45	2333	0,00141	0,01	2302	0,00144	0,01	2524	0,00152	0,01	2491	0,00155	0,01	0,17
141	kolumny betonowe z głowicą żwirową	12	0,36	0,36	490	0,00301	0,01	483	0,00307	0,01	585	0,00323	0,01	577	0,00330	0,01	-0,03
143	kolumny betonowe z głowicą żwirową	12,2	0,36	0,36	1113	0,00314	0,01	1098	0,00320	0,01	1477	0,00361	0,02	1433	0,00378	0,02	-0,13

Tab. 6.8 Zbiorcze wyniki przeprowadzonych analiz – tj. wyniki aproksymacji w procedurze podstawowej oraz zmodyfikowanej wszystkich pali - grupa II

Lp.	Technologia	Geometria			s0 = 0						s0 ≠ 0						s0
		H	D	D podst.	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa 1	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa 1	
6	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	23,3	1	1	13250	0,00037	11,22	471	0,05480	2,50	7876	0,00051	4,19	876	0,01383	1,65	-0,26
8	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	14	1	1,4	12447	0,00026	4,01	1453	0,00657	1,61	6483	0,00032	0,83	2902	0,00108	0,60	-0,08
16	prefabrykowany żelbetowy	15	0.4x0.4	0.4x0.4	2535	0,00120	0,30	1785	0,00203	0,26	2555	0,00130	0,16	2094	0,00175	0,15	-0,20
22	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	14	1	1,8	8103	0,00143	2,98	1285	0,02268	1,38	6575	0,00170	1,69	1754	0,01230	0,99	-0,58
23	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	12	1,2	1,2	6232	0,00083	0,32	4305	0,00145	0,28	8361	0,00112	0,19	6651	0,00158	0,17	-0,34
25	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	14	1,2	1,2	7000	0,00081	2,96	1119	0,01269	1,38	6012	0,00157	1,09	2251	0,00685	0,74	-0,70
32	pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	10,5	1	1	5269	0,00017	3,12	799	0,00283	1,41	3974	0,00020	1,40	1234	0,00115	0,88	-0,02
44	Vibro	9	0,46	0,51	1321	0,00110	0,22	1009	0,00165	0,20	1112	0,00103	0,01	1097	0,00105	0,01	0,04
46	Vibro	18	0,61	0,66	3377	0,00131	0,01	3333	0,00134	0,01	2987	0,00113	0,32	2061	0,00197	0,28	-0,38
53	Vibro	18	0,61	0,66	4087	0,00081	0,46	2456	0,00175	0,38	4128	0,00095	0,01	4074	0,00097	0,01	-0,04
57	Vibro	15	0,61	0,66	11962	0,00055	6,33	841	0,02931	1,99	6768	0,00076	1,30	2223	0,00405	0,83	0,22
65	Vibro	14	0,46	0,51	6487	0,00128	1,49	1924	0,00791	0,91	7175	0,00159	0,01	7080	0,00162	0,01	-0,01
67	Vibro	8	0,46	0,51	5634	0,00112	3,91	676	0,02686	1,59	3710	0,00126	1,54	1070	0,00811	0,93	-0,08
101	Vibro	9	0,46	0,51	3817	0,00080	3,90	459	0,01913	1,59	2154	0,00088	1,15	778	0,00406	0,76	0,00
110	Wiercone wielkośrednicowe	23,5	1	1	4777	0,00064	0,39	3067	0,00124	0,33	3414	0,00060	0,17	2779	0,00082	0,15	0,06
115	Wiercone wielkośrednicowe	14	1	1	12668	0,00028	4,13	1432	0,00724	1,63	6947	0,00031	1,17	2476	0,00148	0,77	-0,14
118	Wiercone wielkośrednicowe	9	0,88	0,88	4000	0,00081	1,22	1381	0,00397	0,80	4960	0,00072	2,40	968	0,00833	1,23	-0,29
128	FDP	14,5	0,62	0,62	7861	0,00202	2,79	1332	0,02892	1,33	6669	0,00213	1,97	1561	0,01883	1,09	-0,54

Tab. 6.9 Zbiorcze wyniki przeprowadzonych analiz – tj. wyniki aproksymacji w procedurze podstawowej oraz zmodyfikowanej wszystkich pali - grupa III

Lp.	Technologia	Geometria			s0 = 0						s0 ≠ 0						s0
		H	D	D podst.	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa 1	Ngr2	C2	Kappa2	Ngr1	C1	Kappa 1	
9	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	8	1	1	4239	0,00035	3,27	612	0,00635	1,45	2988	0,00052	0,71	1467	0,00150	0,53	-0,02
2	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	13	1	1,4	3288	0,00024	0,21	2545	0,00035	0,19	4451	0,00022	1,13	1624	0,00102	0,76	0,06
4	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	25,4	1	1	5083	0,00052	0,01	5016	0,00053	0,01	4248	0,00042	0,57	2336	0,00103	0,45	0,04
30	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	9	0,88	0,88	3412	0,00035	2,17	732	0,00349	1,16	2605	0,00051	0,61	1377	0,00134	0,48	-0,08
31	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją	10,5	1	1	2035	0,00048	0,09	1812	0,00057	0,09	2759	0,00007	3,68	353	0,00161	1,54	0,13
33	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	8	0,8	0,8	2072	0,00091	0,01	2045	0,00093	0,01	2782	0,00078	1,86	686	0,00635	1,05	0,48
36	pał wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej	24	1	1	8989	0,00032	0,79	4144	0,00102	0,58	9217	0,00038	0,10	8150	0,00046	0,09	0,02
40	Vibro	18	0,56	0,63	4694	0,00092	0,01	4632	0,00094	0,01	5601	0,00083	0,97	2261	0,00323	0,68	0,23
41	wiercony wielkośrednicowy	18	1,5	1,5	11032	0,00279	0,01	10887	0,00284	0,01	12001	0,00231	0,47	7196	0,00498	0,38	-1,36
48	Vibro	6	0,51	0,56	980	0,00111	0,09	876	0,00131	0,08	2092	0,00072	4,06	241	0,01835	1,62	-0,09
49	Vibro	13,5	0,51	0,56	3082	0,00093	0,38	2004	0,00177	0,32	5454	0,00107	1,22	1887	0,00525	0,80	-0,12
83	Vibro	9,5	0,61	0,66	5494	0,00085	0,50	3203	0,00191	0,40	2891	0,00068	0,01	2853	0,00070	0,01	-0,26
87	Vibro	12,5	0,61	0,66	8655	0,00131	3,06	1337	0,02165	1,40	3347	0,00149	0,01	3303	0,00152	0,01	-0,32
91	Vibro	10	0,41	0,46	6097	0,00151	4,68	602	0,04858	1,74	2506	0,00214	0,40	1594	0,00422	0,34	-0,35
98	Vibrex	16	0,51	0,51	3174	0,00144	1,60	886	0,00978	0,96	2667	0,00164	0,60	1421	0,00422	0,47	-0,18
109	Wiercone wielkośrednicowe	25,4	1	1	5114	0,00050	0,01	5047	0,00051	0,01	5177	0,00043	0,99	2070	0,00170	0,69	0,03
114	Wiercone wielkośrednicowe	13	1	1	3252	0,00025	0,18	2618	0,00034	0,16	4429	0,00021	1,32	1444	0,00115	0,84	0,05
122	Wiercone wielkośrednicowe	13	0,88	0,88	7187	0,00060	0,77	3360	0,00186	0,57	4460	0,00064	0,01	4401	0,00065	0,01	-0,07
135	vibro	15	0,46	0,51	5311	0,00271	2,44	1022	0,03205	1,24	3252	0,00437	0,01	3209	0,00446	0,01	-1,38
138	vibro	16,5	0,38	0,45	2444	0,00296	0,50	1420	0,00669	0,41	2173	0,00365	0,01	2144	0,00373	0,01	-0,49
139	vibro	16	0,48	0,51	3592	0,00186	0,46	2177	0,00395	0,38	3261	0,00194	0,01	3214	0,00199	0,01	0,36

Analizę rozpocząć należy od przeprowadzenia podstawowych statystyk opisowych, tj. wyznaczenie wartości minimalnych, maksymalnych, średniej oraz mediany zmian parametrów krzywej. Wyniki zbioru 61 pali przedstawiono w tab.6.10.

**Tab. 6.10** Wartości obliczonych statystyk opisowych zbioru 61 pali

	$N_{gr2}$	$C_2$	$N_{gr1}$	$C_1$
<b>LICZBA</b>	61	61	61	61
<b>MIN</b>	-61,33%	-84,67%	-80,54%	-92,96%
<b>MAX</b>	113,40%	93,41%	268,00%	1300,70%
<b>ŚREDNIA</b>	-4,05%	10,02%	28,79%	34,11%
<b>MEDIANA</b>	-11,11%	7,76%	17,26%	-10,69%

Koniecznym jest również rozdzielenie spośród obliczonych wartości parametrów krzywej M-K przypadków, gdzie zaobserwowano wzrost oraz obniżenie wartości.

W tab. 6.11 podano wartości statystyczne do parametrów, gdzie odnotowano mniejsze wartości w wyniku zastosowania procedury zmodyfikowanej.

**Tab. 6.11** Wartości obliczonych statystyk opisowych pali, gdzie odnotowano mniejsze wartości parametrów

	$N_{gr2}$	$C_2$	$N_{gr1}$	$C_1$
<b>LICZBA</b>	37	21	22	36
<b>ŚREDNIA</b>	-24,19%	-14,11%	-31,13%	-49,36%
<b>MEDIANA</b>	-18,86%	-9,89%	-25,68%	-49,42%

Natomiast w tab. 6.12 umieszczono wartości opisujące zbiór parametrów, gdzie odnotowano większe wartości.

**Tab. 6.12** Wartości obliczonych statystyk opisowych pali, gdzie odnotowano większe wartości parametrów

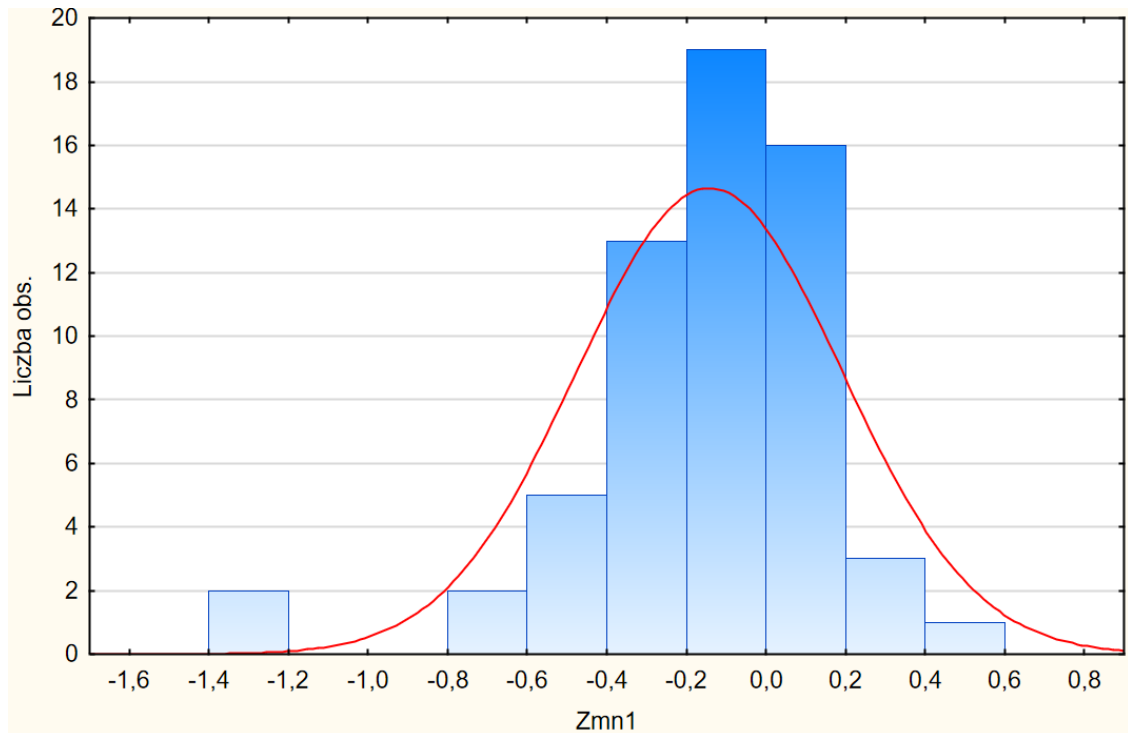
	$N_{gr2}$	$C_2$	$N_{gr1}$	$C_1$
<b>LICZBA</b>	25	40	37	26
<b>ŚREDNIA</b>	26,98%	22,69%	66,68%	154,31%
<b>MEDIANA</b>	26,93%	15,87%	54,38%	75,03%

W tabelach nie zostały ujęte wartości parametrów  $\kappa_1$  oraz  $\kappa_2$  z uwagi na trudność zaprezentowania zmian wartości, wynikających z wartości bazowych wynoszących w przybliżeniu zero. W takim przypadku zobrazowanie procentowej zmiany wartości jest nieuzasadnione.

### 6.5. Analiza zmian wartości parametrów krzywej M-K

Spośród wyznaczonych wartości niepewności 20 obliczonych wartości ma wartość dodatnią, zaś wartość ujemną 41 przypadków. Wartość maksymalna wyznaczonej niepewności wyniosła 0,48 mm, natomiast wartość minimalna wyniosła -1,38 mm. Średnia wartości dodatnich wynosi 0,29 mm, średnia wartości ujemnych wynosi -0,13 mm.

Na rys. 6.12 przedstawiono histogram wyznaczonej niepewności w zbiorze 61 pali wraz z naniesionym oczekiwanym rozkładem normalnym. Dla wartości uzyskanych niepewności wykonano testy sprawdzające normalność rozkładu (Kolmogorowa-Smirnowa, Shapiro-Wilka oraz Pearsona), które pozwoliły potwierdzić założoną hipotezę o normalności rozkładu [22].



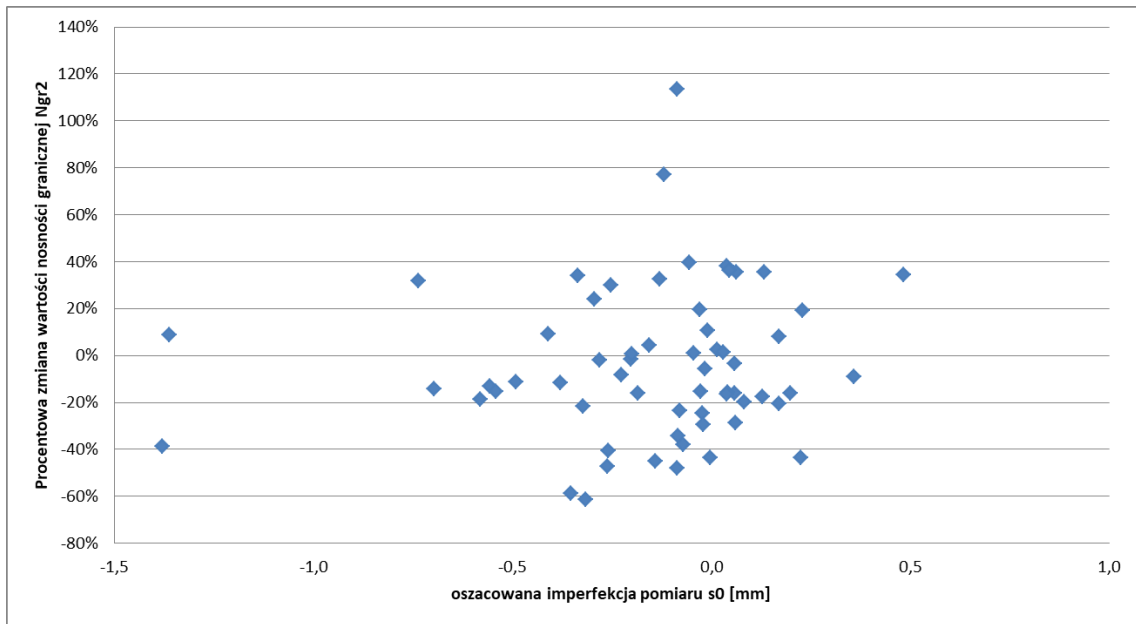
**Rys. 6.12** Oszacowane wartości niepewności dla 61 pali wraz z oczekiwanym rozkładem normalnym

Kolejnym krokiem analizy jest porównanie zmian wartości parametrów krzywej M-K do metody standardowej oraz zmodyfikowanej z uwzględnieniem wyznaczonej niepewności. Z uwagi na duże różnice charakterystyk poszczególnych pali (geometria, geologia, obciążenia), analiza oparta będzie nie tylko na samych parametrach krzywej M-K, ale również na procentowych zmianach wartości tych parametrów.

W pierwszej kolejności omówiony zostanie wiodący parametr krzywej M-K, tj. nośność graniczna pala  $N_{gr2}$ . Na rys. 6.13 przedstawiono wykres wskazujący procentowe zmiany wartości nośności granicznej w odniesieniu do wyznaczonej wartości niepewności  $s_0$ .

Na podstawie analizy wyników z rys. 6.13 wartości nośności granicznej w procedurze zmodyfikowanej mogą zarówno rosnać, jak i spadać, co zaobserwować można poprzez dodatnie oraz ujemne wartości procentowe na wykresie. Maksymalna zmiana wartości (wzrost) wyniosła około 113%, zaś minimalna wartość zmiany (obniżenie) wyniosła -63%. W obu przypadkach zmiana wartości parametru jest ponad dwukrotna w stosunku do wartości wyznaczonej w procedurze podstawowej.

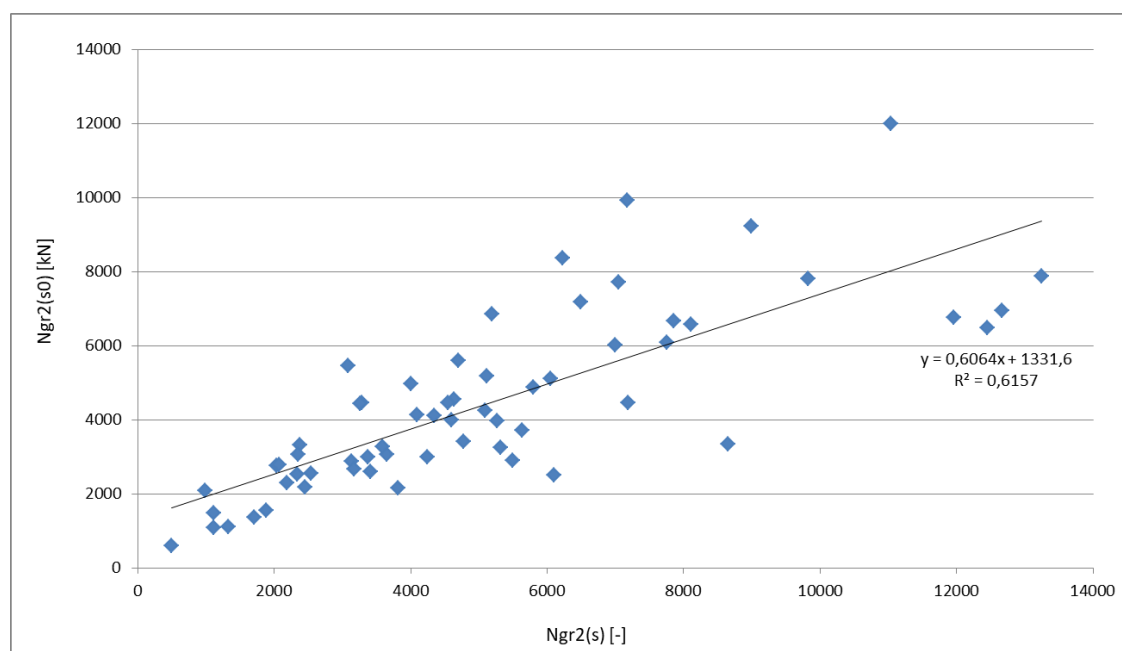




**Rys. 6.13** Zmiana wartości nośności granicznej w procedurze zmodyfikowanej w odniesieniu do wyznaczonych wartości niepewności podana w procentach

Rozpatrując uzyskane wyniki w dwóch grupach, jako spadki i wzrosty wartości nośności granicznej, stwierdza się, że w palach, gdzie zaobserwowano wzrost wartości nośności granicznej, średni wzrost wyniósł około 27%, przy medianie wynoszącej również około 27%. Natomiast w palach, gdzie wystąpiło obniżenie nośności, średnia zmiana wartości wyniosła około 24%, przy medianie równej około 16%.

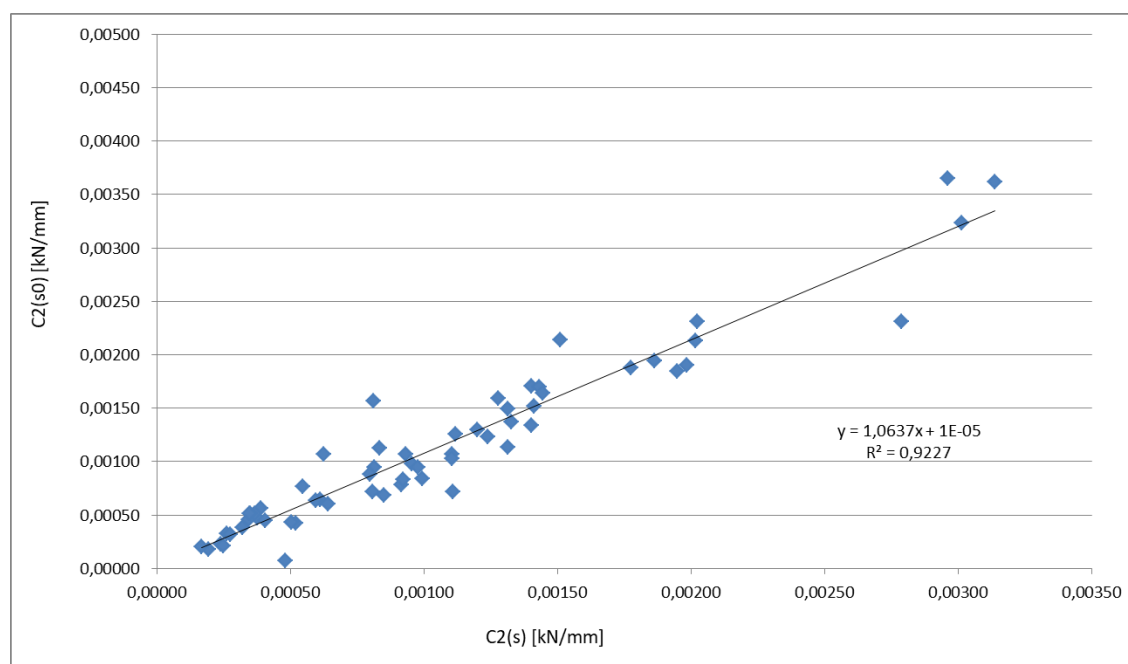
Na rys. 6.13 zaprezentowano wykres przedstawiający wartości nośności granicznej  $N_{gr2}(s_0)$  oraz  $N_{gr2}(s)$ . Zależność tych dwóch parametrów opisano funkcją liniową oraz wzorem. Wartości zostały zaprezentowane w kiloniutonach w celu zobrazowania zmian tychże wartości. Na podstawie rys. 6.13 można stwierdzić, iż w większej części badanego zbioru  $N_{gr2}(s_0)$  przyjmuje mniejsze wartości niż ten parametr wyznaczony z procedury podstawowej. Co potwierdzają obliczenia statystyczne, których wyniki wskazano w tab.6.11 i 6.12.



**Rys. 6.14** Stosunek nośności granicznej wyznaczonej z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej

Wykres ten wskazuje, iż wartości nośności granicznej wyznaczone dwiema metodami w jednym teście statycznym pała mogą się charakteryzować dość dużymi rozbieżnościami. Największy wzrost nośności wyniósł około 2750 kN, dla pała wielkośrednicowego, gdzie zmiana wartości z bazowej około 7200 kN zmieniła się w procedurze zmodyfikowanej na około 9950 kN. Największe zaś obniżenie odnotowano również dla jednego z pali wielkośrednicowych, wynosił on aż około 6000 kN, gdzie bazowa wartość z procedury podstawowej uzyskała wynik rzędu 12450 kN, a procedura zmodyfikowana wskazała już tylko około 6500 kN.

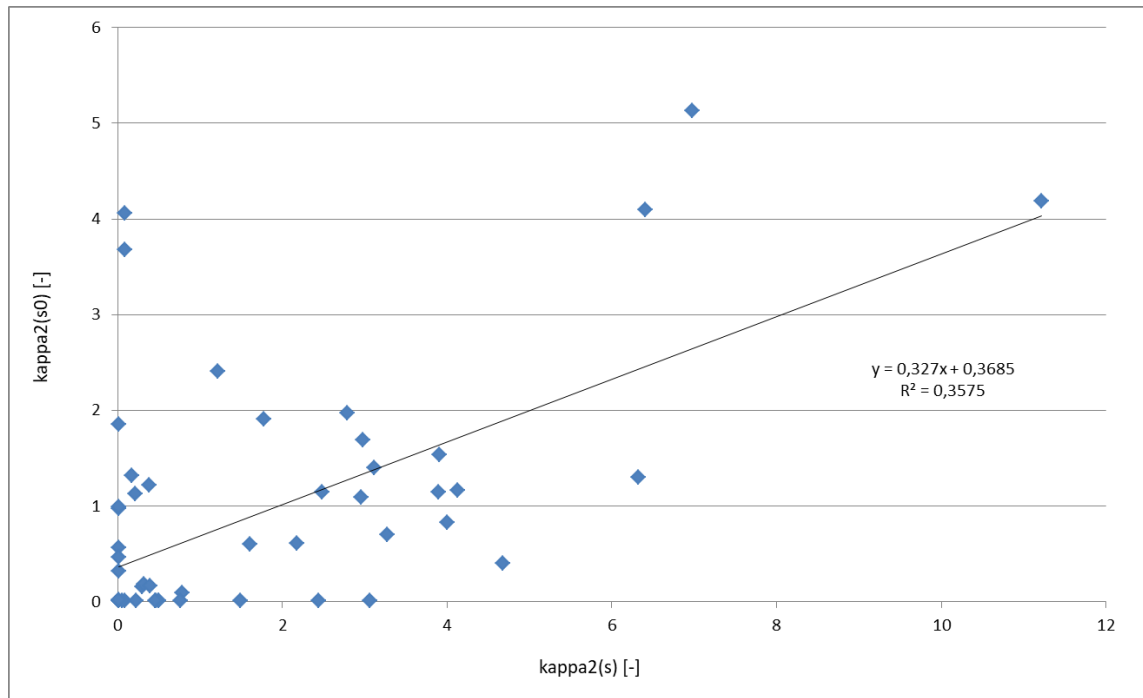
Kolejnym omawianym parametrem jest stała  $C_2$  będąca odwrotnością zagregowanej stałej Winklera. Na rys. 6.15 przedstawiono wykres, gdzie umieszczono stosunek  $C_2(s_0)$  wyznaczonego w procedurze zmodyfikowanej oraz  $C_2(s)$  wyznaczonego w procedurze podstawowej. W oparciu o analizę wykresu, różnica w wartościach parametru nie jest duża i jest zbliżona do stosunku 1:1. Zależność tych dwóch parametrów również można przybliżyć funkcją liniową.



**Rys. 6.15** Stosunek stałej  $C_2$  wyznaczonej z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej

Maksymalne i minimalne wartości zmiany wartości parametru oscylują na poziomie około 90%. Średnia wartość zmiany wartości dla spadku wynosi około 24%, zaś przy wzroście - około 27%.

Wartość parametru  $\kappa_2$  charakteryzuje się dość dużym rozrzutem, porównując wartości wyznaczone w dwóch procedurach. Omawianie zmian wartości parametru jest nieuzasadnione, z uwagi na możliwość przyjmowania wartości parametru bliskie zero. Analiza wykresu przedstawionego na rys. 6.16 wykazała, iż użycie procedury zmodyfikowanej ma duży wpływ na szacowny rozkład sił wewnątrz pała. Jako, iż parametr  $\kappa_2$  opisuje stosunek udziału pracy podstawy pała oraz poboczniczy dla wartości dążących do zera, udział podstawy pała staje się dużo bardziej znaczący oraz analogicznie wraz ze wzrostem wartości parametru  $\kappa_2$  większa część oporu elementu palowego generowana jest z tarcia na poboczniczy.

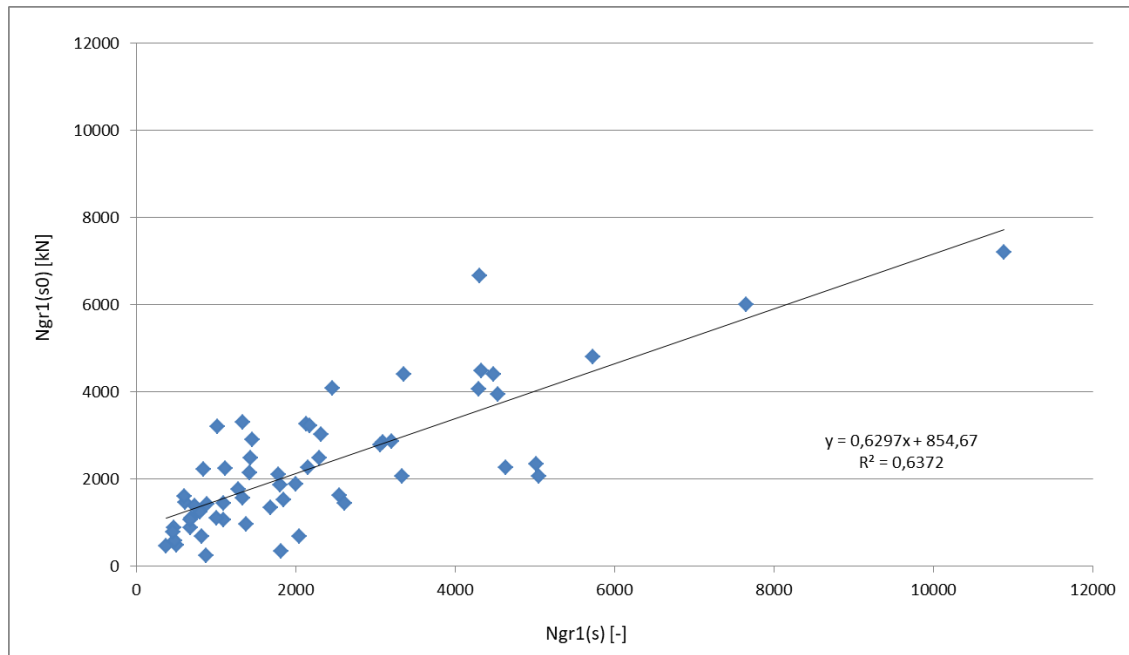


**Rys. 6.16** Stosunek wartości parametru  $\kappa_2$  wyznaczonego z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej

Wyznaczono oraz przeanalizowano również nośność graniczną krzywej M-K dla podstawy pała, korzystając z wcześniej już wspomnianych równań wyznaczonych przez Żarkiewicza (tj. 3.10, 3.11 oraz 3.12).

Na rys. 6.17 przedstawiono wartości nośności granicznej podstawy pała wyznaczanych z pomocą procedury uwzględniającej niepewności oraz procedury podstawowej.

Wartości nośności granicznej podstawy pała  $N_{gr1}$  rozkładają się podobnie, jak wartości nośności granicznej dla całego pała. Zmiana przyjmuje zarówno znak ujemny, jak i dodatni (tj. odnotowywane są zarówno spadki, jak i wzrosty wartości parametru w procedurze zmodyfikowanej).



**Rys. 6.17** Stosunek wartości parametru  $N_{gr1}$  wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej

Poniżej opisano funkcje liniowe pozwalające na określenie parametrów krzywej M-K z uwzględnieniem niepewności opierając się na parametrach standardowej procedury krzywej M-K zarówno dla całego pała jak i dla oporu podstawy.

Zależności dla całego pała:

$$N_{gr2}(s_0) = 0,6064N_{gr2}(s) + 1331,6 \quad (6.1)$$

$$C_2(s_0) = 1,0637C_2(s) + 0,00001 \quad (6.2)$$

$$\kappa_2(s_0) = 0,327\kappa_2(s) + 0,3685 \quad (6.3)$$

Zależności dla podstawy pała:

$$N_{gr1}(s_0) = 0,6297N_{gr1}(s) + 854,67 \quad (6.4)$$

Uzyskane wzory mogą służyć do wyznaczenia parametrów zmodyfikowanej krzywej M-K, jednak podejście to nie pozwoli na wyznaczenie wartości niepewności występującej podczas testu.

Z uwagi na ten fakt, w celu uzyskania dokładnych wartości parametrów opisujących krzywą oraz niepewności pomiaru pozwalającej na korektę zbioru danych zaleca się wykonać pełną sekwencję obliczeń opisaną w Rozdziale 4.

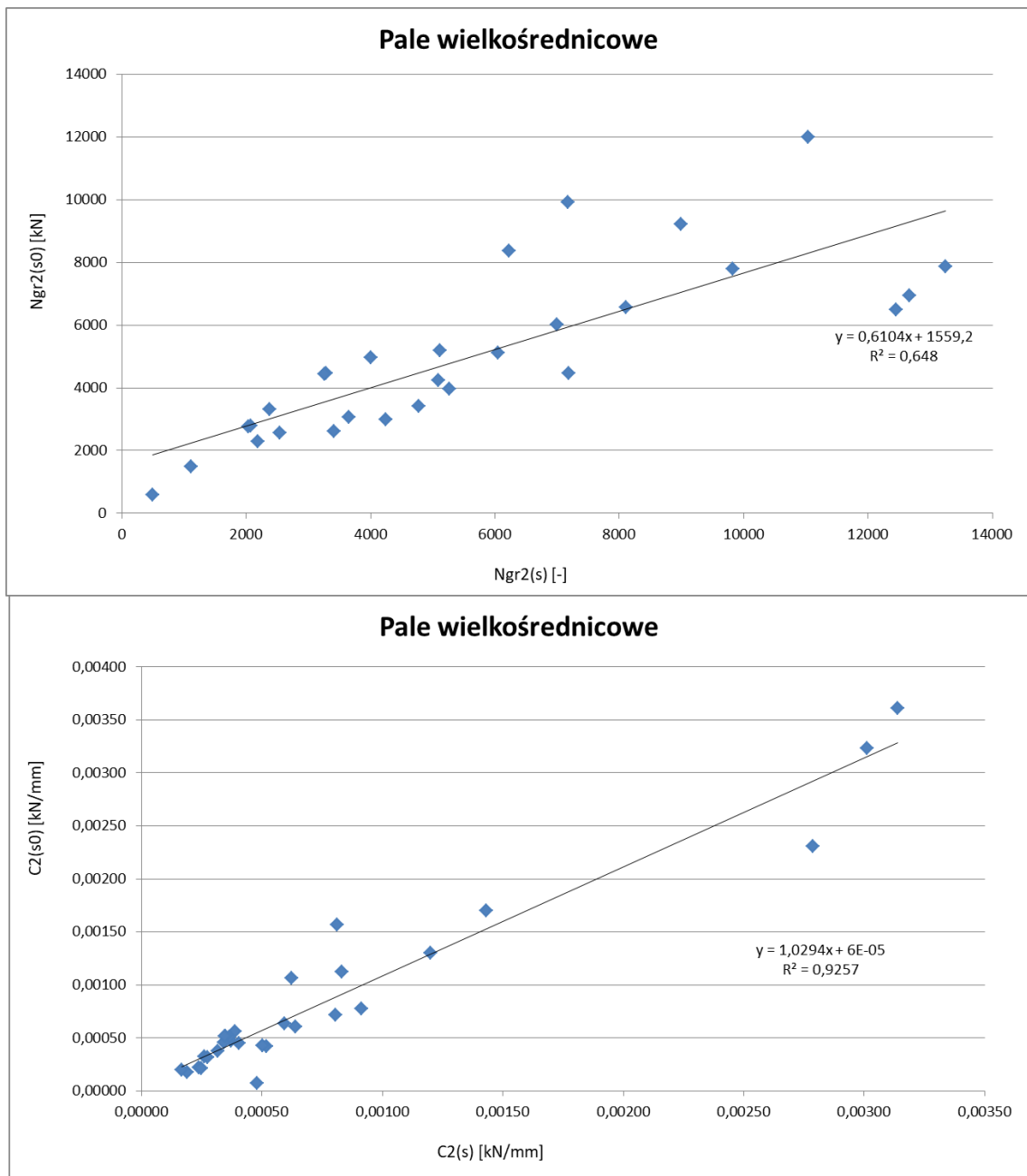
### 6.6. Zmiana parametrów krzywej M-K w ujęciu technologii wykonania pala

Analizowany zbiór pali na potrzeby uwzględnienia technologii w rozważaniach można podzielić na trzy grupy:

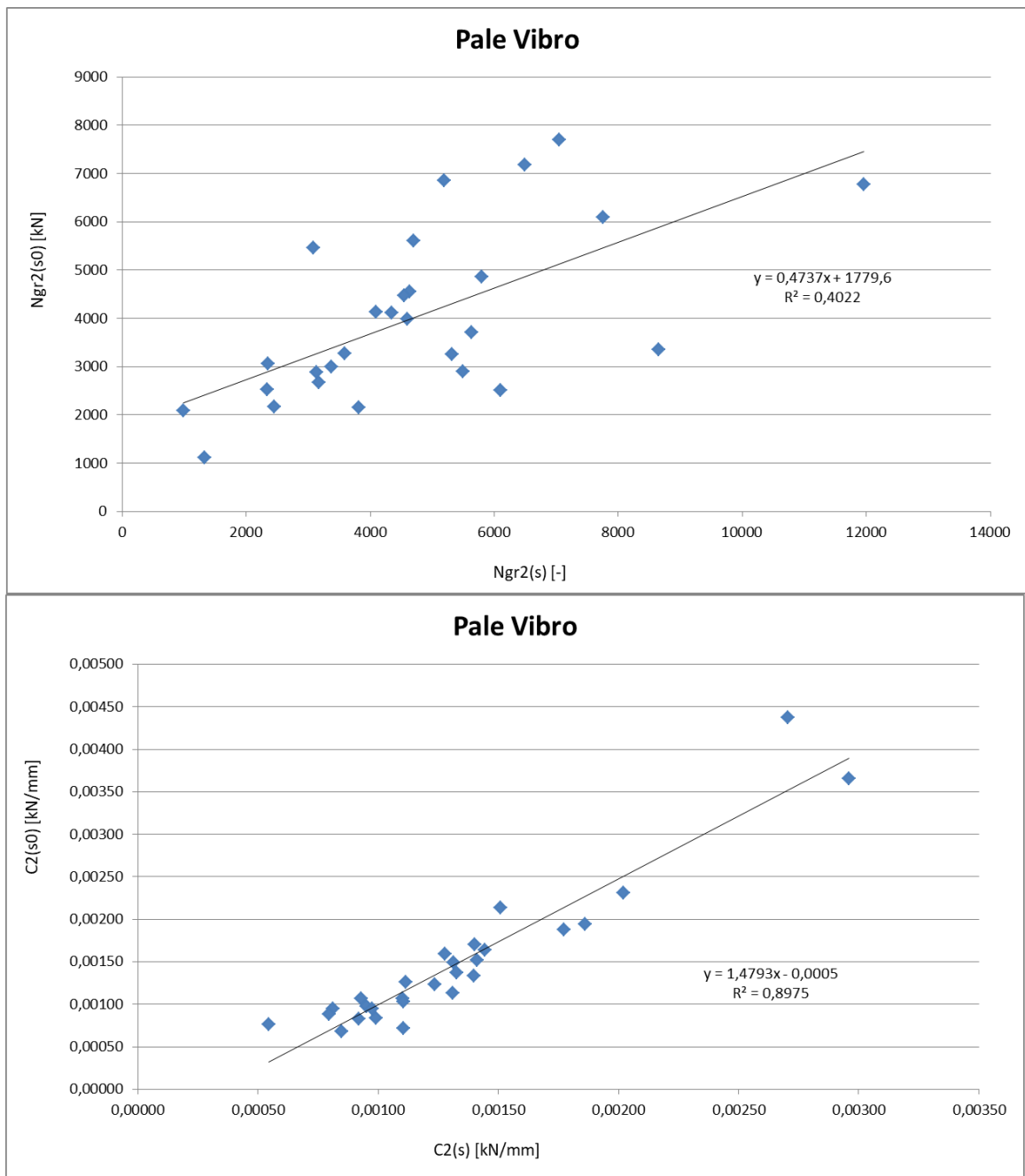
1. pale wielkośrednicowe,
2. pale w technologii vibro,
3. pale w innych technologiach, tj. FDP, pale prefabrykowane i vibrex.

W rozdziale 6.2 omówiono wpływ zmodyfikowanej procedury na poszczególne parametry krzywej M-K. Na podstawie tej analizy stwierdza się, iż najlepsze dopasowanie funkcji liniowych przy stosunku parametru obliczanego w procedurze podstawowej do parametru otrzymywanego w procedurze zmodyfikowanej odnotowuje się dla  $N_{gr2}$  i  $C_2$ . W trakcie rozpatrywania wpływu technologii na wszystkie już omawiane zależności odnotowuje się podobną tendencję. Przy uwzględnieniu technologii najlepiej dopasowanymi wynikami również są  $N_{gr2}$  i  $C_2$ , istnieje możliwość opisanie ich dokładniejszymi liniowymi funkcjami niż w przypadku zbioru wszystkich pali. Na rysunkach od 6.18 do 6.20 przedstawiono te właśnie funkcje w każdej z poszczególnych grup.

Pozostałe parametry nie wykazały większej zmiany w stosunku do wcześniej omówionych już wyników. Taki sam wniosek pojawia się przy analizie wielkości oszacowanej niepewności w każdej z poszczególnych grup. Konieczne jest znaczne zwiększenie liczby analizowanych prób w celu wyprowadzenia dokładniejszych wniosków i zależności.

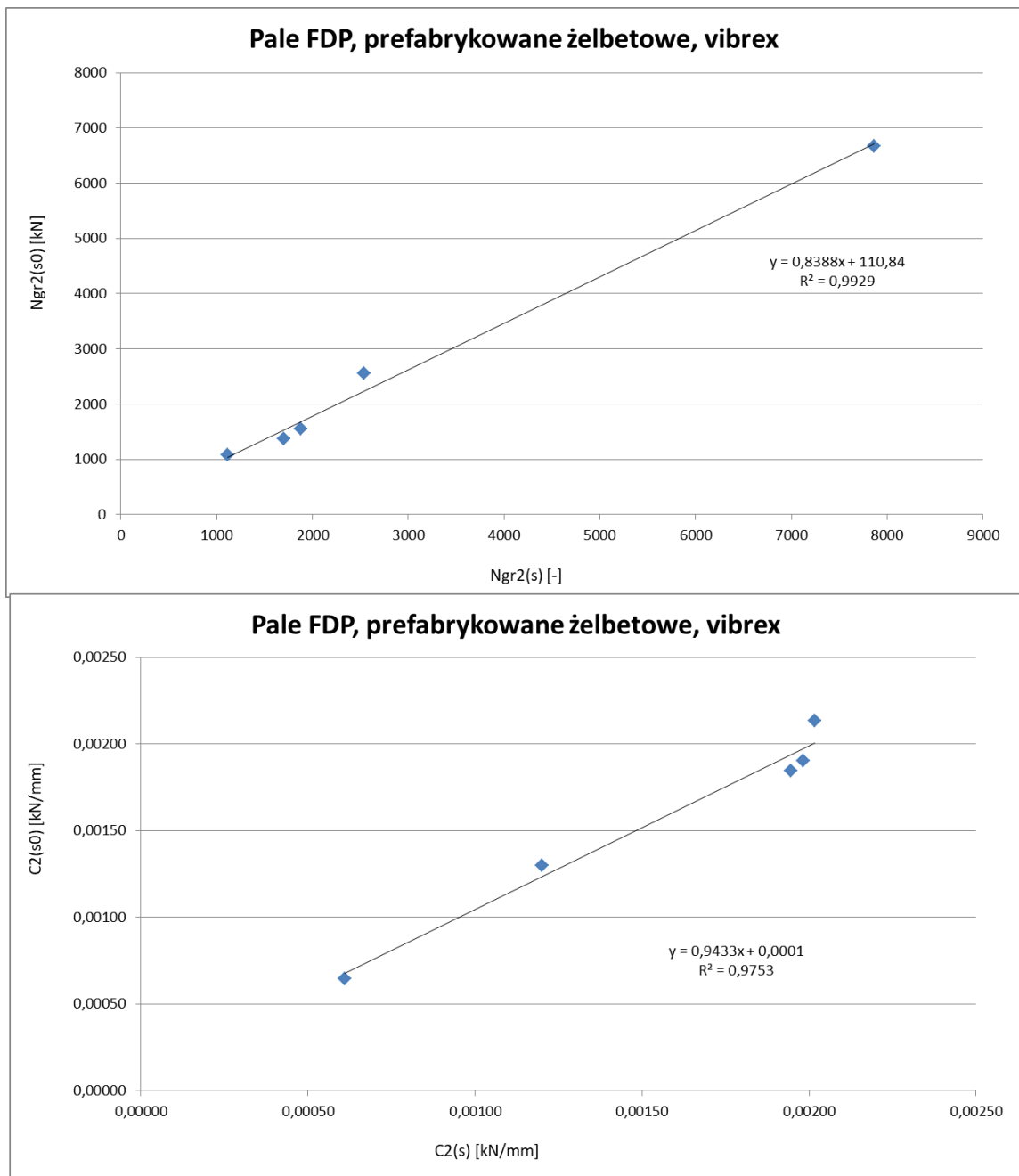


**Rys. 6.18** Stosunek wartości parametrów  $N_{gr2}$  oraz  $C_2$  wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej - pale wielkośrednicowe (I grupa)



**Rys. 6.19** Stosunek wartości parametrów  $N_{gr2}$  oraz  $C_2$  wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej - pale Vibro (II grupa)





**Rys. 6.20** Stosunek wartości parametrów  $N_{gr2}$  oraz  $C_2$  wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej - pale różnych technologii (III grupa)

Poniżej przedstawiono wzory opisujące liniową zależność parametrów  $N_{gr2}$  oraz  $C_2$  dla pali w poszczególnych technologiach.

Wielkośrednicowe:

$$N_{gr2}(s_0) = 0,6104N_{gr2}(s) + 1559,2 \quad (6.7)$$

$$C_2(s_0) = 1,0294C_2(s) + 0,00005 \quad (6.8)$$

Vibro:

$$N_{gr2}(s_0) = 0,4737N_{gr2}(s) + 1779,6 \quad (6.9)$$

$$C_2(s_0) = 1,4793C_2(s) + 0,0005 \quad (6.10)$$

Inne:

$$N_{gr2}(s_0) = 0,8388N_{gr2}(s) + 110,84 \quad (6.11)$$

$$C_2(s_0) = 0,9483C_2(s) + 0,0001 \quad (6.12)$$

Oprócz aspektu technologii poruszony powinien zostać aspekt rodzaju podłoża gruntowego. W przypadkach analizowanych w rozprawie tylko częściowo są znane warunki gruntowe, w większej części zbioru danych nie są one znane (w tych przypadkach do dyspozycji istnieją tylko krzywe Q-s). Z uwagi na ten fakt analiza ta nie została przeprowadzona w rozprawie.

Cześć analityczna uwzględniająca rodzaj podłoża oraz jego wpływ na występowanie niepewności i wpływ na parametry aproksymowanych krzywych Q-s zostaje przeniesiony do programu dalszych badań.

### 6.7. Analiza wyników na podstawie wpływu na rozkład składowych oporu pala

Analiza danych może zostać wykonana opierając się na wielu kryteriach. Na podstawie wykonanej analizy danych uzyskanych z obliczeń oraz omówionych w poprzedniej części rozdziału możliwy jest podział zbioru pali (61 pali) na trzy grupy ze względu na wpływ na rozkład składowych oporu pala.

Pierwsza grupa składa się z pali, w których procedura zmodyfikowana nie wykazała dużej zmiany w parametrach, a co za tym idzie w uzyskanych krzywych osiadania,

zarówno dla całego pala, jak i dla podstawy. Pale reprezentujące tę grupę przedstawiono w tab.6.7. kolorem zielonym. W grupie tej znajdują się 22 pale.

Druga grupa skupia pale, których wykresy osiadań uległy przesunięciu (zmian wartości nośności granicznej), lecz nie zmienił się charakter pracy. Poprzez charakter pracy rozumieć należy zmianę udziału składowych oporu pala (podstawy oraz pobocznicy) w nośności całego elementu palowego. Grupa ta została oznaczona kolorem żółtym w tab. 6.8. Do grupy zakwalifikowano 18 spośród 61 pali.

Trzecia grupa składa się z 21 pali. Grupa ta została oznaczona kolorem czerwonym w tab.6.9. W grupie tej ujęto pale, w których obliczenia przeprowadzone za pomocą procedury zmodyfikowanej (uwzględnienie niepewności pomiaru) wskazało największy wpływ na składowe rozkładu pala. Oprócz zmiany wartości nośności granicznej odnotowano tutaj odwrócenie stosunku składowych oporu pala, opór podstawy pala oraz jego pobocznicy przejmowały większą część nośności w poszczególnych palach w odwrotnej proporcji, jak miało to miejsce w procedurze podstawowej (wykresy Q-s wyrysowane dla oporu podstawy i pobocznicy zamieniają się miejscami w procedurze zmodyfikowanej i podstawowej w jednym palu).

Szczegółowe obliczenia wraz z wykresami Q-s dla wszystkich pali zawartych w tab. 6.7 do 6.9 odnaleźć można w **załączniku 4**.

Powyższa segregacja zbioru danych na trzy grupy pozwala stwierdzić, iż szukana niepewność występująca podczas testu statycznego pali oraz towarzysząca jej zmodyfikowana procedura obliczeniowa ma wpływ na interpretacje wyników. Każda z grup charakteryzuje się podobną liczbą prób, co za tym idzie, nie można wyciągnąć jednoznacznych wniosków o sposobie wpływu niepewności na parametry krzywej aproksymacyjnej. Jednak stwierdzić należy, że niepewność pomiarowa może mieć różny wpływ na interpretację wyników; tak w grupie I charakter pracy pala nie zmienia się po uwzględnieniu niepewności pomiarowej, jednak wartość nośności granicznej będącej wiodącym parametrem modelu M-K zmienia się. Zjawisko zmiany wartości nośności granicznej odnotowano również w dwóch pozostałych grupach. W grupie II oraz III występuje ponadto zmiana dystrybucji oporów w elemencie palowym, w grupie II wartości te zmieniają swoje wartości, jednak w poszczególnych przypadkach stosunek oporu podstawy pala do pobocznicy nie przyjmuje wartości odwrotnych. W palach grupy III stosunek ten odwraca się i zależy od rozpatrywanego przypadku

pal zmienia charakter pracy. Przy wyznaczeniu w metodzie podstawowej, jako wiodącej części nośności całego pala oporu podstawy, w procedurze zmodyfikowanej to pobocznica przejmuje większą część. W tej grupie dla pali, gdzie w procedurze podstawowej pobocznica przenosi wiodącą część obciążenia, występuje analogiczna sytuacja i po wykonaniu obliczeń metodą zmodyfikowaną i uwzględnieniu podstawy poboczniczy, to podstawa przejmuje wiodącą rolę w przenoszeniu obciążeń.

## 7. Praktyczne wykorzystanie wyników badań

Na podstawie wykonanych analiz wyprowadzono szereg związków mogących posłużyć do praktycznego wykorzystania podczas wykonywania obliczeń posadowień palowych oraz podczas projektowania testów statycznych pali. Zależności te obejmują zarówno związki pomiędzy parametrami krzywej M-K, parametrami uzyskiwanymi podczas badań terenowych sondą statyczną oraz wynikami uzyskiwanymi podczas testów statycznych pali (zbiór punktów  $\{N_i, s_i\}$  tworzący krzywą Q-s).

Przedstawione zależności mają umożliwić przeprowadzenie praktycznych obliczeń bez potrzeby wykonywania skomplikowanych oraz czasochłonnych kalkulacji numerycznych za pomocą statystyki matematycznej.

### 7.1. Określenie związków parametrów krzywej M-K dla dużych wartości siły N

$$s = C_2 N_{gr2} \frac{\left(1 - \frac{N}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2} - 1}{\kappa_2} \quad (7.1)$$

$$s = C_2 N_2 \frac{\left(1 - \frac{N}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2} - 1}{\left(\frac{N}{N_{gr2}}\right)^{\kappa_2}} \quad (7.2)$$

Podstawiono  $\frac{N}{N_{gr2}} = X$  gdzie  $0 \leq X < 1$

Ponadto podstawiono:

$$F(\kappa_2, X) = \frac{(1-X)^{-\kappa_2} - 1}{X \cdot \kappa_2} \quad (7.3)$$

Poszukiwane jest wyrażenie na granice  $\lim_{X \rightarrow 1} F(\kappa_2, X)$

W tym celu przyjmuje się  $X = 1 - \varepsilon$ .

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} F(\kappa_2, \varepsilon) = \frac{[1 - (1 - \varepsilon)]^{-\kappa_2} - 1}{(1 - \varepsilon) \cdot \kappa_2} = \frac{1}{\kappa_2} \frac{1}{\varepsilon^{\kappa_2}} \quad (7.4)$$

Do praktycznych obliczeń przyjęto:

$$F(\kappa_2, X) = \frac{1}{\kappa_2} \left( \frac{N_{gr2}}{N_{gr2} - N_2} \right)^{-\kappa_2} \quad (7.5)$$

Po podstawieniu krzywa M-K przyjmie postać:

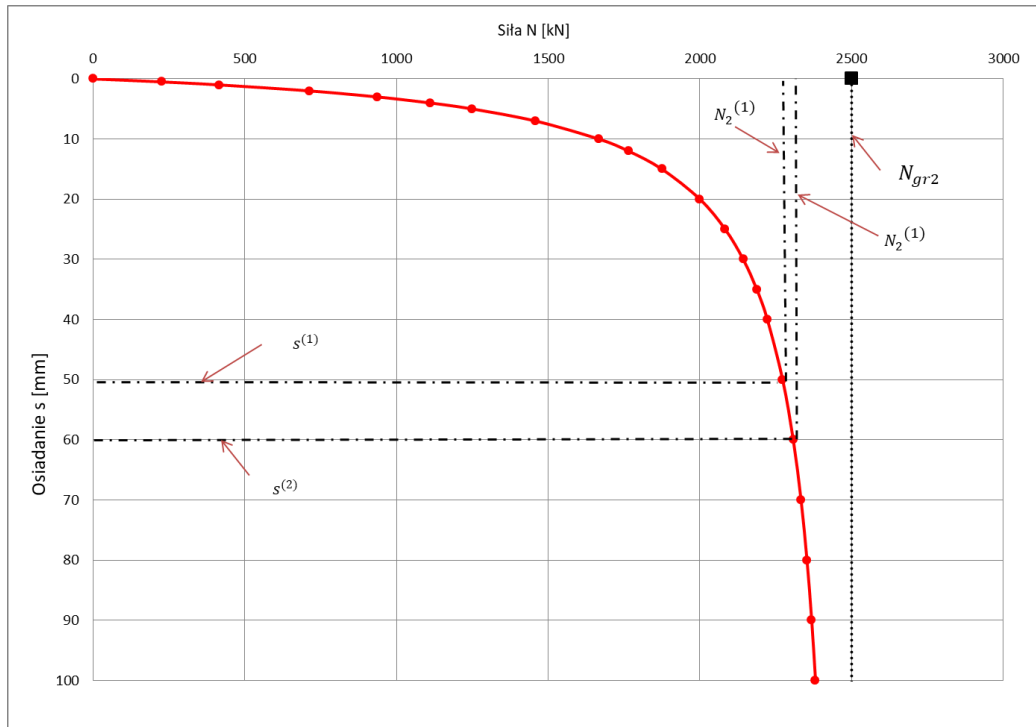
$$s(N_2) = C_2 N_2 \frac{1}{\kappa_2} \left( \frac{N_{gr2}}{N_{gr2} - N_2} \right)^{-\kappa_2} \quad (7.6)$$

Jeżeli dane są dwa punkty na krzywej M-K  $(s^{(1)}, N_2^{(1)})$  oraz  $(s^{(2)}, N_2^{(2)})$  to można obliczyć  $\kappa_2$ .

$$\left[ \frac{s^{(2)} N_2^{(1)}}{N_2^{(2)} s^{(1)}} \right] = \left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(1)}}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \right]^{\kappa_2} \quad (7.7)$$

$$\kappa_2 = \frac{\ln \left[ \frac{s^{(2)} N_2^{(1)}}{N_2^{(2)} s^{(1)}} \right]}{\ln \left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(1)}}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \right]} \quad (7.8)$$

Na rys. 7.1 przedstawiono w sposób graficzny sąsiadujące punkty oraz odpowiadające im osiadania oraz siły.



**Rys. 7.1** Rys. pomocniczy do graficznego ujęcia związków  $\kappa_2$  dla dużych sił

Przy założeniu, że pomiędzy  $N_2^{(1)}$  oraz  $N_2^{(2)}$  występuje niewielka różnica, można uprościć wyprowadzony wzór, do tego celu zakładając:  $N_2^{(2)} = N_2^{(1)} + \varepsilon$ , otrzymano wtedy:

$$\left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(1)}}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \right] = \left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(2)} - \varepsilon}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \right] = 1 - \frac{\varepsilon}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \quad (7.9)$$

$$\ln \left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(1)}}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \right] = \frac{\varepsilon}{N_{gr2} - N_2^{(2)}} \quad (7.10)$$

$$\kappa_2 = \left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(1)}}{N_2^{(2)} - N_2^{(1)}} \right] \ln \left[ \frac{s^{(2)} N_2^{(1)}}{N_2^{(2)} s^{(1)}} \right] \quad (7.11)$$

Jeżeli znana jest wartość  $N_{gr2}$  to wówczas można obliczyć  $\kappa_2$  lub jeżeli dane są trzy punkty  $(s^{(1)}, N_2^{(1)})$ ,  $(s^{(2)}, N_2^{(2)})$  oraz  $(s^{(3)}, N_2^{(3)})$ , wówczas można ułożyć równanie warunkowe o dwóch niewiadomych  $\kappa_2$  oraz  $N_{gr2}$ .

Prowadzi to do równania:

$$\left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(1)}}{N_2^{(2)} - N_2^{(1)}} \right] \ln \left[ \frac{s^{(2)} N_2^{(1)}}{N_2^{(2)} s^{(1)}} \right] = \left[ \frac{N_{gr2} - N_2^{(2)}}{N_2^{(3)} - N_2^{(2)}} \right] \ln \left[ \frac{s^{(3)} N_2^{(2)}}{N_2^{(3)} s^{(2)}} \right] \quad (7.12)$$

Opierając się na równaniu 7.12 obliczyć można  $N_{gr2}$ , bo jest to równanie liniowe, natomiast po znalezieniu wartości  $N_{gr2}$  oblicza się wartość parametru  $\kappa_2$ . Potem pozostaje już tylko jedna niewiadoma krzywej M-K tj.  $C_2$ , którą oblicza się z równań liniowych.

#### PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Przykład jednego z pali z analizowanego zbioru, tj. Lp. 77 o następujących parametrach:

Procedura podstawowa:  $\kappa_2 = 1,78$ ;  $N_{gr2} = 7053$  kN;  $C_2 = 0,00177$  mm/MN

Procedura zmodyfikowana:  $\kappa_2 = 1,91$ ;  $N_{gr2} = 7701$  kN;  $C_2 = 0,00181$  mm/MN

Osiadanie podczas testu przy max. obciążeniu wyniosło 10,42 mm, na potrzeby wykonania obliczeń posłużono się wartościami obliczonymi w aproksymacji wykonanej wg procedury podstawowej, wybrano 3 pary punktów  $\{N_i, s_i\}$  przypadające w okolicy końcówki krzywej osiadania pomierzonej w teście, tj.

$$N_2^{(1)} = 3025,5 \text{ kN} \quad s^{(1)} = 12 \text{ mm}$$

$$N_2^{(2)} = 3344 \text{ kN} \quad s^{(2)} = 15 \text{ mm}$$

$$N_2^{(3)} = 3747,4 \text{ kN} \quad s^{(3)} = 20 \text{ mm}$$

Podstawiając wartości do równania 7.12, można obliczyć wartość nośności granicznej.

$$\left[ \frac{N_{gr2} - 3025,5}{3344 - 3025,5} \right] \ln \left[ \frac{15}{3344} \cdot \frac{3025,5}{12} \right] = \left[ \frac{N_{gr2} - 3344}{3747,4 - 3344} \right] \ln \left[ \frac{20}{3747,4} \cdot \frac{3344}{15} \right]$$

$$N_{gr2} = 6568 \text{ [kN]}$$

Obliczona wartość nośności granicznej wynosi 6568 kN, wartość ta odpowiada wartościom wyznaczonym za pomocą metod statystyki matematycznej, będąc od nich nieznacznie mniejsza.

Teraz możliwe jest obliczenie wartości bezwymiarowego parametru  $\kappa_2$  opierając się na ustalonej wartości nośności granicznej  $N_{gr2}$  oraz równania 7.11.

$$\kappa_2 = \left[ \frac{6568 - 3025,5}{3344 - 3025,5} \right] \cdot \ln \left[ \frac{15}{3344} \cdot \frac{3025,5}{12} \right] = 1,56$$

Obliczona wartość parametru  $\kappa_2$  jest zbliżona do wartości wyznaczonych z metod statystyki matematycznej, różnica procentowa od tych wyników wynosi około 12% w procedurze podstawowej oraz około 18 % w procedurze zmodyfikowanej (krzywa M-K).

Obliczenia wykonane wg wzorów 7.11 oraz 7.12 pozwalają na określenie w uproszczony sposób dwóch parametrów krzywej M-K z wystraszającą dokładnością do zastosowań inżynierskich. Trzecia brakująca stała może zostać policzona zgodnie z równaniem podstawowym (2.5) krzywej M-K dla poszczególnych pomiarów obciążenia i osiadania uzyskanej z testu statycznego pała.



## 7.2. Współczynnik bezpieczeństwa pala

Jako współczynnik bezpieczeństwa założono stosunek nośności granicznej do maksymalnej siły pionowej działającej na pala:

$$\frac{N_i}{N_{gr}} = \frac{1}{SF} \quad (7.13)$$

Ogólne równanie ma postać:

$$s_i = C_2 N_{gr2} \frac{\left(1 - \frac{N_i}{N_{gr2}}\right)^{-\kappa_2} - 1}{\kappa_2} \quad (7.14)$$

Założono, że znana są  $C_2$  oraz  $N_{gr2}$ .

Podstawiono:

$$\frac{s}{C_2 N_{gr2}} = X \quad (7.15)$$

$$(1 + X\kappa_2)^{-\frac{1}{\kappa_2}} = 1 - \frac{N}{N_{gr}} \quad (7.16)$$

Stąd:

$$\frac{1}{SF} = \frac{N}{N_{gr2}} = 1 - (1 + X\kappa_2)^{-\frac{1}{\kappa_2}} \quad (7.17)$$

### PRZYKŁAD OBLICZENIOWY

Przykład jednego z pali z analizowanego zbioru, tj. Lp. 77 o wspomnianych już parametrach:  $\kappa_2 = 1,91$ ;  $N_{gr2} = 7701$  kN;  $C_2 = 0,00181$  mm/MN (procedura zmodyfikowana), gdzie maksymalne osiadanie podczas testu przy sile  $N = 2901$  kN wyniosło 10,42 mm, procedura obliczeń współczynnika bezpieczeństwa prezentuje się następująco:

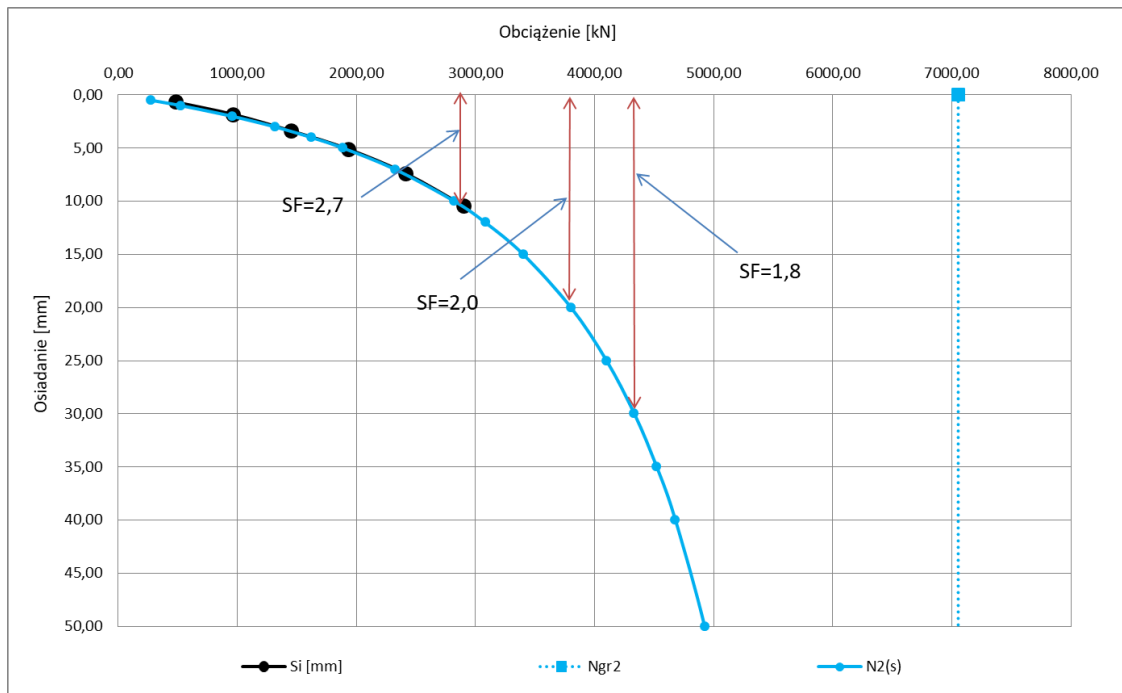
$$X = 0,72$$

$$\frac{1}{SF} = 1 - (1 + 0,72 \cdot 1,91)^{-\frac{1}{1,91}} = 0,36$$

$$SF = 2,7$$

W przytoczonym przykładzie współczynnik bezpieczeństwa przy max. osiągniętym osiadanu wyniósł 2,7. Gdyby osiągnięte osiadanie było bliżej wartości zazwyczaj przyjmowanych w projektach budowlanych, tj. na przykład 20 mm i 30 mm, współczynnik bezpieczeństwa osiągnąłby wartość kolejno 2,0 oraz 1,8.

Na rys. 7.2 przedstawiono te wartości w sposób graficzny na wykresie Q-s.



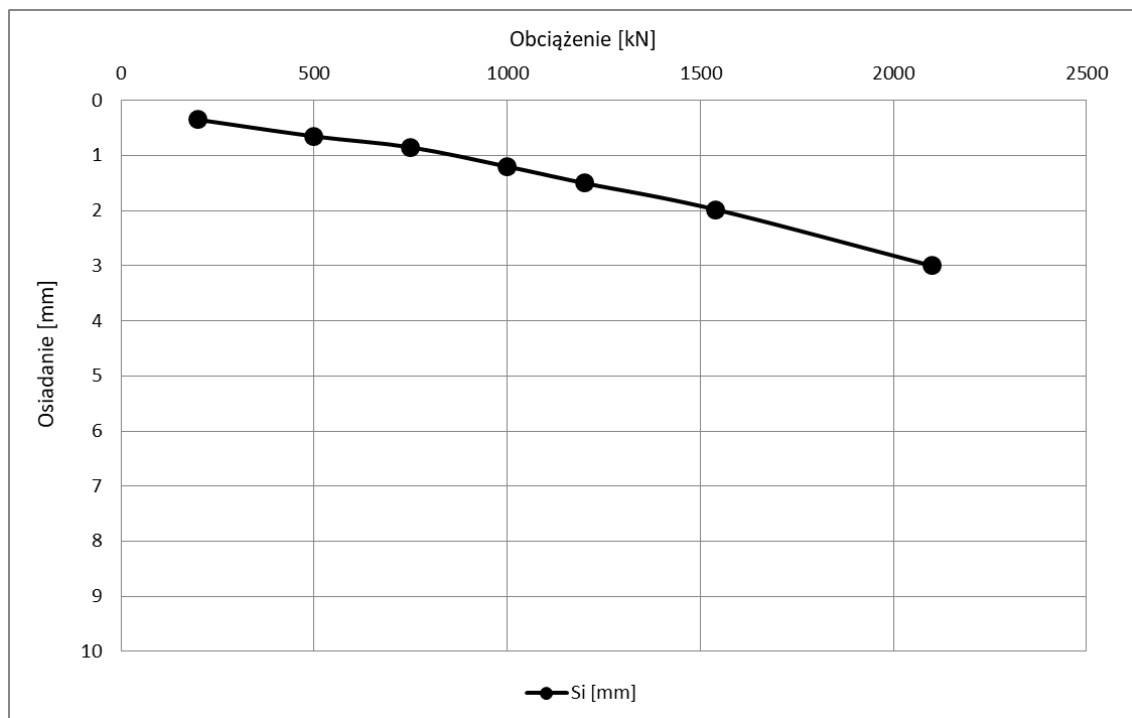
**Rys. 7.2** Współczynniki bezpieczeństwa przy osiadanu rzeczywistym oraz wartościach założonych

Po wykonanym teście bądź serii testów statycznych możliwe jest ustalenie współczynnika bezpieczeństwa na satysfakcjonującym poziomie, a następnie optymalizacja posadowienia pod względem rozstawu pali (zagęszczenie bądź zwiększenie odstępów pomiędzy palami poprzez dobór odpowiedniej siły na jeden palec).

### 7.3. Procedura przeprowadzania obliczeń nośności pala na podstawie testu statycznego pala

Poniżej przedstawiono procedurę wykonywania obliczeń nośności pala opierając się na wynikach testu statycznego pala za pomocą metody M-K oraz jej modyfikacji opracowanej w niniejszej rozprawie. Do analizy wybrano pał, w którym w teście statycznym nie osiągnięto znacznych wartości osiadań, co utrudnia jednoznaczne zdefiniowanie nośności granicznej oraz nośności pala dla poszczególnych wartości osiadań.

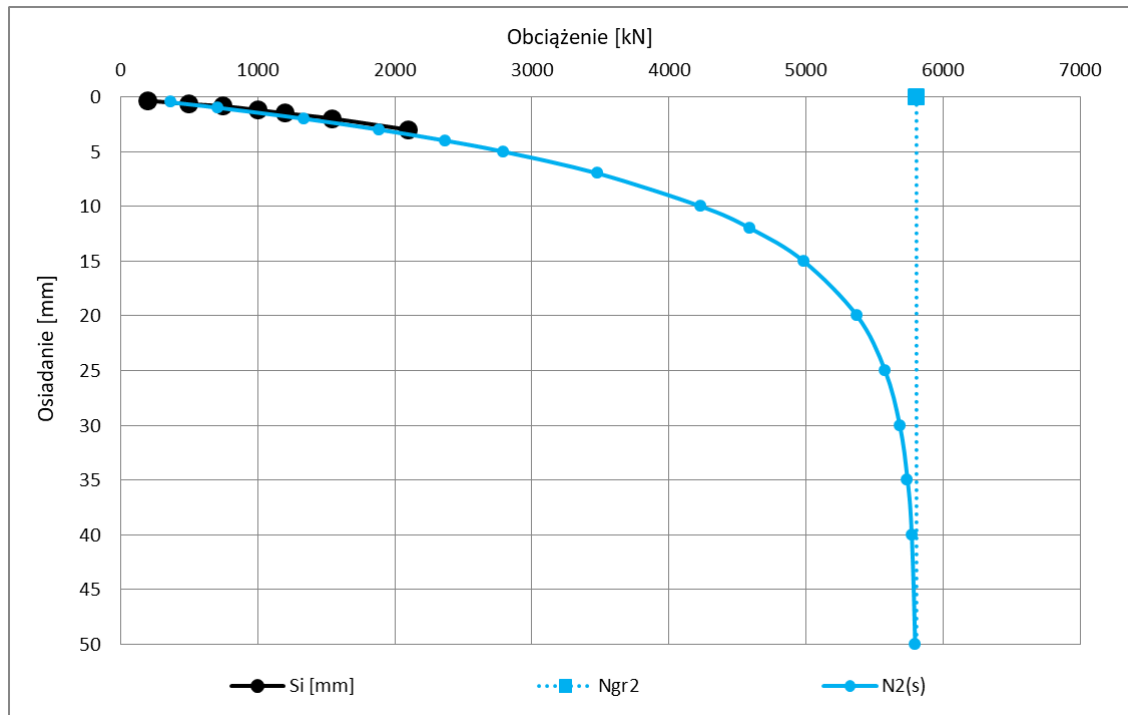
Jako przykład przywołany został jeden z pali uwzględniony w dysocjacji tj. Lp. 39. Jest to pał wykonany w technologii Vibro, o długości 18 m i średnicy 0,56 m (poszerzenie podstawy wynosi 0,63 m). Na rys. 7.3 przedstawiono wykres uzyskany z testu statycznego pala.



**Rys. 7.3** Wynik testu statycznego pala Lp. 39

Na podstawie uzyskanej krzywej Q-s nie jest możliwe określenie zarówno oporu do poszczególnych teoretycznych osiadań dopuszczalnych oraz nośności granicznej. W takim przypadku koniecznym jest zastosowanie metod pozwalających na ekstrapolowanie krzywej uzyskanej z testu.

W pierwszym kroku stosujemy podstawową metodę krzywej M-K wykorzystując zbiór wartości pomierzonych w teście statycznym celem wyznaczenia parametrów krzywej M-K. Na rys. 7.4 przedstawiono uzyskany wykres krzywej M-K dla pomierzonego zbioru punktów  $\{N_i, s_i\}$ .



**Rys. 7.4** Krzywa M-K uzyskana z podstawowej aproksymacji

Jednocześnie określa się parametry krzywej tj.:

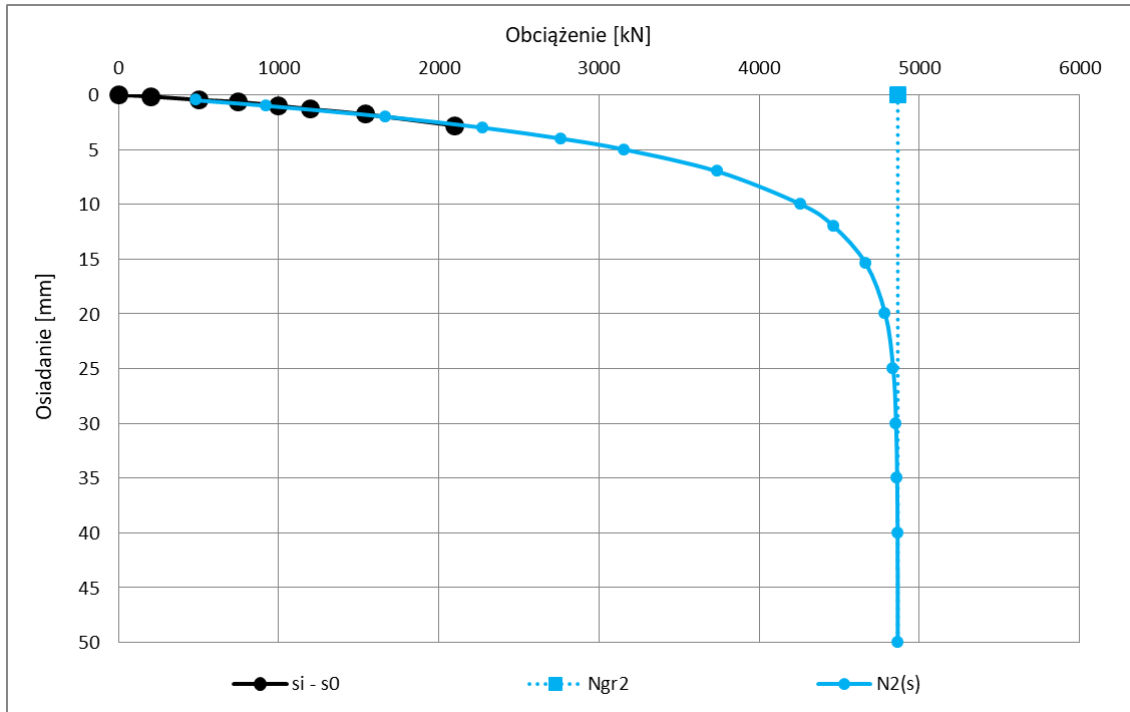
$$N_{gr,MK} = 5803 \text{ kN}, \quad \kappa = 0,01, \quad C = 0,00131 \text{ mm/MN}$$

Na podstawie wykreślonej krzywej możliwe jest wyznaczenie sił dla poszczególnych osiadań istotnych do projektowania. Tak w rozpatrywanym przypadku, wyniki te przedstawiono w tab.7.1.

**Tab. 7.1** Wartości sił przypadające na zadane wartości osiadań pala – metoda podstawowa

$s$ [mm]	$N_2(s)$ [kN]
10	4231,5
15	4979,8
20	5369,9
25	5574,1
30	5681,4

Następnie należy przeprowadzić tą samą procedurę z zastosowaniem zmodyfikowanej metody M-K. Na rys. 7.5 przedstawiono uzyskaną krzywą wraz za wartością nośności granicznej.



**Rys. 7.5** Krzywa M-K uzyskana ze zmodyfikowanej aproksymacji

Jednocześnie tak jak w poprzednim przykładzie, określa się parametry krzywej tj.:

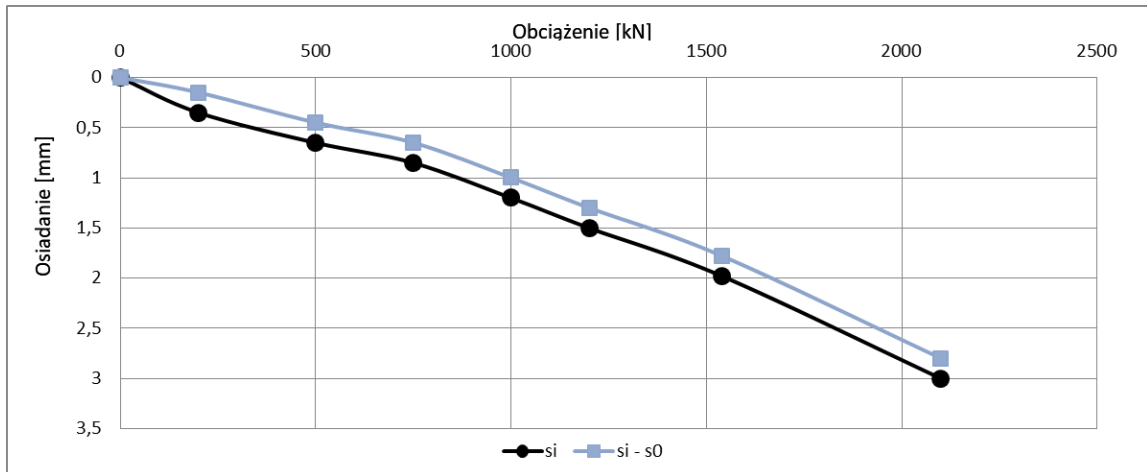
$$N_{gr,MK} = 5803 \text{ kN}, \quad \kappa = 0,01, \quad C = 0,00131 \text{ mm/MN}$$

Ponownie określa się wartości sił do szukanych osiadań, jak widać w tab. 7.2 wyniki odbiegają od wartości uzyskanych w metodzie podstawowej.

**Tab. 7.2** Wartości sił przypadające na zadane wartości osiadań pala – metoda zmodyfikowana

$s$ [mm]	$N_2(s)$ [kN]
10	4260,4
15	4666,1
20	4786,4
25	4836,1
30	4854,2

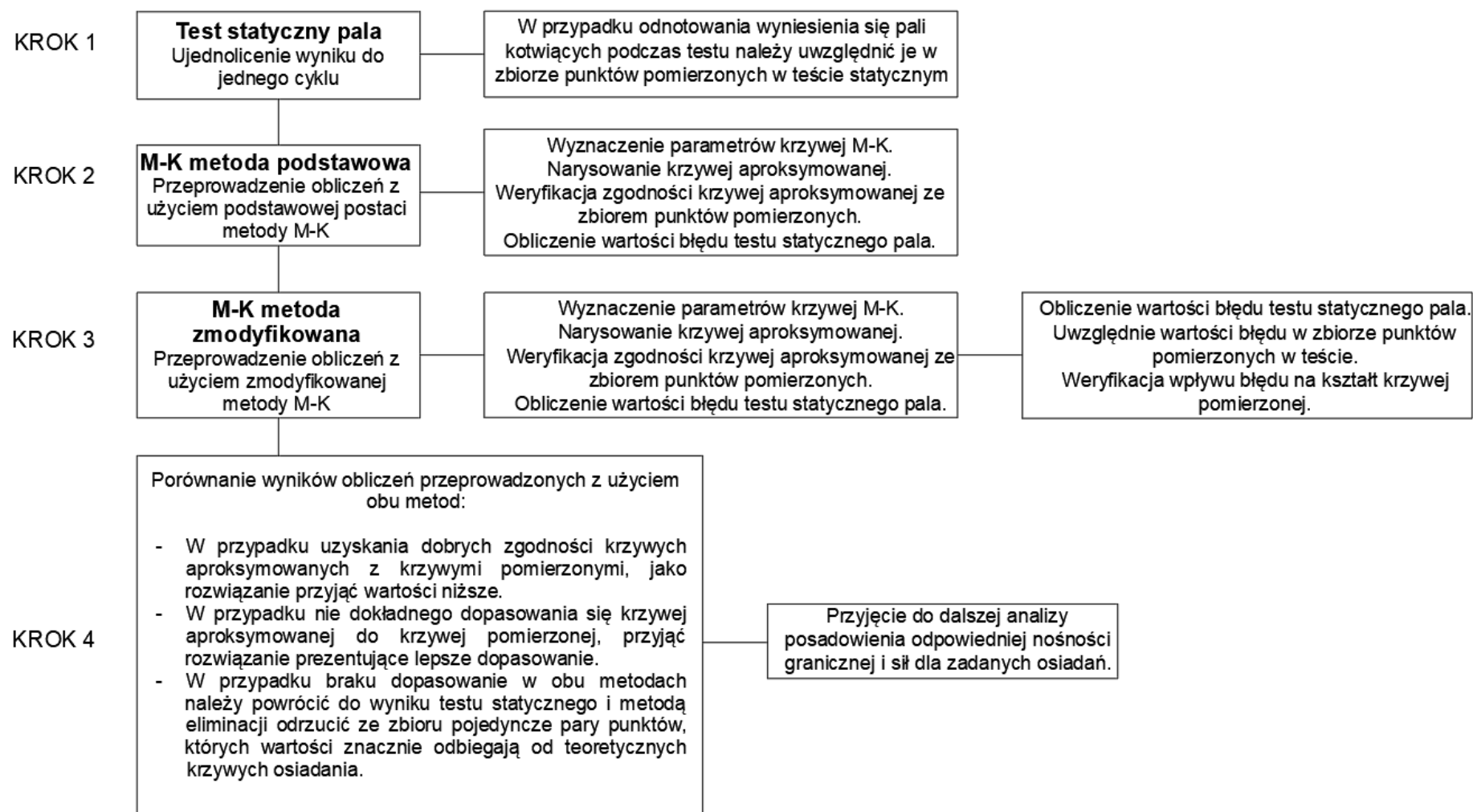
W metodzie zmodyfikowanej określa się dodatkowo wartość niepewności pomiaru w teście statycznym. W tym przypadku wartość parametru wynosi  $s_0 = 0,2 \text{ mm}$ . W celu zobrazowania wpływu tej niedokładności na zbiór punktów  $\{N_i, s_i\}$  na rys. 7.6 przedstawiono porównanie krzywych osiadania (pomierzonej oraz skorygowanej o wartość niepewności).



**Rys. 7.6** Krzywa osiadania pomierzona oraz skorygowana o wyznaczoną wartość niepewności. Uwzględnienie niepewności  $s_0$  pozwala skorygować pierwotny zbiór punktów odnotowany podczas testu statycznego.

W celu poprawnej oceny poszczególnych wyników testów statycznych koniecznym jest przyjęcie wartości niższych z dwóch zastosowanych metod. W pału Lp. 39 wyniki zarówno nośności granicznej, jak i wartości sił dla wybranych osiadań są niższe przy zastosowaniu metody zmodyfikowanej. To właśnie te wartości powinny zostać zastosowane do dalszego etapu weryfikowania nośności posadowienia palowego.

Na rys. 7.7 przedstawiono algorytm postępowania w codziennej praktyce inżynierskiej.



Rys. 7.7. Algorytm przeprowadzenia obliczeń na podstawie krzywej M-K

## 8. Podsumowanie i wnioski

### Podsumowanie

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest analiza zjawisk towarzyszących próbnym statycznym obciążeniom wpływającym na przebieg tego testu i interpretację jego wyników.

Przed przystąpieniem do analizy zaprezentowano przegląd literatury w zakresie istniejących metod obliczania nośności elementu palowego opierając się na wyniku testu statycznego z uwzględnieniem czynników towarzyszących temu badaniu. Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, iż opracowano bardzo dużą liczbę metod pozwalających na określenie nośności pala, zarówno referencyjnej (dopuszczalnej w danym elemencie palowym), jak i granicznej (siła, przy której pal rozpoczyna osiadać w sposób niekontrolowany) opierając się na wynikach testu statycznego pala. W żadnej z tych metod jednak nie uwzględniono możliwości występowania niepewności pomiaru i zjawisko to nie zostało dotychczas opisane. W literaturze występują jedynie sposoby na uwzględnianie niepewności w modelach obliczeniowych, są one jednak skupione na analizie ryzyka i niezawodności obliczeń wykonanych na podstawie znanych metod, a jak już wspomniano, metody te nie uwzględniają występowania niepewności podczas wykonywania pomiarów w trakcie badania statycznego pala. Przegląd literatury zakończono wnioskami oraz wybrano metodę do dalszego opisu zjawiska, tj. krzywą M-K.

W rozprawie przedstawiono analizę zjawiska współpracy pala z gruntem, a następnie zaproponowano postać zmodyfikowanego modelu krzywej M-K z uwzględnieniem niepewności pomiaru uwzględniającej dopasowanie się gruntu do pala, stężenie konstrukcji oporowej oraz odkształcenie się pala w gruncie ( $s_0$ ). Rozwiązanie tego modelu przedstawiono opierając się na wynikach testu statycznego, gdzie na podstawie wartości  $\{N_i, s_i\}$  sąsiadujących pomierzonych punktów możliwe jest wyznaczenie parametrów krzywej M-K wraz z wyznaczeniem wartości niepewności pomiaru. Przedstawiono również rozwiązanie w przypadku, gdzie do wykonania testu



statycznego wykorzystywane są pale kotwiące, które podlegają pionowym ruchom ku górze podczas badania. W związku z ugięciem się przestrzeni gruntowej podczas tego procesu, istnieje wpływ na badany pale, a w rezultacie na mierzoną krzywą Q-s ( $s_k$ ). Opisany model pozwala na uwzględnienie również tego zjawiska w interpretacji wyników badania statycznego pala.

Przed analizą ilościową polegającą na obliczeniach przeprowadzanych w obszernej grupie pali, przeprowadzono weryfikację modelu krzywej M-K na podstawie wyników badań eksperymentalnych. Badania eksperymentalne polegały na przeprowadzeniu testów statycznych pali w skali rzeczywistej, aż do osiągnięcia niekontrolowanych osiadań, będących wyznacznikiem osiągnięcia nośności granicznej.

Po weryfikacji modelu na wynikach w pełnym zakresie obciążeń od  $N = 0$  do  $N = N_{gr2}$  (badania eksperymentalne, pale nr: 21N, 25N, 31, 36N oraz 38), przeanalizowano wyniki badań dostępnych w literaturze, wykonanych w warunkach rzeczywistych. Pale wykonywane były w różnych technologiach i charakteryzowały się różnorodną geometrią. W wyniku analiz scharakteryzowano wpływ niepewności na parametry krzywej M-K, a co za tym idzie na charakter pracy pala (rozkład oporów, nośność graniczna) oraz wyprowadzono zależności pozwalające na przybliżone określenie parametrów krzywej M-K z uwzględnieniem niepewności.

W rozprawie zawarto ponadto możliwość praktycznego wykorzystania związków opracowanych podczas wykonywania analizy. Związki te mogą mieć zastosowanie zarówno podczas projektowania posadowień pośrednich na palach, jak i podczas projektowania próbnych statycznych obciążeń pali, a także podczas analizy wyników uzyskiwanych z próbnych statycznych obciążeń pali.

## **Wnioski**

1. Przeprowadzone badania potwierdzają tezę badawczą, iż istnieje możliwość na podstawie analizy krzywej próbnego statycznego obciążenia pala, ustalenia niepewności wynikających ze sposobu prowadzenia tego testu oraz uwzględnienia ich w interpretacji wyników.
2. Na podstawie wyników badań eksperymentalnych wykonanych w skali rzeczywistej, polegających na wykonaniu pali wielkośrednicowych oraz

- obciążeniu ich w pełnym zakresie obciążenia (aż do zniszczenia), zweryfikowano metodę M-K, jako poprawne rozwiązanie służące do ekstrapolacji krzywych pomierzonych Q-s, których wykres nie wykracza poza mały zakres osiadania (wyniki najczęściej uzyskiwane z testów statycznych pali).
3. Uznano, że na podstawie zbiorów  $\{N_i, s_i\}$  zgromadzonych podczas testu statecznego możliwe jest wyznaczenie niepewności pomiaru mającej istotny wpływ na wartości uzyskiwanych wyników obliczonego osiadania oraz parametrów krzywej M-K.
  4. Wyszczególniono dwa rodzaje niepewności:
    - a) I typu – wynikające z dopasowania się gruntu do pala, pracy elementu palowego w stanie naprężeń, stężenia konstrukcji oporowej w początkowej fazie testu.
    - b) II typu – wynikające z ugięcia się przestrzeni gruntowej wokół pala, wskutek ruchu pionowego w górę wywoływanego przez pale kotwiące użyte do wykonania testu statycznego.
  5. Przeprowadzona analiza wskazuje na istotny wpływ parametru niepewności pomiarowej  $s_0$  oraz  $s_k$  na parametry krzywej M-K.
  6. Uwzględnienie niepewności pomiarowej wpływa na zmianę nośności granicznej oraz rozkład składowych oporów elementu palowego, tj. opór poboczniczy oraz podstawy.
  7. Zależność zmian parametrów uzyskiwanych w procedurze podstawowej oraz w procedurze zmodyfikowanej dla celów praktycznych może zostać obliczona z empirycznych funkcji liniowych.
  8. Nieuwzględnienie wyniesienia pali kotwiących, a jednocześnie całego masywu gruntowego wraz z palem badanym  $s_k$  w przypadku jego występowania, w analizie krzywej Q-s będzie skutkować błędną interpretacją wyniku testu statycznego pala.

## 9. Program dalszych badań

Przewiduje się prowadzenie badań eksperymentalnych, które będą miały na celu określenie wpływu niepewności zależnie od sposobu zakotwienia (kotwy pionowe i kotwy ukośne). Układ ten ma wpływ na ugięcie przestrzeni gruntowej.

Ponadto przewiduje się badania, które będą miały na celu ustalenie, która część krzywej próbnego statycznego obciążenia jest najbardziej obciążana niepewnością pomiarową. Konieczne stanie się przeprowadzenie badań analitycznych, jak w praktyce proponować estymacje parametrów krzywej M-K, aby uzyskane wielkości były jak najbardziej przystające do rzeczywistej współpracy pała z gruntem.

Przewiduje się również badania przy wykorzystaniu statystyki matematycznej, która z części krzywej Q-S najbardziej odpowiada współpracy pała z gruntem, zgodnie z założeniami teoretycznymi. Wstępne wnioski wskazują, że zależności takiej można poszukiwać opierając się na badaniach eksperymentalnych.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Aguilar V., Nowak A., Anderson J.B. 2020. *Safety Factor for Drilled Foundations Subjected to Wind Induced Torsion*. Transportation Research Board 2020, Washington, USA.
- [2] Baca M. 2019: *Modelowanie pracy pala w warunkach samozrównoważonych obciążeń próbnym*. Rozprawa doktorska. Politechnika Wrocławska.
- [3] Backer, R. M., Duncan, J. M., Rojiani, K. B., Ooi, P. S. K., Tan, C. K., and Kim, S. G. 991. *Manual for design of bridges foundations*. NCHRP Report 343, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC.
- [4] Baecher, G. B. 1986. *Geotechnical error analysis*. Transportation Research Record, nr 1105, str. 23-31.
- [5] Baecher, G. B. and Christian, T. 2003. *Reliability and statistics in geotechnical engineering*. Wiley.
- [6] Barends F. 2011: *Introduction to soft soil geotechnique. Content, Context and Application*. IOS Press BV, Amsterdam.
- [7] Becker, D. E. 1996.. *Eighteenth Canadian Geotechnical Colloquium: Limit State Division for Foundations. Part 1. An overview of the foundation design process*. Canadian Geotechnical Journal, nr 33, str. 956-983.
- [8] Bird K.C. 2017: *Evaluation of Ultimate Pile Compression Capacity from Static Pile Load Test Results*. 1<sup>st</sup> GeoMEast International Congress and Exhibition, Egypt.
- [9] Chin F.K. 1970: *Estimation of the Ultimate Load of Piles Not Carried to Failure*. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Southeast Asian Conference on Soil Engineering, str.: 81-90.
- [10] Christian, J. T. 2004. *Geotechnical engineering reliability: How well do we know what we are doing? The 39<sup>th</sup> Terzaghi Lecture*. Journal of Geotechnical Engineering and Geoenvironmental Engineering, nr 130(10), str.985-1003.

- [11] Christian, J. T., Ladd, C. C., and Baecher, G. B. 1994. *Reliability applied to slope stability analysis*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE: Vol. 120, nr 12, str. 2180-2207.
- [12] Christian, T. 2003. *Geotechnical acceptance of limit state design methods*. LSD2003: International Workshop on Limit State Design in Geotechnical Engineering, Massachusetts, USA.
- [13] DeGroot, D. J. 1996. *Analysing spatial variability of in situ soil properties. Uncertainty in the geologic environment*, ASCE, str. 210-238.
- [14] Department of Transportation state of New York, Geotechnical Engineering Bureau, 2015: *Geotechnical control Procedure: Static pile load tests manual*.
- [15] Dithinde, M., Phoon. K. K., De Wet, M., and Retief, J. V. 2006. *Analysis of uncertainties in analytical pile design methods in South Africa*. International Symposium on New Generation Design Codes for Geotechnical Engineering Practice, Taipei, Tajwan (CD- ROM)
- [16] Dithinde, M 2007. *Characterisation of Model Uncertainty for Reliability-Based Design of Pile Foundations*. Rozprawa doktorska. University of Stellenbosch.
- [17] Fellenius, B. H. 1990. *Guidelines for the interpretation and analysis of the static loading test*, Deep foundation institute, Sparta, NJ.
- [18] Fellenius, B. H. 2001. *We have determined the capacity, then what?* Deep Foundation Institute, Fulcrum, Fall 2001, str..23-26.
- [19] Fellenius, B. H. 2001. *What capacity value to choose from the results of a static loading test*. Deep Foundation Institute, Fulcrum, Winter 2001, str. 19-22.
- [20] Fellenius B.H., 2009: *Views of Accuracy of tests and Analyses*. Piling and Deep foundation workshop Asia 2009.
- [21] Galbraith A., Farrell E., Byrne J. 2014: *Uncertainty in pile resistance from static load tests database*. Proceedings of the Institution of the Institution of Civil Engineers, Geotechnical Engineering 167 October 2014 issue GE5.
- [22] Greń J. 1974. *Statystyka matematyczna, Modele i zadania*, PWN, Warszawa

- [23] Griffiths, D.V., Fenton, G. A., and Manoharan, N. 2002. *Bearing capacity of rough rigid strip footing on cohesive soil: Probabilistic study*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE: Vol. 128, nr 9, str.. 743-755.
- [24] Gwizdała K. Dyka I 2001: *Analityczna metoda prognozowania krzywej osiadania pala pojedynczego*. Inżynieria i Budownictwo nr 12. str.: 729-733.
- [25] Gwizdała K. Dyka I. 2004: *Osiadanie pali i fundamentów palowych*. Seminarium „zagadnienia posadowień na fundamentach palowych”
- [26] Gwizdała K., Brzozowski T., Więclawski P. 2010: *Calculation aspects of pile foundation in Eurocode 7*. Research to Design in European Practice, Bratislava, Slovak Republic.
- [27] Gwizdała K. 2010: *Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia*. PWN, Warszawa
- [28] Gwizdała K., Więclawski P. 2013: *Influence of time on the bearing capacity of precast piles*. Studia Geotechnica et Mechanica XXXV, No. 4, 2013.
- [29] Gwizdała K. Więclawski P. 2015: *Nośność graniczna oraz interpretacje metod bezpośrednich dla pali przemieszczeniowych*. Wybrane zagadnienia konstrukcji i materiałów budowlanych oraz geotechniki, str.: 237-244.
- [30] Gwizdała K. Więclawski P. 2015: *Polish experience in the assessment of pile bearing capacity and settlement of the pile foundation*. Baltic Piling Days, Estonia.
- [31] Gwizdała K., Stęczniewski M. 2015: *Wykorzystanie metody funkcji transformacyjnych do analizy nośności i osiadań pali CFA*. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 3, str.: 433-437.
- [32] Gwizdała. K, Krasieński A. 2016: *Fundamenty palowe, Obliczenia z zastosowaniem zasad Eurokodu 7 i doświadczeń krajowych*. Acta Sci. Pol. Architectura 15 (2) 2016, str.: 3 -22.
- [33] Gwizdała K. Więclawski P. Słabek A. 2017: *Rozwój technologii posadowienia na fundamentach palowych, Analizy i doświadczenia w geoinżynierii*. str.: 143-160.

- [34] Gwizdała K., Słabek A. 2020: *Badanie podłoża budowli, Metody polowe Rozdział 7 Próbne obciążenia pali i podłoża gruntowego*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [35] Handley B., Ball J., Bell A., Suckling T. 2006: *Handbook on pile Load Testing*. Federation of Piling Specialists .
- [36] Hirany A. Kulhawy F. 1988: *Conduct and interpretation of load tests drilled shaft foundations*. Report EL-5915, Vol. 1, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.
- [37] Hossam E.A., Abdel-Rahman A.H. *Effect of pile load testing setup on the accuracy of the results*.
- [38] Jaksa, M. B. 1995. *The Influence of Spatial Variability on the Geotechnical Design Properties of a Stiff, Overconsolidated Clay*. . Rozprawa doktorska, The University of Adelaide
- [39] Jones, A. L., Kramer, S. L., and Arduino, P. (2002). *Estimation of uncertainty in geotechnical properties for performance earthquake engineering*. PEER Report 2002/16, University of California, Berkeley.
- [40] Kacprzak G. 2018: *Współpraca fundamentu płytowo-palowego z podłożem gruntowym*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- [41] Kania J., Sorensen K.K. 2018: *A Static Pile Load Test on a Bored Pile Instrumented with Distributed Fibre Optic Sensors*. International Symposium On Field Measurements in Geomechanics 2018.
- [42] Krasieński A, Wiszniewski M. 2017: *Static load test on concrete pile – instrumentation and results interpretation*. International Conference on Advancement of Pile Technology and Pile Case Histories (PILE 2017) str.1 – 8.
- [43] Krasieński A, Wiszniewski M. 2017: *Static load test on instrumented pile – field data and numerical simulations*, *Studia Geotechnica et Mechanica* , Vol. 39, no. 3, 2017.
- [44] Krasieński A. Kusio T. 2015: *Pile model test using strain gauge technology*. *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol .37, No. 3
- [45] Krasieński A., Gwizdała K., Kusio T., Więclawski P., Wiszniewski M. 2020: *Mechanizm współpracy z gruntem pali prefabrykowanych wbijanych w świetle próbných obciążeń pali oprzyrzędowanych*, *Inżynieria Morska i Geotechnika* 2/2020 str. 72-82.

- [46] Krasiński A., Kusio T. 2014: *Comparative model tests of SDP and CFA pile groups in non-cohesive soil*. *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol XXXVI, No. 4, 2014.
- [47] Kulhawy, F. H. 2004. *Geotechnical uncertainty and reliability-based design of foundations*. GeoMo 2004: Course lecture notes.
- [48] Kulhawy, F. K. and Tautmann, C. H. 1986. *Estimation of in-situ test uncertainty*. *Uncertainty in the geologic environment*, Madison, ASCE, pp.269-286.
- [49] Kulhawy, F.H. and Phoon, K. K. 2002. *Observations on geotechnical reliability-based design development in North America*. Proc. of Foundation Design Codes and Soil Investigation in View of International Harmonization and Performance-Based Design. Kamakura, Japan, 95-103.
- [50] Kulhuwy, F. K., Roth, M .J. S., and Grigoriu, M. D. 1991. *Some statistical evaluation of geotechnical properties*. Proc. of the 6<sup>th</sup> International Conference on Application of Statistics and Probability in Civil Engineering. Vol. 2, str. 705-712.
- [51] Lacasse, S. and Nadim, F. (1996). *Model uncertainty in Pile Axial Capacity Calculations*. Proc. of the 28<sup>th</sup> Offshore Technology Annual Conference. Houston Texas, U.S.A, str. 369- 380.
- [52] Lacasse, S. and Nadim, S. 1996. *Uncertainties in characterizing soil properties*. *Uncertainty in the geologic environment*, ASCE, pp. 49-75.
- [53] Lacasse S., Nadim F., Eidsvig U., Liu Z. 2013: *Reliability of axial pile capacity calculation methods*. *Canadian Geotechnical Journal* January 2013.
- [54] Lunne T., Robertson P., Powell J. 1997: *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. E &FN Spon Press, Wielka Brytania.
- [55] Marcos M., Chen Y.J., Kulhawy F.H. 2013: *Evaluation of Compression Load Test Interpretation Criteria for Driven Precast Concrete Pile Capacity*. *KSCE Journal of Civil Engineering* 17(5):1008-1022
- [56] Marcos M.C., Lin S.S., Liao M.R., Huang J.K., Chen Y.J. 2012: *Development of a Database for Pile Load Tests*. *GeoCongress ASCE* 2012.



- [57] Meyer Z. 2010: *Analiza naprężeń na pobocznicy pod podstawą pojedynczego pala w oparciu o teorię Boussinesqa*. XVIII Seminarium Naukowe Regionalne Problemy Inżynierii Środowiska, Szczecin.
- [58] Meyer, Z., Kowalów M. 2010: *Model krzywej aproksymującej wyniki testów statycznych pali*. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 3, str.: 438–441.
- [59] Meyer Z., Kowalow M., Wasiluk A., Wolff C.: *Optymalizacja warunków posadowienia dużej hali produkcyjnej na przykładzie budowy fabryki samochodów marki Volkswagen we Wrześni*, Awarie Budowlane 2015, Międzyzdroje, maj 2015.
- [60] Meyer Z., Szmeczel G. 2015: *Określenie oporów pobocznicy pala na podstawie próbnych statycznych obciążeń pala*. Inżynieria Morska i Geotechnika, nr 3, str.:441–444.
- [61] Meyer Z., Szmeczel G. 2015: *Problemy zasad wymiarowania pali*. Inżynieria Morska i Geotechnika nr 3, str.:444–449.
- [62] Meyer Z., Żarkiewicz K. 2015: *Analiza mobilizacji oporu pobocznicy i podstawy pala na podstawie interpretacji badań modelowych*. Inżynieria Morska i Geotechnika 3, str.: 350–354.
- [63] Meyer Z., Wasiluk A. 2018: *Analiza niedokładności pomiarów badania statycznego pala z wykorzystaniem modeli analitycznych*. Inżynieria Morska i Geotechnika 5, str.: 344-352.
- [64] Meyer Z., Stachecki K. 2018 *Static load test curve (Q-s) conversion in to pile of different size*. Annals of Warsaw Univeristy of Life Sciences – SGGW, Land reclamaiton No 50(2), str.: 171-182.
- [65] Meyer Z., Wasiluk A. 2019: *Verification of Meyer-Kowalow curve parameters*. Proceedings of the third international conference – Challenges in geotechnical engineering 2019 , str.: 25.
- [66] Meyer Z., Wasiluk A. 2019: *Weryfikacja krzywej Meyera-Kowalowa w oparciu o wyniki eksperymentalne oraz kolejny etap analizy niedokładności pomiarów testu statycznego pala*. Inżynieria Morska i Geotechnika 6, str.: 315-323.
- [67] Naveen B.P., Parthasarathy C.R., Sitharam T.G. 2014: *Numerical Modeling of Pile Load Test*. 4th China Piling and Deep Foundations Summit. Shanghai, China.

- [68] Nowak, A. and Collins, K. R. (2000). *Reliability of structures*. McGraw-Hill, New York.
- [69] Olgun M., Hanati A., Yenginar Y. 2017: *Evaluation of Pile Loading Test Results by Different Methods*, Digital Proceedings of ICOCEE-CAPPADOCIA 2017.
- [70] Phoon, K.K. (2005). *Reliability-based design incorporating model uncertainties*. Proc. of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Geotechnical Engineering combined with 9<sup>th</sup> yearly Meeting of Indonesian Society for Geotechnical Engineering, str. 191 - 203.
- [71] Phoon K. and Kulhawy, F. H. 1996. *On quantifying inherent soil variability*. Uncertainty in the geologic environment, ASCE, str.. 326-352.
- [72] Phoon K. and Kulhawy F. H. 1999. *Characterisation of geotechnical variability*. Canadian Geotechnical Journal; Vol. 36, nr 4, str. 612-624.
- [73] Phoon K. and Kulhawy, F.H. 2005. *Characterisation of model uncertainty for laterally loaded rigid drilled shaft*. Geotechnique, Vol. 55, No.1, pp. 45 - 54.
- [74] Phoon, K. K. and Kulhawy, F. H. (2005b). *Characterisation of model uncertainties for drilled shafts under undrained axial loading*. Contemporary Issues in Foundation Engineering(GSP 131), ASCE, Reston.
- [75] Phoon K. 2017: *Role of reliability calculations in geotechnical design*, Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards.
- [76] Phoon K., Tang. Ch. 2019: *Characterisation of geotechnical model uncertainty*, Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards.
- [77] Prekop L. 2017: *Modelling the pile load test*, DYN-WIND 2017
- [78] Paikowsky, S. G. and Tolosko, T. A., 1999. *Extrapolation of pile capacity from non-failed load tests*. Federal Highway Administration Report No. FHWA-RD-99-170, Washington D.C.
- [79] Rybak J. 2008: *Metody obliczania nośności granicznej pali fundamentowych*. Górnictwo i Geoinżynieria, Zeszyt 2.

- [80] Sahajda K. 2013: *Nonlinearity of concrete modulus and its influence on the interpretation of instrumented pile load tests*. Central European Congress on Concrete Engineering. Concrete Structures in Urban Areas.
- [81] Siemaszko P. Meyer Z. 2019: *Static load test curve analysis based on soil field investigations*. Biulletin of the polish academy of sciences Technical sciences Vol. 67.
- [82] Singh N. T. 2016: *Verifications of pile load capacity using static pile load test*. CESDOC 2016.
- [83] Sobotka A. Pająk M. 2009: *Rozwój technologii palowania i problem ich wyboru*. Przegląd budowlany 2/2009.
- [84] Szmeczel G. 2014: *Określenie nośności granicznej pali na podstawie próbnich bciążeń statycznych w ograniczonym zakresie*. Rozprawa doktorska. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.
- [85] Tabb, M. M. and Yong, R. N. 1981. *Mapping and Predicting Soil Properties: Theory*. Journal of Engineering Mechanics, ASCE, Vol. 107, nr 5, str. 733-811.
- [86] Tang, W. H. 1981. *Probabilistic evaluation of loads*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 107(3), 287-304.
- [87] Tang, W. H. 1984. *Principles of probabilistic characterisation of soil properties*. *Probabilistic characterisation of soil properties: Bridge between theory and practice*. New York, 74-89.
- [88] Tang Ch. Phoon K. 2021 *Model Uncertainties in Foundation Design*, ISBN 9780429024993
- [89] Whitman, R. V. 1984. *Evaluating calculated risk in geotechnical engineering*. The Seventeenth Terzaghi Lecture. Journal of Geotechnical Engineering and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 110(2): 145-188.
- [90] Whitman, R. V. 1984. *Evaluating the calculated risk in geotechnical engineering*. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol. 110, nr 2, str. 145 -188.
- [91] Whitman, R. V. 2000. *Organizing and evaluating uncertainties in geotechnical engineering*. Journal of Geotechnical Engineering and Geoenvironmental Engineering., ASCE, Vol. 126, nr 7, str. 583-593.

- [92] Więclawski P. 2015 *Nośność graniczna pali vibro obciążanych osiowo na podstawie próbnych obciążeń statycznych i wyników sondowania CPT*. Wybrane interdyscyplinarne zagadnienia budownictwa, str. 235-248.
- [93] Więclawski P. 2015: *Prognozowanie pracy pali Vibro obciążonych osiowo z wykorzystaniem wyników sondowania CPT*. Rozprawa doktorska. Politechnika Gdańska.
- [94] Więclawski P. 2016: *Metodyka szacowania osiadań pali vibro na podstawie wyników badań statycznych CPT*. Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska.
- [95] Więclawski P. 2018: *Metoda szacowania nośności granicznych pali Vibro na podstawie quasi-liniowych krzywych osiadania*. Inżynieria Morska i Geotechnika 6/2018, str.: 410-416.
- [96] Więclawski P. 2019: *The application of phenomenological methodology for designing pile foundation in port structures*. Polish Maritime research 1(101) 2019 Vol. 26, str.: 49-54.
- [97] Wiłun Z. 2013: *Zarys Geotechniki*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ
- [98] Wiszniewski M., Krasieński A., Linowiecki J. 2018: *Zmienność modułu sprężystości betonu w trzonie pala przemieszczeniowego w świetle badań laboratoryjnych*. Acta Sci. Pol. Architectura 17(3)2018, str.: 57-65.
- [99] Wrana B. 2015: *Pile load capacity – calculations methods*. Studia Geotechnica et Mechanica, Vol. 37, No. 4, 2015.
- [100] Yue Ma E.S., Lewis M. 2018: *Instrumented Static Pile Load Testing of Cast-in-place Concrete Piles in Edmonton*, GeoEdmonton 2018.
- [101] Zhang, L.M., Tang, W.H., and Ng, C.W.W. 2001. *Reliability of axially loaded driven pile groups*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 127, nr 12, str. 1051-1060.
- [102] Żarkiewicz K. 2017: *Analiza formowania się oporu poboczniczy pala w gruntach niespoistych na podstawie modelowych badań laboratoryjnych*. Rozprawa doktorska. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.
- [103] Żarkiewicz K. 2018: *LABORATORY RESEARCH OF TOE RESISTANCE BASED ON STATIC PILE LOAD TESTS IN DIFFERENT SCHEMES/* Civil and Environmental Engineering reports CEER 2018, 28 (1):172-181.

WYKORZYSTANE MATERIAŁY NIEPUBLIKOWANE:

- [104] Wyniki próbnych statycznych obciążeń pali, Energopol (2018), Warszawa, Budowa drogi ekspresowej S2.
- [105] Wyniki próbnych statycznych obciążeń pali, Energopol (2017), Wałcz, Budowa obwodnicy miasta Wałcz, w ciągu drogi krajowej DK10.
- [106] Wyniki próbnych statycznych obciążeń pali, Energopol (2016), Wałcz, Budowa obiektów/urządzeń ochrony przecipowodziowej dla kanału przerzutowego Odra-Widawa i dliny Widawy wraz z przebudową obiektów mostowych, Wrocław.

NORMY:

- [107] PN-69/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [108] PN-83/B-02482. Fundamenty budowlane. Nośność pali i fundamentów palowych.
- [109] PN-EN 1997-1:2008. Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Cz. 1: Zasady ogólne.
- [110] PN-EN 12699:2003 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych -- Pale przemieszczeniowe*, Polski Komitet Normalizacyjny
- [111] PN-EN 1536:2001 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone.*, Polski Komitet Normalizacyjny

## SPIS RYSUNKÓW

<b>Rys. 3.1</b> Sposób wyznaczania nośności granicznej w przypadku krzywej bez załomu.....	22
<b>Rys. 3.2</b> Sposób wyznaczania nośności granicznej wg PN-83/B02482 [105].....	23
<b>Rys. 3.3</b> Określenie nośności pala z testu statycznego metodą De Beera.....	24
<b>Rys. 3.4</b> Określenie nośności pala z testu statycznego metodą Nordluna, Fullera & Hoya oraz Butlera & Hoya .....	25
<b>Rys. 3.5</b> Nośność graniczna określona metodą Davissona .....	27
<b>Rys. 3.6 a)</b> Schemat graficzny modelu krzywej M-K [63] .....	28
<b>Rys. 3.6 b)</b> Schemat pracy pala w gruncie [63] .....	28
<b>Rys. 3.7</b> Krzywe osiadania przy różnych wartościach parametru $\kappa$ .....	31
<b>Rys. 3.8</b> Ekstrapolacja nośności granicznej metodą Chin-Kondner .....	33
<b>Rys. 3.9</b> Krzywe aproksymowane zbioru pomierzonego w teście statycznym (M-K oraz Chin-Kondner) .....	35
<b>Rys. 3.10</b> Ekstrapolacja metodą Decourta .....	36
<b>Rys. 3.11</b> Krzywe aproksymowane zbioru pomierzonego w teście statycznym (M-K, Decourt oraz Chin-Kondner) .....	38
<b>Rys. 3.12</b> Nośność pala wg Kryterium Hansena.....	40
<b>Rys. 3.13</b> Nośność pala wg Kryterium Hansena wydłużona poza zakres wartości pomierzonych (ekstrapolacja krzywą M-K) .....	41
<b>Rys. 3.14</b> Krzywa pomocnicza wg Hansena oraz krzywa pomocnicza uwzględniająca własności wprowadzone z krzywej M-K.....	42
<b>Rys. 3.15</b> Schemat współpracy pala/kolumny z gruntem w metodzie funkcji transformacyjnych oraz rodzaje funkcji transformacyjnych [32] .....	43
<b>Rys. 3.16</b> Metoda zmodyfikowanej zależności hiperbolicznej krzywej Q-s wg Gwizdały.....	45
<b>Rys. 4.1</b> Schemat pala zagłębionego w gruncie.....	54
<b>Rys. 4.2</b> Poglądowe przedstawienie niepewności $s_0$ w krzywej M-K .....	58
<b>Rys. 4.3.</b> Schemat geometryczny pali do próbnego statycznego obciążenia [63] .....	60
<b>Rys. 4.4</b> Krzywa M-K z korektą na wyciąganie pala kotwiącego [63].....	62
<b>Rys. 5.1</b> Lokalizacja miejsca badań, ciąg drogi ekspresowej S2 (źródło: <a href="http://www.pulawska-lubelska.pl">www.pulawska-lubelska.pl</a> - dostęp 30.01.2019) .....	63
<b>Rys. 5.2</b> Szkic koferdamu wraz z lokalizacją i geometrią poletka testowego na podporze [104] .....	64
<b>Rys. 5.3</b> Wynik testu statycznego pala w dużym zakresie osiadania a) krzywa pomierzona, b) krzywa interpolowana na podstawie wyniku [65] .....	66

<b>Rys. 5.4</b> Aproksymacja krzywą M-K pala nr 36N wraz z rozkładem składowych nośności pala (pobocznicą oraz podstawą pala) .....	69
<b>Rys. 5.5</b> Aproksymacja krzywą M-K pala nr 25N wraz z rozkładem składowych oporu pala (pobocznicą oraz podstawą pala) .....	69
<b>Rys. 6.1</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ oraz wykreślone krzywe. (pal LP 135).....	72
<b>Rys. 6.2</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ przy założeniu występowania niedokładności $s_0$ , wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem $\{Ni, si\}$ pomierzonym a skorygowanym.(pal LP 135) .....	73
<b>Rys. 6.3</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ oraz wykreślone krzywe (pal LP 145).....	73
<b>Rys. 6.4</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ przy założeniu występowania niedokładności $s_0$ , wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem $\{Ni, si\}$ pomierzonym a skorygowanym (LP 145).....	74
<b>Rys. 6.5</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ oraz wykreślone krzywe (LP 98).....	74
<b>Rys. 6.6</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ przy założeniu występowania niedokładności $s_0$ , wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem $\{Ni, si\}$ pomierzonym a skorygowanym (LP 98).....	75
<b>Rys. 6.7</b> Układ pali do przykładu obliczeniowego [63].....	76
<b>Rys. 6.8</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ oraz wykreślone krzywe (38-12L). – bez uwzględnienia wyniesienia.....	78
<b>Rys. 6.9</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ oraz wykreślone krzywe (38-12L) – uwzględnienie wyniesienia .....	79
<b>Rys. 6.10</b> Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych $\{Ni, si\}$ przy założeniu występowania niedokładności $s_0$ po uwzględnieniu wyniesienia, wykreślone krzywe oraz graficzne przedstawienie różnicy pomiędzy zbiorem $\{Ni, si\}$ pomierzonym a skorygowanym (38-12L) .....	79
<b>Rys. 6.11</b> Szkic przedstawiający geometrie poletka testowego do statycznych obciążeń [59] ..	80
<b>Rys. 6.12</b> Oszacowane wartości niepewności dla 61 pali wraz z oczekiwanym rozkładem normalnym .....	90
<b>Rys. 6.13</b> Zmiana wartości nośności granicznej w procedurze zmodyfikowanej w odniesieniu do wyznaczonych wartości niepewności podana w procentach.....	91
<b>Rys. 6.14</b> Stosunek nośności granicznej wyznaczonej z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej.....	92

<b>Rys. 6.15</b> Stosunek stałej $C2$ wyznaczonej z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej .....	93
<b>Rys. 6.16</b> Stosunek wartości parametru $\kappa 2$ wyznaczonego z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej.....	94
<b>Rys. 6.17</b> Stosunek wartości parametru $Ngr1$ wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej.....	95
<b>Rys. 6.18</b> Stosunek wartości parametrów $Ngr2$ oraz $C2$ wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej - pale wielkośrednicowe (I grupa).....	97
<b>Rys. 6.19</b> Stosunek wartości parametrów $Ngr2$ oraz $C2$ wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej - pale Vibro (II grupa) .....	98
<b>Rys. 6.20</b> Stosunek wartości parametrów $Ngr2$ oraz $C2$ wyznaczonych z pomocą procedury zmodyfikowanej oraz procedury podstawowej - pale różnych technologii (III grupa) .....	99
<b>Rys. 7.1</b> Rysunek pomocniczy do graficznego ujęcia związków $\kappa 2$ dla dużych sił .....	104
<b>Rys. 7.2</b> Współczynniki bezpieczeństwa przy osiadaniu rzeczywistym oraz wartościach założonych .....	108
<b>Rys. 7.3</b> Wynik testu statycznego pala Lp. 39 .....	109
<b>Rys. 7.4</b> Krzywa M-K uzyskana z podstawowej aproksymacji.....	110
<b>Rys. 7.5</b> Krzywa M-K uzyskana ze zmodyfikowanej aproksymacji .....	111
<b>Rys. 7.6</b> Krzywa osiadania pomierzona oraz skorygowana o wyznaczoną wartość niepewności .....	112
<b>Rys. 7.7</b> Algorytm przeprowadzenia obliczeń na podstawie krzywej M-K .....	113



## SPIS ZDJĘĆ

**Zdj. 1.1** (od lewej) Test statyczny z użyciem pali kotwiących (źródło: Adam Wasiluk)

**Zdjęcie 1.2** Test statyczny z wykorzystaniem bloków betonowych obciążający grupę pali  
(źródło: Adam Wasiluk)

**Zdjęcie 5.1** Konstrukcja oporowa przygotowana do wykonania próbnego obciążenia pala  
(źródło: A. Wasiluk)

## SPIS TABEL

<b>Tab. 5.1</b> Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych w skróconych zbiorach $\{N_i, s_i\}$ ze znaną wartością nośności granicznej .....	67
<b>Tab. 5.2</b> Wyniki pomierzonych nośności granicznych oraz parametrów krzywej M-K wyznaczonych w skróconych zbiorach.....	67
<b>Tab. 6.1</b> Wyniki uzyskane z próbnego statycznego obciążenia .....	77
<b>Tab. 6.2</b> Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących .....	77
<b>Tab. 6.3</b> Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących. – pal 25.6 .....	81
<b>Tab. 6.4</b> Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących. – pal 25.3 .....	81
<b>Tab. 6.5</b> Wyniki obliczeń na podstawie przedstawionej metody uwzględniającej wyniesienie pali kotwiących. – pal 4.3 .....	82
<b>Tab. 6.6</b> Zestawienie wyników aproksymacji do pali testowych – wpływ wyniesienia .....	82
<b>Tab. 6.7</b> Zbiorcze wyniki przeprowadzonych analiz – tj. wyniki aproksymacji w procedurze podstawowej oraz zmodyfikowanej wszystkich pali - grupa I.....	85
<b>Tab. 6.8</b> Zbiorcze wyniki przeprowadzonych analiz – tj. wyniki aproksymacji w procedurze podstawowej oraz zmodyfikowanej wszystkich pali - grupa II .....	86
<b>Tab. 6.9</b> Zbiorcze wyniki przeprowadzonych analiz – tj. wyniki aproksymacji w procedurze podstawowej oraz zmodyfikowanej wszystkich pali - grupa III.....	87
<b>Tab. 6.10</b> Wartości obliczonych statystyk opisowych zbioru 61 pali .....	88
<b>Tab. 6.11</b> Wartości obliczonych statystyk opisowych pali, gdzie odnotowano mniejsze wartości parametrów.....	88
<b>Tab. 6.12</b> Wartości obliczonych statystyk opisowych pali, gdzie odnotowano większe wartości parametrów.....	89
<b>Tab. 7.1</b> Wartości sił przypadające na zadane wartości osiadań pala – metoda podstawowa..	110
<b>Tab. 7.2</b> Wartości sił przypadające na zadane wartości osiadań pala – metoda zmodyfikowana .....	111

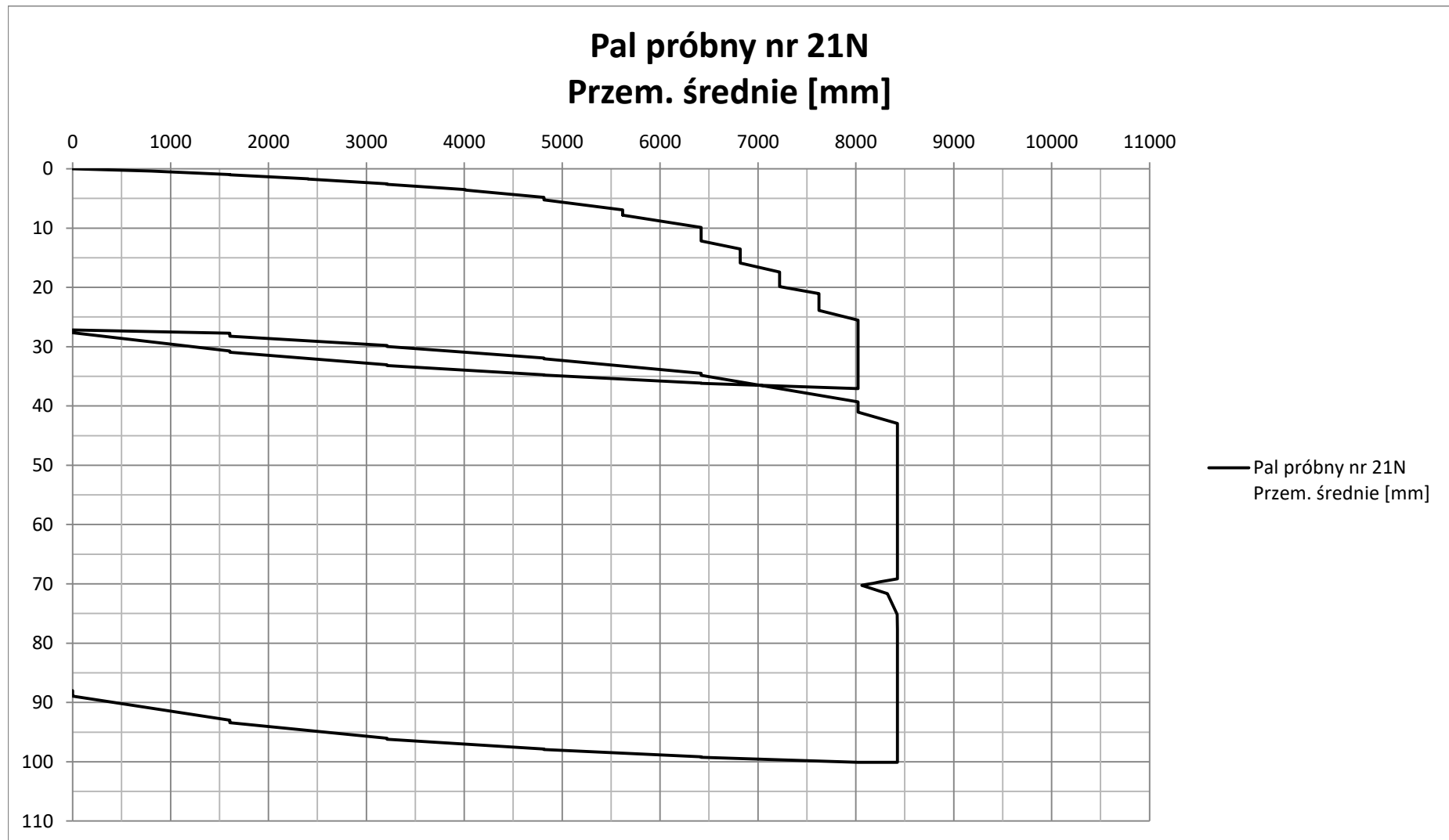
**SPIS ZAŁĄCZNIKÓW**

1. Wyniki badań eksperymentalnych – wydruki z pomiarów testów statycznych
2. Wyniki badań eksperymentalnych obliczenia
3. Wyniki badań analitycznych – uwzględnienie wyniesienia
4. Wyniki badań analitycznych – zbiór 61 pali, analiza niepewności pomiaru

## **Załącznik 1**

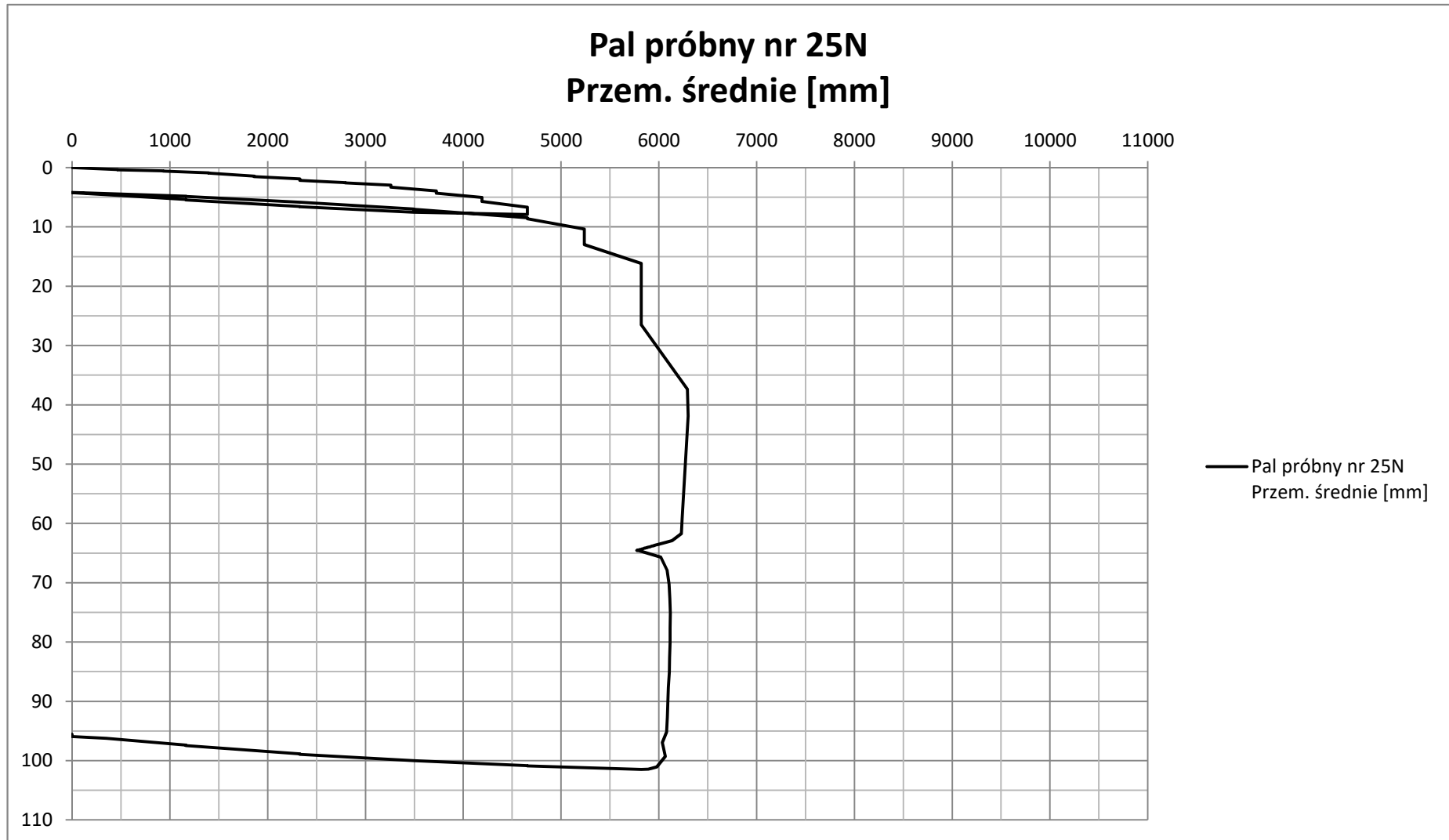
Wyniki badań eksperymentalnych - wydruki z pomiarów testów statycznych

WYNIKI PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA PALA  
17064 SLTR Podpora 10L Pal nr 21N Rewizja 2



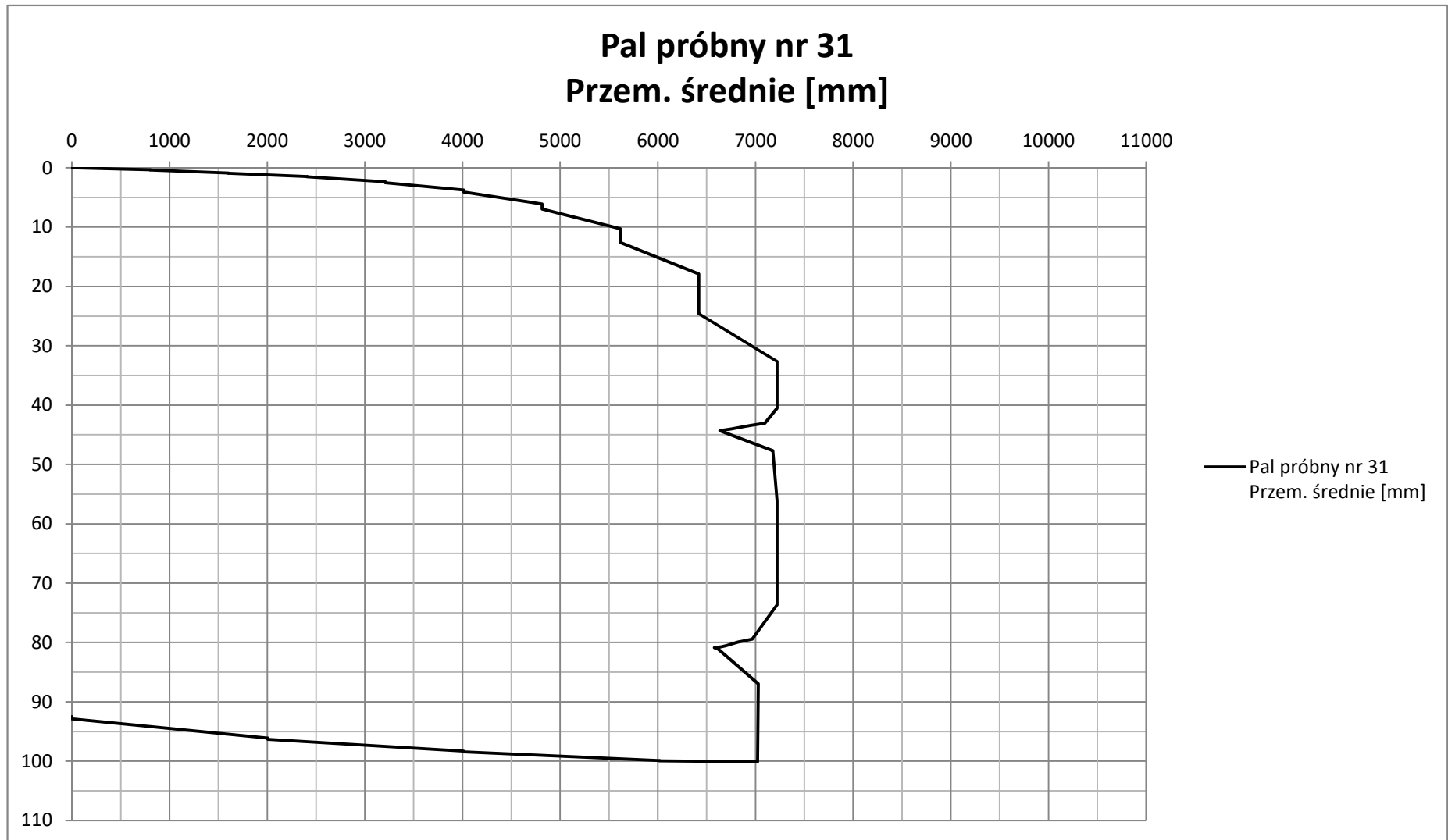
Wykres zależności  $Q$  (obciążenia) od  $s$  (średnia osiadania)

WYNIKI PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA PALA  
17064 SLTR Podpora 10L Pal nr 25N



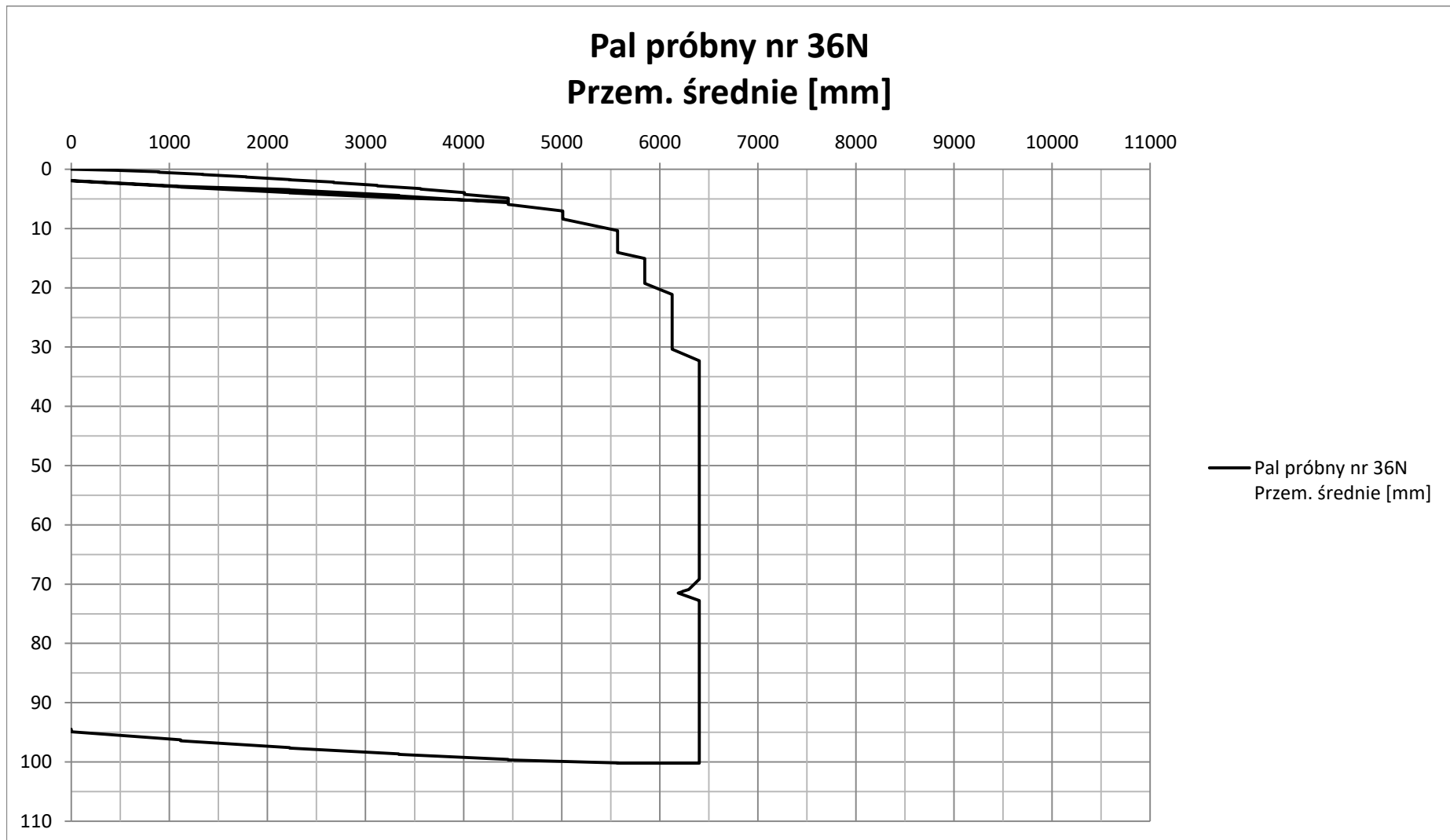
Wykres zależności Q (obciążenia) od s (średnia osiadania)

WYNIKI PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA PALA  
17064 SLTR Podpora 10L Pal nr 31.xlsx



Wykres zależności Q (obciążenia) od s (średnia osiadania)

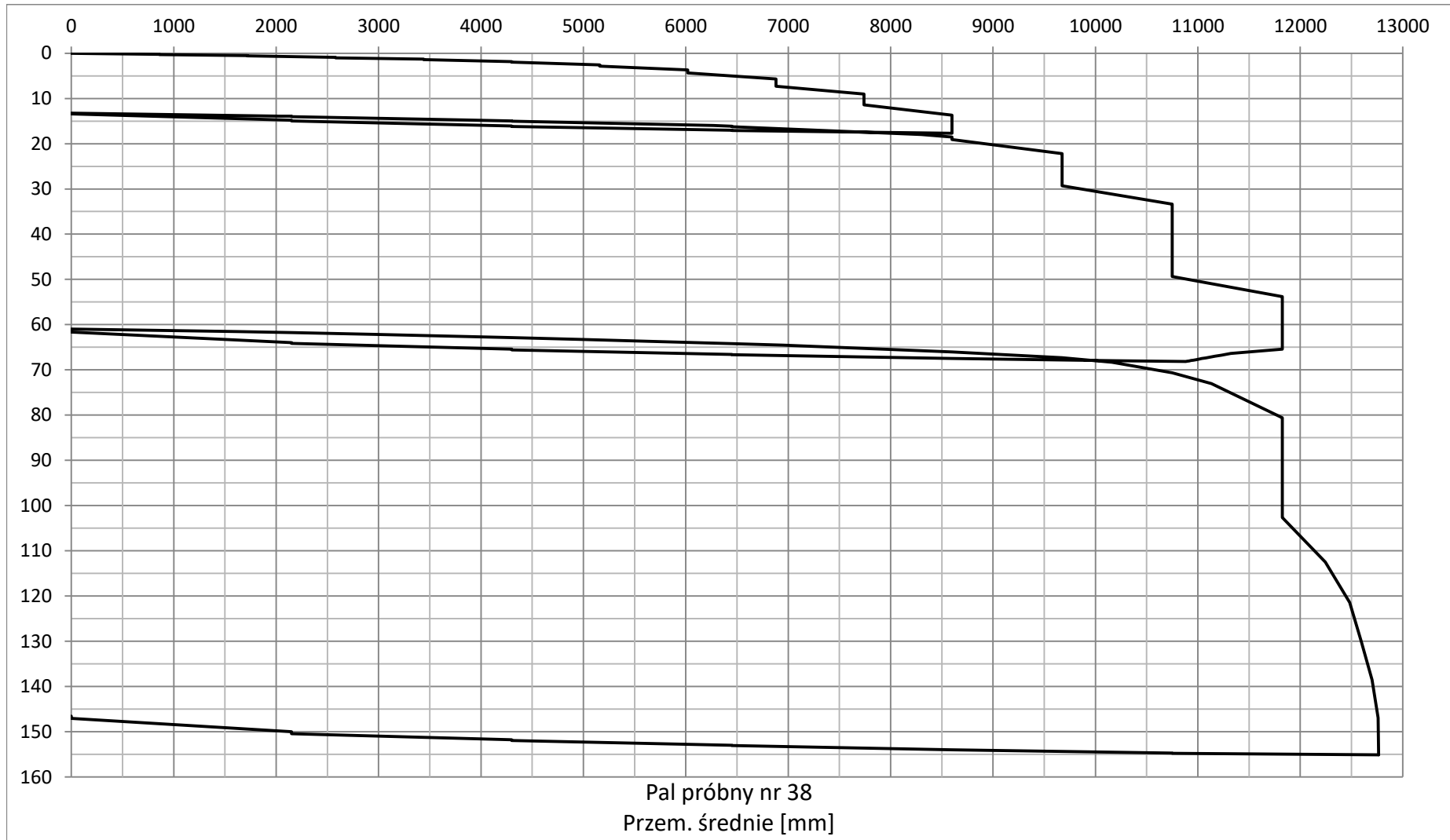
WYNIKI PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA PALA  
17064 SLTR Podpora 10L Pal nr 36N



Wykres zależności Q (obciążenia) od s (średnia osiadania)



WYNIKI PRÓBNEGO OBCIĄŻENIA PALA  
17064 SLTR Podpora 10P Pal nr 38



Wykres zależności Q (obciążenia) od s (średnia osiadania)

## **Załącznik 2**

Wyniki badań eksperymentalnych obliczenia:

Załączniki 2.1 – 2.5 – pełny zakres osiadania

Załączniki 2.6 – 2.10 – skrócony zakres osiadania

Lp. 21N

Technologia:  
Pale wielkośrednicowe

Załącznik 2.1

Geometria pala:	
H	27,5 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1,2 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

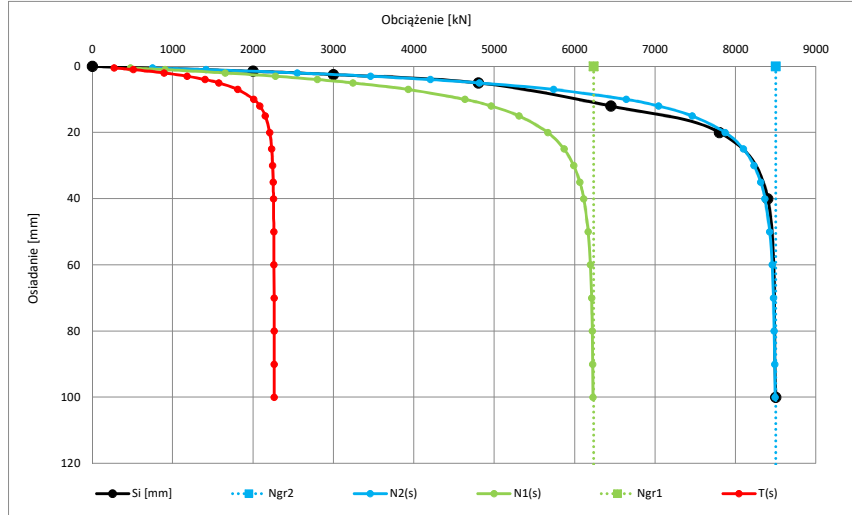
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,50	2000,00
2,50	3000,00
5,00	4800,00
12,00	6450,00
20,00	7800,00
40,00	8400,00
100,00	8500,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8500	[kN]
C2	0,00063	[mm/kN]
Kappa 2	0,26	[-]

Ngr 1	6235	[kN]
C1	0,00100	[mm/kN]
Kappa 1	0,23	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	748,8	474,8	274,0
1	1416,3	905,9	510,4
2	2547,4	1654,9	892,5
3	3459,9	2278,4	1181,5
4	4202,8	2800,5	1402,3
5	4812,7	3240,2	1572,5
7	5737,8	3929,5	1808,3
10	6641,3	4634,2	2007,1
12	7042,2	4959,4	2082,8
15	7460,0	5308,4	2151,6
20	7871,7	5664,5	2207,2
25	8097,5	5866,1	2231,4
30	8229,8	5986,7	2243,1
35	8311,7	6062,2	2249,5
40	8364,6	6111,4	2253,3
50	8424,6	6167,2	2257,4
60	8454,6	6195,0	2259,6
70	8471,0	6210,0	2260,9
80	8480,6	6218,7	2261,9
90	8486,5	6224,0	2262,5
100	8490,3	6227,3	2263,0



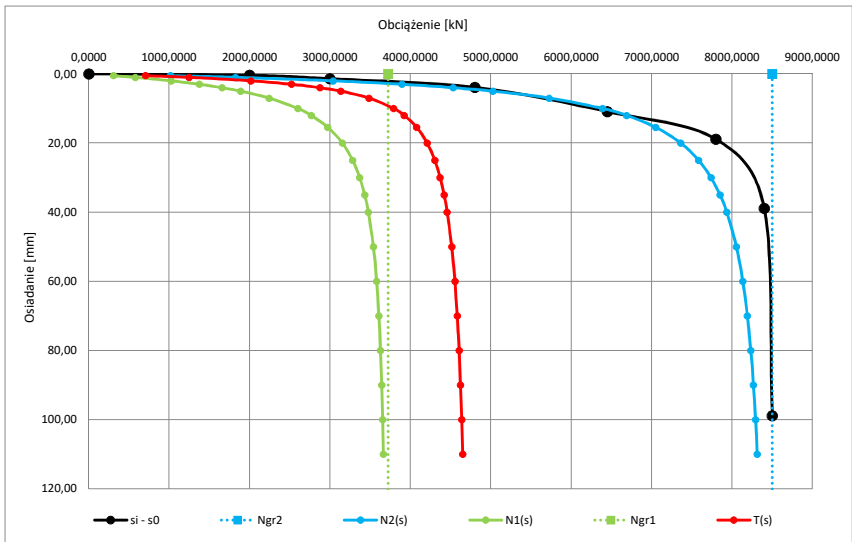
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8500	[kN]
C2	0,00044	[mm/kN]
Kappa 2	0,86	[-]

Ngr 1	3721	[kN]
C1	0,00151	[mm/kN]
Kappa 1	0,62	[-]

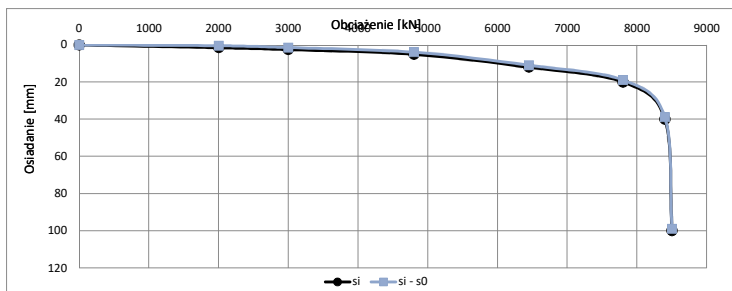
s0	1,10	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1015,2	308,5	706,6
1	1826,0	577,7	1248,3
2	3036,8	1022,9	2013,9
3	3894,5	1374,3	2520,2
4	4531,8	1657,1	2874,7
5	5022,6	1888,6	3134,0
7	5726,6	2242,3	3484,3
10	6390,5	2599,2	3791,4
12	6688,4	2766,0	3922,4
15	7048,4	2971,8	4076,5
20	7361,5	3152,9	4208,6
25	7584,3	3281,4	4303,0
30	7737,8	3368,6	4369,2
35	7849,4	3430,9	4418,6
40	7934,1	3477,1	4457,0
50	8053,6	3540,2	4513,3
60	8133,3	3580,6	4552,7
70	8190,2	3608,2	4582,0
80	8232,5	3627,9	4604,6
90	8265,3	3642,7	4622,6
100	8291,3	3653,9	4637,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,40	2000,0000
1,40	3000,0000
3,90	4800,0000
10,90	6450,0000
18,90	7800,0000
38,90	8400,0000
98,90	8500,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 25N

Technologia: Pale wielkośrednicowe

Załącznik 2.2

Geometria pala:	
H	27,5 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

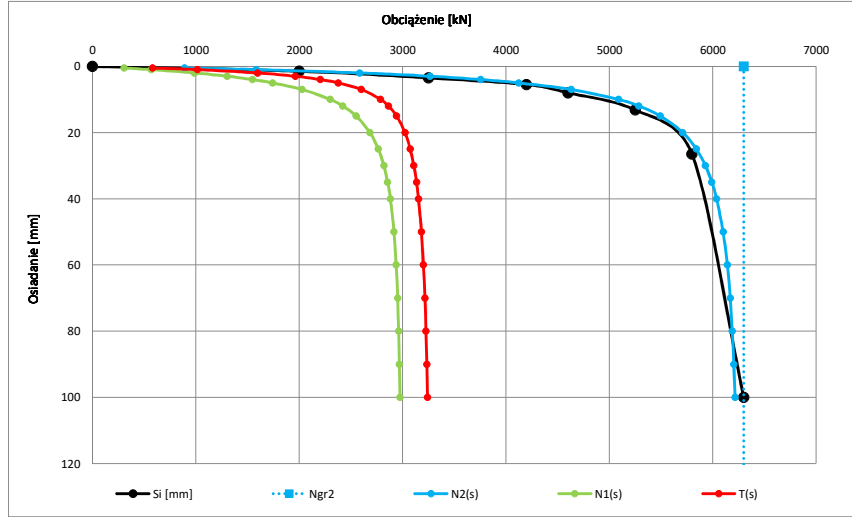
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,50	2000,00
3,50	3250,00
5,50	4200,00
8,00	4600,00
13,20	5250,00
28,50	5800,00
100,00	6300,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6300	[kN]
C2	0,00049	[mm/KN]
Kappa 2	0,74	[-]

Ngr 1	3003	[kN]
C1	0,00149	[mm/KN]
Kappa 1	0,56	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	892,8	308,5	584,2
1	1586,1	570,5	1015,7
2	2586,3	988,5	1597,8
3	3267,1	1304,6	1962,5
4	3756,5	1549,8	2206,7
5	4123,1	1744,0	2379,0
7	4631,2	2029,0	2602,2
10	5088,8	2300,8	2789,0
12	5286,1	2421,8	2864,3
15	5493,8	2550,9	2942,9
20	5709,9	2685,5	3024,4
25	5841,9	2766,8	3075,2
30	5929,8	2819,7	3110,1
35	5992,0	2856,3	3135,7
40	6038,0	2882,7	3153,3
50	6100,9	2917,5	3183,4
60	6141,5	2938,8	3202,7
70	6169,6	2952,9	3216,7
80	6190,0	2962,8	3227,2
90	6205,4	2969,9	3235,5
100	6217,4	2975,3	3242,2



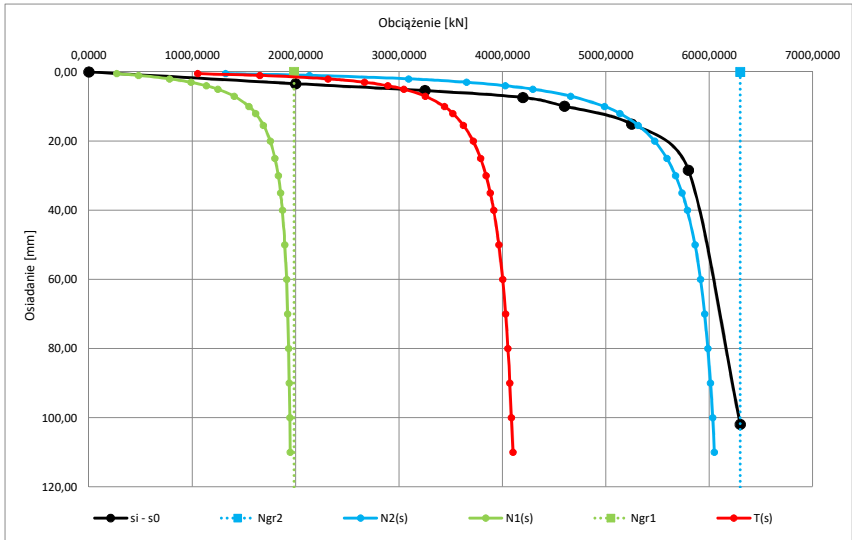
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6300	[kN]
C2	0,00028	[mm/KN]
Kappa 2	1,38	[-]

Ngr 1	1987	[kN]
C1	0,00161	[mm/KN]
Kappa 1	0,87	[-]

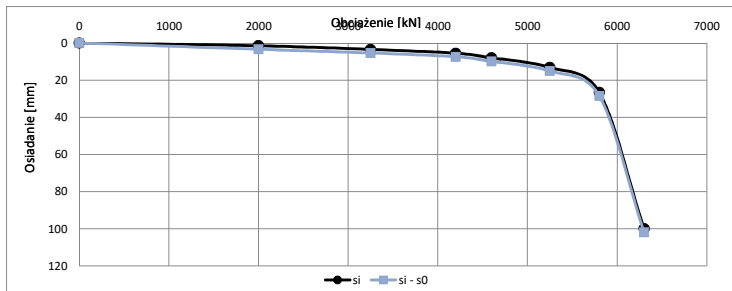
s0	-1,90	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1324,0	271,3	1052,7
1	2134,6	480,7	1653,8
2	3094,6	782,1	2312,5
3	3655,0	987,6	2667,4
4	4027,6	1136,2	2891,4
5	4295,6	1248,2	3047,4
7	4659,4	1405,4	3253,9
10	4988,8	1550,0	3438,8
12	5135,2	1613,6	3521,5
15	5313,6	1689,7	3623,9
20	5472,7	1755,0	3717,7
25	5590,2	1801,0	3789,2
30	5674,5	1832,5	3842,0
35	5738,4	1855,3	3883,1
40	5788,6	1872,5	3916,1
50	5863,2	1896,8	3966,4
60	5916,2	1912,9	4003,3
70	5956,1	1924,4	4031,7
80	5987,4	1932,9	4054,5
90	6012,6	1939,5	4073,1
100	6033,5	1944,7	4088,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
3,40	2000,0000
5,40	3250,0000
7,40	4200,0000
9,90	4600,0000
15,10	5250,0000
28,40	5800,0000
101,90	6300,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: Pale wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	27,5	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1,2	[m]

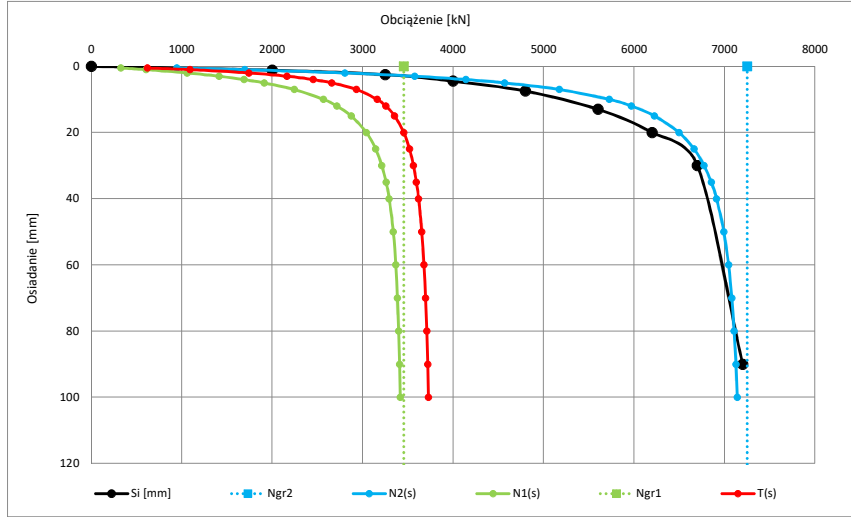
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,20	2000,00
2,50	3250,00
4,50	4000,00
7,50	4800,00
13,00	5600,00
20,00	6200,00
30,00	6700,00
90,00	7200,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7250	[kN]
C2	0,00047	[mm/kN]
Kappa 2	0,74	[-]

Ngr 1	3453	[kN]
C1	0,00142	[mm/kN]
Kappa 1	0,56	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	946,3	325,3	621,1
1	1696,3	605,3	1091,1
2	2803,4	1060,1	1743,3
3	3575,4	1411,2	2164,2
4	4140,4	1688,1	2452,3
5	4569,5	1910,7	2658,8
7	5173,4	2243,0	2930,4
10	5727,0	2567,0	3160,0
12	5968,9	2713,9	3254,9
15	6225,7	2872,6	3353,1
20	6495,6	3040,7	3454,9
25	6661,8	3143,6	3518,3
30	6773,2	3211,4	3561,9
35	6852,4	3258,6	3593,8
40	6911,1	3292,8	3618,3
50	6991,8	3338,3	3653,6
60	7044,1	3366,4	3677,7
70	7080,3	3385,0	3695,3
80	7106,7	3398,1	3708,6
90	7126,7	3407,6	3719,1
100	7142,3	3414,7	3727,5



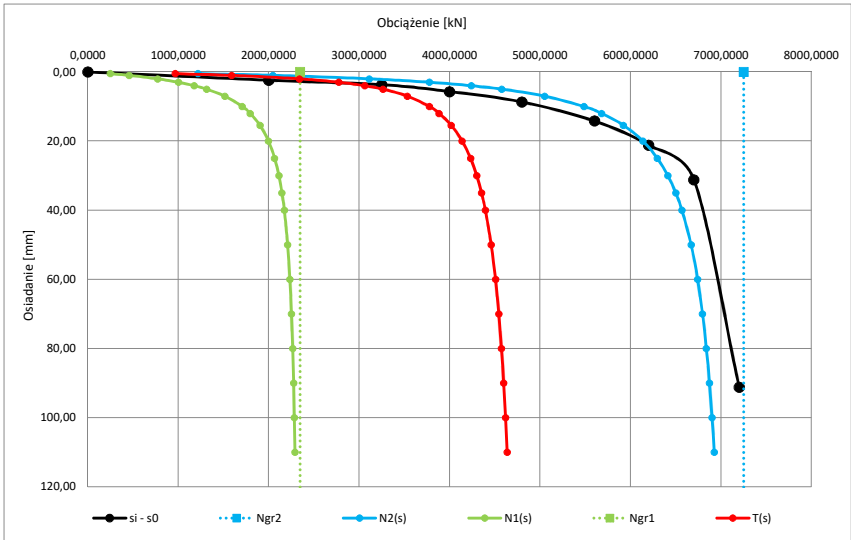
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7250	[kN]
C2	0,00033	[mm/kN]
Kappa 2	1,83	[-]

Ngr 1	2347	[kN]
C1	0,00180	[mm/kN]
Kappa 1	0,85	[-]

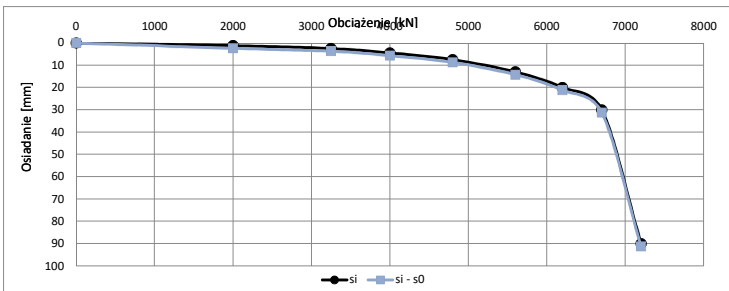
s0	-1,20	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1217,7	250,7	967,0
1	2045,6	456,0	1589,6
2	3111,9	771,7	2340,3
3	3777,9	1002,1	2775,8
4	4238,0	1177,2	3060,8
5	4577,3	1314,3	3262,9
7	5048,0	1514,8	3533,2
10	5483,7	1707,9	3775,7
12	5679,8	1795,9	3883,8
15	5920,5	1903,4	4017,1
20	6136,5	1997,8	4138,6
25	6296,6	2065,6	4231,0
30	6411,6	2112,5	4299,1
35	6498,8	2146,8	4352,0
40	6567,4	2172,8	4394,6
50	6669,1	2209,6	4459,4
60	6741,3	2234,3	4507,0
70	6795,5	2251,8	4543,7
80	6837,9	2264,9	4573,0
90	6872,2	2275,1	4597,1
100	6900,4	2283,1	4617,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
2,40	2000,0000
3,70	3250,0000
5,70	4000,0000
8,70	4800,0000
14,20	5600,0000
21,20	6200,0000
31,20	6700,0000
91,20	7200,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 36N

Technologia:  
Pale wielkośrednicowe

Załącznik 2.4

Geometria pala:	
H	27,5 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

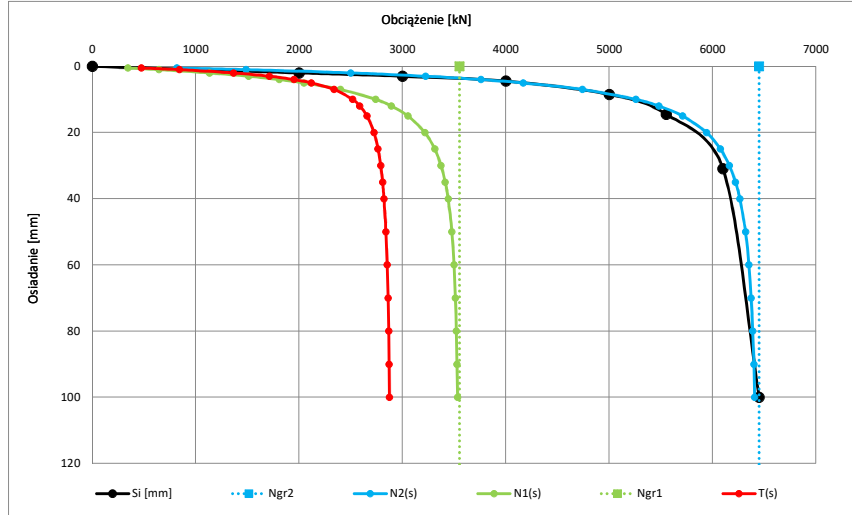
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
2,00	2000,00
3,00	3000,00
4,50	4000,00
8,50	5000,00
14,50	5550,00
31,00	6100,00
100,00	6450,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6450	[kN]
C2	0,00055	[mm/KN]
Kappa 2	0,56	[-]

Ngr 1	3551	[kN]
C1	0,00134	[mm/KN]
Kappa 1	0,45	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	819,6	345,7	473,9
1	1487,3	644,8	842,5
2	2500,2	1132,9	1367,3
3	3223,2	1510,7	1712,6
4	3758,7	1808,6	1950,1
5	4167,1	2047,5	2119,6
7	4740,7	2401,6	2339,1
10	5258,7	2741,5	2517,2
12	5479,8	2892,5	2587,3
15	5708,9	3052,3	2656,6
20	5940,1	3216,0	2724,1
25	6075,5	3312,0	2763,5
30	6162,0	3372,7	2789,3
35	6220,9	3413,4	2807,5
40	6262,9	3442,0	2821,0
50	6317,7	3478,1	2839,6
60	6351,0	3499,2	2851,8
70	6372,8	3512,5	2860,3
80	6387,9	3521,3	2866,6
90	6396,9	3527,5	2871,3
100	6407,1	3532,0	2875,1



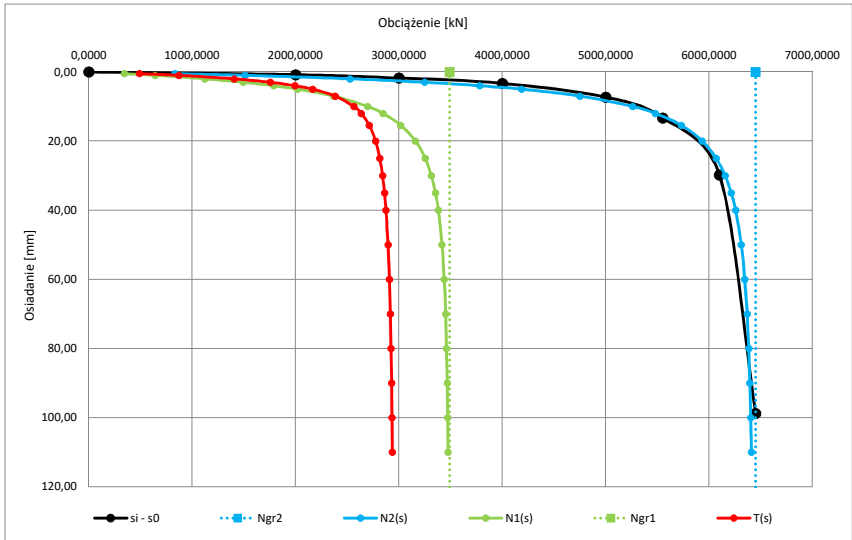
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6450	[kN]
C2	0,00054	[mm/KN]
Kappa 2	0,58	[-]

Ngr 1	3491	[kN]
C1	0,00135	[mm/KN]
Kappa 1	0,46	[-]

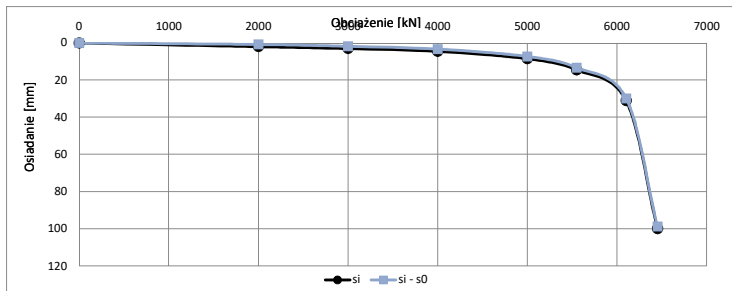
s0	1,20	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	834,7	343,9	490,8
1	1510,3	640,4	869,9
2	2528,0	1122,7	1405,3
3	3249,4	1494,5	1754,9
4	3781,1	1786,9	1994,2
5	4185,2	2020,7	2164,6
7	4751,2	2366,4	2384,7
10	5261,2	2697,6	2563,6
12	5479,0	2844,6	2634,4
15	5729,7	3017,3	2712,4
20	5933,5	3159,6	2773,9
25	6068,0	3253,4	2814,6
30	6154,3	3313,0	2841,4
35	6213,4	3353,0	2860,4
40	6255,8	3381,2	2874,6
50	6311,3	3417,0	2894,3
60	6345,3	3438,1	2907,3
70	6367,8	3451,4	2916,4
80	6383,5	3460,4	2923,1
90	6394,9	3466,7	2928,2
100	6403,5	3471,3	2932,2



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,80	2000,0000
1,80	3000,0000
3,30	4000,0000
7,30	5000,0000
13,30	5550,0000
29,80	6100,0000
98,80	6450,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 38N

Załącznik 2.5

Technologia:  
Pale wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:	
H	31.5 [m]
D	1.5 [m]
D podst.:	1.5 [m]

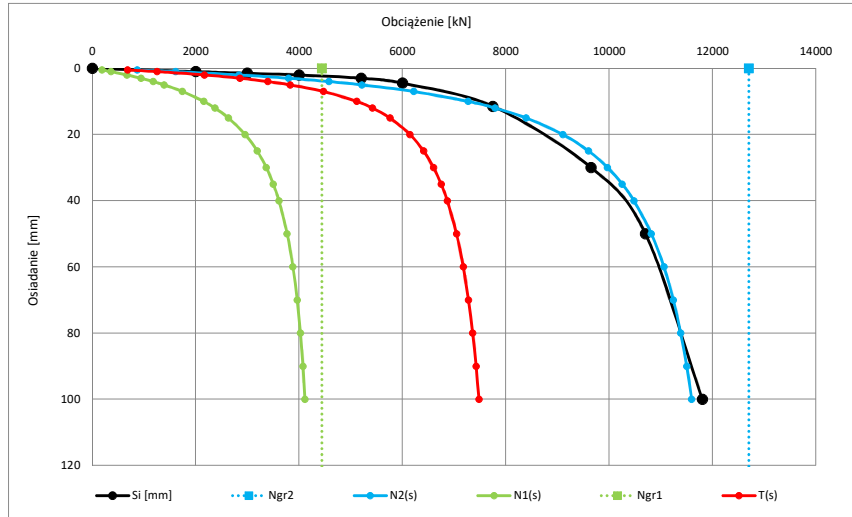
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,00	2000,00
1,50	3000,00
2,00	4000,00
3,00	5200,00
4,50	6000,00
11,50	7750,00
30,00	9650,00
50,00	10700,00
100,00	11800,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	12700	[kN]
C2	0,00053	[mm/kN]
Kappa 2	1,21	[-]

Ngr 1	4439	[kN]
C1	0,00258	[mm/kN]
Kappa 1	0,79	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	867,7	186,5	681,2
1	1614,8	359,4	1255,3
2	2837,6	670,0	2167,6
3	3798,3	940,6	2857,7
4	4574,6	1178,3	3396,2
5	5216,1	1388,7	3827,4
7	6216,6	1743,5	4473,1
10	7270,8	2154,6	5116,3
12	7788,8	2370,7	5418,1
15	8391,3	2633,5	5757,8
20	9103,8	2958,4	6145,4
25	9599,9	3191,7	6408,2
30	9966,8	3366,5	6600,3
35	10250,0	3501,9	6748,1
40	10475,8	3609,5	6866,4
50	10814,3	3768,9	7045,4
60	11056,9	3880,7	7176,2
70	11240,1	3963,1	7277,0
80	11383,6	4025,9	7357,6
90	11499,3	4075,3	7424,0
100	11594,8	4115,1	7479,7



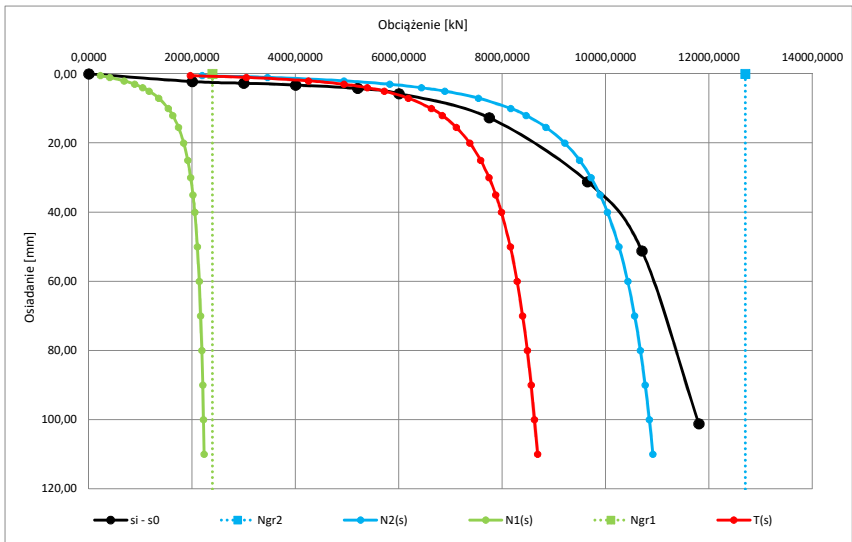
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	12700	[kN]
C2	0,00016	[mm/kN]
Kappa 2	2,50	[-]

Ngr 1	2390	[kN]
C1	0,00199	[mm/kN]
Kappa 1	1,25	[-]

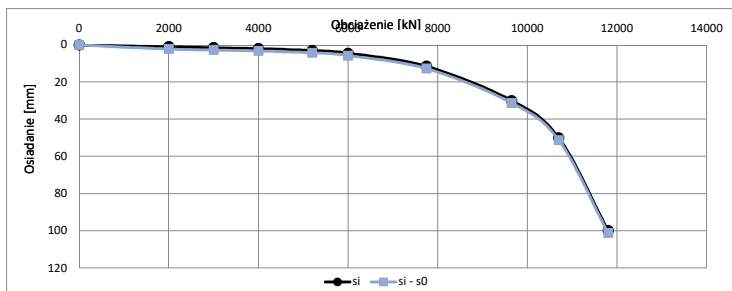
s0	-1,20	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	2191,4	224,7	1966,7
1	3454,1	406,8	3047,4
2	4936,4	684,9	4251,5
3	5822,5	888,3	4934,2
4	6432,6	1044,1	5388,5
5	6887,4	1167,7	5719,7
7	7534,6	1352,0	6182,6
10	8163,4	1536,5	6626,9
12	8460,9	1623,9	6837,0
15	8843,3	1734,8	7108,5
20	9208,0	1837,6	7370,5
25	9496,0	1915,6	7580,5
30	9715,0	1972,5	7742,5
35	9889,2	2016,0	7873,2
40	10032,3	2050,5	7981,8
50	10256,1	2101,9	8154,3
60	10425,6	2138,5	8287,0
70	10559,9	2166,1	8393,8
80	10670,0	2187,7	8482,3
90	10762,6	2205,1	8557,5
100	10841,9	2219,4	8622,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
2,20	2000,0000
2,70	3000,0000
3,20	4000,0000
4,20	5200,0000
5,70	6000,0000
12,70	7750,0000
31,20	9650,0000
51,20	10700,0000
101,20	11800,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 21N

Technologia:  
FDP

Załącznik 2.6

Geometria pala:

H	14,5	[m]
D	0,62	[m]
D podst.:	0,62	[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

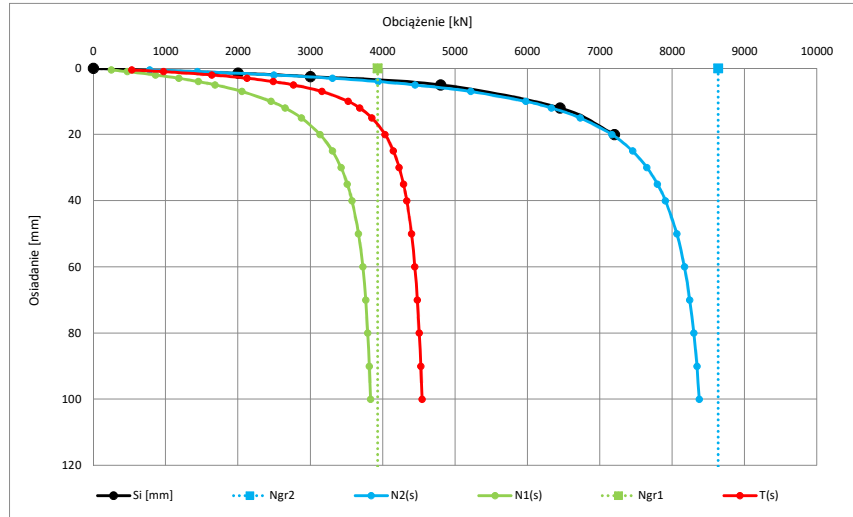
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,50	2000,00
2,50	3000,00
5,00	4800,00
12,00	6450,00
20,00	7200,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8632	[kN]
C2	0,00059	[mm/kN]
Kappa 2	0,80	[-]

Ngr 1	3930	[kN]
C1	0,00192	[mm/kN]
Kappa 1	0,59	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	778,9	247,5	531,5
1	1439,7	471,1	968,6
2	2497,5	858,3	1639,2
3	3304,3	1180,9	2123,5
4	3938,0	1452,7	2485,3
5	4447,7	1684,2	2763,5
7	5213,7	2055,4	3158,3
10	5976,3	2454,4	3522,0
12	6331,8	2650,5	3681,3
15	6727,0	2875,8	3851,2
20	7165,9	3133,6	4032,3
25	7451,0	3303,9	4147,1
30	7649,6	3422,8	4226,8
35	7795,2	3509,5	4285,7
40	7906,0	3574,8	4331,2
50	8062,6	3665,3	4397,3
60	8167,3	3723,9	4443,4
70	8241,8	3764,3	4477,4
80	8297,2	3793,5	4503,7
90	8339,8	3815,2	4524,6
100	8373,6	3831,9	4541,7



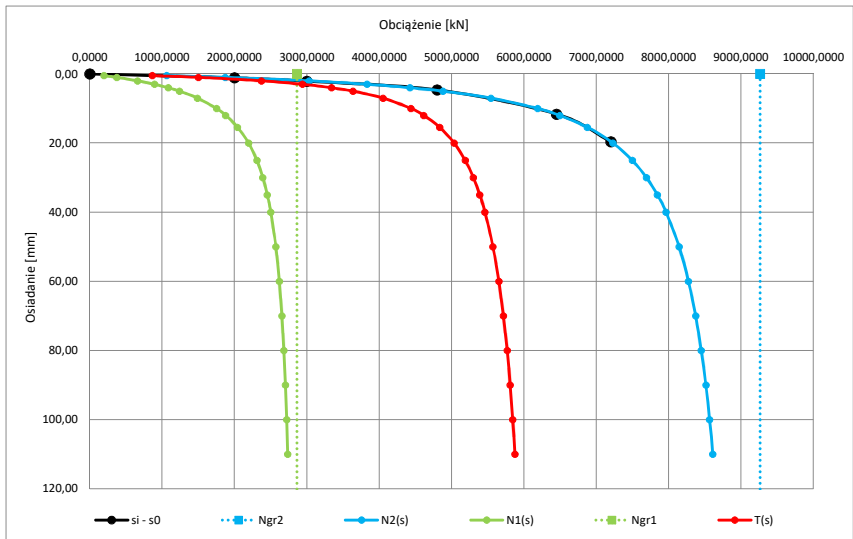
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	9264	[kN]
C2	0,00041	[mm/kN]
Kappa 2	1,41	[-]

Ngr 1	2862	[kN]
C1	0,00237	[mm/kN]
Kappa 1	0,88	[-]

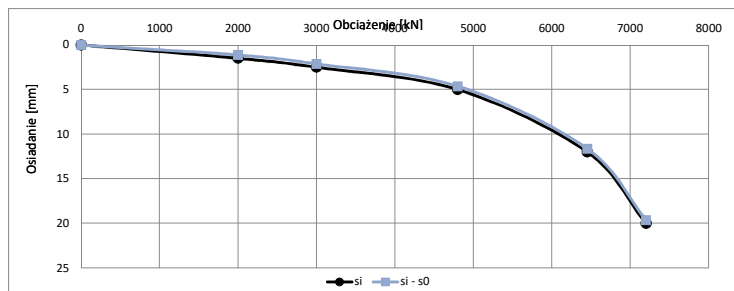
s0	0,37	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1061,5	197,6	864,0
1	1870,3	370,9	1499,4
2	3030,9	660,8	2370,2
3	3831,4	893,1	2938,4
4	4421,9	1083,2	3338,7
5	4878,0	1241,5	3636,5
7	5541,7	1489,6	4052,1
10	6189,9	1750,7	4439,2
12	6492,9	1878,0	4614,9
15	6875,0	2041,7	4833,3
20	7227,7	2194,0	5033,7
25	7495,6	2308,8	5186,8
30	7691,8	2391,4	5300,4
35	7842,5	2453,5	5389,0
40	7962,5	2501,8	5460,7
50	8142,7	2571,9	5570,8
60	8272,5	2620,1	5652,4
70	8371,1	2655,2	5715,9
80	8449,0	2681,8	5767,1
90	8512,2	2702,7	5809,6
100	8564,8	2719,4	5845,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
1,13	2000,0000
2,13	3000,0000
4,63	4800,0000
11,63	6450,0000
19,63	7200,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Lp. 25N

Załącznik 2.7

Technologia: Pale wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:	
H	27,5 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1 [m]

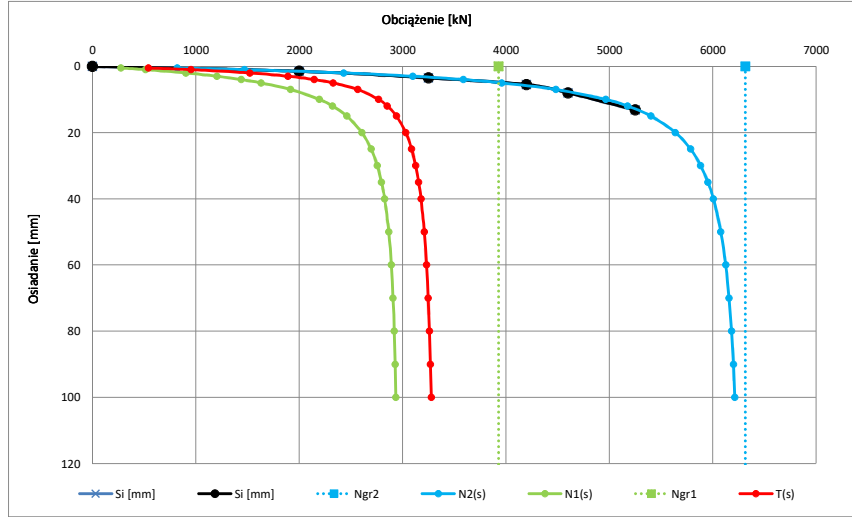
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,50	2000,00
3,50	3250,00
5,50	4200,00
8,00	4600,00
13,20	5250,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6315	[kN]
C2	0,00054	[mm/KN]
Kappa 2	0,76	[-]

Ngr 1	2971	[kN]
C1	0,00167	[mm/KN]
Kappa 1	0,57	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	821,0	277,3	543,7
1	1471,1	516,1	954,9
2	2429,9	904,5	1525,4
3	3098,5	1204,6	1893,9
4	3588,0	1441,7	2146,3
5	3960,0	1632,5	2327,5
7	4484,3	1917,7	2566,6
10	4966,0	2196,7	2769,3
12	5177,1	2323,5	2853,6
15	5401,8	2460,9	2940,9
20	5638,8	2606,9	3031,9
25	5785,4	2696,6	3088,8
30	5884,0	2756,0	3128,1
35	5954,3	2797,4	3156,9
40	6006,7	2827,6	3179,1
50	6078,8	2867,8	3211,1
60	6125,8	2892,7	3233,1
70	6158,5	2909,4	3249,1
80	6182,4	2921,0	3261,3
90	6200,5	2929,6	3270,9
100	6214,7	2936,0	3278,7



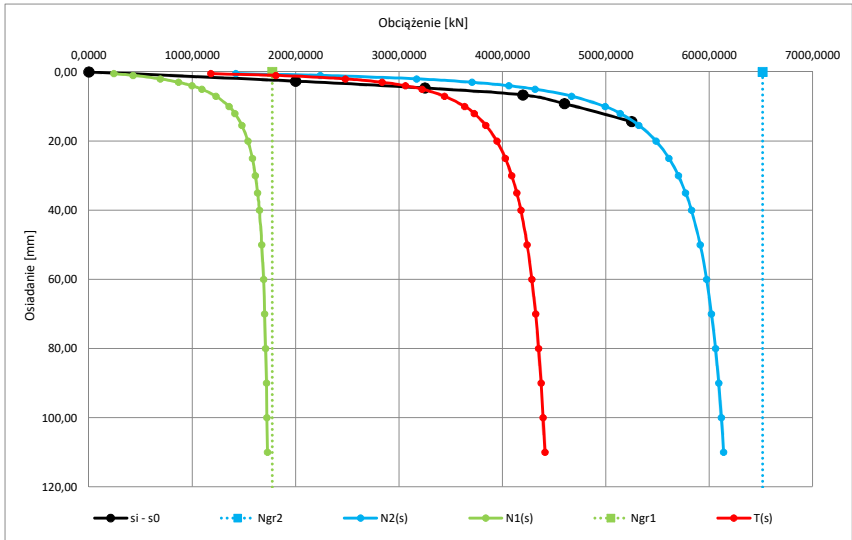
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6516	[kN]
C2	0,00025	[mm/KN]
Kappa 2	1,65	[-]

Ngr 1	1774	[kN]
C1	0,00178	[mm/KN]
Kappa 1	0,98	[-]

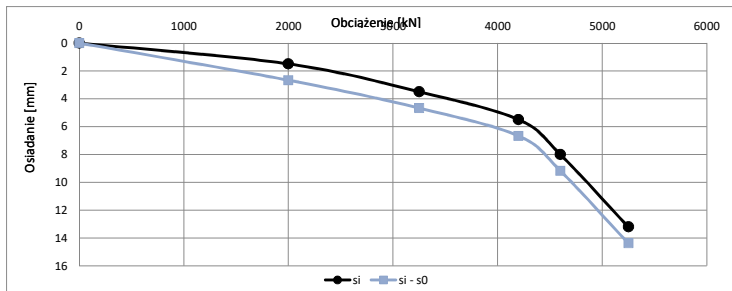
s0	-1,17	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1422,8	243,4	1179,4
1	2238,6	428,6	1810,1
2	3170,8	691,6	2479,2
3	3705,9	869,4	2836,5
4	4061,1	997,4	3063,7
5	4317,7	1094,0	3223,7
7	4669,1	1230,0	3439,2
10	4992,9	1356,1	3636,8
12	5139,4	1412,3	3727,1
15	5320,8	1480,1	3840,7
20	5486,1	1539,4	3946,7
25	5610,9	1581,9	4029,0
30	5702,3	1611,5	4090,8
35	5772,7	1633,3	4139,4
40	5828,9	1650,0	4178,9
50	5913,9	1673,8	4240,1
60	5975,7	1690,1	4285,6
70	6023,1	1701,8	4321,3
80	6060,9	1710,7	4350,1
90	6091,8	1717,7	4374,1
100	6117,7	1723,3	4394,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
2,67	2000,0000
4,67	3250,0000
6,67	4200,0000
9,17	4600,0000
14,37	5250,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: Pale wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	27,5 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1,2 [m]

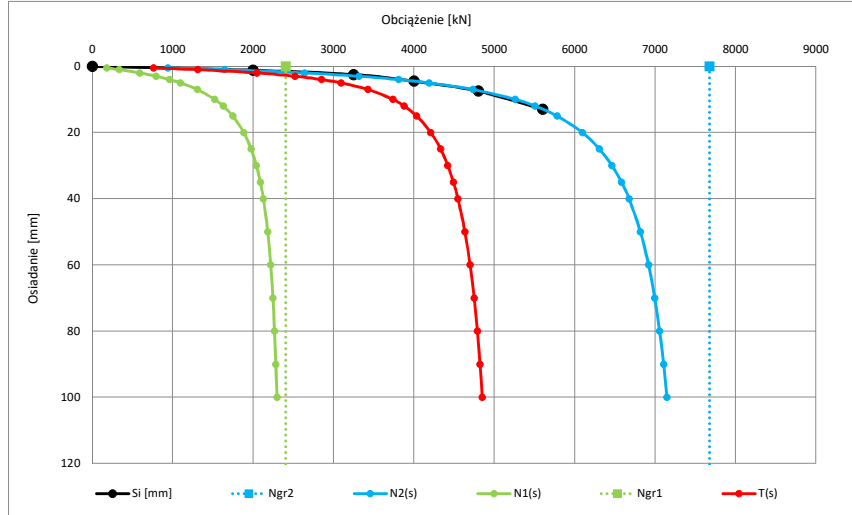
si [mm]	Ni [kN]
0	0
1,20	2000,00
2,50	3250,00
4,50	4000,00
7,50	4800,00
13,00	5600,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7677 [kN]
C2	0,00045 [mm/kN]
Kappa 2	1,39 [-]

Ngr 1	2404 [kN]
C1	0,00259 [mm/kN]
Kappa 1	0,87 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	940,6	179,3	761,3
1	1645,8	335,1	1310,7
2	2641,2	592,3	2049,0
3	3317,1	795,5	2521,7
4	3810,2	959,8	2850,4
5	4188,1	1095,3	3092,8
7	4733,3	1305,2	3428,1
10	5260,4	1522,7	3737,8
12	5505,1	1627,4	3877,7
15	5779,8	1746,8	4033,0
20	6093,6	1883,7	4209,9
25	6306,4	1975,4	4331,1
30	6461,6	2040,8	4420,8
35	6580,5	2089,8	4490,7
40	6674,9	2127,7	4547,2
50	6816,2	2182,3	4633,9
60	6917,7	2219,7	4698,0
70	6994,6	2246,8	4747,8
80	7055,1	2267,3	4787,9
90	7104,3	2283,3	4821,0
100	7145,0	2296,1	4849,0



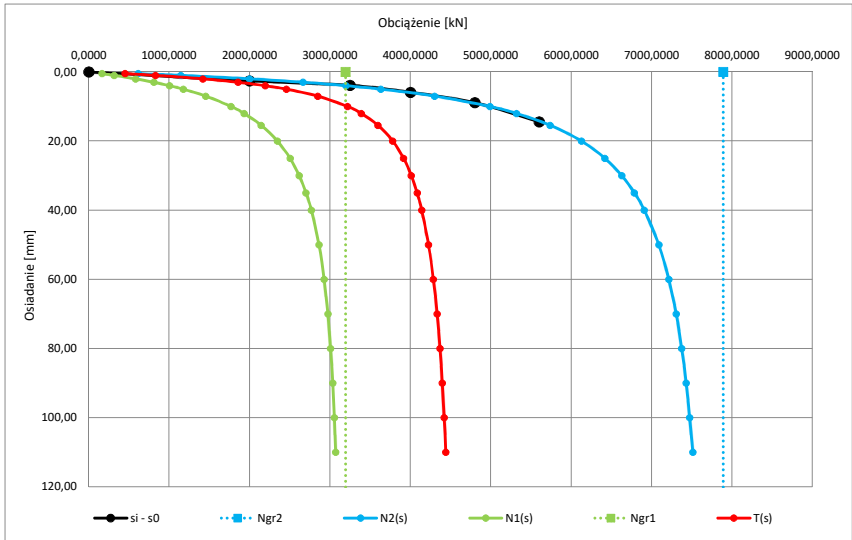
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7889 [kN]
C2	0,00075 [mm/kN]
Kappa 2	0,97 [-]

Ngr 1	3194 [kN]
C1	0,00291 [mm/kN]
Kappa 1	0,68 [-]

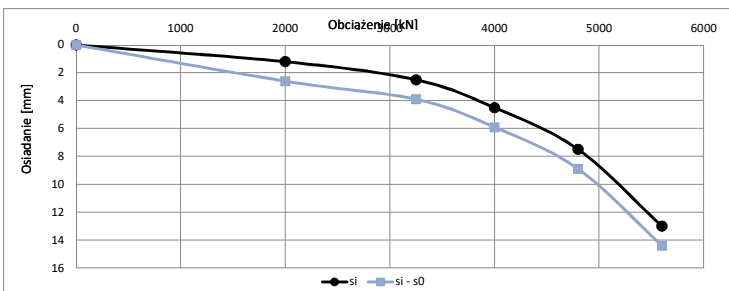
s0	-1,40 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	615,4	164,3	451,1
1	1142,9	315,0	827,9
2	1999,8	581,1	1418,7
3	2665,9	808,4	1857,4
4	3198,2	1004,4	2193,8
5	3633,2	1174,8	2458,4
7	4301,4	1455,7	2845,7
10	4988,5	1770,2	3218,3
12	5318,3	1930,5	3387,8
15	5738,4	2143,1	3595,3
20	6126,3	2346,8	3779,5
25	6417,7	2503,2	3914,5
30	6627,3	2616,6	4010,7
35	6785,3	2701,9	4083,4
40	6908,5	2768,0	4140,5
50	7088,1	2862,9	4225,2
60	7212,7	2927,1	4285,6
70	7304,1	2972,8	4331,3
80	7374,0	3006,8	4367,2
90	7429,2	3032,9	4396,3
100	7473,8	3053,4	4420,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
2,60	2000,0000
3,90	3250,0000
5,90	4000,0000
8,90	4800,0000
14,40	5600,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 36N

Załącznik 2.9

Technologia: Pale wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:	
H	27,5 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1 [m]

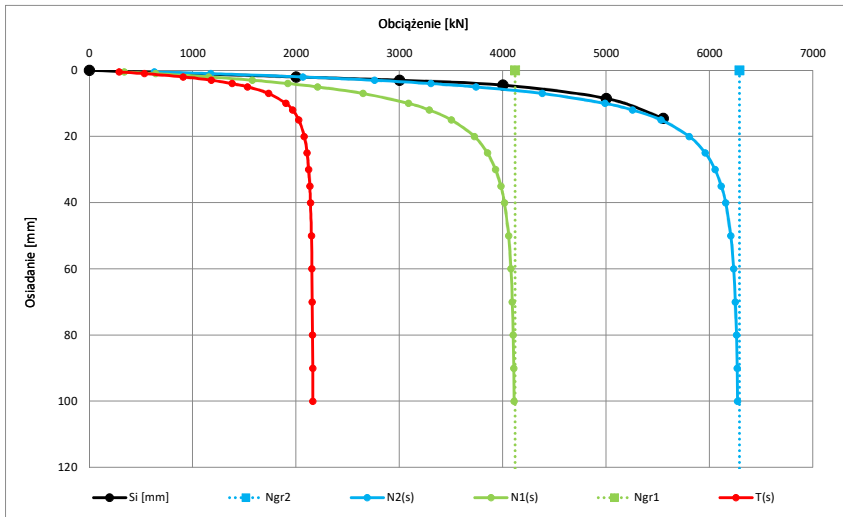
si [mm]	Ni [kN]
0	0
2,00	2000,00
3,00	3000,00
4,50	4000,00
8,50	5000,00
14,50	5550,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6288 [kN]
C2	0,00074 [mm/KN]
Kappa 2	0,37 [-]

Ngr 1	4120 [kN]
C1	0,00140 [mm/KN]
Kappa 1	0,32 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	628,3	338,4	289,9
1	1173,6	641,2	532,4
2	2066,1	1157,2	908,9
3	2758,0	1576,9	1181,1
4	3303,2	1921,7	1381,5
5	3739,1	2207,4	1531,6
7	4381,4	2647,2	1734,2
10	4989,2	3087,6	1901,6
12	5254,4	3288,5	1966,0
15	5529,8	3503,4	2026,5
20	5803,7	3723,9	2079,8
25	5958,1	3851,3	2106,9
30	6052,2	3929,7	2122,6
35	6113,1	3980,5	2132,6
40	6154,4	4014,9	2139,5
50	6204,4	4056,1	2148,3
60	6231,9	4078,4	2153,6
70	6248,5	4091,4	2157,1
80	6259,0	4099,5	2159,5
90	6266,1	4104,8	2161,3
100	6271,0	4108,4	2162,6



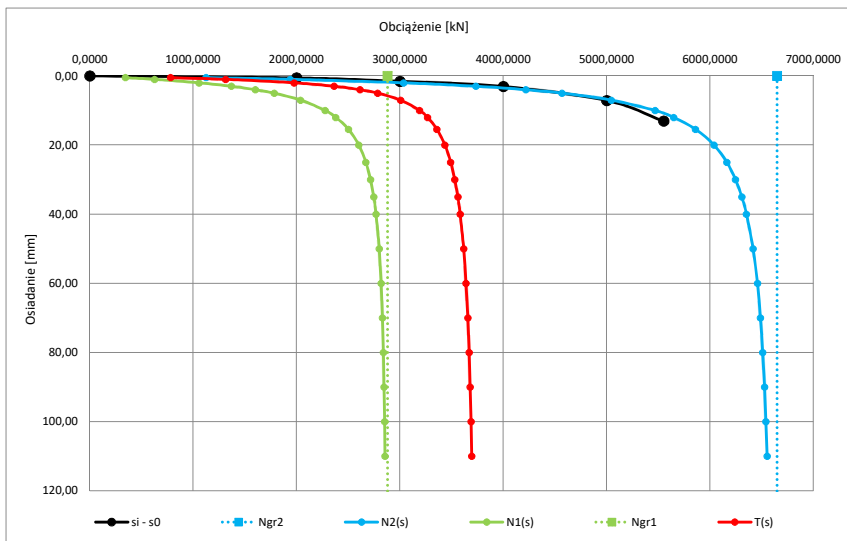
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6649 [kN]
C2	0,00037 [mm/KN]
Kappa 2	0,87 [-]

Ngr 1	2881 [kN]
C1	0,00131 [mm/KN]
Kappa 1	0,63 [-]

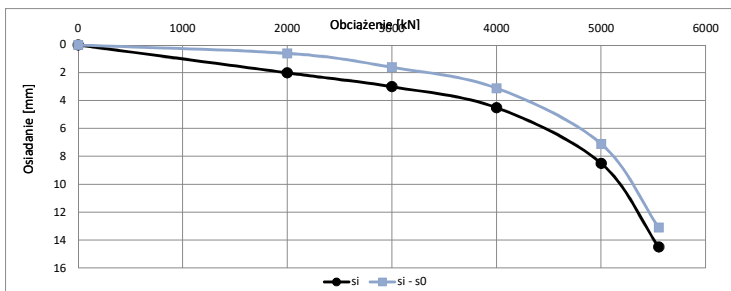
s0	1,40 [mm]
----	-----------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	1125,0	344,3	780,7
1	1939,5	626,3	1313,2
2	3035,0	1057,8	1977,2
3	3734,0	1369,4	2364,6
4	4216,4	1602,8	2613,7
5	4568,3	1782,8	2785,5
7	5045,0	2039,3	3005,6
10	5466,4	2276,4	3190,0
12	5647,1	2379,9	3267,2
15	5858,9	2501,3	3357,6
20	6037,6	2602,3	3435,3
25	6161,6	2670,5	3491,1
30	6245,6	2715,2	3530,4
35	6306,1	2746,3	3559,7
40	6351,5	2769,0	3582,5
50	6415,0	2799,2	3615,8
60	6457,1	2818,2	3639,0
70	6487,0	2830,9	3656,0
80	6509,1	2839,9	3669,2
90	6526,2	2846,6	3679,6
100	6539,8	2851,7	3688,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,60	2000,0000
1,60	3000,0000
3,10	4000,0000
7,10	5000,0000
13,10	5550,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 38N

Załącznik 2.10

Technologia: Pale wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:	
H	31,5 [m]
D	1,5 [m]
D podst.:	1,5 [m]

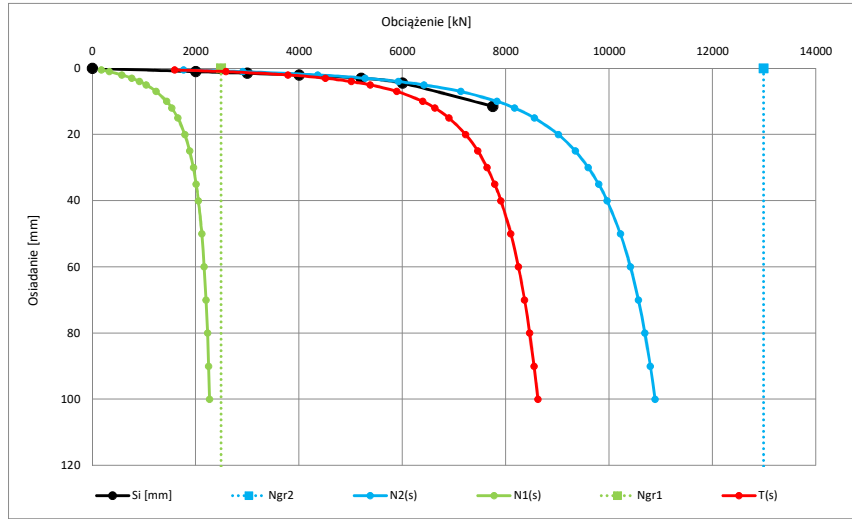
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,00	2000,00
1,50	3000,00
2,00	4000,00
3,00	5200,00
4,50	6000,00
11,50	7750,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	12983	[kN]
C2	0,00022	[mm/kN]
Kappa 2	2,45	[-]

Ngr 1	2490	[kN]
C1	0,00261	[mm/kN]
Kappa 1	1,24	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1767,3	176,7	1590,6
1	2910,3	327,6	2582,6
2	4359,1	572,3	3786,9
3	5274,6	762,5	4512,0
4	5923,4	915,2	5008,2
5	6415,8	1040,6	5375,2
7	7127,7	1235,1	5892,7
10	7830,1	1438,7	6391,4
12	8165,3	1538,3	6627,0
15	8552,7	1654,0	6898,7
20	9014,2	1790,5	7223,7
25	9343,3	1885,5	7457,8
30	9594,0	1955,8	7638,3
35	9793,7	2010,0	7783,7
40	9957,9	2053,4	7904,6
50	10214,9	2118,4	8096,5
60	10409,4	2165,1	8244,3
70	10563,6	2200,5	8363,2
80	10690,0	2228,2	8461,8
90	10796,2	2250,6	8545,6
100	10887,1	2269,2	8618,0



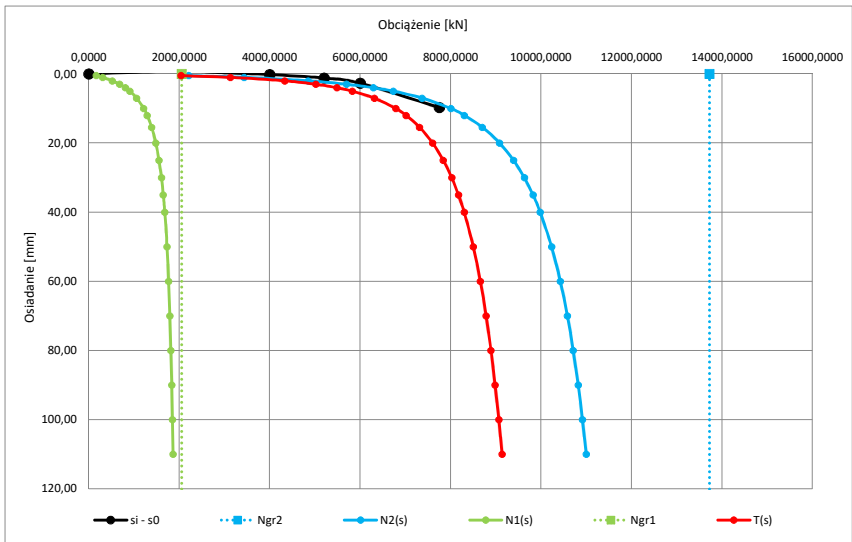
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	13725	[kN]
C2	0,00016	[mm/kN]
Kappa 2	3,16	[-]

Ngr 1	2054	[kN]
C1	0,00268	[mm/kN]
Kappa 1	1,42	[-]

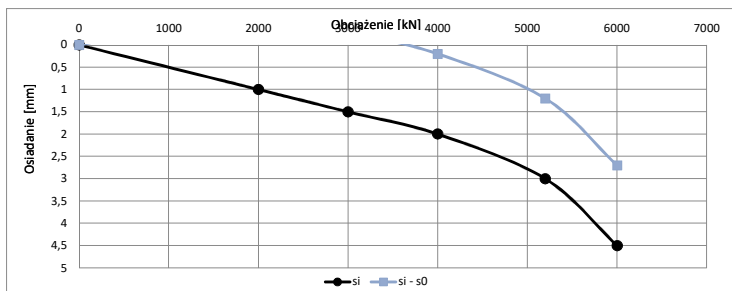
s0	1,80	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	2210,4	168,1	2042,3
1	3433,8	306,3	3127,5
2	4852,4	521,1	4331,2
3	5701,8	681,5	5020,3
4	6290,8	806,4	5484,4
5	6733,7	906,9	5826,8
7	7371,5	1059,5	6311,9
10	8002,2	1216,0	6786,2
12	8305,2	1291,6	7013,6
15	8700,3	1389,2	7311,1
20	9083,6	1481,6	7602,1
25	9391,5	1553,1	7838,4
30	9629,1	1606,3	8022,8
35	9820,4	1647,5	8172,9
40	9979,4	1680,6	8298,8
50	10231,4	1730,8	8500,7
60	10425,2	1767,2	8658,0
70	10580,9	1795,0	8785,9
80	10710,1	1817,1	8893,0
90	10819,7	1835,1	8984,5
100	10914,4	1850,1	9064,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
-0,80	2000,0000
-0,30	3000,0000
0,20	4000,0000
1,20	5200,0000
2,70	6000,0000
9,70	7750,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



## **Załącznik 3**

Wyniki badań analitycznych – uwzględnienie wyniesienia

Lp. 4.3.

Technologia:  
vibro

Załącznik 3.1

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:	
H	14[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

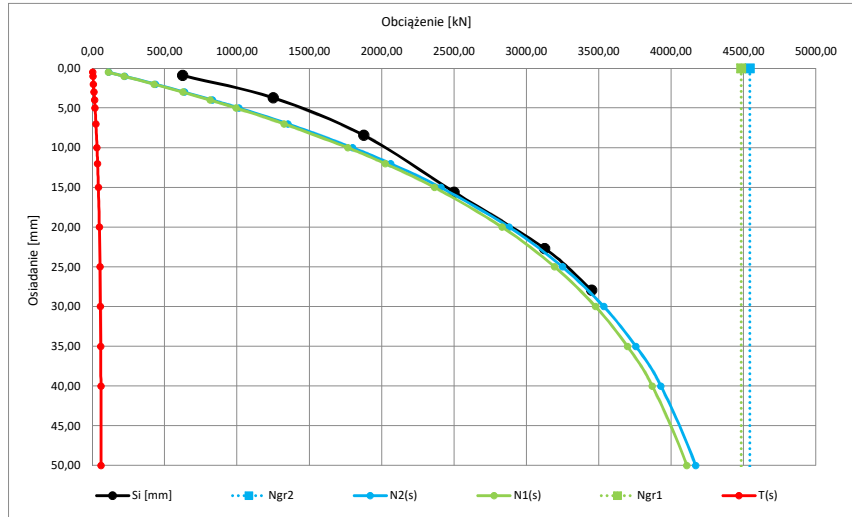
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,91	625,00
3,72	1250,00
8,43	1875,00
15,58	2500,00
22,68	3125,00
27,91	3450,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4543	[kN]
C2	0,00436	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4483	[kN]
C1	0,00444	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	113,3	111,1	2,2
1	223,8	219,4	4,4
2	436,4	428,0	8,5
3	638,5	626,2	12,3
4	830,5	814,7	15,8
5	1013,1	993,9	19,2
7	1351,3	1326,2	25,1
10	1798,4	1765,7	32,7
12	2060,8	2023,9	36,9
15	2407,7	2365,5	42,2
20	2880,7	2831,9	48,8
25	3248,1	3194,7	53,3
30	3533,6	3477,2	56,4
35	3755,7	3697,3	58,4
40	3928,5	3868,8	59,7
50	4167,9	4107,0	60,9
60	4313,5	4252,2	61,2
70	4402,2	4341,0	61,1
80	4456,3	4395,4	60,9
90	4489,5	4428,8	60,7
100	4509,8	4449,4	60,5



Lp. 4.3.

Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Załącznik 3.2

Geometria pała:	
H	14 [m]
D	0,61 [m]
D podst.:	0,66 [m]

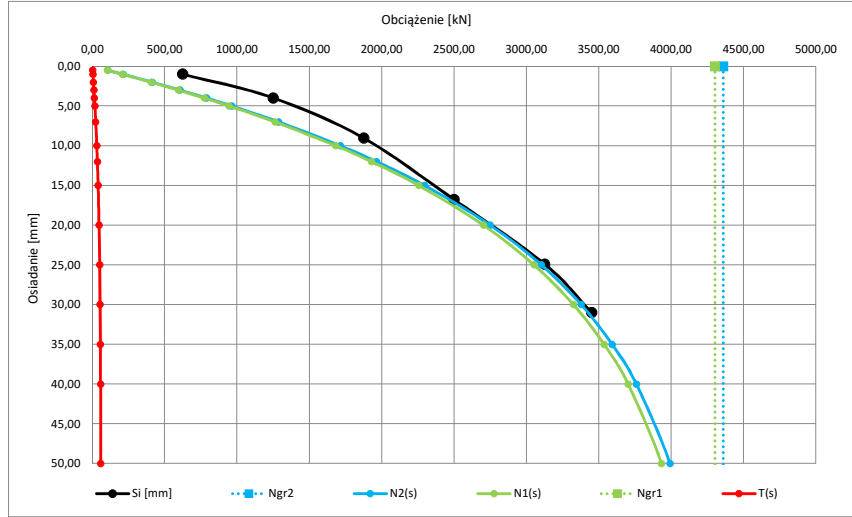
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,99	625,00
3,98	1250,00
9,04	1875,00
16,78	2500,00
24,89	3125,00
31,00	3450,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s) z uwzględnieniem wyniesienia pała testowego

Ngr 2	4359	[kN]
C2	0,00458	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4302	[kN]
C1	0,00467	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	107,7	105,6	2,1
1	212,8	208,6	4,2
2	415,1	407,0	8,0
3	607,4	595,7	11,7
4	790,3	775,2	15,1
5	964,1	945,9	18,2
7	1286,6	1262,7	24,0
10	1713,4	1682,2	31,2
12	1964,1	1928,9	35,2
15	2296,0	2255,7	40,3
20	2749,3	2702,7	46,6
25	3102,3	3051,2	51,0
30	3377,2	3323,2	54,0
35	3591,6	3535,6	56,0
40	3758,7	3701,5	57,2
50	3991,1	3932,7	58,5
60	4133,0	4074,3	58,8
70	4219,9	4161,2	58,7
80	4273,2	4214,7	58,5
90	4305,9	4247,7	58,2
100	4326,1	4268,1	58,0



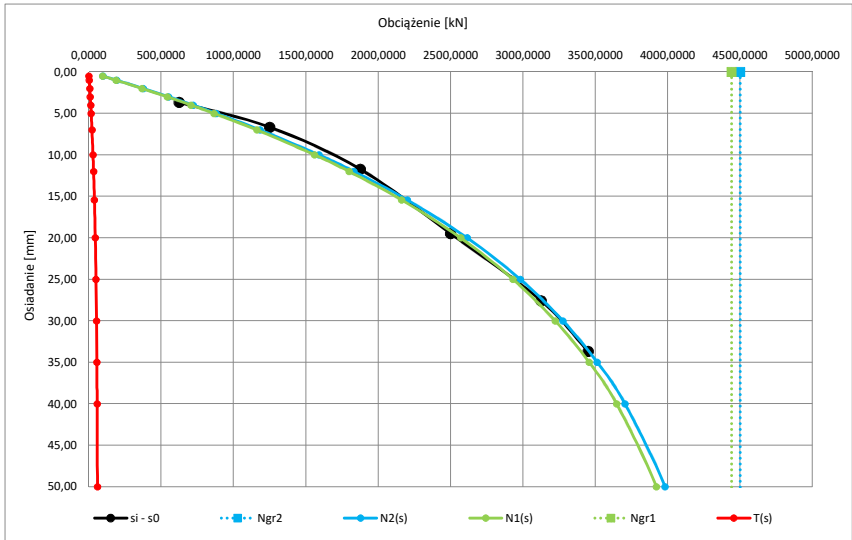
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 wraz z uwzględnieniem wyniesienia pała testowego

Ngr 2	4501	[kN]
C2	0,00509	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4441	[kN]
C1	0,00519	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

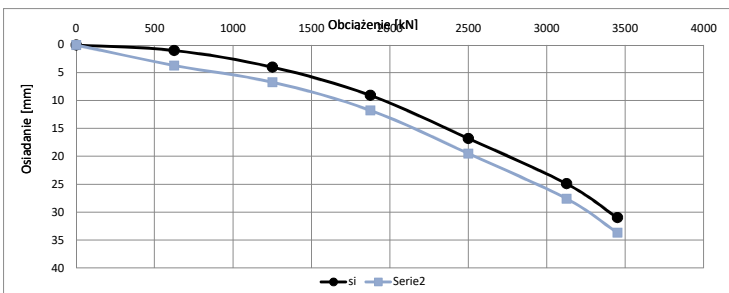
s0	-2,68	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	97,2	95,3	1,9
1	192,3	188,5	3,8
2	376,2	368,9	7,3
3	552,2	541,6	10,6
4	720,7	706,9	13,8
5	881,9	865,1	16,8
7	1183,7	1161,6	22,2
10	1589,6	1560,4	29,2
12	1831,9	1798,7	33,2
15	2200,1	2161,0	39,0
20	2614,2	2569,1	45,1
25	2981,0	2931,0	50,0
30	3275,9	3222,4	53,5
35	3513,1	3457,1	56,0
40	3704,0	3646,3	57,7
50	3981,5	3921,8	59,7
60	4161,8	4101,3	60,5
70	4279,1	4218,4	60,7
80	4355,5	4294,9	60,6
90	4405,4	4345,0	60,4
100	4438,0	4377,9	60,2



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
3,67	625,0000
6,66	1250,0000
11,72	1875,0000
19,47	2500,0000
27,57	3125,0000
33,68	3450,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 25.3.

Technologia:  
vibro

Załącznik 3.3

Geometria pala:

H	16[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

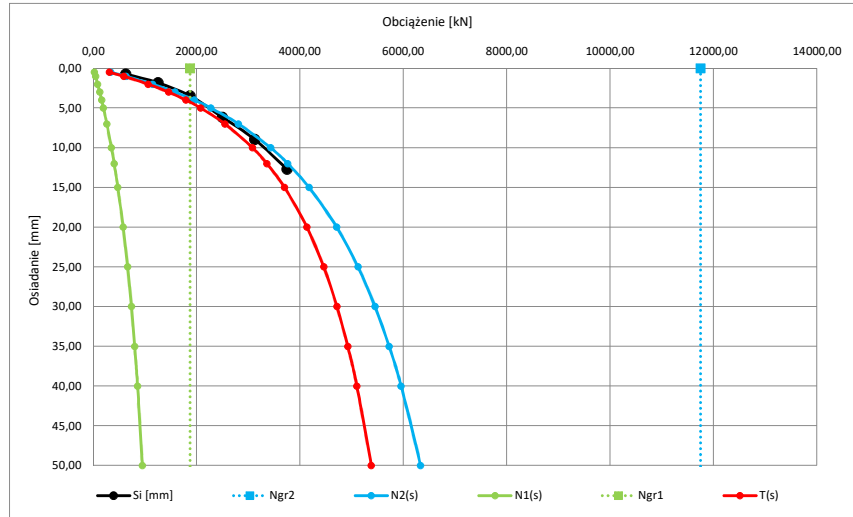
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,71	625,00
1,83	1250,00
3,48	1875,00
6,17	2500,00
8,97	3125,00
12,71	3750,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	11746	[kN]
C2	0,00141	[mm/kN]
Kappa 2	2,96	[-]

Ngr 1	1872	[kN]
C1	0,02223	[mm/kN]
Kappa 1	1,38	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	333,7	22,2	311,5
1	632,8	43,7	589,0
2	1148,9	85,1	1063,8
3	1581,4	124,3	1457,1
4	1951,4	161,6	1789,9
5	2273,2	197,0	2076,3
7	2809,5	262,8	2546,7
10	3430,5	350,9	3079,6
12	3762,0	403,5	3358,4
15	4174,7	474,9	3699,8
20	4709,7	577,4	4132,4
25	5120,6	663,6	4457,1
30	5450,4	737,3	4713,1
35	5723,3	801,1	4922,2
40	5954,7	857,1	5097,7
50	6329,4	950,6	5378,8
60	6623,3	1025,9	5597,4
70	6862,7	1088,1	5774,6
80	7063,1	1140,4	5922,7
90	7234,4	1185,1	6049,3
100	7383,3	1223,8	6159,5





Lp. 25.3.

Technologia:

vibro

Załącznik 3.4

Geometria pała:	
H	16 [m]
D	0,61 [m]
D podst.:	0,66 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

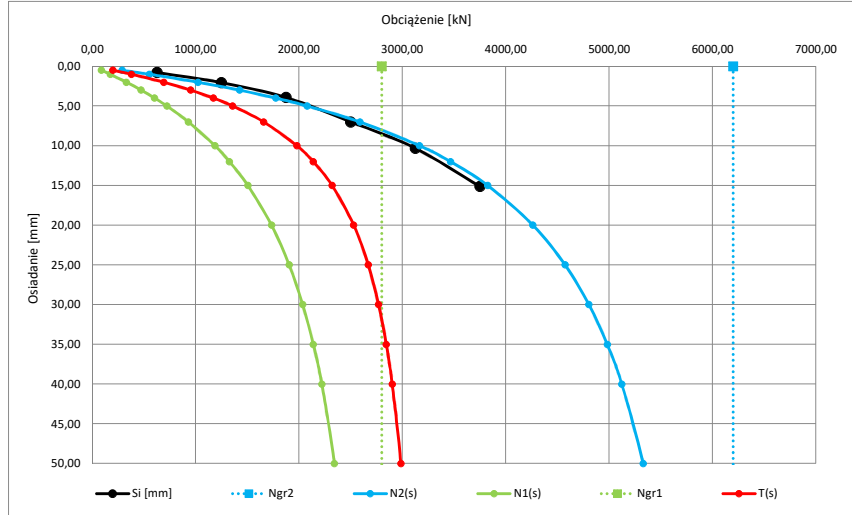
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,78	625,00
2,06	1250,00
3,93	1875,00
7,00	2500,00
10,31	3125,00
15,13	3750,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s) z uwzględnieniem wyniesienia pała testowego

Ngr 2	6198	[kN]
C2	0,00166	[mm/kN]
Kappa 2	0,81	[-]

Ngr 1	2801	[kN]
C1	0,00548	[mm/kN]
Kappa 1	0,60	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	287,9	89,0	198,9
1	552,4	173,5	378,9
2	1021,5	330,5	691,0
3	1424,4	473,0	951,4
4	1773,8	602,9	1170,9
5	2079,3	721,5	1357,8
7	2587,7	930,2	1657,4
10	3165,4	1186,1	1979,2
12	3464,5	1327,1	2137,4
15	3823,9	1504,6	2319,2
20	4262,0	1733,4	2528,5
25	4572,6	1904,0	2668,6
30	4803,3	2034,8	2768,5
35	4980,7	2137,6	2843,1
40	5121,0	2220,0	2901,0
50	5328,0	2342,8	2985,2
60	5472,6	2428,8	3043,8
70	5578,8	2491,6	3087,1
80	5659,7	2539,1	3120,7
90	5723,4	2575,9	3147,5
100	5774,5	2605,0	3169,5



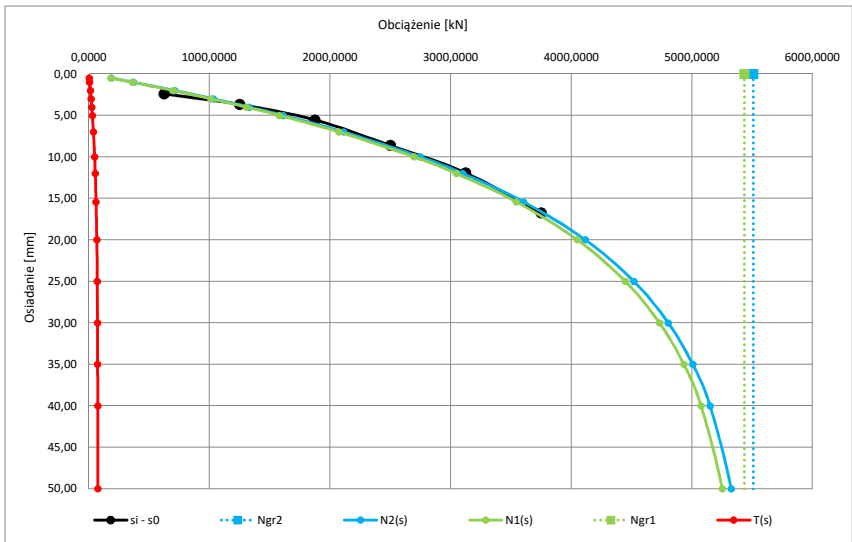
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 wraz z uwzględnieniem wyniesienia pała testowego

Ngr 2	5508	[kN]
C2	0,00262	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	5436	[kN]
C1	0,00267	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

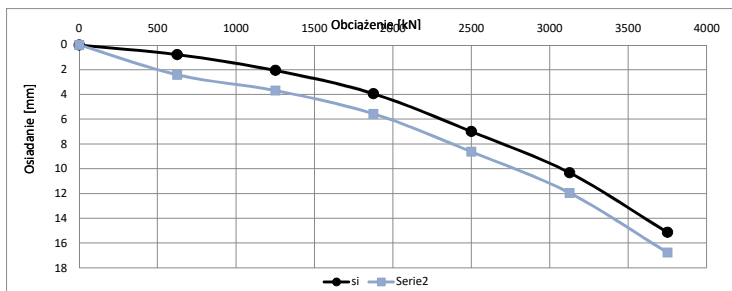
s0	-1,62	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	187,5	183,8	3,7
1	368,6	361,4	7,2
2	712,2	698,5	13,7
3	1032,7	1013,0	19,7
4	1331,6	1306,5	25,1
5	1610,3	1580,3	30,0
7	2112,7	2074,1	38,5
10	2746,5	2697,9	48,6
12	3101,3	3047,5	53,8
15	3604,9	3544,2	60,6
20	4117,0	4050,4	66,7
25	4519,1	4448,6	70,5
30	4804,2	4731,5	72,7
35	5006,5	4932,8	73,7
40	5150,3	5076,1	74,2
50	5325,4	5251,3	74,2
60	5414,5	5340,7	73,8
70	5460,0	5386,5	73,4
80	5483,3	5410,2	73,1
90	5495,3	5422,4	72,9
100	5501,5	5428,7	72,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
2,41	625,0000
3,68	1250,0000
5,55	1875,0000
8,62	2500,0000
11,94	3125,0000
16,76	3750,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 25.6.

Technologia:

vibro

Załącznik 3.5

Geometria pala:

H	16[m]
D	0,46[m]
D podst.:	0,51[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

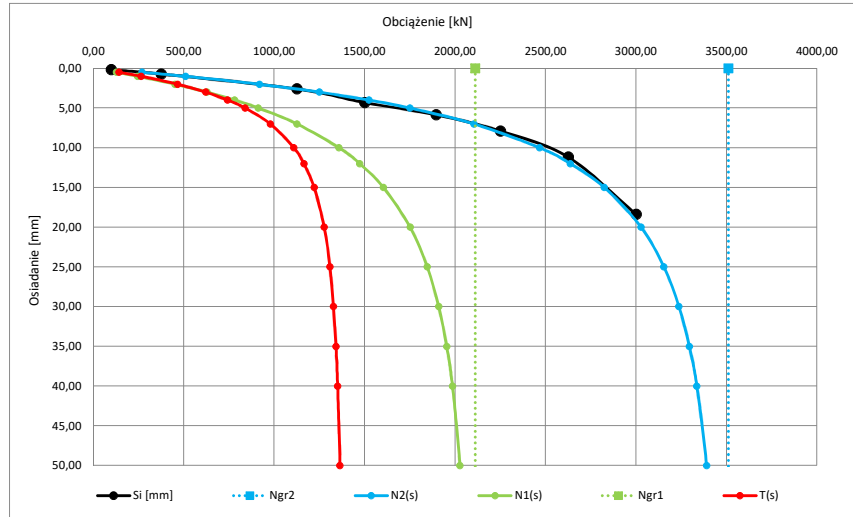
Si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,18	100,00
0,72	375,00
2,60	1125,00
4,32	1500,00
5,85	1895,00
7,91	2250,00
11,19	2625,00
18,39	3000,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3511	[kN]
C2	0,00175	[mm/KN]
Kappa 2	0,46	[-]

Ngr 1	2111	[kN]
C1	0,00375	[mm/KN]
Kappa 1	0,38	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	269,6	127,7	141,9
1	509,9	244,9	264,9
2	918,2	452,3	465,9
3	1250,1	629,2	620,9
4	1523,2	781,0	742,2
5	1750,6	912,2	838,5
7	2104,2	1125,6	978,5
10	2466,5	1358,2	1108,3
12	2636,6	1472,8	1163,8
15	2824,5	1603,9	1220,6
20	3027,7	1751,3	1276,4
25	3153,6	1845,6	1308,0
30	3236,7	1908,9	1327,8
35	3294,2	1953,1	1341,1
40	3335,7	1985,0	1350,6
50	3389,9	2026,7	1363,2
60	3422,6	2051,5	1371,1
70	3443,9	2067,3	1376,5
80	3458,3	2077,9	1380,4
90	3468,7	2085,3	1383,4
100	3476,3	2090,6	1385,6



Lp. 25.6.

Technologia:

vibro

Załącznik 3.6

Geometria pala:	
H	16 [m]
D	0,46 [m]
D podst.:	0,51 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

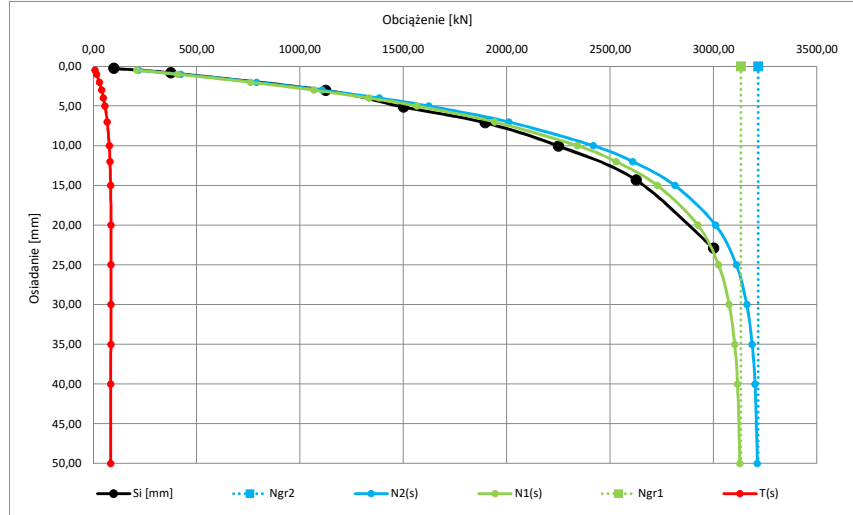
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,26	100,00
0,83	375,00
3,03	1125,00
5,13	1500,00
7,10	1895,00
10,04	2250,00
14,32	2625,00
22,69	3000,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s) z uwzględnieniem wyniesienia pala testowego

Ngr 2	3215	[kN]
C2	0,00220	[mm/kN]
Kappa 2	0,02	[-]

Ngr 1	3131	[kN]
C1	0,00229	[mm/kN]
Kappa 1	0,02	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	219,3	210,9	8,4
1	423,5	407,3	16,1
2	790,2	760,8	29,4
3	1107,9	1067,6	40,3
4	1383,2	1333,9	49,3
5	1622,0	1565,4	56,6
7	2008,8	1941,3	67,5
10	2418,0	2340,7	77,3
12	2609,2	2528,3	81,0
15	2812,5	2728,5	84,0
20	3009,9	2924,2	85,7
25	3109,6	3023,8	85,8
30	3160,4	3075,1	85,4
35	3186,5	3101,6	85,0
40	3200,1	3115,4	84,7
50	3210,9	3126,6	84,3
60	3214,0	3129,8	84,2
70	3214,9	3130,8	84,1
80	3215,1	3131,0	84,1
90	3215,2	3131,1	84,1
100	3215,2	3131,2	84,1



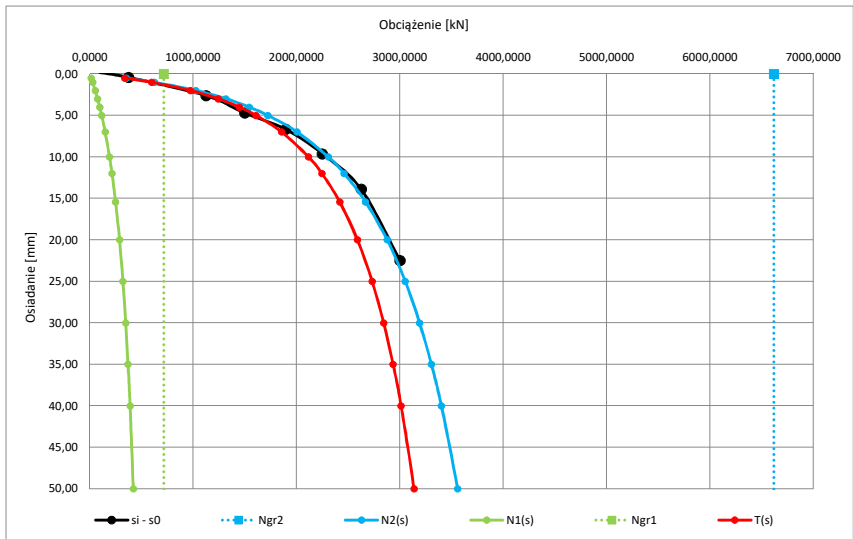
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 wraz z uwzględnieniem wyniesienia pala testowego

Ngr 2	6616	[kN]
C2	0,00122	[mm/kN]
Kappa 2	4,30	[-]

Ngr 1	716	[kN]
C1	0,03434	[mm/kN]
Kappa 1	1,67	[-]

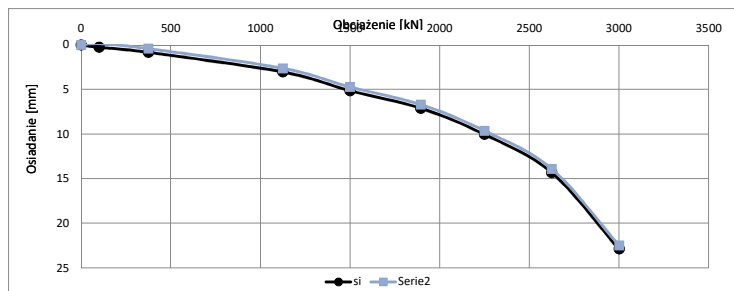
s0	0,41	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	353,2	14,2	339,0
1	625,0	27,6	597,3
2	1026,2	52,6	973,6
3	1316,4	75,3	1241,2
4	1541,2	96,0	1445,3
5	1723,2	115,0	1608,2
7	2005,1	148,8	1856,3
10	2306,7	191,1	2115,7
12	2459,8	215,0	2244,9
15	2667,3	249,8	2417,5
20	2877,1	287,7	2589,4
25	3051,7	320,8	2730,9
30	3190,3	347,9	2842,4
35	3304,4	370,5	2933,9
40	3400,8	389,8	3011,1
50	3556,9	420,9	3136,0
60	3679,7	445,3	3234,5
70	3780,2	464,9	3315,4
80	3864,8	481,1	3383,7
90	3937,5	494,8	3442,7
100	4001,1	506,5	3494,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
-0,15	100,0000
0,41	375,0000
2,62	1125,0000
4,72	1500,0000
6,69	1895,0000
9,63	2250,0000
13,91	2625,0000
22,47	3000,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



## **Załącznik 4**

Wyniki badań analitycznych – zbiór 61 pali, analiza imperfekcji pomiaru

Geometria pala:

H	14	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1,8	[m]

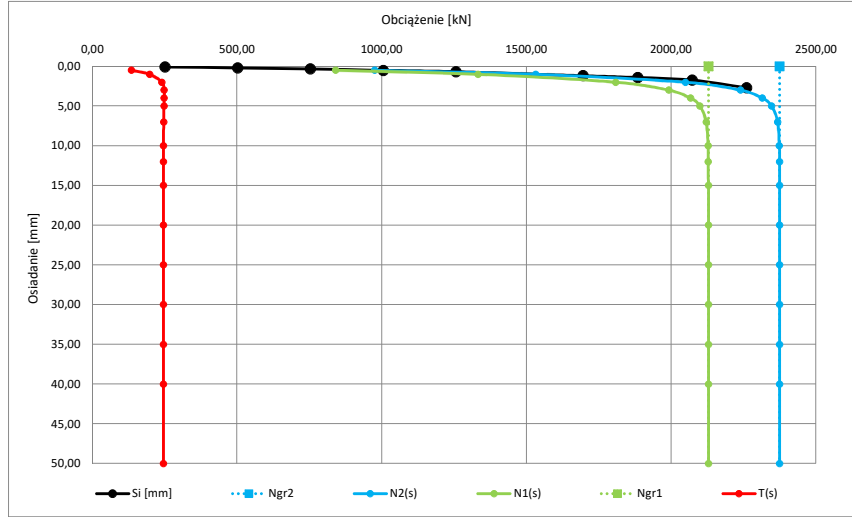
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,09	251,00
0,19	502,00
0,33	753,00
0,51	1005,00
0,68	1256,00
1,19	1695,00
1,41	1884,00
1,73	2072,00
2,70	2260,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2374	[kN]
C2	0,00039	[mm/kN]
Kappa 2	0,09	[-]

Ngr 1	2128	[kN]
C1	0,00046	[mm/kN]
Kappa 1	0,08	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	975,8	840,3	135,6
1	1531,5	1333,1	198,4
2	2048,8	1808,5	240,3
3	2239,2	1991,2	248,0
4	2314,6	2066,2	248,4
5	2346,5	2098,7	247,7
7	2367,3	2120,7	246,6
10	2373,1	2127,0	246,1
12	2373,8	2127,8	246,0
15	2374,1	2128,1	246,0
20	2374,2	2128,2	246,0
25	2374,2	2128,2	246,0
30	2374,2	2128,2	246,0
35	2374,2	2128,2	246,0
40	2374,2	2128,2	246,0
50	2374,2	2128,2	246,0
60	2374,2	2128,2	246,0
70	2374,2	2128,2	246,0
80	2374,2	2128,2	246,0
90	2374,2	2128,2	246,0
100	2374,2	2128,2	246,0



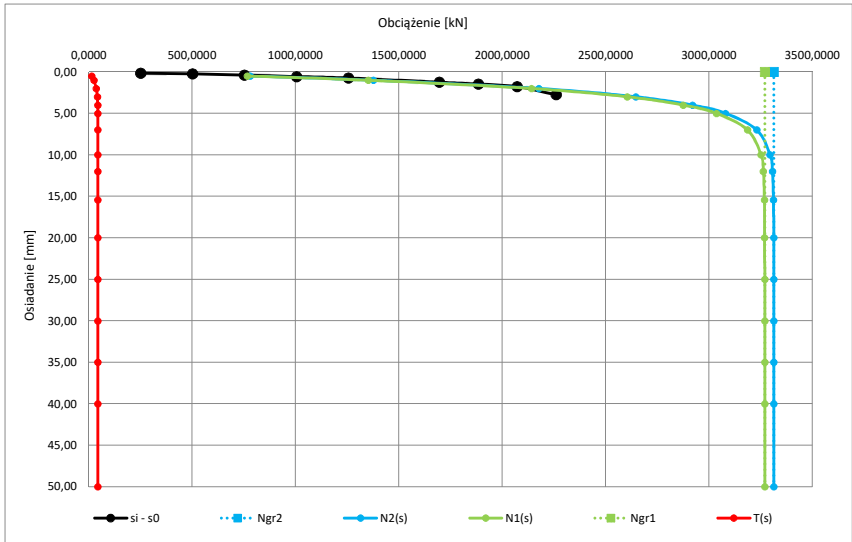
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3312	[kN]
C2	0,00056	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3269	[kN]
C1	0,00057	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

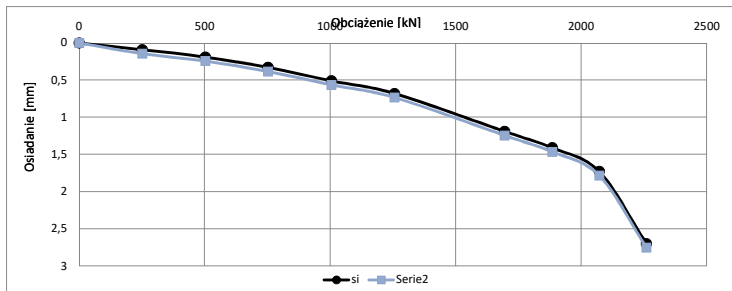
s0	-0,05	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	780,8	766,1	14,7
1	1376,2	1351,3	24,9
2	2177,4	2140,8	36,6
3	2645,1	2603,3	41,8
4	2919,0	2875,1	43,9
5	3079,8	3035,3	44,6
7	3230,4	3185,9	44,5
10	3294,9	3250,9	44,0
12	3306,0	3262,2	43,8
15	3311,2	3267,5	43,7
20	3312,2	3268,6	43,7
25	3312,3	3268,7	43,7
30	3312,4	3268,7	43,7
35	3312,4	3268,7	43,7
40	3312,4	3268,7	43,7
50	3312,4	3268,7	43,7
60	3312,4	3268,7	43,7
70	3312,4	3268,7	43,7
80	3312,4	3268,7	43,7
90	3312,4	3268,7	43,7
100	3312,4	3268,7	43,7



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,14	251,0000
0,24	502,0000
0,38	753,0000
0,56	1005,0000
0,73	1256,0000
1,24	1695,0000
1,46	1884,0000
1,78	2072,0000
2,75	2260,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pala:

H	8[m]
D	0,8[m]
D podst.:	0,8[m]

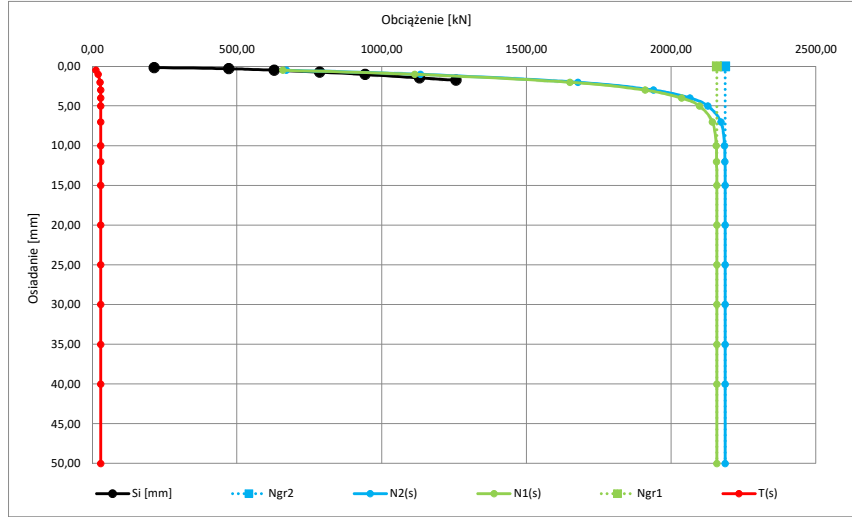
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,15	214,00
0,30	471,00
0,49	628,00
0,73	785,00
1,03	942,00
1,46	1130,40
1,75	1256,00
2,19	1413,00
2,69	1570,00
3,22	1727,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2186	[kN]
C2	0,00062	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2157	[kN]
C1	0,00064	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	670,7	658,2	12,5
1	1134,1	1114,2	19,9
2	1677,1	1650,2	26,9
3	1938,5	1909,5	29,0
4	2065,0	2035,5	29,5
5	2126,5	2097,1	29,4
7	2171,3	2142,3	29,1
10	2184,1	2155,2	28,9
12	2185,4	2156,6	28,8
15	2185,8	2157,0	28,8
20	2185,9	2157,1	28,8
25	2185,9	2157,1	28,8
30	2185,9	2157,1	28,8
35	2185,9	2157,1	28,8
40	2185,9	2157,1	28,8
50	2185,9	2157,1	28,8
60	2185,9	2157,1	28,8
70	2185,9	2157,1	28,8
80	2185,9	2157,1	28,8
90	2185,9	2157,1	28,8
100	2185,9	2157,1	28,8



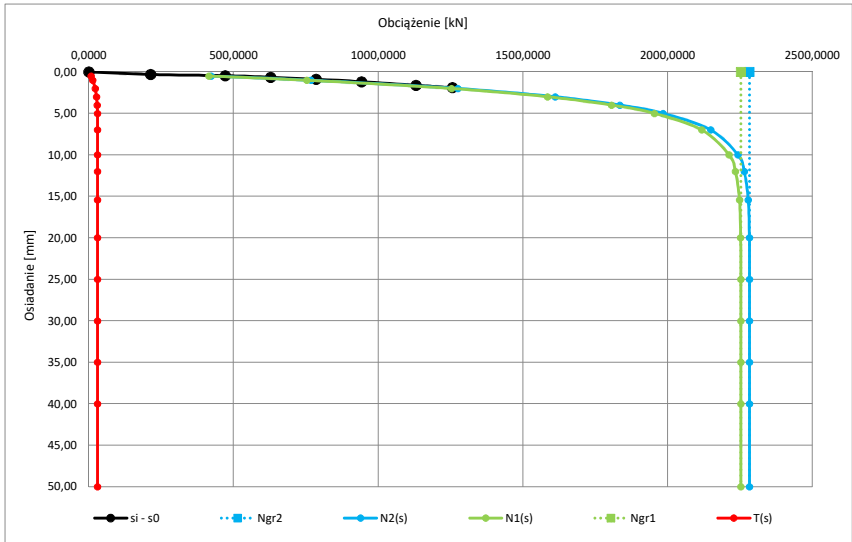
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2283	[kN]
C2	0,00107	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2253	[kN]
C1	0,00109	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

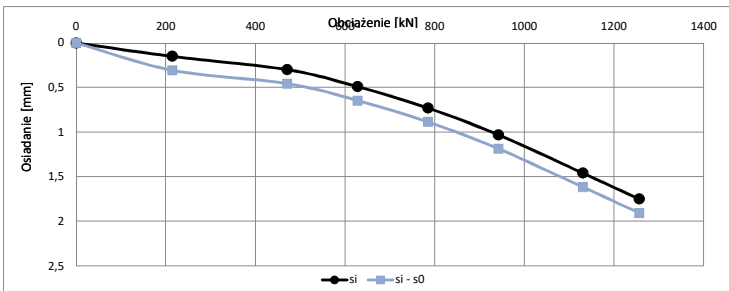
s0	-0,16	[mm]
----	-------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	423,2	415,2	8,1
1	767,4	753,2	14,2
2	1275,1	1252,9	22,2
3	1611,6	1585,0	26,6
4	1835,0	1806,1	28,9
5	1983,5	1953,5	30,1
7	2148,5	2117,7	30,8
10	2241,9	2211,3	30,6
12	2264,2	2233,8	30,4
15	2277,9	2247,6	30,2
20	2281,9	2251,8	30,1
25	2282,7	2252,6	30,1
30	2282,8	2252,7	30,1
35	2282,8	2252,7	30,1
40	2282,8	2252,7	30,1
50	2282,8	2252,7	30,1
60	2282,8	2252,7	30,1
70	2282,8	2252,7	30,1
80	2282,8	2252,7	30,1
90	2282,8	2252,7	30,1
100	2282,8	2252,7	30,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,31	214,0000
0,46	471,0000
0,65	628,0000
0,89	785,0000
1,19	942,0000
1,62	1130,4000
1,91	1256,0000
2,35	1413,0000
2,85	1570,0000
3,38	1727,0000
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	11,5	[m]
D	0,51	[m]
D podst.:	0,51	[m]

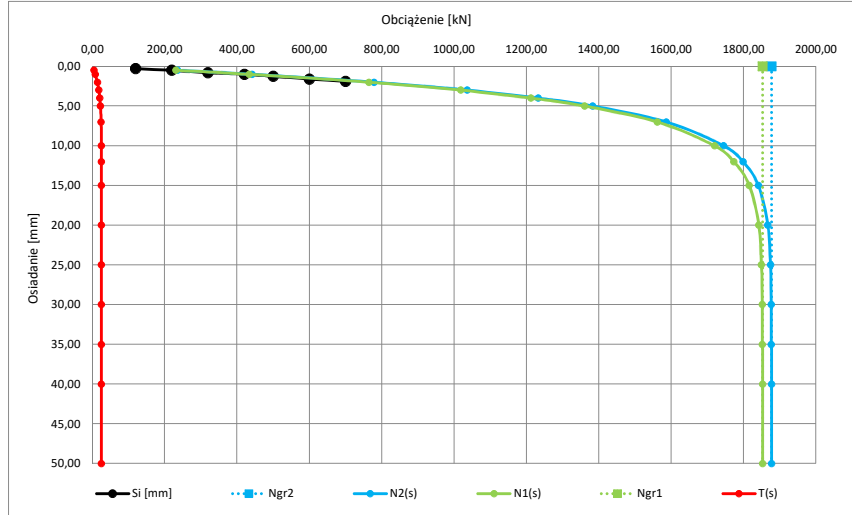
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,30	120,00
0,50	220,00
0,80	320,00
1,00	420,00
1,25	500,00
1,60	600,00
1,90	700,00
2,35	800,00
3,00	940,00
3,70	1060,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1877	[kN]
C2	0,00198	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	1852	[kN]
C1	0,00202	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	235,8	231,3	4,5
1	441,8	433,4	8,3
2	778,8	764,7	14,1
3	1036,0	1018,0	18,0
4	1232,6	1211,8	20,7
5	1382,8	1360,3	22,5
7	1585,7	1561,3	24,4
10	1744,5	1719,3	25,2
12	1798,3	1773,0	25,3
15	1840,8	1815,6	25,2
20	1866,9	1841,9	24,9
25	1874,1	1849,2	24,8
30	1876,1	1851,3	24,8
35	1876,6	1851,9	24,7
40	1876,8	1852,1	24,7
50	1876,9	1852,1	24,7
60	1876,9	1852,1	24,7
70	1876,9	1852,1	24,7
80	1876,9	1852,1	24,7
90	1876,9	1852,1	24,7
100	1876,9	1852,1	24,7



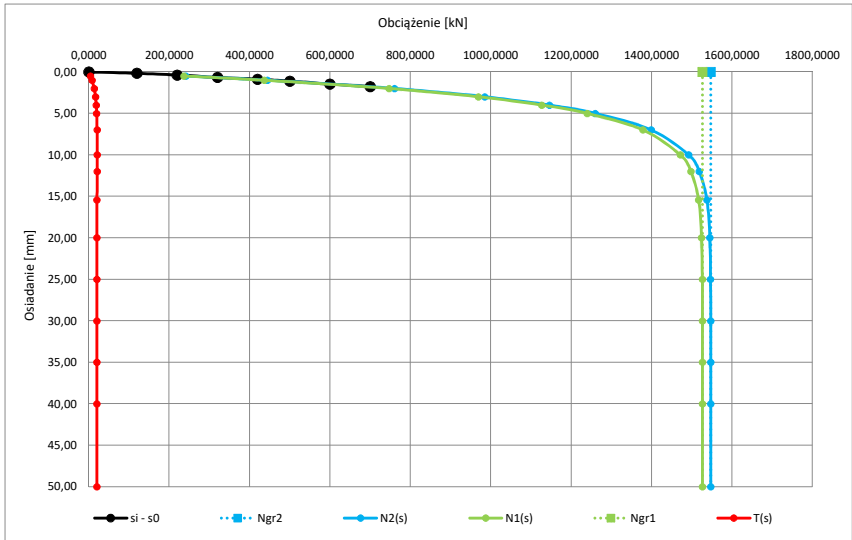
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1547	[kN]
C2	0,00190	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	1526	[kN]
C1	0,00194	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

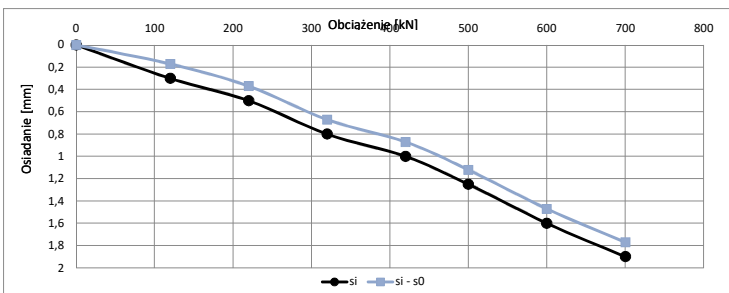
s0	0,13	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	241,3	236,7	4,6
1	444,7	436,4	8,3
2	760,6	747,1	13,5
3	985,3	968,6	16,7
4	1145,3	1126,7	18,6
5	1259,4	1239,7	19,7
7	1399,1	1378,4	20,7
10	1491,9	1471,0	20,8
12	1518,2	1497,5	20,7
15	1537,3	1516,8	20,6
20	1544,6	1524,1	20,4
25	1546,3	1525,9	20,4
30	1546,6	1526,2	20,4
35	1546,7	1526,3	20,4
40	1546,7	1526,3	20,4
50	1546,7	1526,3	20,4
60	1546,7	1526,3	20,4
70	1546,7	1526,3	20,4
80	1546,7	1526,3	20,4
90	1546,7	1526,3	20,4
100	1546,7	1526,3	20,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,17	120,0000
0,37	220,0000
0,67	320,0000
0,87	420,0000
1,12	500,0000
1,47	600,0000
1,77	700,0000
2,22	800,0000
2,87	940,0000
3,57	1060,0000
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	12	[m]
D	0,51	[m]
D podst.:	0,51	[m]

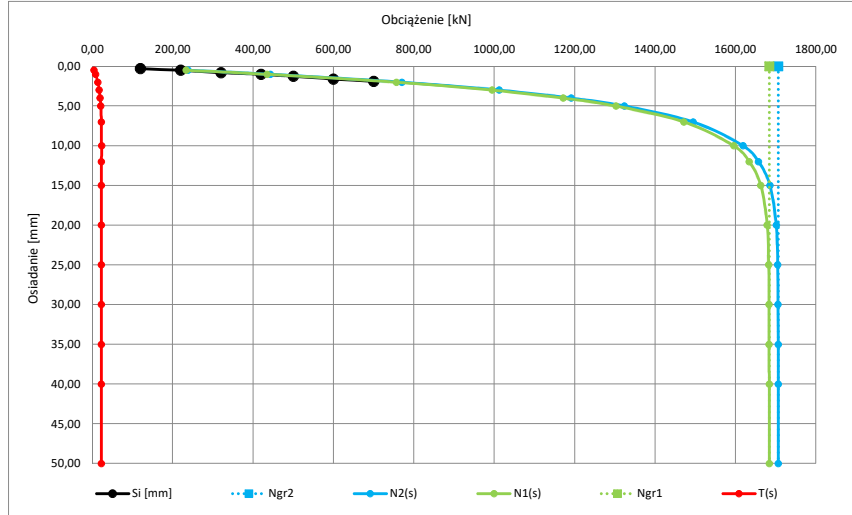
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,30	120,00
0,50	220,00
0,80	320,00
1,00	420,00
1,25	500,00
1,60	600,00
1,90	700,00
2,35	800,00
3,00	940,00
3,80	1060,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1706	[kN]
C2	0,00195	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	1683	[kN]
C1	0,00199	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	238,4	233,8	4,6
1	443,1	434,8	8,3
2	770,3	756,5	13,8
3	1012,1	994,7	17,4
4	1190,9	1171,2	19,7
5	1323,3	1302,2	21,1
7	1494,2	1471,7	22,5
10	1618,2	1595,2	23,0
12	1657,0	1634,0	23,0
15	1685,4	1662,6	22,8
20	1701,0	1678,4	22,6
25	1704,7	1682,2	22,5
30	1705,6	1683,1	22,5
35	1705,9	1683,4	22,5
40	1705,9	1683,4	22,5
50	1705,9	1683,5	22,5
60	1705,9	1683,5	22,5
70	1705,9	1683,5	22,5
80	1705,9	1683,5	22,5
90	1705,9	1683,5	22,5
100	1705,9	1683,5	22,5



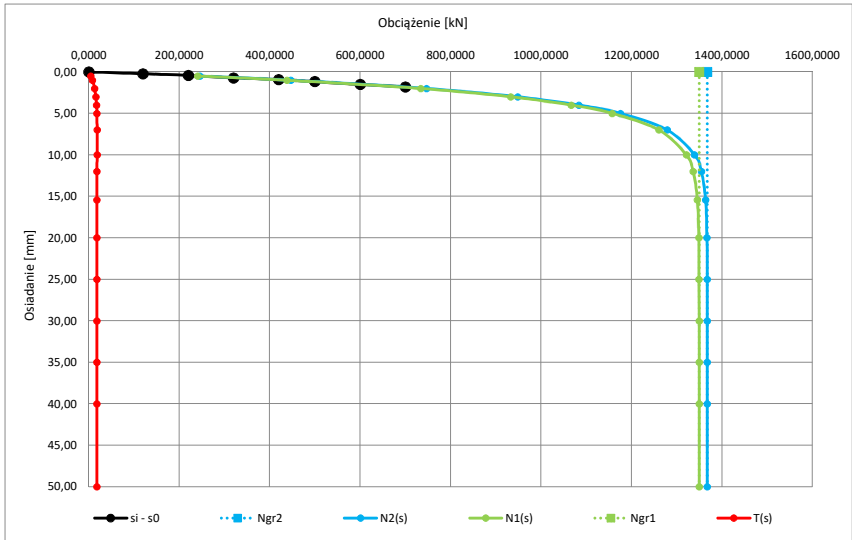
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1367	[kN]
C2	0,00184	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	1349	[kN]
C1	0,00188	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

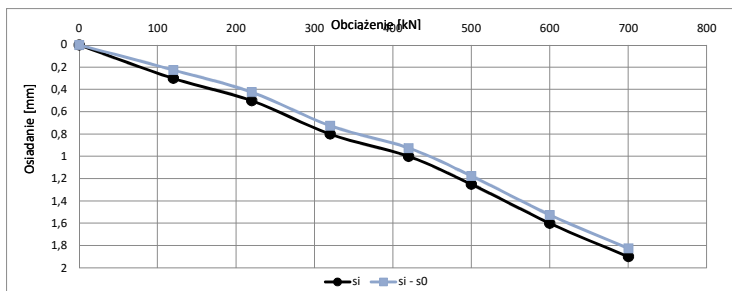
s0	0,08	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	245,7	241,0	4,7
1	446,8	438,6	8,3
2	746,7	733,7	13,0
3	948,2	932,5	15,7
4	1083,8	1066,7	17,2
5	1175,3	1157,4	17,9
7	1278,8	1260,4	18,4
10	1339,3	1320,9	18,3
12	1354,2	1335,9	18,2
15	1363,6	1345,5	18,1
20	1366,6	1348,6	18,0
25	1367,1	1349,1	18,0
30	1367,2	1349,2	18,0
35	1367,3	1349,2	18,0
40	1367,3	1349,2	18,0
50	1367,3	1349,2	18,0
60	1367,3	1349,2	18,0
70	1367,3	1349,2	18,0
80	1367,3	1349,2	18,0
90	1367,3	1349,2	18,0
100	1367,3	1349,2	18,0



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,22	120,0000
0,42	220,0000
0,72	320,0000
0,92	420,0000
1,17	500,0000
1,52	600,0000
1,82	700,0000
2,27	800,0000
2,92	940,0000
3,72	1060,0000
#ARG!	-





Technologia: Vibro

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	18[m]
D	0,56[m]
D podst.:	0,63[m]

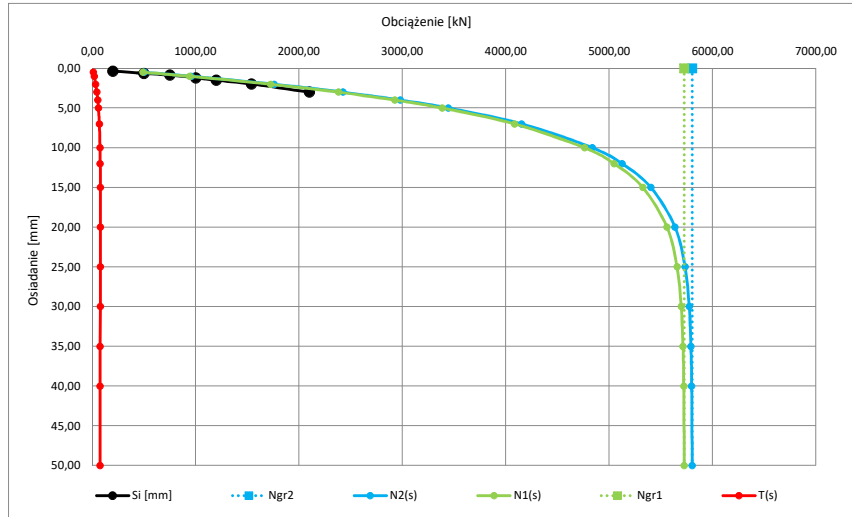
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,35	200,00
0,65	500,00
0,85	750,00
1,20	1000,00
1,50	1200,00
1,98	1540,00
3,00	2100,00
5,46	3080,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5803	[kN]
C2	0,00095	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	5726	[kN]
C1	0,00097	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	501,5	491,7	9,7
1	959,2	940,8	18,3
2	1758,5	1725,8	32,7
3	2424,8	2380,9	43,8
4	2980,4	2927,9	52,5
5	3443,8	3384,7	59,2
7	4153,3	4085,1	68,2
10	4836,0	4761,1	74,9
12	5124,6	5047,7	76,9
15	5403,3	5325,3	78,1
20	5636,4	5558,3	78,1
25	5732,8	5655,3	77,5
30	5773,1	5696,0	77,1
35	5790,0	5713,2	76,8
40	5797,2	5720,5	76,6
50	5801,5	5725,0	76,5
60	5802,3	5725,9	76,5
70	5802,5	5726,0	76,5
80	5802,5	5726,1	76,5
90	5802,5	5726,1	76,5
100	5802,5	5726,1	76,5



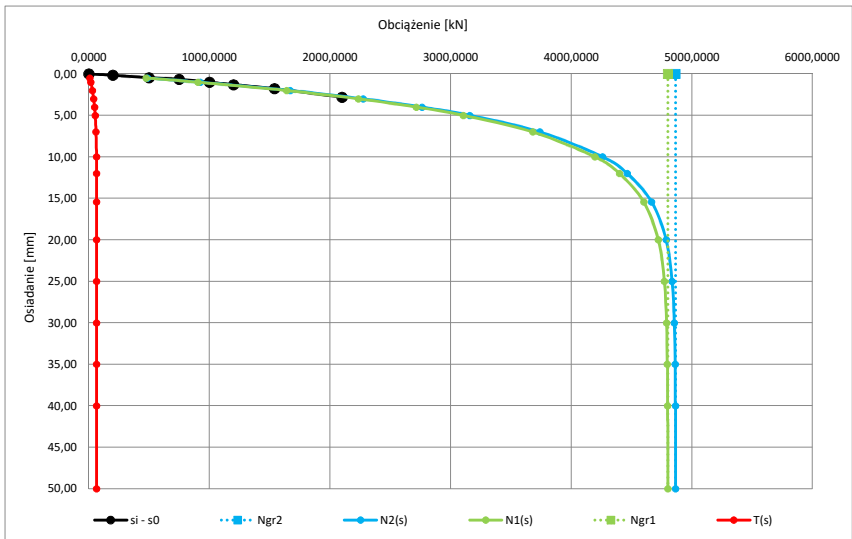
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4865	[kN]
C2	0,00098	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4801	[kN]
C1	0,00099	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

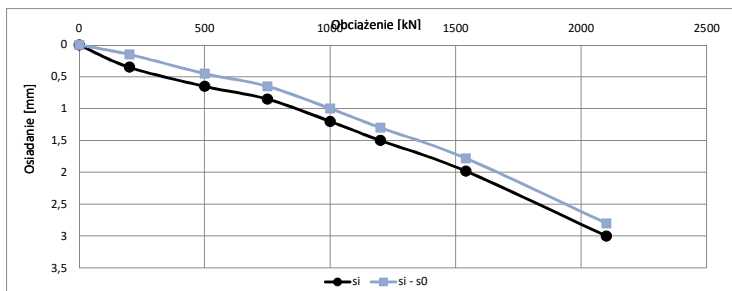
s0	0,20	[mm]
----	------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	486,3	476,9	9,4
1	923,6	906,0	17,6
2	1670,4	1639,6	30,8
3	2274,5	2233,9	40,6
4	2763,5	2715,6	47,9
5	3159,4	3106,2	53,2
7	3740,0	3680,1	60,0
10	4260,4	4196,1	64,3
12	4464,5	4399,2	65,3
15	4666,1	4600,5	65,6
20	4786,4	4721,3	65,1
25	4836,1	4771,4	64,7
30	4854,2	4789,8	64,4
35	4860,8	4796,6	64,2
40	4863,3	4799,1	64,2
50	4864,5	4800,4	64,1
60	4864,7	4800,6	64,1
70	4864,8	4800,6	64,1
80	4864,8	4800,6	64,1
90	4864,8	4800,6	64,1
100	4864,8	4800,6	64,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,15	200,0000
0,45	500,0000
0,65	750,0000
1,00	1000,0000
1,30	1200,0000
1,78	1540,0000
2,80	2100,0000
5,26	3080,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	12,3	[m]
D	0,61	[m]
D podst.:	0,66	[m]

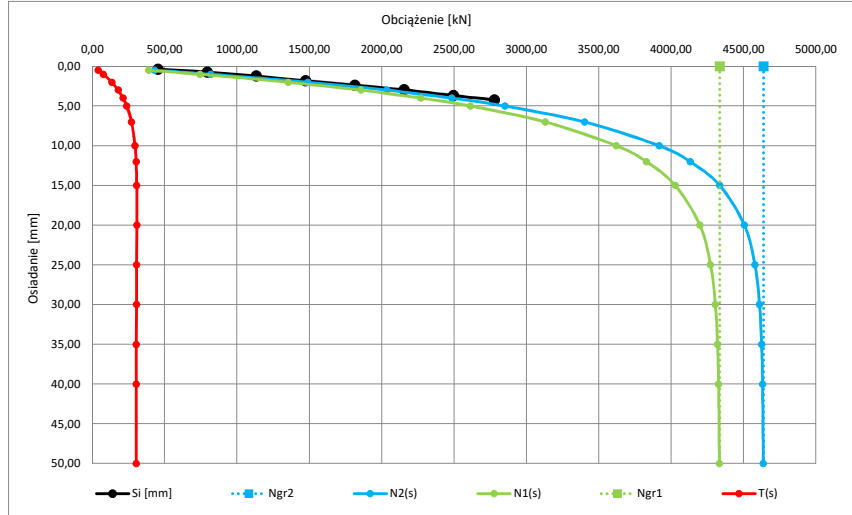
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,35	454,00
0,72	794,00
1,23	1134,00
1,83	1474,00
2,39	1815,00
2,96	2155,00
3,68	2495,00
4,22	2779,00
4,77	3062,00
5,54	3299,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4637	[kN]
C2	0,00110	[mm/kN]
Kappa 2	0,05	[-]

Ngr 1	4334	[kN]
C1	0,00122	[mm/kN]
Kappa 1	0,05	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	430,9	390,0	40,9
1	819,8	743,3	76,5
2	1488,6	1353,8	134,8
3	2035,2	1856,2	179,0
4	2482,9	2270,4	212,5
5	2850,3	2612,5	237,9
7	3401,2	3130,0	271,2
10	3916,9	3621,3	295,5
12	4130,5	3827,8	302,7
15	4334,6	4027,6	307,0
20	4505,2	4197,6	307,6
25	4577,6	4271,3	306,3
30	4609,4	4304,3	305,0
35	4623,8	4319,6	304,2
40	4630,5	4326,8	303,8
50	4635,4	4332,1	303,3
60	4636,6	4333,4	303,2
70	4636,9	4333,8	303,1
80	4637,0	4333,9	303,1
90	4637,1	4334,0	303,1
100	4637,1	4334,0	303,1



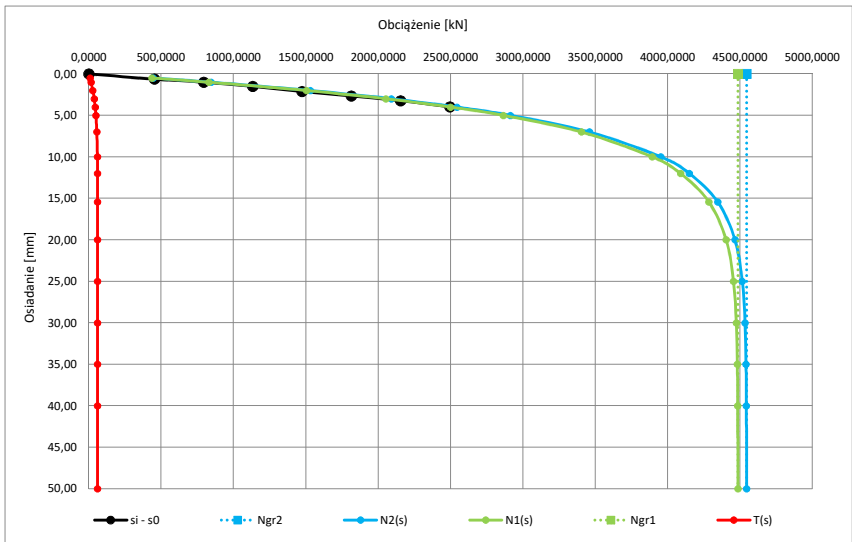
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4545	[kN]
C2	0,00107	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4485	[kN]
C1	0,00109	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

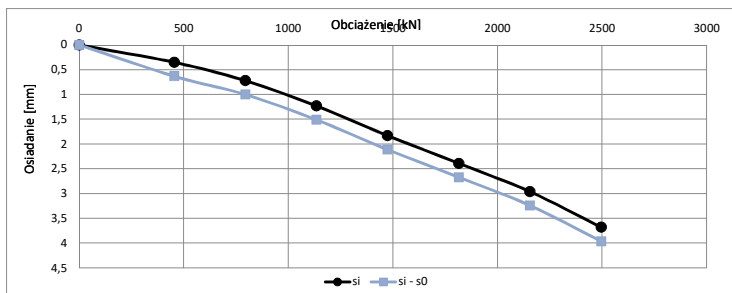
s0	-0,28	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	444,4	435,8	8,6
1	845,0	828,9	16,1
2	1531,7	1503,4	28,2
3	2089,8	2052,4	37,4
4	2543,7	2499,6	44,2
5	2913,1	2863,8	49,2
7	3458,4	3402,8	55,6
10	3952,8	3892,9	59,9
12	4149,0	4088,1	60,9
15	4345,2	4284,0	61,3
20	4464,4	4403,5	60,9
25	4514,7	4454,2	60,5
30	4533,4	4473,2	60,2
35	4540,4	4480,4	60,0
40	4543,1	4483,1	60,0
50	4544,5	4484,6	59,9
60	4544,7	4484,8	59,9
70	4544,7	4484,8	59,9
80	4544,7	4484,8	59,9
90	4544,7	4484,8	59,9
100	4544,7	4484,8	59,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,63	454,0000
1,00	794,0000
1,51	1134,0000
2,11	1474,0000
2,67	1815,0000
3,24	2155,0000
3,96	2495,0000
4,50	2779,0000
5,05	3062,0000
5,82	3299,0000
#ARG!	-



Geometria pała:

H	12,3[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

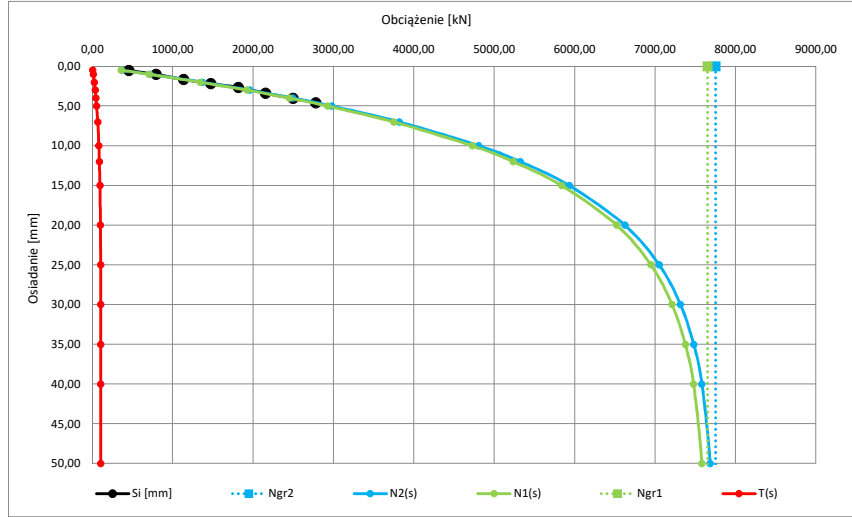
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,51	454,00
1,03	794,00
1,65	1134,00
2,18	1474,00
2,65	1815,00
3,38	2155,00
4,05	2495,00
4,59	2779,00
5,11	3062,00
5,79	3299,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7751	[kN]
C2	0,00133	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	7649	[kN]
C1	0,00135	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	367,9	360,7	7,2
1	718,1	704,2	13,9
2	1369,1	1343,0	26,1
3	1959,3	1922,5	36,8
4	2494,4	2448,2	46,2
5	2979,6	2925,3	54,3
7	3818,7	3751,1	67,7
10	4807,0	4725,1	81,9
12	5322,5	5234,1	88,4
15	5930,3	5835,1	95,2
20	6622,5	6521,2	101,3
25	7050,0	6946,3	103,8
30	7314,7	7210,2	104,5
35	7478,8	7374,4	104,4
40	7580,9	7476,9	104,1
50	7684,3	7581,0	103,3
60	7724,8	7622,0	102,8
70	7740,7	7638,3	102,5
80	7747,1	7644,8	102,3
90	7749,7	7647,4	102,2
100	7750,7	7648,5	102,2



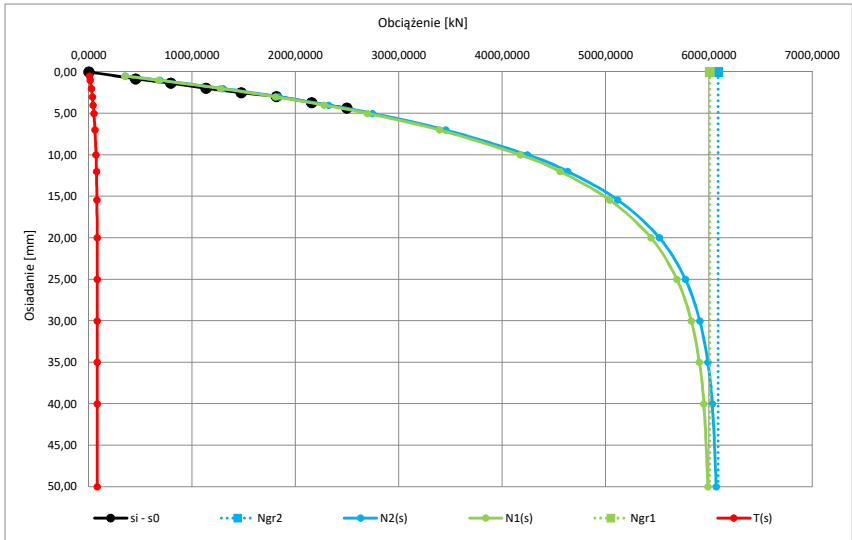
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6086	[kN]
C2	0,00137	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	6005	[kN]
C1	0,00139	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

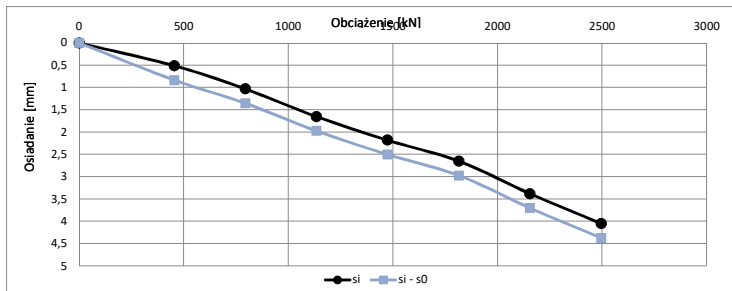
s0	-0,32	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	354,9	347,9	6,9
1	688,8	675,5	13,3
2	1299,0	1274,4	24,6
3	1839,6	1805,4	34,2
4	2318,6	2276,3	42,3
5	2743,0	2693,9	49,2
7	3452,8	3392,9	59,8
10	4243,1	4172,9	70,2
12	4632,3	4557,7	74,5
15	5115,7	5036,8	78,9
20	5519,8	5438,4	81,4
25	5770,5	5688,4	82,0
30	5909,5	5827,6	81,9
35	5986,8	5905,3	81,5
40	6030,0	5948,9	81,1
50	6067,8	5987,2	80,6
60	6079,8	5999,5	80,4
70	6083,7	6003,4	80,3
80	6085,0	6004,7	80,2
90	6085,4	6005,2	80,2
100	6085,5	6005,3	80,2



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,83	454,0000
1,35	794,0000
1,97	1134,0000
2,50	1474,0000
2,97	1815,0000
3,70	2155,0000
4,37	2495,0000
4,91	2779,0000
5,43	3062,0000
6,11	3299,0000
#ARG!	-



Geometria pala:

H	14	[m]
D	0,51	[m]
D podst.:	0,56	[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

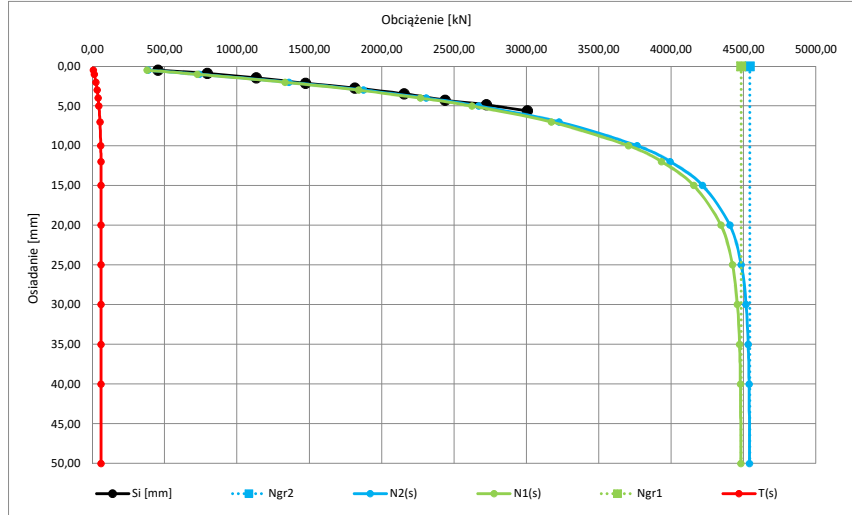
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,47	454,00
0,91	794,00
1,45	1134,00
2,13	1474,00
2,75	1815,00
3,47	2155,00
4,26	2438,00
4,85	2722,00
5,62	3005,00
6,74	3232,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4542	[kN]
C2	0,00124	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4482	[kN]
C1	0,00126	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	386,4	378,9	7,5
1	739,7	725,5	14,2
2	1357,9	1332,6	25,3
3	1874,7	1840,8	33,9
4	2307,0	2266,3	40,7
5	2668,6	2622,7	45,9
7	3224,6	3171,5	53,1
10	3763,3	3704,8	58,5
12	3992,7	3932,6	60,1
15	4215,8	4154,7	61,1
20	4404,3	4343,2	61,1
25	4483,5	4422,8	60,7
30	4516,9	4456,6	60,4
35	4531,2	4471,1	60,1
40	4537,3	4477,3	60,0
50	4541,1	4481,2	59,9
60	4541,8	4482,0	59,9
70	4542,0	4482,1	59,9
80	4542,0	4482,1	59,9
90	4542,0	4482,1	59,9
100	4542,0	4482,1	59,9



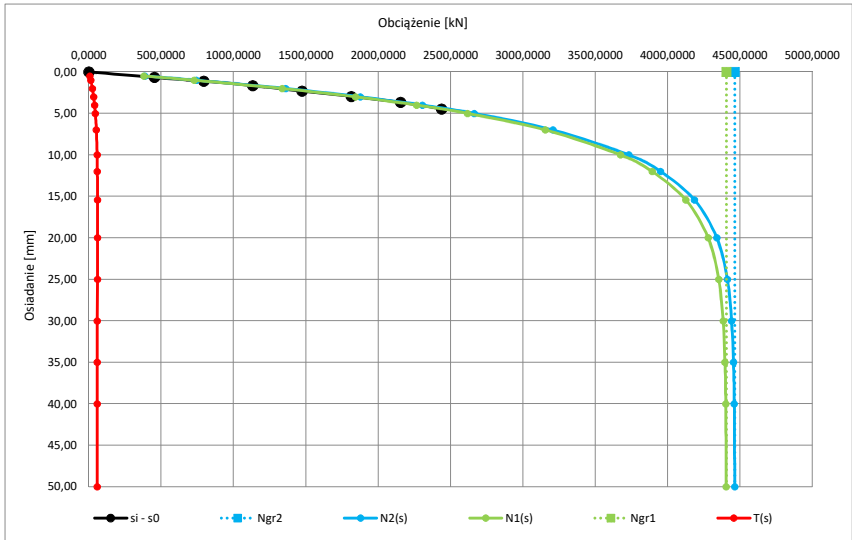
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4463	[kN]
C2	0,00123	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4404	[kN]
C1	0,00125	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

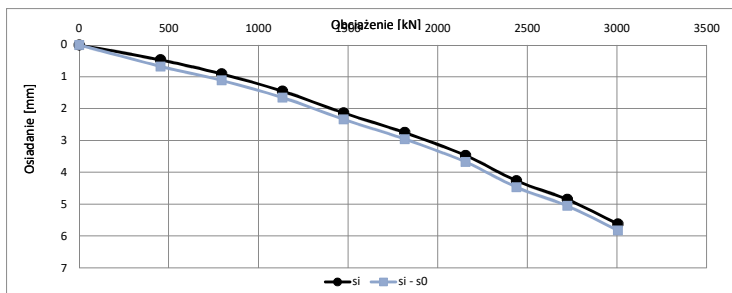
s0	-0,20	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	388,7	381,1	7,5
1	743,2	729,0	14,2
2	1361,6	1336,3	25,3
3	1876,4	1842,5	33,9
4	2305,0	2264,5	40,6
5	2662,0	2616,3	45,7
7	3207,4	3154,8	52,6
10	3730,4	3672,7	57,7
12	3950,6	3891,4	59,2
15	4184,2	4124,1	60,1
20	4339,0	4278,9	60,0
25	4411,5	4351,9	59,6
30	4441,5	4382,2	59,3
35	4454,0	4395,0	59,1
40	4459,3	4400,4	58,9
50	4462,5	4403,6	58,9
60	4463,1	4404,3	58,8
70	4463,2	4404,4	58,8
80	4463,2	4404,4	58,8
90	4463,2	4404,4	58,8
100	4463,2	4404,4	58,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,67	454,0000
1,11	794,0000
1,65	1134,0000
2,33	1474,0000
2,95	1815,0000
3,67	2155,0000
4,46	2438,0000
5,05	2722,0000
5,82	3005,0000
6,94	3232,0000
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	19 [m]
D	0,46 [m]
D podst.:	0,51 [m]

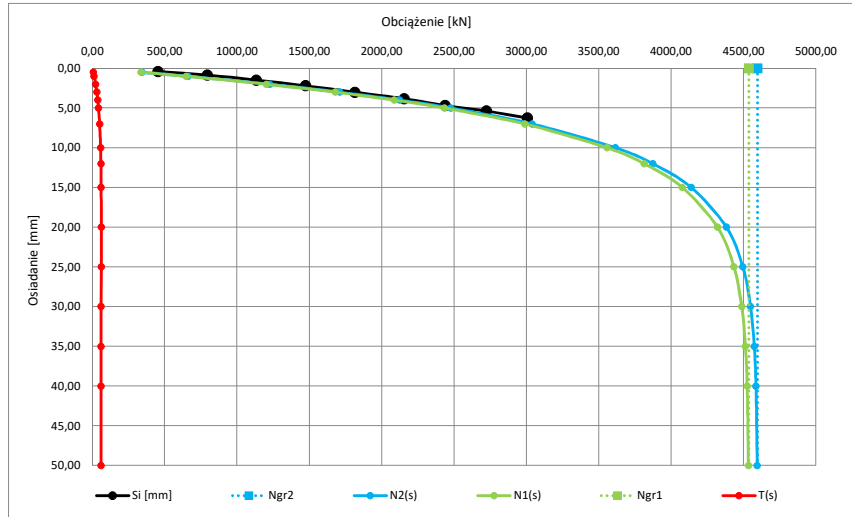
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,39	454,00
0,85	794,00
1,48	1134,00
2,20	1474,00
3,01	1815,00
3,83	2155,00
4,69	2438,00
5,38	2722,00
6,25	3005,00
7,33	3232,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4596 [kN]
C2	0,00140 [mm/KN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	4535 [kN]
C1	0,00143 [mm/KN]
Kappa 1	0,01 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	343,5	336,8	6,7
1	661,1	648,4	12,7
2	1226,3	1203,3	23,0
3	1709,6	1678,3	31,3
4	2123,0	2085,0	37,9
5	2476,7	2433,4	43,3
7	3038,4	2987,5	51,0
10	3612,9	3555,5	57,4
12	3871,8	3812,1	59,7
15	4137,3	4076,0	61,3
20	4380,8	4318,8	62,0
25	4494,5	4432,7	61,7
30	4547,8	4486,5	61,3
35	4573,0	4512,0	61,0
40	4585,0	4524,2	60,8
50	4593,5	4532,8	60,7
60	4595,4	4534,8	60,6
70	4595,9	4535,3	60,6
80	4596,0	4535,4	60,6
90	4596,1	4535,5	60,6
100	4596,1	4535,5	60,6



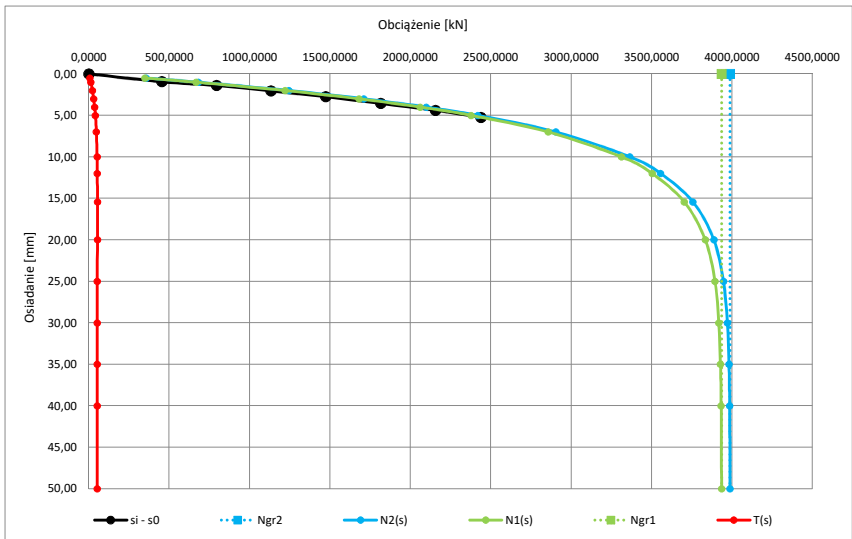
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3987 [kN]
C2	0,00134 [mm/KN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	3935 [kN]
C1	0,00137 [mm/KN]
Kappa 1	0,01 [-]

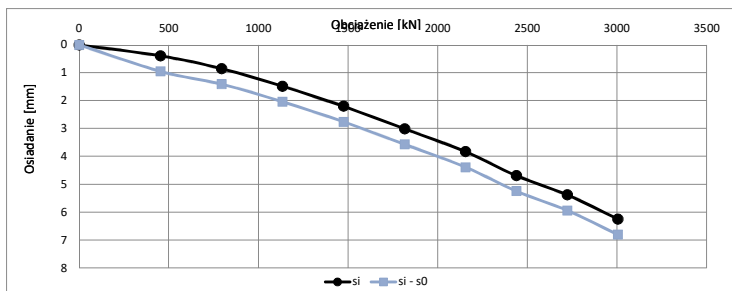
s0	-0,56 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	356,4	349,5	6,9
1	680,7	667,6	13,0
2	1244,2	1221,1	23,1
3	1710,8	1680,0	30,8
4	2097,5	2060,7	36,8
5	2417,9	2376,5	41,4
7	2903,9	2856,5	47,4
10	3364,3	3312,5	51,8
12	3555,8	3502,7	53,0
15	3756,3	3702,6	53,7
20	3886,7	3833,1	53,6
25	3946,4	3893,2	53,2
30	3970,6	3917,7	52,9
35	3980,5	3927,7	52,7
40	3984,5	3931,9	52,6
50	3986,9	3934,3	52,6
60	3987,3	3934,8	52,6
70	3987,4	3934,8	52,6
80	3987,4	3934,9	52,6
90	3987,4	3934,9	52,6
100	3987,4	3934,9	52,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,95	454,0000
1,41	794,0000
2,04	1134,0000
2,76	1474,0000
3,57	1815,0000
4,39	2155,0000
5,25	2438,0000
5,94	2722,0000
6,81	3005,0000
7,89	3232,0000
#ARG!	-



Lp. 70

Technologia:  
Vibro

Załącznik 4.10

Geometria pala:	
H	7,5 [m]
D	0,51 [m]
D podst.:	0,56 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

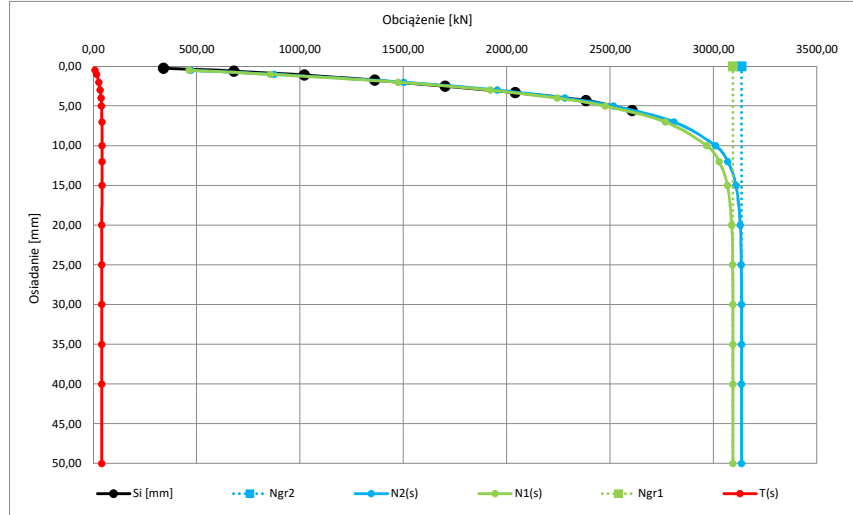
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,25	340,00
0,60	680,00
1,10	1021,00
1,75	1361,00
2,52	1701,00
3,31	2041,00
4,30	2382,00
5,57	2605,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3135	[kN]
C2	0,00098	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3093	[kN]
C1	0,00100	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	472,4	463,4	9,1
1	873,0	856,7	16,3
2	1501,2	1474,5	26,7
3	1953,6	1920,4	33,2
4	2279,8	2242,6	37,2
5	2515,3	2475,7	39,6
7	2808,5	2766,7	41,8
10	3009,0	2966,8	42,2
12	3067,8	3025,7	42,1
15	3108,5	3066,7	41,8
20	3129,0	3087,6	41,5
25	3133,4	3092,0	41,4
30	3134,3	3093,0	41,3
35	3134,5	3093,2	41,3
40	3134,6	3093,3	41,3
50	3134,6	3093,3	41,3
60	3134,6	3093,3	41,3
70	3134,6	3093,3	41,3
80	3134,6	3093,3	41,3
90	3134,6	3093,3	41,3
100	3134,6	3093,3	41,3



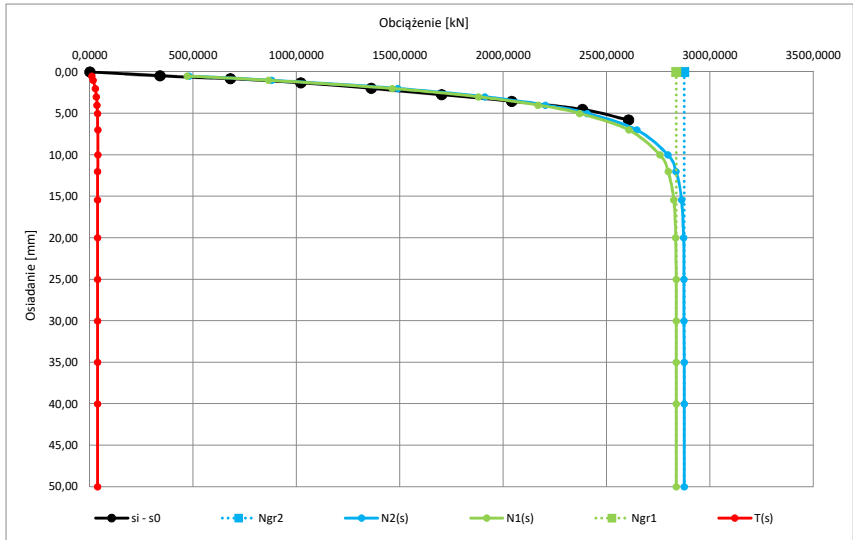
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2874	[kN]
C2	0,00095	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2836	[kN]
C1	0,00097	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

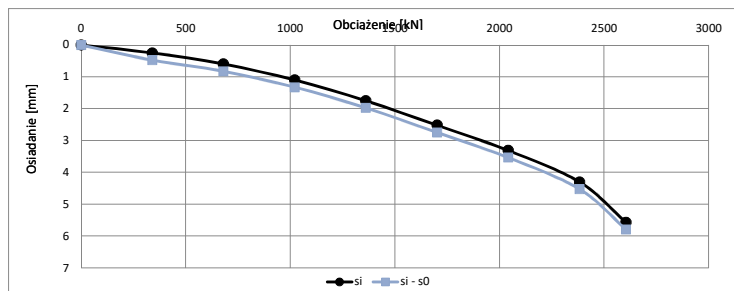
s0	-0,23	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	480,8	471,6	9,2
1	880,4	864,1	16,4
2	1489,3	1463,1	26,2
3	1911,0	1879,0	32,0
4	2203,4	2168,0	35,4
5	2406,4	2369,2	37,2
7	2645,8	2607,2	38,6
10	2795,5	2756,8	38,7
12	2835,2	2796,8	38,4
15	2862,3	2824,2	38,1
20	2871,6	2833,7	38,0
25	2873,6	2835,7	37,9
30	2874,0	2836,1	37,9
35	2874,1	2836,2	37,9
40	2874,1	2836,2	37,9
50	2874,1	2836,2	37,9
60	2874,1	2836,2	37,9
70	2874,1	2836,2	37,9
80	2874,1	2836,2	37,9
90	2874,1	2836,2	37,9
100	2874,1	2836,2	37,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,48	340,0000
0,83	680,0000
1,33	1021,0000
1,98	1361,0000
2,75	1701,0000
3,54	2041,0000
4,53	2382,0000
5,80	2605,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pała:

H	13 [m]
D	0,61 [m]
D podst.:	0,66 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

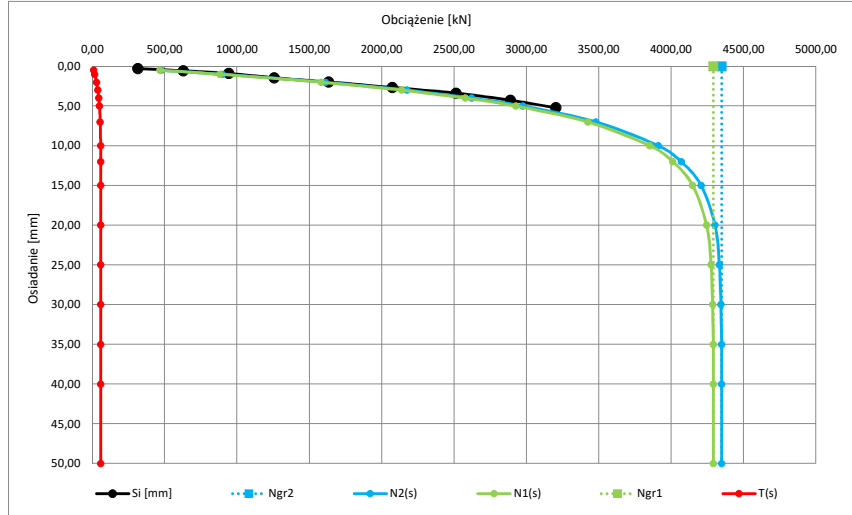
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,29	314,00
0,55	628,00
0,91	942,00
1,44	1256,00
1,99	1633,00
2,67	2072,00
3,38	2512,00
4,27	2889,00
5,22	3203,00
6,37	3517,00
8,01	3768,00
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4349 [kN]
C2	0,00099 [mm/kN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	4291 [kN]
C1	0,00101 [mm/kN]
Kappa 1	0,01 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	475,8	466,6	9,2
1	899,0	881,9	17,1
2	1610,7	1581,2	29,5
3	2174,4	2135,9	38,5
4	2621,1	2576,2	44,9
5	2975,3	2925,9	49,5
7	3479,4	3424,5	54,9
10	3909,2	3851,2	58,0
12	4069,1	4010,5	58,6
15	4206,3	4147,7	58,6
20	4301,9	4243,9	58,0
25	4333,2	4275,5	57,7
30	4343,5	4286,0	57,5
35	4346,9	4289,5	57,4
40	4348,1	4290,7	57,3
50	4348,6	4291,3	57,3
60	4348,7	4291,4	57,3
70	4348,7	4291,4	57,3
80	4348,7	4291,4	57,3
90	4348,7	4291,4	57,3
100	4348,7	4291,4	57,3



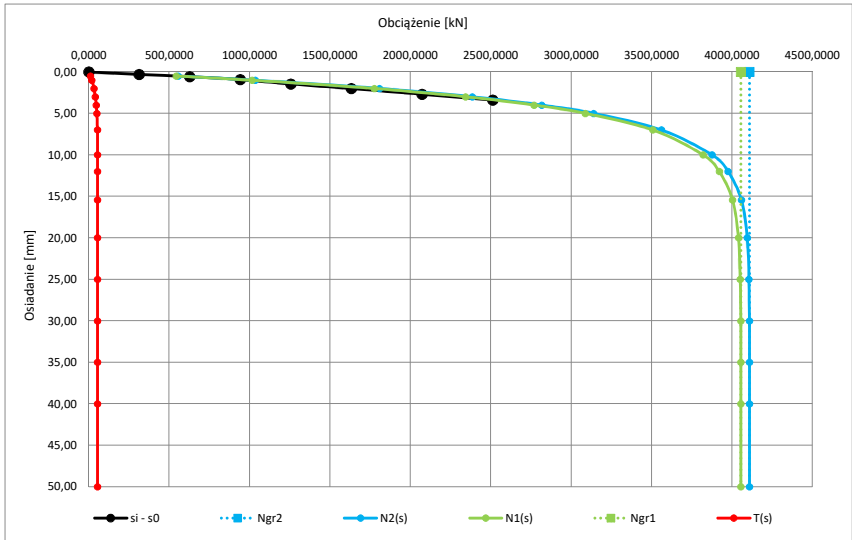
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4109 [kN]
C2	0,00084 [mm/kN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	4054 [kN]
C1	0,00085 [mm/kN]
Kappa 1	0,01 [-]

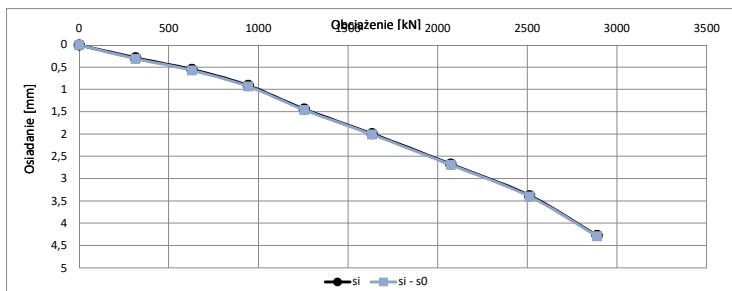
s0	-0,02 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	555,6	544,9	10,7
1	1035,4	1015,9	19,5
2	1807,9	1775,4	32,5
3	2384,8	2343,6	41,2
4	2815,9	2769,1	46,8
5	3138,4	3088,0	50,4
7	3560,8	3506,7	54,1
10	3874,7	3819,3	55,4
12	3975,4	3920,1	55,3
15	4057,4	4002,5	54,9
20	4094,1	4039,6	54,5
25	4104,8	4050,6	54,3
30	4107,6	4053,4	54,2
35	4108,3	4054,1	54,2
40	4108,4	4054,3	54,2
50	4108,5	4054,4	54,1
60	4108,5	4054,4	54,1
70	4108,5	4054,4	54,1
80	4108,5	4054,4	54,1
90	4108,5	4054,4	54,1
100	4108,5	4054,4	54,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,31	314,0000
0,57	628,0000
0,93	942,0000
1,46	1256,0000
2,01	1633,0000
2,69	2072,0000
3,40	2512,0000
4,29	2889,0000
5,24	3203,0000
6,39	3517,0000
8,03	3768,0000



Geometria pala:

H	10,5[m]
D	0,51[m]
D podst.:	0,56[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

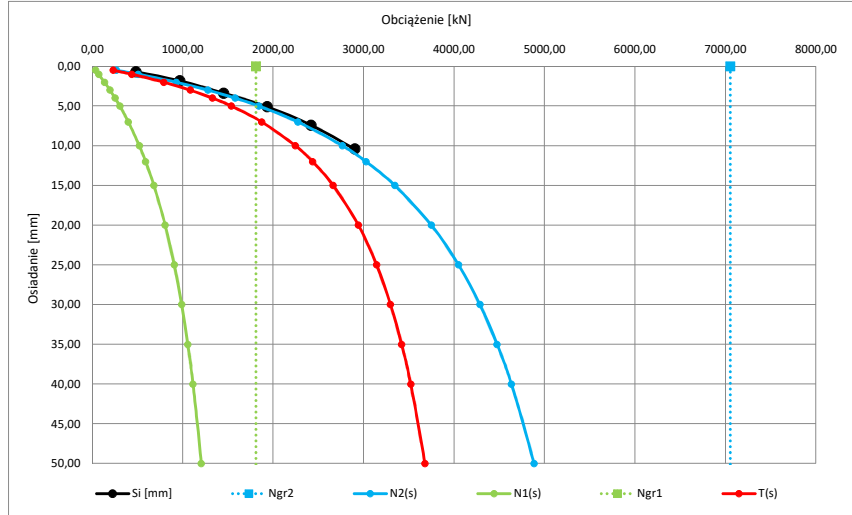
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,67	484,00
1,83	967,00
3,37	1451,00
5,10	1934,00
7,40	2418,00
10,42	2901,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7053	[kN]
C2	0,00177	[mm/kN]
Kappa 2	1,78	[-]

Ngr 1	1808	[kN]
C1	0,01366	[mm/kN]
Kappa 1	1,02	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	267,3	35,9	231,5
1	508,3	70,4	438,0
2	926,5	135,4	791,1
3	1278,0	195,7	1082,3
4	1578,7	251,7	1326,9
5	1839,5	304,0	1535,6
7	2271,8	398,5	1873,2
10	2765,7	519,8	2245,9
12	3025,5	589,6	2435,9
15	3344,0	681,0	2663,0
20	3747,4	806,1	2941,3
25	4048,6	906,0	3142,6
30	4284,2	987,6	3296,6
35	4474,7	1055,5	3419,2
40	4632,8	1113,0	3519,8
50	4881,7	1204,9	3676,8
60	5070,5	1275,2	3795,3
70	5219,8	1330,6	3889,2
80	5341,5	1375,5	3966,0
90	5443,2	1412,7	4030,5
100	5529,7	1443,9	4085,8



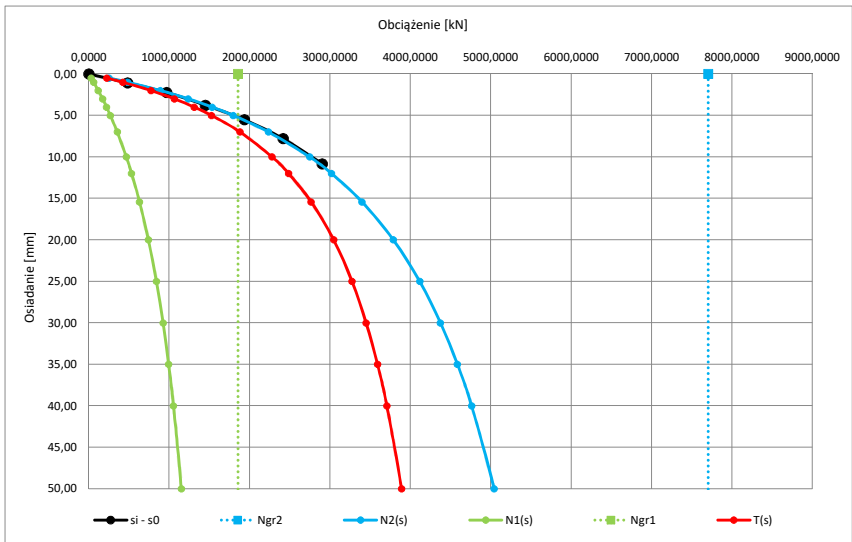
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7701	[kN]
C2	0,00188	[mm/kN]
Kappa 2	1,91	[-]

Ngr 1	1856	[kN]
C1	0,01588	[mm/kN]
Kappa 1	1,07	[-]

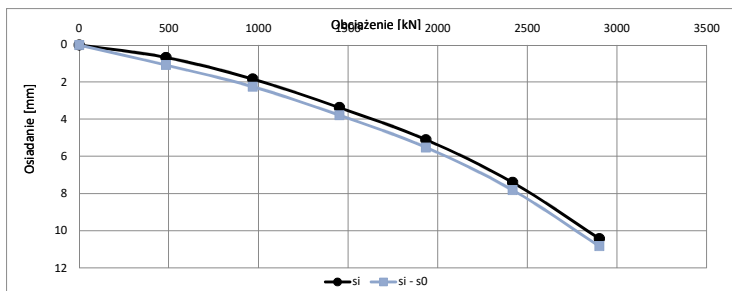
s0	-0,41	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	253,5	30,9	222,6
1	484,2	60,8	423,4
2	889,4	117,7	771,7
3	1234,7	171,0	1063,8
4	1533,7	220,9	1312,7
5	1795,7	268,0	1527,7
7	2235,1	354,1	1881,0
10	2745,7	466,6	2279,1
12	3017,8	532,4	2485,4
15	3396,8	631,2	2765,6
20	3787,6	741,9	3045,7
25	4114,9	841,4	3273,5
30	4373,4	924,1	3449,3
35	4584,3	994,0	3590,4
40	4760,6	1053,8	3706,7
50	5040,4	1151,0	3889,3
60	5254,6	1226,7	4027,9
70	5425,3	1287,3	4138,1
80	5565,5	1336,9	4228,6
90	5683,1	1378,3	4304,8
100	5783,7	1413,5	4370,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
1,08	484,0000
2,24	967,0000
3,78	1451,0000
5,51	1934,0000
7,81	2418,0000
10,83	2901,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Geometria pała:

H	6[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

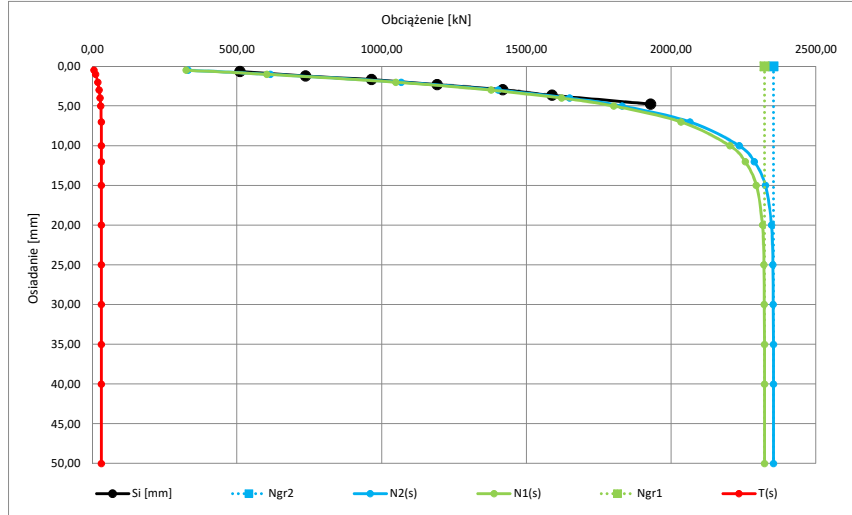
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,66	510,00
1,22	737,00
1,67	964,00
2,29	1191,00
2,95	1418,00
3,65	1588,00
4,75	1928,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2353	[kN]
C2	0,00140	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2322	[kN]
C1	0,00143	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	330,8	324,5	6,4
1	614,8	603,2	11,5
2	1067,7	1048,6	19,1
3	1401,8	1377,7	24,1
4	1648,3	1621,1	27,2
5	1830,5	1801,3	29,2
7	2065,0	2033,8	31,1
10	2234,2	2202,5	31,7
12	2286,9	2255,2	31,6
15	2325,3	2293,9	31,4
20	2346,3	2315,1	31,2
25	2351,2	2320,2	31,1
30	2352,4	2321,4	31,0
35	2352,7	2321,7	31,0
40	2352,8	2321,8	31,0
50	2352,8	2321,8	31,0
60	2352,8	2321,8	31,0
70	2352,8	2321,8	31,0
80	2352,8	2321,8	31,0
90	2352,8	2321,8	31,0
100	2352,8	2321,8	31,0



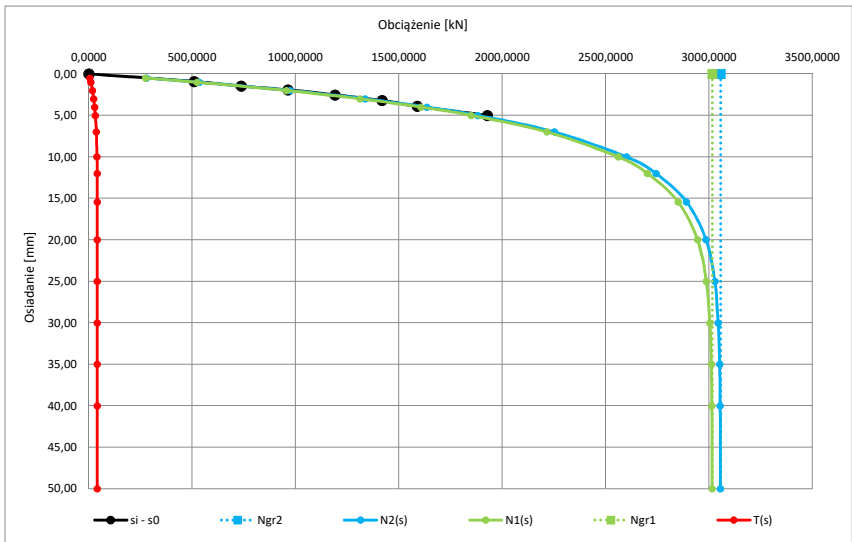
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3055	[kN]
C2	0,00170	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3015	[kN]
C1	0,00174	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

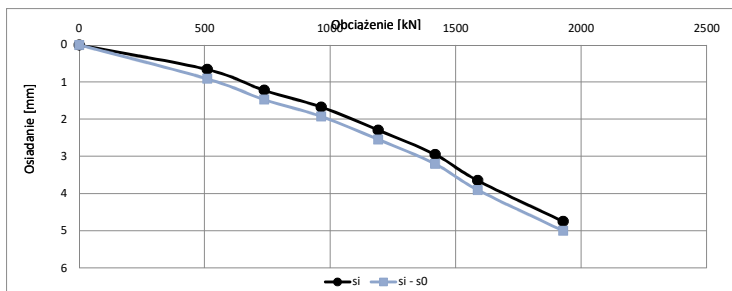
s0	-0,25	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	279,8	274,4	5,4
1	533,8	523,6	10,2
2	973,6	955,6	18,0
3	1336,0	1312,0	24,0
4	1634,8	1606,2	28,6
5	1881,3	1849,2	32,1
7	2252,5	2215,8	36,6
10	2600,1	2560,2	39,9
12	2742,9	2702,1	40,7
15	2890,6	2849,4	41,2
20	2985,0	2944,0	41,0
25	3027,3	2986,6	40,7
30	3044,0	3003,5	40,5
35	3050,7	3010,3	40,4
40	3053,4	3013,1	40,3
50	3054,9	3014,7	40,3
60	3055,2	3014,9	40,3
70	3055,2	3015,0	40,3
80	3055,3	3015,0	40,3
90	3055,3	3015,0	40,3
100	3055,3	3015,0	40,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,91	510,0000
1,47	737,0000
1,92	964,0000
2,54	1191,0000
3,20	1418,0000
3,90	1588,0000
5,00	1928,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	12 [m]
D	0,51 [m]
D podst.:	0,51 [m]

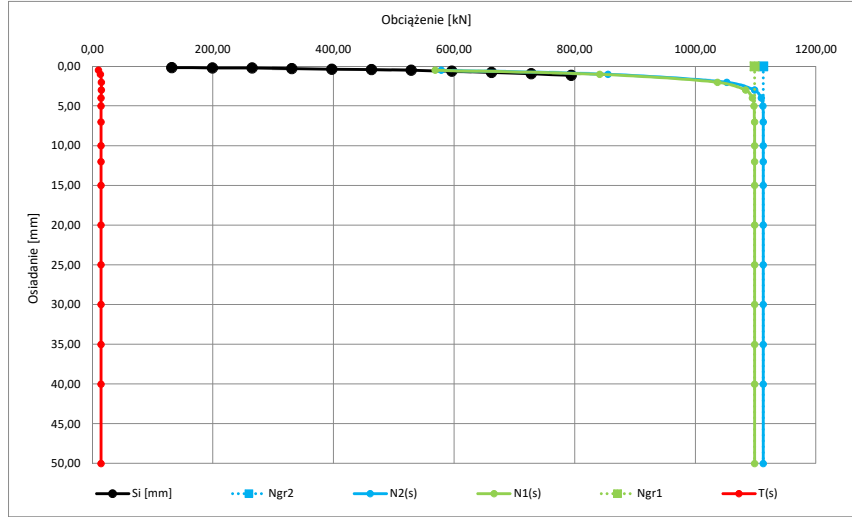
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,15	132,00
0,19	199,00
0,21	265,00
0,29	331,00
0,36	397,00
0,42	463,00
0,50	529,00
0,61	596,00
0,78	662,00
0,93	728,00
1,15	794,00
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1113 [kN]
C2	0,00061 [mm/kN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	1098 [kN]
C1	0,00062 [mm/kN]
Kappa 1	0,01 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	578,9	568,7	10,2
1	855,2	841,5	13,7
2	1051,8	1036,8	15,0
3	1098,0	1083,1	14,9
4	1109,1	1094,3	14,7
5	1111,8	1097,1	14,7
7	1112,6	1098,0	14,7
10	1112,7	1098,0	14,7
12	1112,7	1098,0	14,7
15	1112,7	1098,0	14,7
20	1112,7	1098,0	14,7
25	1112,7	1098,0	14,7
30	1112,7	1098,0	14,7
35	1112,7	1098,0	14,7
40	1112,7	1098,0	14,7
50	1112,7	1098,0	14,7
60	1112,7	1098,0	14,7
70	1112,7	1098,0	14,7
80	1112,7	1098,0	14,7
90	1112,7	1098,0	14,7
100	1112,7	1098,0	14,7



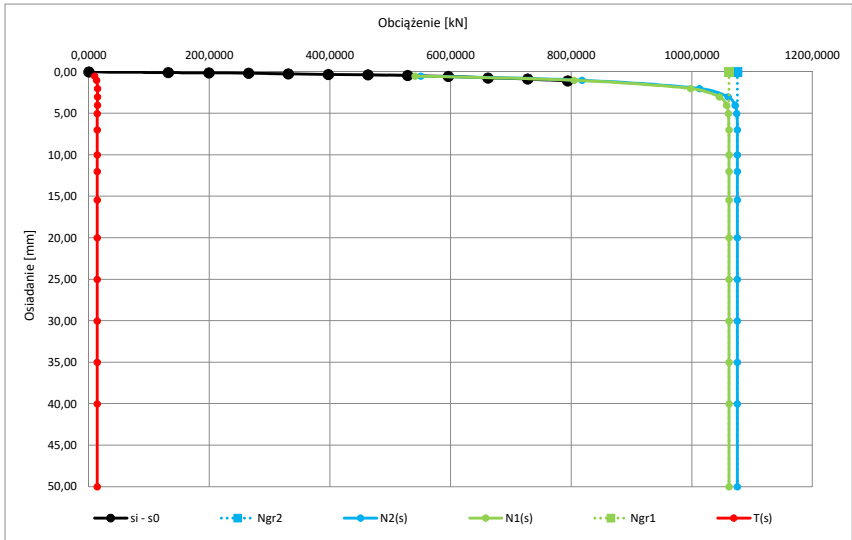
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1076 [kN]
C2	0,00065 [mm/kN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	1061 [kN]
C1	0,00066 [mm/kN]
Kappa 1	0,01 [-]

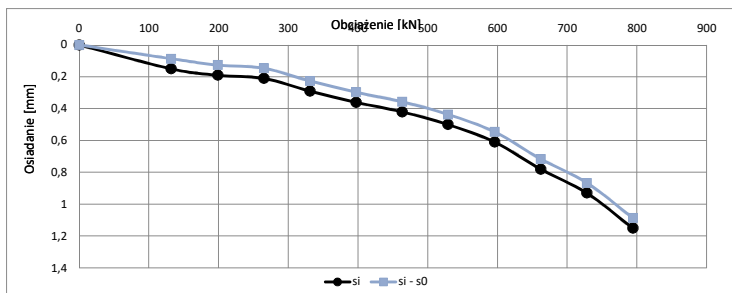
s0	0,06 [mm]
----	-----------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	550,4	540,7	9,7
1	817,8	804,7	13,2
2	1012,5	998,0	14,5
3	1059,8	1045,4	14,4
4	1071,5	1057,3	14,3
5	1074,5	1060,3	14,2
7	1075,4	1061,3	14,2
10	1075,5	1061,3	14,2
12	1075,5	1061,3	14,2
15	1075,5	1061,3	14,2
20	1075,5	1061,3	14,2
25	1075,5	1061,3	14,2
30	1075,5	1061,3	14,2
35	1075,5	1061,3	14,2
40	1075,5	1061,3	14,2
50	1075,5	1061,3	14,2
60	1075,5	1061,3	14,2
70	1075,5	1061,3	14,2
80	1075,5	1061,3	14,2
90	1075,5	1061,3	14,2
100	1075,5	1061,3	14,2



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,09	132,0000
0,13	199,0000
0,15	265,0000
0,23	331,0000
0,30	397,0000
0,36	463,0000
0,44	529,0000
0,55	596,0000
0,72	662,0000
0,87	728,0000
1,09	794,0000



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	10,5[m]
D	0,46[m]
D podst.:	0,51[m]

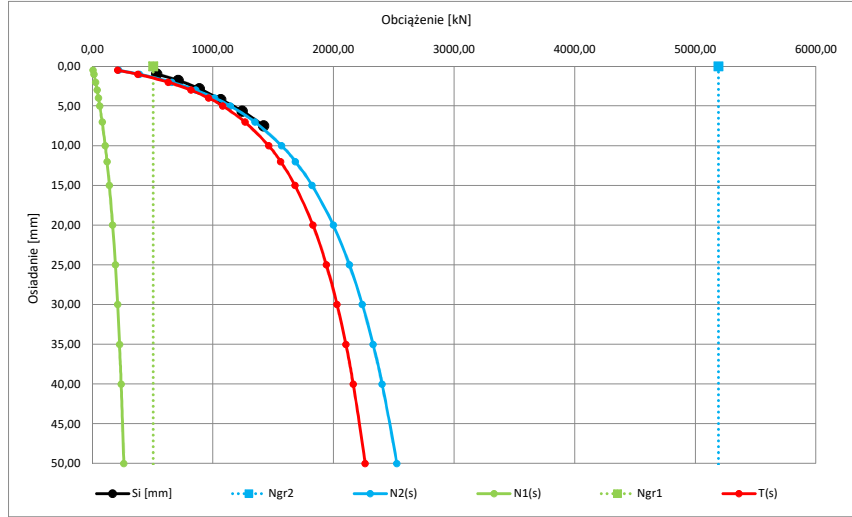
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,97	533,00
1,77	711,00
2,82	888,00
4,18	1066,00
5,64	1244,00
7,50	1421,00
10,06	1599,00
13,33	1777,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5192	[kN]
C2	0,00202	[mm/kN]
Kappa 2	4,75	[-]

Ngr 1	504	[kN]
C1	0,06677	[mm/kN]
Kappa 1	1,75	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	218,2	7,3	210,8
1	392,4	14,4	378,0
2	658,8	27,7	631,0
3	857,7	40,1	817,6
4	1015,1	51,6	963,5
5	1144,4	62,4	1082,0
7	1347,8	82,0	1265,9
10	1569,5	107,3	1462,2
12	1683,4	122,0	1561,4
15	1822,2	141,6	1680,6
20	1998,5	168,8	1829,7
25	2132,2	191,0	1941,2
30	2239,1	209,6	2029,4
35	2327,5	225,5	2102,0
40	2402,6	239,2	2163,4
50	2524,8	261,8	2262,9
60	2621,5	279,8	2341,6
70	2700,9	294,6	2406,3
80	2768,1	307,0	2461,1
90	2826,0	317,5	2508,5
100	2876,8	326,7	2550,1



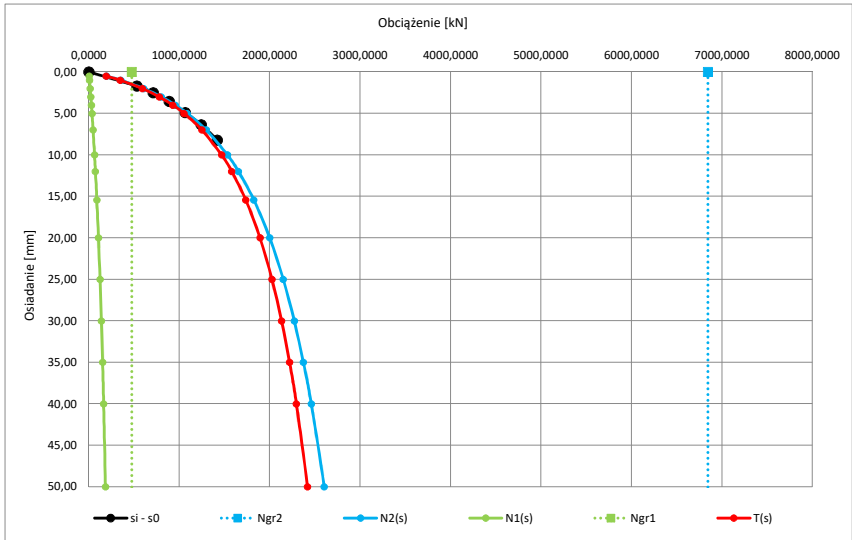
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6845	[kN]
C2	0,00231	[mm/kN]
Kappa 2	6,39	[-]

Ngr 1	476	[kN]
C1	0,12587	[mm/kN]
Kappa 1	2,00	[-]

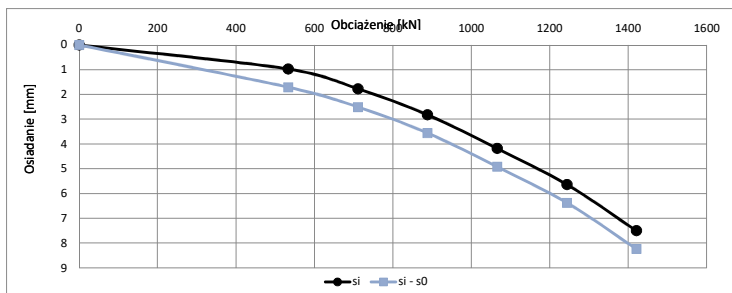
s0	-0,73	[mm]
----	-------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	194,6	3,9	190,7
1	354,5	7,8	346,8
2	606,7	15,1	591,6
3	800,7	22,2	778,5
4	957,5	28,9	928,6
5	1088,4	35,4	1053,1
7	1298,3	47,4	1250,8
10	1532,1	63,8	1468,3
12	1654,4	73,8	1580,6
15	1824,0	89,2	1734,8
20	2000,0	107,4	1892,6
25	2150,0	124,6	2025,5
30	2271,3	139,5	2131,8
35	2372,7	152,7	2220,0
40	2459,6	164,5	2295,1
50	2602,4	184,6	2417,8
60	2716,7	201,3	2515,4
70	2811,5	215,4	2596,2
80	2892,4	227,5	2664,9
90	2962,5	238,1	2724,5
100	3024,5	247,4	2777,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
1,70	533,0000
2,50	711,0000
3,55	888,0000
4,91	1066,0000
6,37	1244,0000
8,23	1421,0000
10,79	1599,0000
14,06	1777,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 111

Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Załącznik 4.16

Geometria pala:	
H	23,3 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

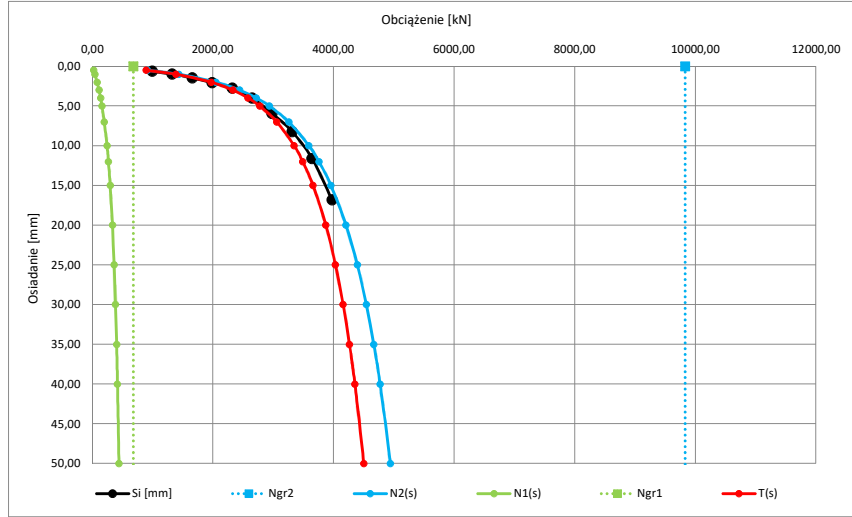
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,62	994,00
0,98	1325,00
1,44	1656,00
2,06	1988,00
2,76	2319,00
4,00	2650,00
5,91	2981,00
8,22	3313,00
11,60	3644,00
16,79	3975,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	9829	[kN]
C2	0,00037	[mm/KN]
Kappa 2	6,41	[-]

Ngr 1	681	[kN]
C1	0,02052	[mm/KN]
Kappa 1	2,00	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	916,0	23,1	892,9
1	1432,3	44,0	1388,3
2	2052,8	80,5	1972,3
3	2441,1	111,3	2329,8
4	2720,2	137,9	2582,3
5	2936,2	161,0	2775,2
7	3258,3	199,6	3058,7
10	3591,7	244,1	3347,6
12	3758,1	267,7	3490,4
15	3957,4	296,9	3660,6
20	4207,1	334,2	3872,9
25	4394,8	362,4	4032,3
30	4544,1	384,7	4159,4
35	4667,6	402,8	4264,7
40	4772,4	418,0	4354,4
50	4943,3	442,1	4501,2
60	5079,0	460,6	4618,3
70	5190,9	475,4	4715,5
80	5285,8	487,5	4798,3
90	5368,0	497,8	4870,3
100	5440,3	506,5	4933,8



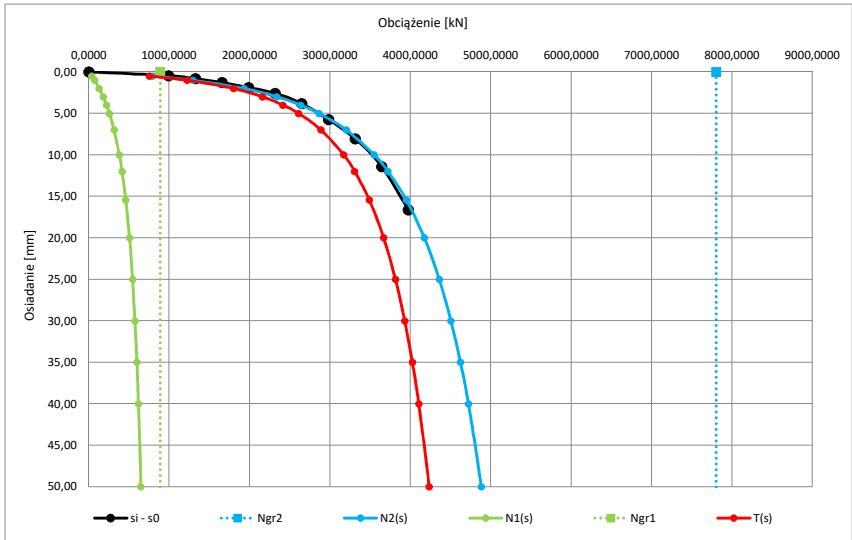
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7802	[kN]
C2	0,00048	[mm/KN]
Kappa 2	4,10	[-]

Ngr 1	889	[kN]
C1	0,01238	[mm/KN]
Kappa 1	1,63	[-]

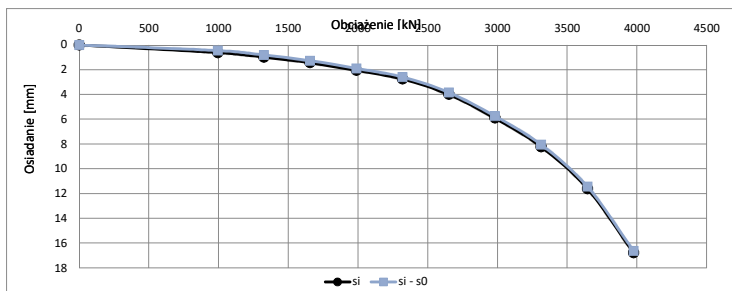
s0	0,17	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	793,3	38,1	755,2
1	1294,7	72,2	1222,4
2	1930,8	130,8	1800,0
3	2339,4	179,5	2159,9
4	2634,8	220,7	2414,1
5	2863,4	256,2	2607,2
7	3202,5	314,4	2888,1
10	3549,5	379,9	3169,6
12	3720,6	413,9	3306,7
15	3948,0	460,3	3487,7
20	4173,5	506,9	3666,6
25	4358,4	545,0	3813,4
30	4503,4	574,5	3928,9
35	4621,9	598,2	4023,7
40	4721,4	617,6	4103,8
50	4881,4	648,0	4233,4
60	5006,4	670,8	4335,5
70	5108,1	688,7	4419,4
80	5193,4	703,2	4490,2
90	5266,5	715,2	4551,3
100	5330,2	725,4	4604,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,45	994,0000
0,81	1325,0000
1,27	1656,0000
1,89	1988,0000
2,59	2319,0000
3,83	2650,0000
5,74	2981,0000
8,05	3313,0000
11,43	3644,0000
16,62	3975,0000
#ARG!	-



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	8	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

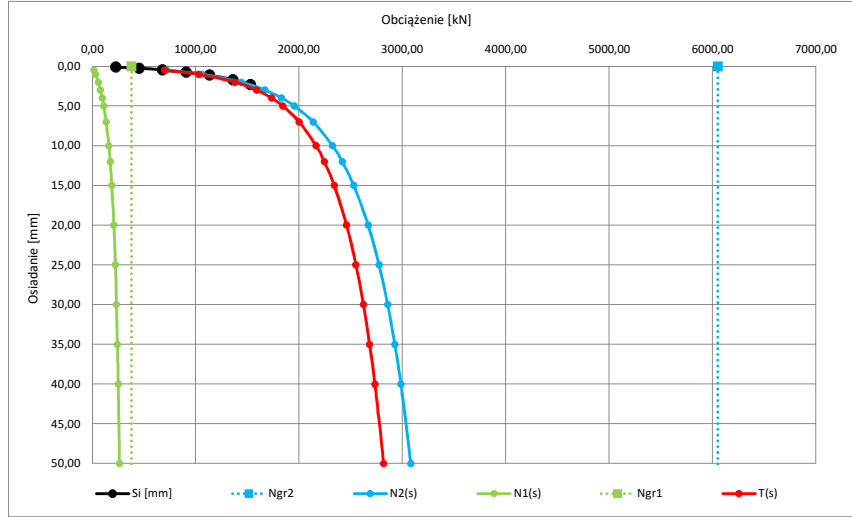
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,10	227,00
0,25	454,00
0,45	680,00
0,75	907,00
1,10	1134,00
1,70	1361,00
2,30	1531,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6050	[kN]
C2	0,00041	[mm/kN]
Kappa 2	6,97	[-]

Ngr 1	380	[kN]
C1	0,02582	[mm/kN]
Kappa 1	2,08	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	719,8	18,0	701,9
1	1061,3	33,6	1027,7
2	1442,0	59,4	1382,6
3	1670,3	80,1	1590,2
4	1831,2	97,2	1734,1
5	1954,5	111,6	1843,0
7	2136,8	134,7	2002,2
10	2324,3	160,2	2164,1
12	2417,5	173,2	2244,2
15	2529,0	189,0	2340,0
20	2668,5	208,7	2459,8
25	2773,4	223,2	2550,2
30	2856,9	234,5	2622,4
35	2926,0	243,7	2682,4
40	2984,7	251,2	2733,5
50	3080,5	263,1	2817,4
60	3156,7	272,2	2884,5
70	3219,6	279,4	2940,2
80	3273,1	285,3	2987,8
90	3319,4	290,2	3029,2
100	3360,2	294,5	3065,7



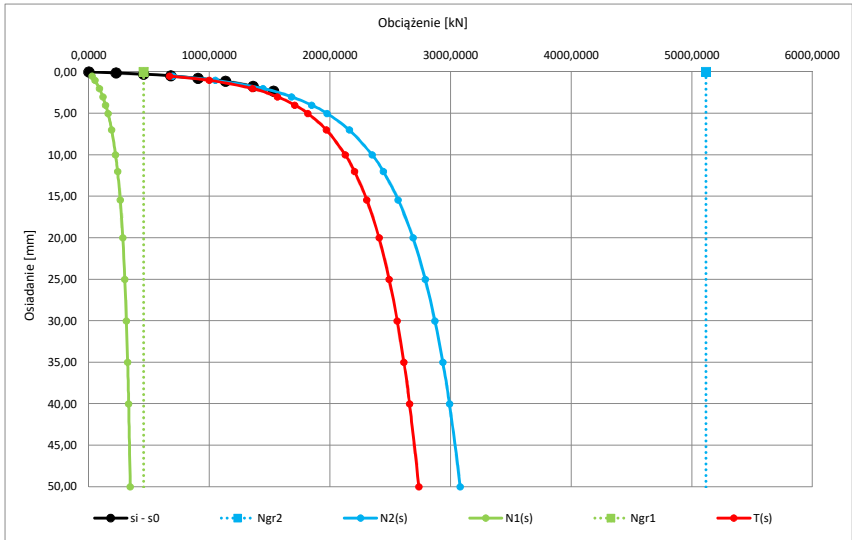
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5116	[kN]
C2	0,00045	[mm/kN]
Kappa 2	5,13	[-]

Ngr 1	456	[kN]
C1	0,01682	[mm/kN]
Kappa 1	1,81	[-]

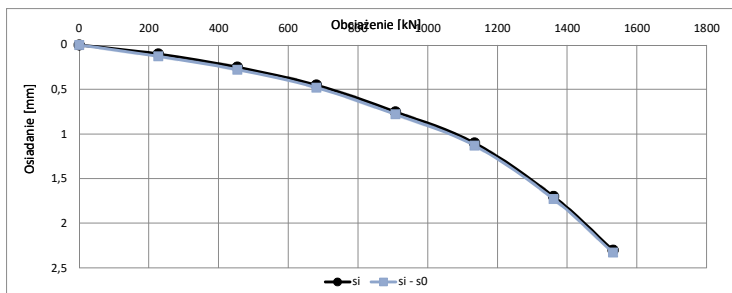
s0	-0,03	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	697,5	27,2	670,2
1	1048,1	50,4	997,8
2	1444,1	87,7	1356,5
3	1681,3	116,7	1564,7
4	1847,7	140,1	1707,6
5	1974,3	159,4	1814,9
7	2160,1	189,8	1970,3
10	2348,7	222,3	2126,4
12	2441,6	238,7	2202,9
15	2565,1	260,4	2304,7
20	2688,1	281,7	2406,4
25	2789,4	298,8	2490,6
30	2869,3	311,9	2557,4
35	2934,9	322,3	2612,6
40	2990,2	330,8	2659,4
50	3079,8	344,1	2735,7
60	3150,2	354,0	2796,2
70	3208,0	361,8	2846,2
80	3256,7	368,2	2888,6
90	3298,7	373,4	2925,3
100	3335,4	377,9	2957,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,13	227,0000
0,28	454,0000
0,48	680,0000
0,78	907,0000
1,13	1134,0000
1,73	1361,0000
2,33	1531,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	9[m]
D	0,88[m]
D podst.:	0,88[m]

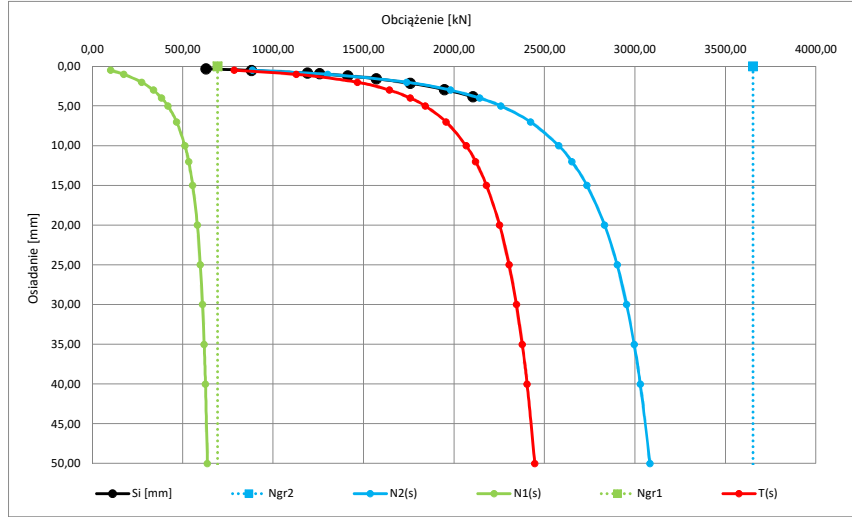
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,31	628,00
0,51	879,00
0,86	1190,00
0,95	1256,00
1,20	1413,00
1,56	1570,00
2,13	1758,00
2,93	1947,00
3,83	2104,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3651 [kN]
C2	0,00034 [mm/kN]
Kappa 2	2,48 [-]

Ngr 1	693 [kN]
C1	0,00415 [mm/kN]
Kappa 1	1,25 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	885,0	100,9	784,1
1	1300,8	173,8	1127,0
2	1737,5	272,9	1464,5
3	1980,0	337,7	1642,3
4	2140,9	383,6	1757,3
5	2258,3	418,0	1840,2
7	2422,0	466,5	1955,5
10	2577,9	511,9	2066,0
12	2650,8	532,5	2118,3
15	2733,9	555,2	2178,8
20	2831,7	580,5	2251,3
25	2900,8	597,3	2303,5
30	2953,1	609,3	2343,8
35	2994,5	618,4	2376,1
40	3028,5	625,5	2403,0
50	3081,6	636,0	2445,5
60	3121,6	643,5	2478,2
70	3153,3	649,0	2504,3
80	3179,3	653,3	2525,9
90	3201,0	656,8	2544,3
100	3219,7	659,6	2560,1



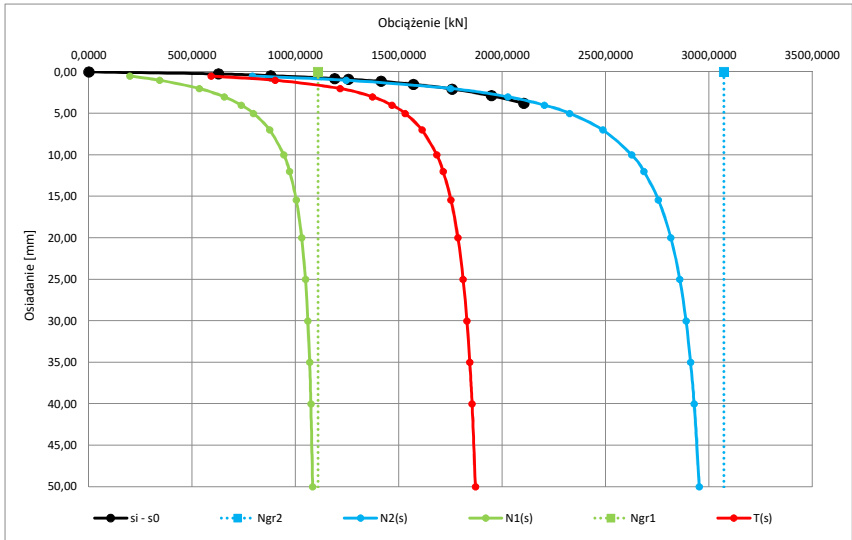
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3071 [kN]
C2	0,00046 [mm/kN]
Kappa 2	1,15 [-]

Ngr 1	1109 [kN]
C1	0,00211 [mm/kN]
Kappa 1	0,76 [-]

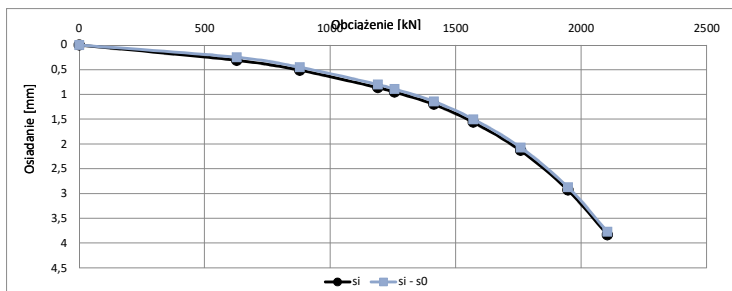
s0	0,06 [mm]
----	-----------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	791,4	199,0	592,4
1	1244,7	342,6	902,1
2	1749,3	534,3	1215,0
3	2026,5	655,0	1371,4
4	2203,0	737,2	1465,8
5	2325,8	796,4	1529,5
7	2486,5	875,0	1611,4
10	2625,2	942,7	1682,5
12	2684,5	970,9	1713,6
15	2754,7	1003,4	1751,4
20	2815,1	1029,9	1785,2
25	2858,1	1047,8	1810,3
30	2888,1	1059,6	1828,5
35	2910,3	1067,9	1842,4
40	2927,4	1074,0	1853,4
50	2952,1	1082,3	1869,8
60	2969,2	1087,7	1881,5
70	2981,8	1091,4	1890,3
80	2991,4	1094,1	1897,3
90	2999,0	1096,2	1902,9
100	3005,2	1097,8	1907,5



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,25	628,0000
0,45	879,0000
0,80	1190,0000
0,89	1256,0000
1,14	1413,0000
1,50	1570,0000
2,07	1758,0000
2,87	1947,0000
3,77	2104,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	10,5	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

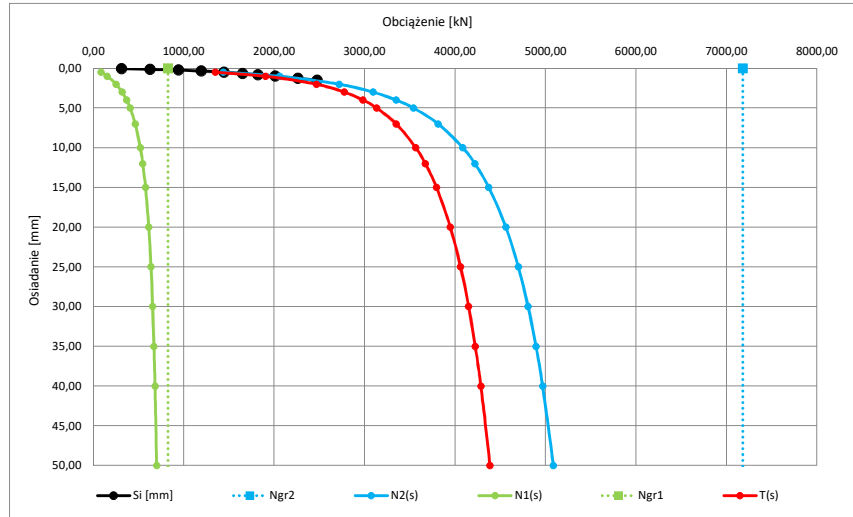
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,06	314,00
0,13	628,00
0,22	942,00
0,34	1193,00
0,49	1444,00
0,65	1650,00
0,80	1821,00
0,99	2010,00
1,25	2261,00
1,51	2475,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7178	[kN]
C2	0,00019	[mm/kN]
Kappa 2	4,06	[-]

Ngr 1	826	[kN]
C1	0,00491	[mm/kN]
Kappa 1	1,62	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1436,5	87,9	1348,6
1	2061,1	154,9	1906,2
2	2718,1	251,3	2466,8
3	3092,5	318,3	2774,3
4	3347,9	368,0	2979,9
5	3538,7	406,7	3131,9
7	3813,0	463,7	3349,3
10	4085,5	520,2	3565,3
12	4217,3	547,0	3670,3
15	4371,9	577,6	3794,3
20	4560,3	613,3	3947,0
25	4698,3	638,1	4060,1
30	4805,9	656,6	4149,3
35	4893,4	670,9	4222,4
40	4966,6	682,5	4284,2
50	5084,1	700,1	4384,0
60	5175,5	713,0	4462,5
70	5249,7	722,9	4526,8
80	5311,8	730,8	4581,0
90	5365,0	737,3	4627,6
100	5411,3	742,8	4668,5



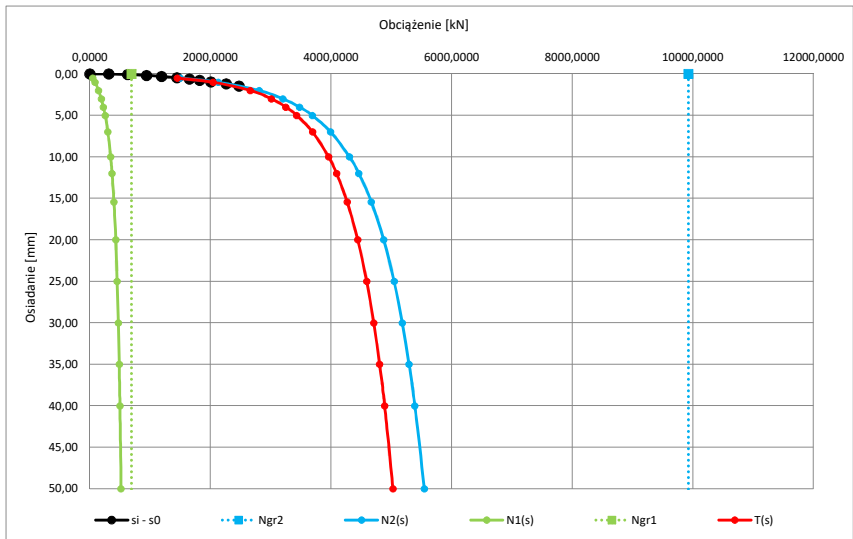
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	9926	[kN]
C2	0,00018	[mm/kN]
Kappa 2	6,38	[-]

Ngr 1	691	[kN]
C1	0,00953	[mm/kN]
Kappa 1	2,00	[-]

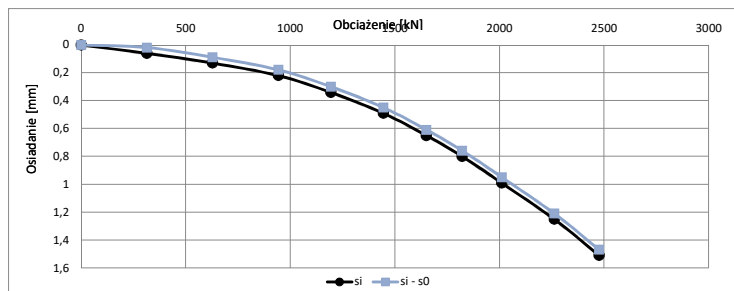
s0	0,04	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1496,3	47,1	1449,2
1	2130,7	85,8	2044,9
2	2808,0	145,9	2662,1
3	3203,4	191,1	3012,3
4	3478,6	226,6	3252,0
5	3687,6	255,5	3432,1
7	3994,3	300,1	3694,2
10	4306,8	347,0	3959,8
12	4461,3	370,3	4091,0
15	4667,8	401,0	4266,8
20	4874,7	431,1	4443,6
25	5046,2	455,1	4591,1
30	5182,3	473,6	4708,8
35	5294,6	488,2	4806,4
40	5389,9	500,3	4889,6
50	5544,8	519,1	5025,7
60	5667,6	533,2	5134,4
70	5768,9	544,4	5224,5
80	5854,7	553,4	5301,2
90	5928,9	561,0	5367,9
100	5994,2	567,5	5426,7



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,02	314,0000
0,09	628,0000
0,18	942,0000
0,30	1193,0000
0,45	1444,0000
0,61	1650,0000
0,76	1821,0000
0,95	2010,0000
1,21	2261,0000
1,47	2475,0000
#ARG!	-



Geometria pala:

H	11,3	[m]
D	0,45	[m]
D podst.:	0,45	[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

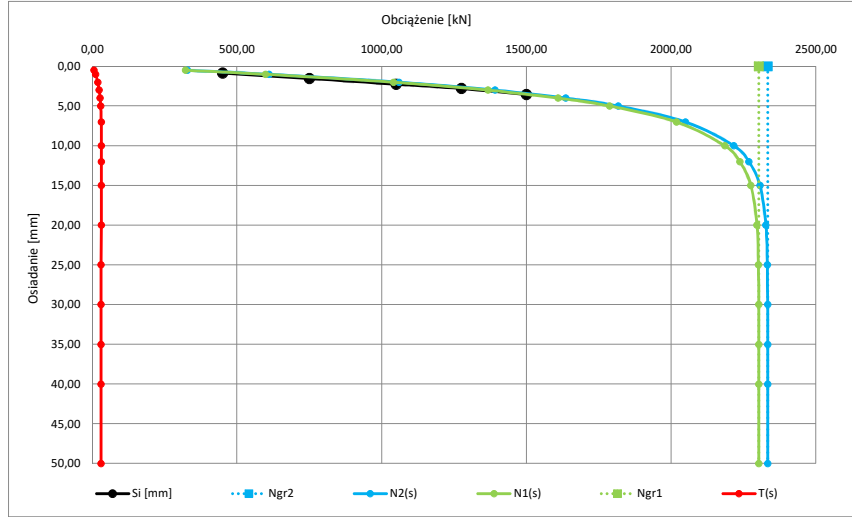
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,84	450,00
1,53	750,00
2,25	1050,00
2,80	1275,00
3,56	1500,00
5,30	1800,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2333	[kN]
C2	0,00141	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2302	[kN]
C1	0,00144	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	328,5	322,2	6,3
1	610,3	598,9	11,4
2	1059,8	1040,9	19,0
3	1391,2	1367,3	23,9
4	1635,7	1608,7	27,0
5	1816,3	1787,3	29,0
7	2048,5	2017,7	30,9
10	2216,1	2184,6	31,5
12	2288,2	2236,8	31,4
15	2306,1	2274,9	31,2
20	2326,8	2295,9	30,9
25	2331,7	2300,9	30,8
30	2332,8	2302,1	30,8
35	2333,1	2302,4	30,8
40	2333,2	2302,4	30,8
50	2333,2	2302,5	30,8
60	2333,2	2302,5	30,8
70	2333,2	2302,5	30,8
80	2333,2	2302,5	30,8
90	2333,2	2302,5	30,8
100	2333,2	2302,5	30,8



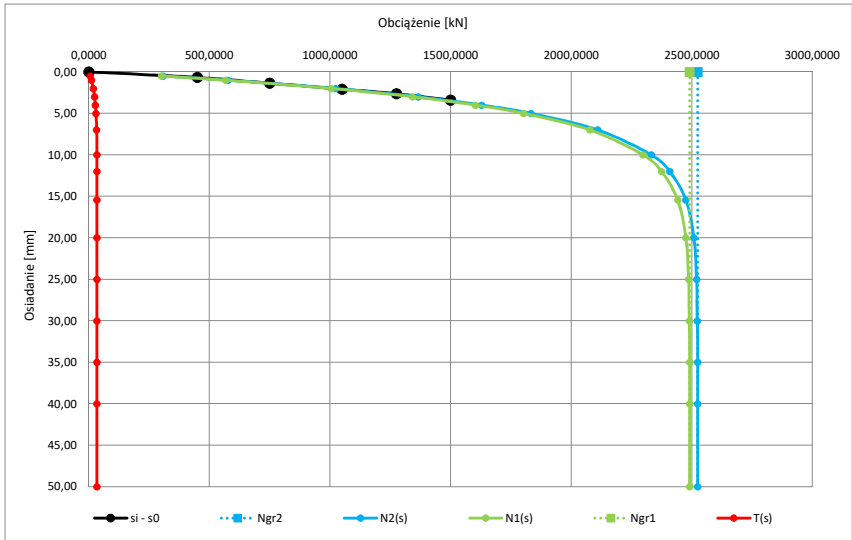
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2524	[kN]
C2	0,00152	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2491	[kN]
C1	0,00155	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

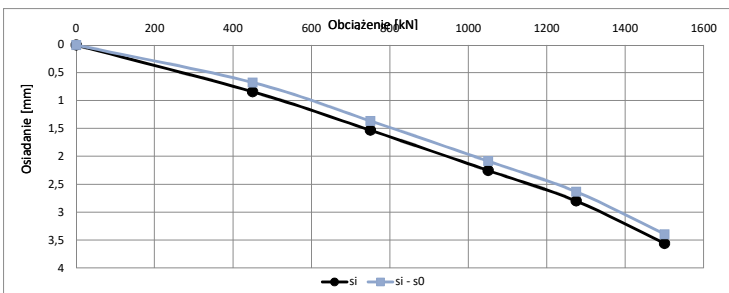
s0	0,17	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	308,1	302,1	5,9
1	578,2	567,3	10,9
2	1023,0	1004,4	18,6
3	1365,3	1341,4	23,9
4	1629,0	1601,5	27,5
5	1832,2	1802,2	29,9
7	2109,8	2077,2	32,6
10	2331,2	2297,3	33,9
12	2407,9	2373,8	34,0
15	2474,9	2441,1	33,9
20	2508,4	2474,8	33,6
25	2519,5	2486,1	33,4
30	2522,7	2489,4	33,3
35	2523,7	2490,4	33,3
40	2524,0	2490,7	33,3
50	2524,1	2490,8	33,3
60	2524,1	2490,8	33,3
70	2524,1	2490,8	33,3
80	2524,1	2490,8	33,3
90	2524,1	2490,8	33,3
100	2524,1	2490,8	33,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,67	450,0000
1,36	750,0000
2,08	1050,0000
2,63	1275,0000
3,39	1500,0000
5,13	1800,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Geometria pała:

H	12	[m]
D	0,36	[m]
D podst.:	0,36	[m]

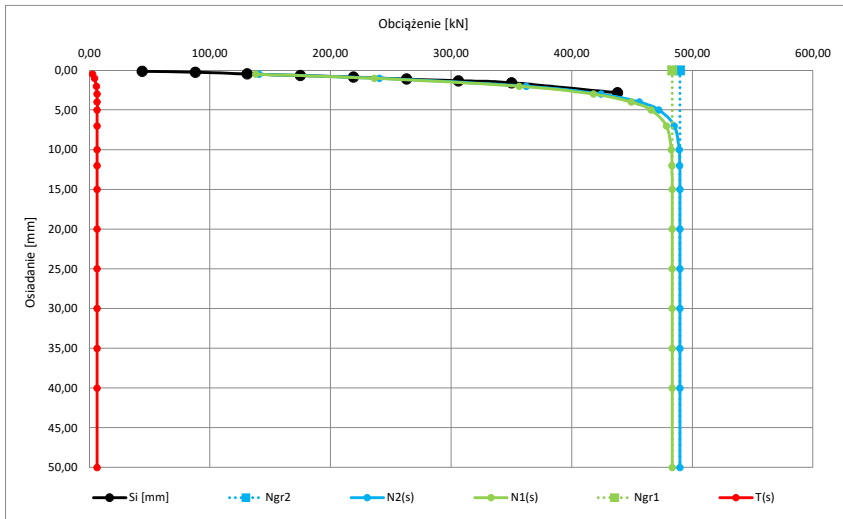
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,12	44,00
0,24	88,00
0,46	131,00
0,65	175,00
0,86	219,00
1,10	263,00
1,32	306,00
1,56	350,00
2,83	438,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	490	[kN]
C2	0,00301	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	483	[kN]
C1	0,00307	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	140,6	138,0	2,6
1	240,6	236,3	4,3
2	362,4	356,5	5,9
3	424,3	417,9	6,4
4	456,0	449,4	6,6
5	472,2	465,6	6,6
7	484,9	478,4	6,5
10	489,0	482,5	6,5
12	489,5	483,0	6,5
15	489,7	483,2	6,5
20	489,7	483,2	6,5
25	489,7	483,2	6,5
30	489,7	483,2	6,5
35	489,7	483,2	6,5
40	489,7	483,2	6,5
50	489,7	483,2	6,5
60	489,7	483,2	6,5
70	489,7	483,2	6,5
80	489,7	483,2	6,5
90	489,7	483,2	6,5
100	489,7	483,2	6,5



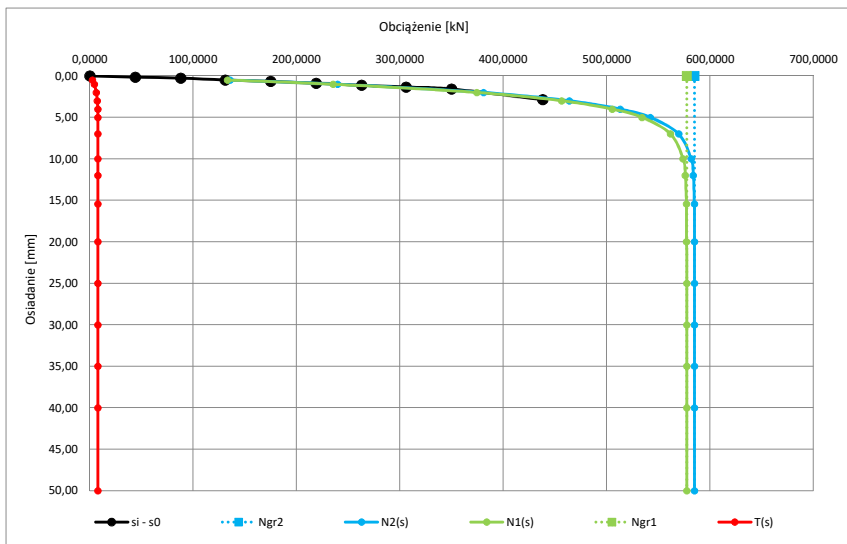
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	585	[kN]
C2	0,00323	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	577	[kN]
C1	0,00330	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

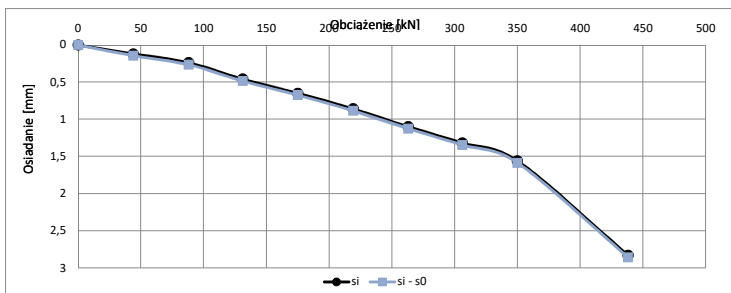
s0	-0,03	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	135,8	133,2	2,6
1	239,8	235,5	4,3
2	380,8	374,4	6,4
3	463,8	456,5	7,3
4	512,9	505,2	7,7
5	542,0	534,1	7,9
7	569,6	561,7	7,9
10	581,6	573,8	7,8
12	583,8	576,0	7,7
15	584,8	577,1	7,7
20	585,0	577,3	7,7
25	585,0	577,3	7,7
30	585,0	577,3	7,7
35	585,0	577,3	7,7
40	585,0	577,3	7,7
50	585,0	577,3	7,7
60	585,0	577,3	7,7
70	585,0	577,3	7,7
80	585,0	577,3	7,7
90	585,0	577,3	7,7
100	585,0	577,3	7,7



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,15	44,0000
0,27	88,0000
0,49	131,0000
0,68	175,0000
0,89	219,0000
1,13	263,0000
1,35	306,0000
1,59	350,0000
2,86	438,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pala:

H	12,2 [m]
D	0,36 [m]
D podst.:	0,36 [m]

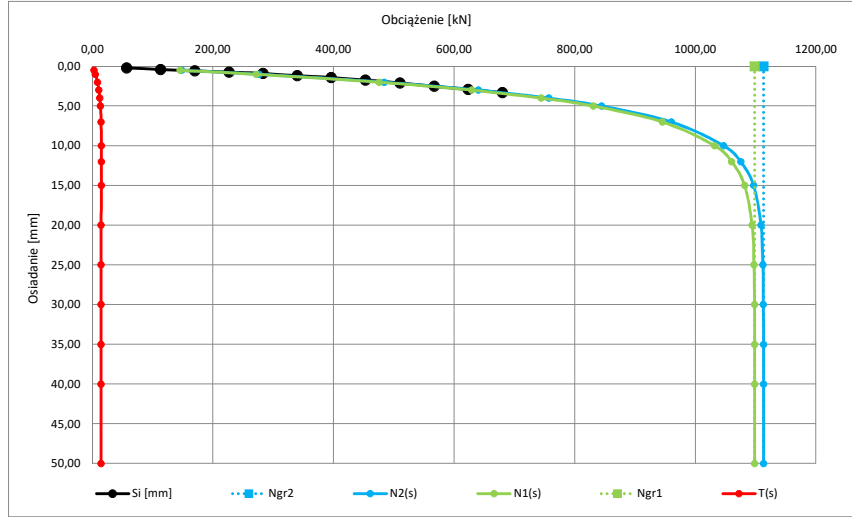
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,19	57,00
0,39	113,00
0,55	170,00
0,73	227,00
0,91	283,00
1,17	340,00
1,41	396,00
1,72	453,00
2,08	510,00
2,52	567,00
2,92	623,00
3,32	680,00

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1113 [kN]
C2	0,00314 [mm/kN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	1098 [kN]
C1	0,00320 [mm/kN]
Kappa 1	0,01 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	148,4	145,5	2,9
1	276,8	271,6	5,2
2	484,3	475,6	8,7
3	639,9	628,9	11,1
4	756,7	744,1	12,6
5	844,5	830,9	13,6
7	960,1	945,5	14,6
10	1046,9	1031,9	15,0
12	1075,1	1060,1	15,0
15	1096,4	1081,5	14,9
20	1108,8	1094,0	14,8
25	1111,9	1097,2	14,7
30	1112,7	1098,0	14,7
35	1112,9	1098,2	14,7
40	1113,0	1098,3	14,7
50	1113,0	1098,3	14,7
60	1113,0	1098,3	14,7
70	1113,0	1098,3	14,7
80	1113,0	1098,3	14,7
90	1113,0	1098,3	14,7
100	1113,0	1098,3	14,7



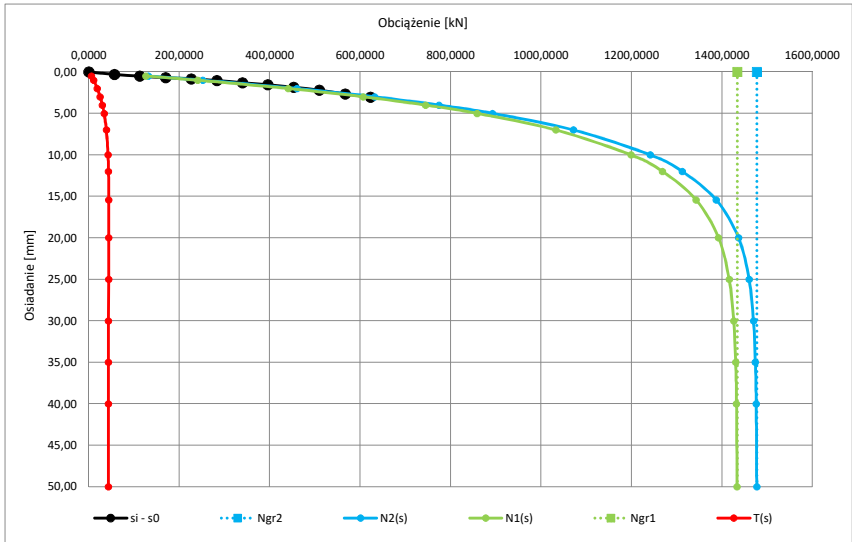
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1477 [kN]
C2	0,00361 [mm/kN]
Kappa 2	0,02 [-]

Ngr 1	1433 [kN]
C1	0,00378 [mm/kN]
Kappa 1	0,02 [-]

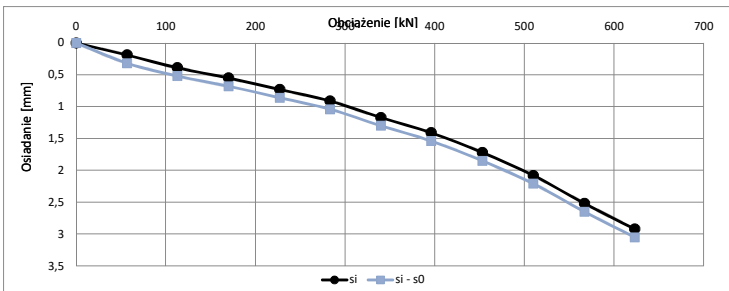
s0	-0,13 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	132,0	126,3	5,7
1	251,9	241,2	10,7
2	460,0	441,0	19,0
3	632,1	606,8	25,3
4	774,5	744,3	30,2
5	892,5	858,5	34,0
7	1071,4	1032,5	38,9
10	1241,2	1198,6	42,6
12	1312,2	1268,5	43,7
15	1387,0	1342,7	44,3
20	1436,5	1392,2	44,3
25	1459,7	1415,7	44,0
30	1469,5	1425,7	43,8
35	1473,7	1430,1	43,6
40	1475,5	1431,9	43,5
50	1476,6	1433,2	43,5
60	1476,9	1433,4	43,5
70	1476,9	1433,5	43,4
80	1476,9	1433,5	43,4
90	1476,9	1433,5	43,4
100	1476,9	1433,5	43,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,32	57,0000
0,52	113,0000
0,68	170,0000
0,86	227,0000
1,04	283,0000
1,30	340,0000
1,54	396,0000
1,85	453,0000
2,21	510,0000
2,65	567,0000
3,05	623,0000



Geometria pala:

H	23,3	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

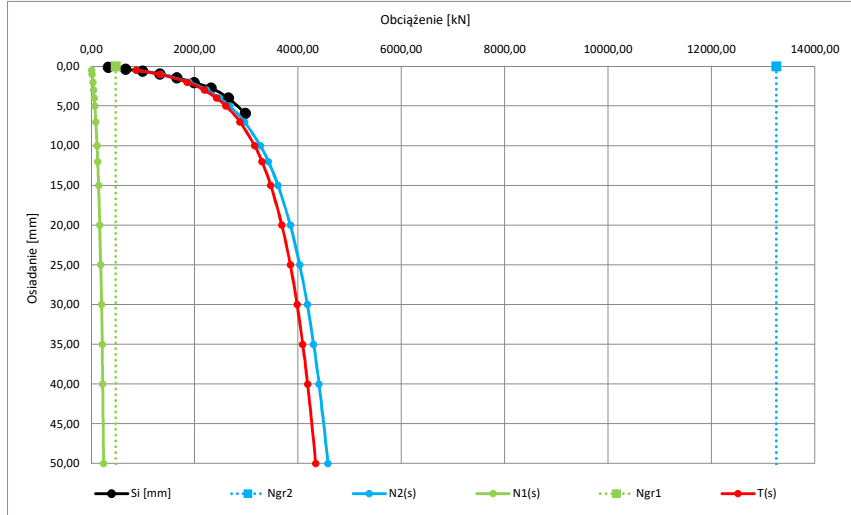
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,13	331,00
0,35	663,00
0,62	994,00
0,98	1325,00
1,44	1656,00
2,06	1988,00
2,76	2319,00
4,00	2650,00
5,91	2981,00
8,28	3313,00
11,60	3644,00
16,79	3975,00

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	13250	[kN]
C2	0,00037	[mm/kN]
Kappa 2	11,22	[-]

Ngr 1	471	[kN]
C1	0,05480	[mm/kN]
Kappa 1	2,50	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	875,7	8,8	866,8
1	1339,9	17,1	1322,8
2	1888,6	32,2	1856,4
3	2231,9	45,7	2186,3
4	2480,1	57,8	2422,3
5	2673,6	68,8	2604,8
7	2965,0	88,1	2876,9
10	3271,1	111,7	3159,4
12	3425,9	125,0	3301,0
15	3613,4	142,0	3471,4
20	3851,4	164,8	3686,6
25	4033,0	182,9	3850,1
30	4179,3	197,8	3981,5
35	4301,4	210,2	4091,2
40	4406,1	220,9	4185,2
50	4578,6	238,4	4340,3
60	4717,3	252,2	4465,1
70	4833,0	263,5	4569,5
80	4932,0	273,0	4659,0
90	5018,4	281,1	4737,3
100	5095,0	288,2	4806,8



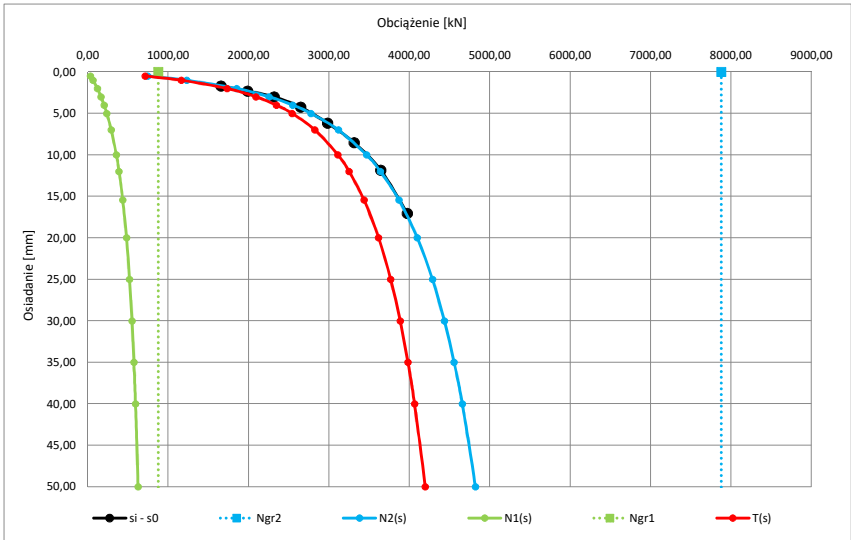
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7876	[kN]
C2	0,00051	[mm/kN]
Kappa 2	4,19	[-]

Ngr 1	876	[kN]
C1	0,01383	[mm/kN]
Kappa 1	1,65	[-]

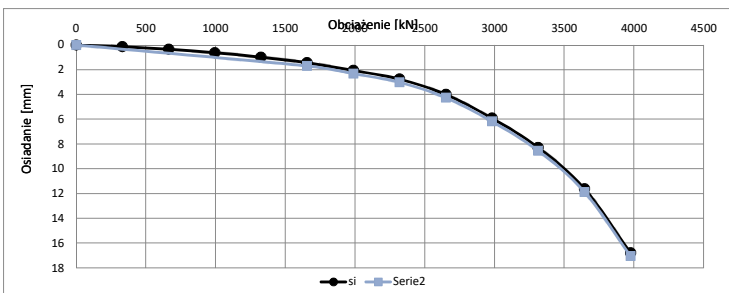
s0	-0,26	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	747,2	34,3	712,9
1	1229,8	65,3	1164,5
2	1851,4	119,0	1732,3
3	2255,1	164,3	2090,8
4	2548,8	203,1	2345,7
5	2777,1	236,7	2540,4
7	3117,0	292,4	2824,7
10	3466,6	355,9	3110,6
12	3639,4	389,3	3250,1
15	3869,6	435,1	3434,5
20	4098,4	481,5	3616,9
25	4286,4	519,8	3766,6
30	4434,1	549,6	3884,5
35	4554,9	573,6	3981,3
40	4656,5	593,4	4063,1
50	4820,0	624,5	4195,5
60	4947,9	647,9	4300,0
70	5052,1	666,3	4385,8
80	5139,6	681,2	4458,3
90	5214,5	693,6	4520,9
100	5280,0	704,2	4575,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,00
1,70	1656,00
2,32	1988,00
3,02	2319,00
4,26	2650,00
6,17	2981,00
8,54	3313,00
11,86	3644,00
17,05	3975,00



Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	14	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1,4	[m]

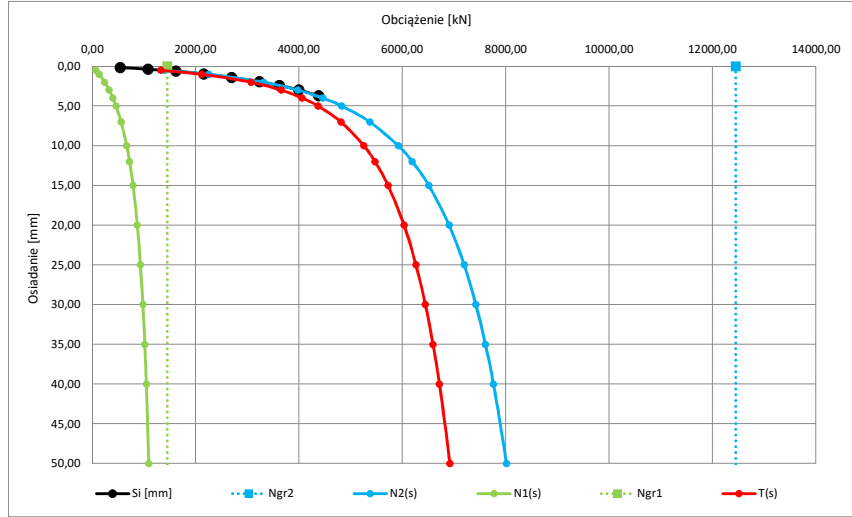
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,16	539,00
0,36	1077,00
0,61	1616,00
0,97	2155,00
1,41	2694,00
1,94	3232,00
2,41	3615,00
2,97	3998,00
3,71	4381,00
4,83	4763,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	12447	[kN]
C2	0,00026	[mm/kN]
Kappa 2	4,01	[-]

Ngr 1	1453	[kN]
C1	0,00657	[mm/kN]
Kappa 1	1,61	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1401,0	71,2	1329,8
1	2254,7	134,0	2120,7
2	3312,3	239,9	3072,4
3	3979,8	326,1	3653,7
4	4457,8	398,0	4059,8
5	4825,4	459,0	4366,4
7	5367,5	557,5	4810,0
10	5919,0	666,4	5252,6
12	6189,7	722,1	5467,7
15	6509,8	789,1	5720,8
20	6903,3	871,8	6031,5
25	7193,4	932,1	6261,3
30	7420,5	978,4	6442,1
35	7605,7	1015,3	6590,3
40	7761,1	1045,6	6715,5
50	8010,5	1092,5	6918,0
60	8205,1	1127,6	7077,5
70	8363,3	1154,9	7208,3
80	8495,7	1177,0	7318,7
90	8609,1	1195,3	7413,9
100	8707,9	1210,7	7497,2



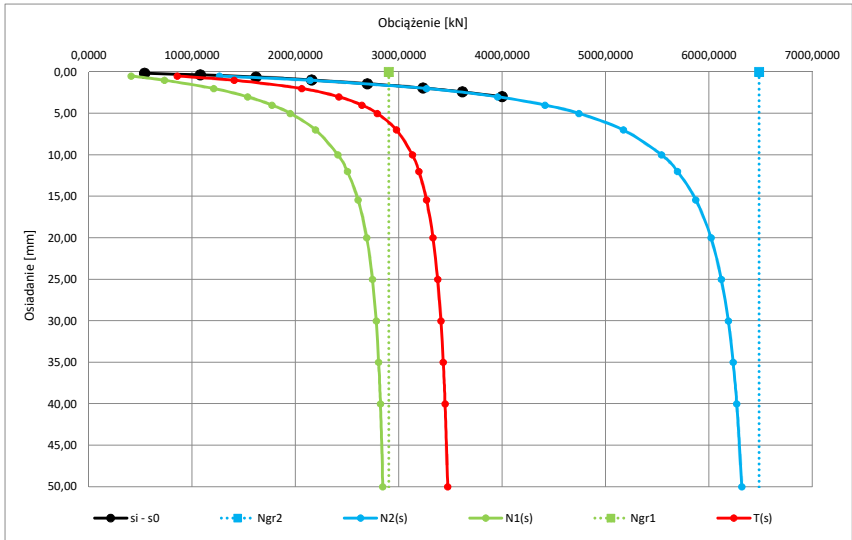
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6483	[kN]
C2	0,00032	[mm/kN]
Kappa 2	0,83	[-]

Ngr 1	2902	[kN]
C1	0,00108	[mm/kN]
Kappa 1	0,60	[-]

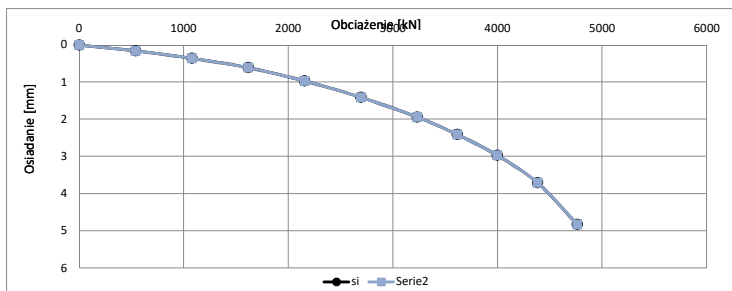
s0	-0,08	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1263,5	408,5	855,0
1	2139,6	732,0	1407,6
2	3266,4	1207,4	2059,0
3	3953,6	1535,4	2418,2
4	4412,8	1772,3	2640,5
5	4739,7	1949,7	2790,0
7	5170,8	2193,9	2976,9
10	5539,8	2410,0	3129,9
12	5694,2	2501,1	3193,1
15	5871,8	2605,1	3266,7
20	6018,4	2689,0	3329,4
25	6118,2	2744,1	3374,1
30	6184,7	2779,5	3405,2
35	6232,0	2803,7	3428,3
40	6267,1	2821,0	3446,1
50	6315,6	2843,8	3471,8
60	6347,3	2857,8	3489,5
70	6369,5	2867,0	3502,5
80	6385,8	2873,5	3512,3
90	6398,3	2878,3	3520,0
100	6408,1	2881,9	3526,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,16	539,0000
0,36	1077,0000
0,61	1616,0000
0,97	2155,0000
1,41	2694,0000
1,94	3232,0000
2,41	3615,0000
2,97	3998,0000
3,71	4381,0000
4,83	4763,0000



Geometria pala:

H	15	[m]
D	0.4x0.4	[m]
D podst.:	0.4x0.4	[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

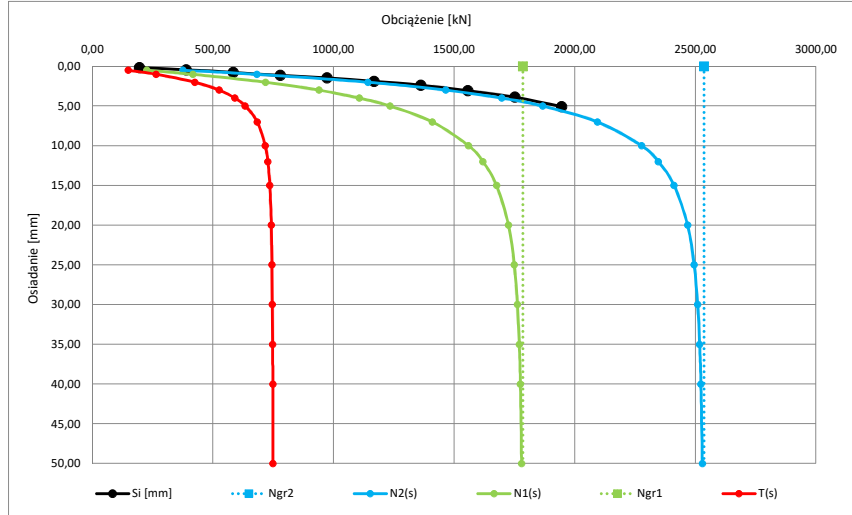
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0.18	195,00
0.43	389,00
0.76	584,00
1.15	779,00
1.47	973,00
1.89	1168,00
2.37	1362,00
3.07	1557,00
3.89	1752,00
5.08	1946,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2535	[kN]
C2	0,00120	[mm/KN]
Kappa 2	0,30	[-]

Ngr 1	1785	[kN]
C1	0,00203	[mm/KN]
Kappa 1	0,26	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	375,5	225,9	149,6
1	681,8	416,9	264,9
2	1143,1	718,0	425,2
3	1465,6	939,9	525,6
4	1697,2	1106,6	590,6
5	1867,7	1233,8	633,8
7	2093,4	1409,6	683,9
10	2276,9	1559,9	717,0
12	2346,7	1619,2	727,4
15	2411,6	1675,7	735,9
20	2467,6	1725,3	742,3
25	2494,6	1749,5	745,2
30	2509,2	1762,4	746,7
35	2517,6	1769,9	747,7
40	2522,8	1774,4	748,4
50	2528,5	1779,3	749,2
60	2531,2	1781,5	749,7
70	2532,7	1782,7	750,0
80	2533,5	1783,3	750,2
90	2534,0	1783,7	750,3
100	2534,4	1784,0	750,4



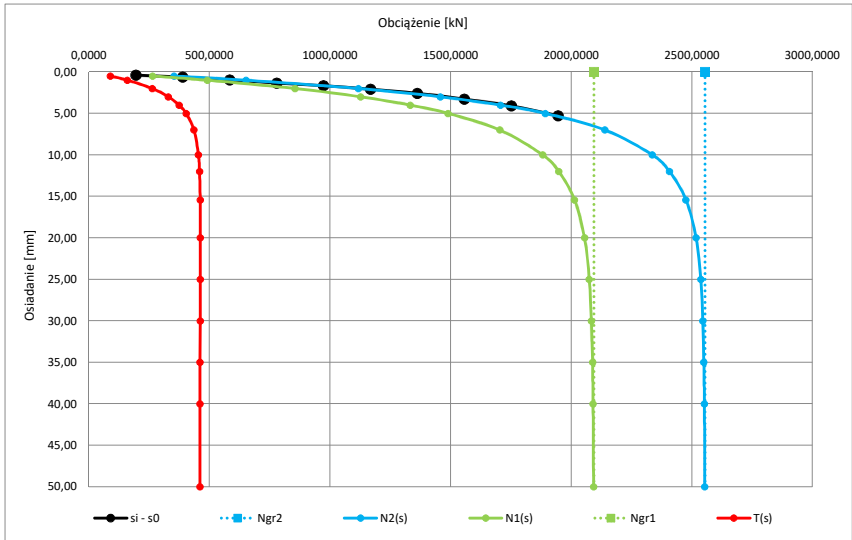
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2555	[kN]
C2	0,00130	[mm/KN]
Kappa 2	0,16	[-]

Ngr 1	2094	[kN]
C1	0,00175	[mm/KN]
Kappa 1	0,15	[-]

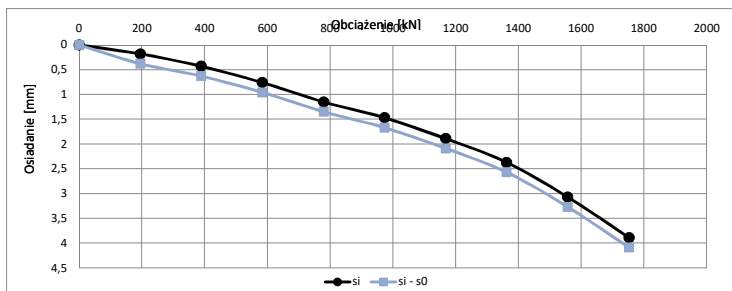
s0	-0,20	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	353,5	264,5	89,0
1	651,5	491,4	160,2
2	1117,9	854,7	263,1
3	1456,7	1126,5	330,1
4	1706,2	1332,0	374,2
5	1892,2	1488,8	403,3
7	2139,5	1703,6	435,9
10	2336,0	1881,3	454,7
12	2407,2	1948,0	459,2
15	2475,4	2013,6	461,8
20	2517,1	2054,9	462,2
25	2536,5	2074,6	461,9
30	2545,2	2083,6	461,6
35	2549,5	2088,0	461,5
40	2551,7	2090,3	461,4
50	2553,6	2092,3	461,3
60	2554,3	2093,0	461,3
70	2554,6	2093,3	461,3
80	2554,7	2093,4	461,3
90	2554,8	2093,5	461,3
100	2554,8	2093,5	461,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,38	195,0000
0,63	389,0000
0,96	584,0000
1,35	779,0000
1,67	973,0000
2,09	1168,0000
2,57	1362,0000
3,27	1557,0000
4,09	1752,0000
5,28	1946,0000
#ARG!	-



Geometria pala:

H	14	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1,8	[m]

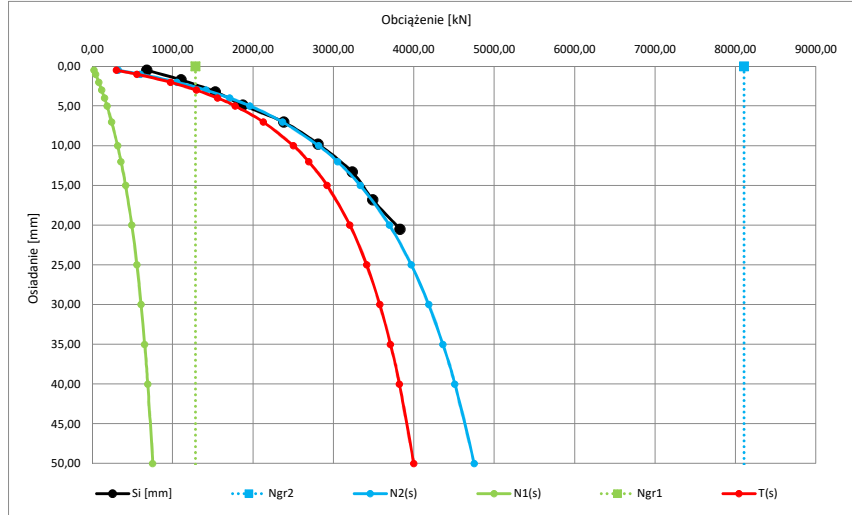
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,50	680,00
1,71	1105,00
3,22	1531,00
4,90	1871,00
7,03	2381,00
9,78	2807,00
13,31	3232,00
16,79	3487,00
20,50	3827,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8103	[kN]
C2	0,00143	[mm/kN]
Kappa 2	2,98	[-]

Ngr 1	1285	[kN]
C1	0,02268	[mm/kN]
Kappa 1	1,38	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	321,9	21,6	300,3
1	598,3	42,4	556,0
2	1052,3	81,5	970,8
3	1413,5	117,9	1295,6
4	1710,8	151,7	1559,1
5	1961,6	183,3	1778,3
7	2365,8	240,7	2125,1
10	2815,5	314,6	2500,9
12	3048,8	357,4	2691,4
15	3333,7	413,9	2919,8
20	3695,1	491,9	3203,1
25	3967,3	555,2	3412,2
30	4183,0	607,6	3575,4
35	4359,9	651,8	3708,1
40	4508,8	689,8	3819,0
50	4748,0	751,6	3996,4
60	4934,2	800,1	4134,2
70	5085,2	839,2	4246,0
80	5211,0	871,5	4339,4
90	5316,2	898,8	4419,4
100	5411,2	922,2	4489,1



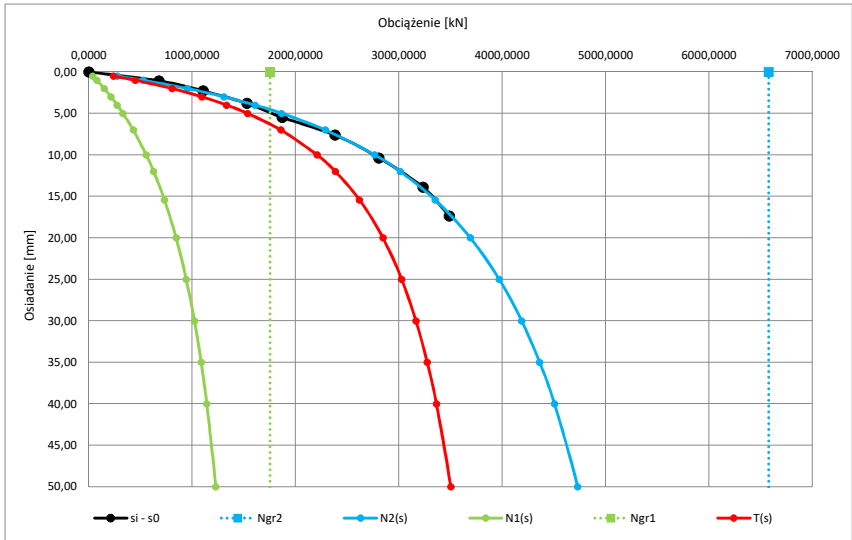
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6575	[kN]
C2	0,00170	[mm/kN]
Kappa 2	1,69	[-]

Ngr 1	1754	[kN]
C1	0,01230	[mm/kN]
Kappa 1	0,99	[-]

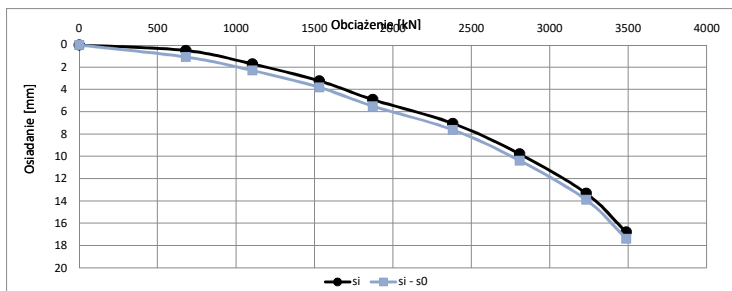
s0	-0,58	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	278,2	39,7	238,5
1	526,8	77,7	449,1
2	953,4	148,8	804,5
3	1307,6	214,2	1093,3
4	1607,4	274,5	1332,9
5	1865,3	330,2	1535,1
7	2288,0	430,1	1858,0
10	2764,5	556,1	2208,4
12	3012,3	627,7	2384,6
15	3350,5	732,2	2618,3
20	3691,1	845,2	2845,9
25	3970,1	943,2	3026,9
30	4186,6	1022,2	3164,4
35	4360,5	1087,2	3273,3
40	4504,1	1141,7	3362,4
50	4728,7	1227,7	3501,0
60	4897,8	1292,6	3605,2
70	5030,8	1343,4	3687,4
80	5138,7	1384,1	3754,6
90	5228,4	1417,5	3811,0
100	5304,5	1445,4	3859,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
1,08	680,0000
2,29	1105,0000
3,80	1531,0000
5,48	1871,0000
7,61	2381,0000
10,36	2807,0000
13,89	3232,0000
17,37	3487,0000
21,08	3827,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pala:

H	12	[m]
D	1,2	[m]
D podst.:	1,2	[m]

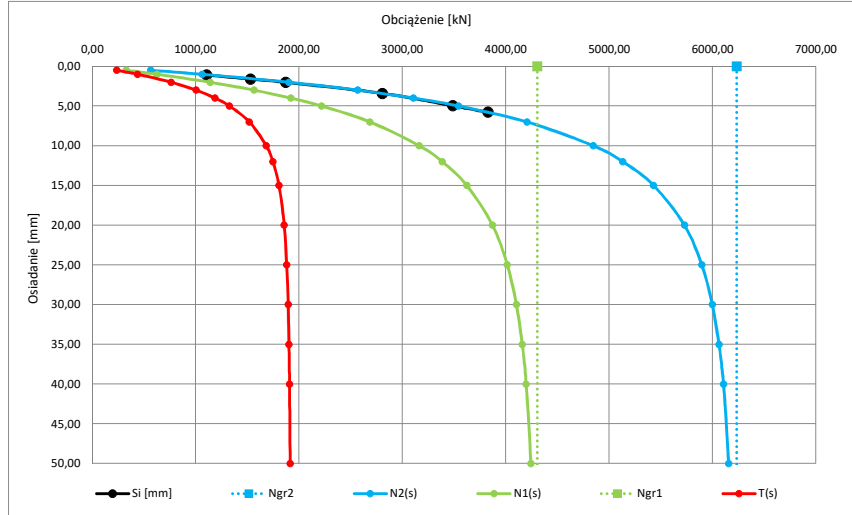
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
1,09	1105,00
1,61	1531,00
2,01	1871,00
3,41	2807,00
4,97	3487,00
5,78	3827,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6232	[kN]
C2	0,00083	[mm/kN]
Kappa 2	0,32	[-]

Ngr 1	4305	[kN]
C1	0,00145	[mm/kN]
Kappa 1	0,28	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	564,9	328,2	236,7
1	1064,2	625,1	439,0
2	1901,0	1138,8	762,2
3	2567,9	1564,4	1003,5
4	3105,6	1919,5	1186,2
5	3543,9	2217,8	1326,1
7	4204,1	2684,7	1519,3
10	4845,4	3162,4	1683,0
12	5130,2	3383,7	1746,4
15	5428,7	3622,9	1805,8
20	5727,1	3870,6	1856,6
25	5895,0	4014,0	1881,0
30	5996,3	4102,0	1894,3
35	6061,0	4158,7	1902,3
40	6104,1	4196,6	1907,6
50	6155,2	4241,3	1913,9
60	6182,4	4264,9	1917,5
70	6198,2	4278,3	1919,9
80	6207,9	4286,4	1921,4
90	6214,2	4291,6	1922,6
100	6218,5	4295,0	1923,4



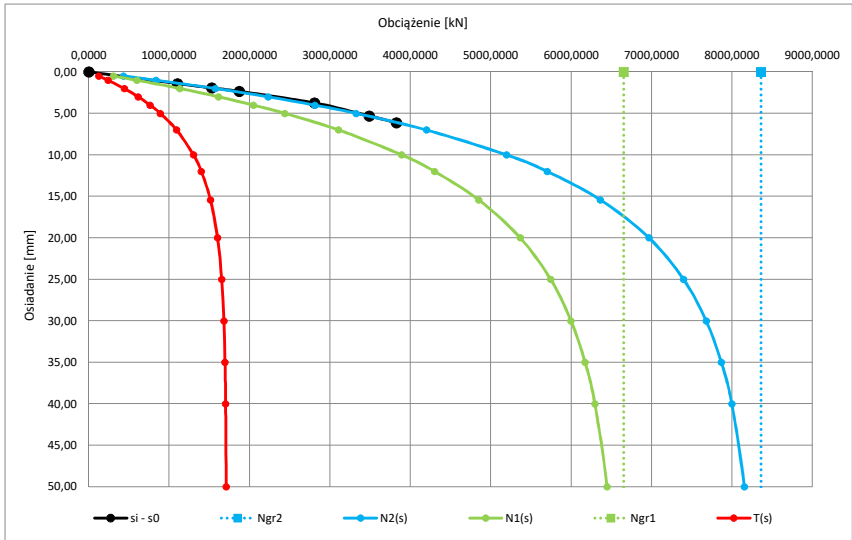
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8361	[kN]
C2	0,00112	[mm/kN]
Kappa 2	0,19	[-]

Ngr 1	6651	[kN]
C1	0,00158	[mm/kN]
Kappa 1	0,17	[-]

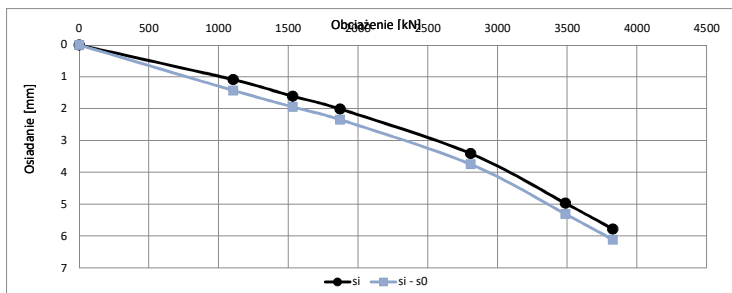
s0	-0,34	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	431,2	307,1	124,1
1	836,3	597,7	238,6
2	1575,2	1133,5	441,7
3	2229,4	1614,5	615,0
4	2810,2	2047,1	763,1
5	3326,8	2436,9	889,9
7	4198,6	3106,2	1092,3
10	5193,4	3890,9	1302,5
12	5701,0	4301,4	1399,5
15	6362,7	4849,3	1513,4
20	6967,5	5365,5	1602,1
25	7396,2	5742,9	1653,4
30	7677,1	5996,8	1680,3
35	7866,0	6171,5	1694,5
40	7996,1	6294,0	1702,1
50	8153,0	6444,8	1708,3
60	8236,0	6526,2	1709,9
70	8282,5	6572,4	1710,1
80	8309,9	6599,9	1710,1
90	8326,7	6616,8	1709,9
100	8337,4	6627,5	1709,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
1,43	1105,0000
1,95	1531,0000
2,35	1871,0000
3,75	2807,0000
5,31	3487,0000
6,12	3827,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	14	[m]
D	1,2	[m]
D podst.:	1,2	[m]

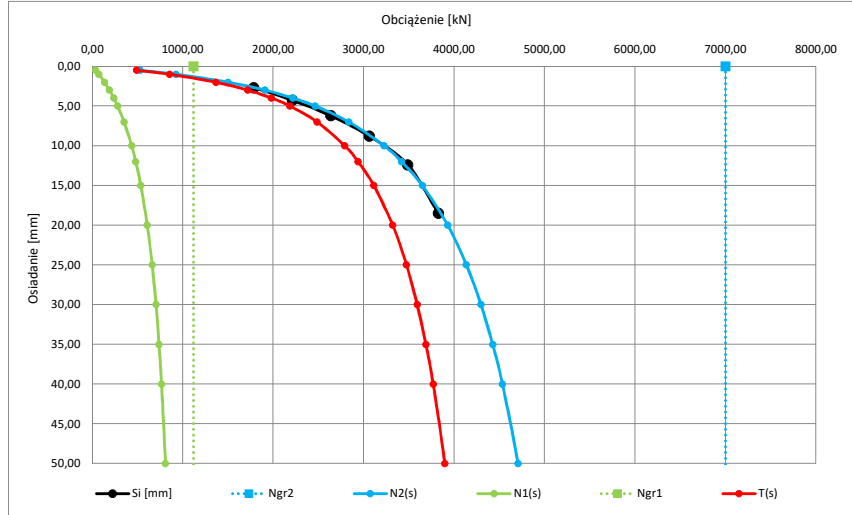
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
2,69	1786,00
4,27	2211,00
6,23	2636,00
8,79	3062,00
12,40	3487,00
18,50	3827,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7000	[kN]
C2	0,00081	[mm/kN]
Kappa 2	2,96	[-]

Ngr 1	1119	[kN]
C1	0,01269	[mm/kN]
Kappa 1	1,38	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	527,0	37,8	489,1
1	925,3	72,7	852,6
2	1501,3	135,2	1366,1
3	1908,1	189,4	1718,7
4	2217,1	237,1	1980,0
5	2463,1	279,3	2183,8
7	2836,6	351,0	2485,6
10	3225,6	435,2	2790,4
12	3418,6	480,3	2938,3
15	3647,5	536,3	3111,2
20	3928,7	607,9	3320,8
25	4135,0	661,6	3473,4
30	4295,5	703,6	3591,9
35	4425,5	737,5	3688,0
40	4533,8	765,4	3768,4
50	4706,0	809,1	3896,9
60	4838,8	841,8	3997,0
70	4945,6	867,4	4078,2
80	5034,1	888,0	4146,1
90	5109,3	905,0	4204,3
100	5174,2	919,3	4254,9



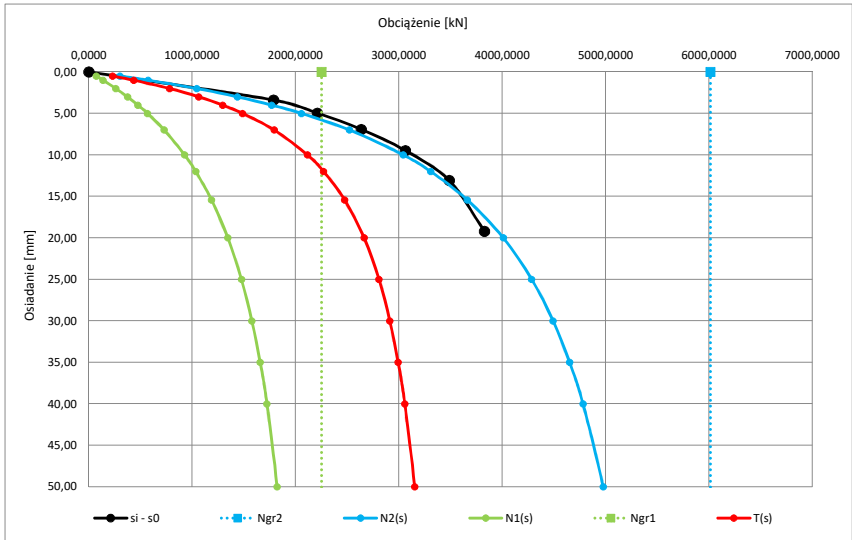
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6012	[kN]
C2	0,00157	[mm/kN]
Kappa 2	1,09	[-]

Ngr 1	2251	[kN]
C1	0,00685	[mm/kN]
Kappa 1	0,74	[-]

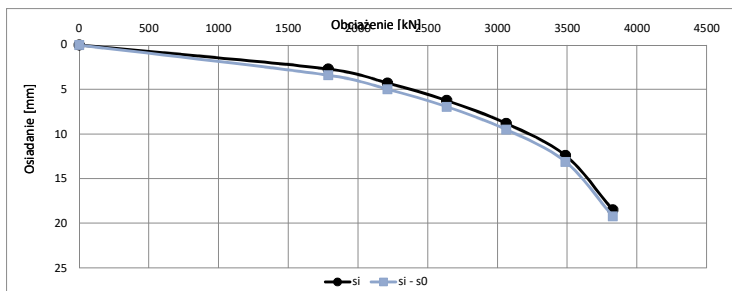
s0	-0,70	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	302,0	71,0	231,0
1	573,9	138,2	435,7
2	1044,1	262,3	781,8
3	1436,7	374,3	1062,4
4	1769,6	475,8	1293,9
5	2055,7	568,1	1487,6
7	2522,1	729,5	1792,6
10	3040,9	926,3	2114,6
12	3306,1	1034,4	2271,7
15	3661,1	1187,1	2474,0
20	4008,5	1345,4	2663,1
25	4283,5	1476,6	2807,0
30	4489,9	1577,9	2912,0
35	4650,8	1658,3	2992,5
40	4779,8	1723,3	3056,5
50	4974,2	1821,7	3152,5
60	5113,9	1892,1	3221,8
70	5219,3	1944,6	3274,7
80	5301,8	1985,1	3316,8
90	5368,2	2017,1	3351,2
100	5422,9	2042,9	3379,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
3,39	1786,0000
4,97	2211,0000
6,93	2636,0000
9,49	3062,0000
13,10	3487,0000
19,20	3827,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	10,5	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

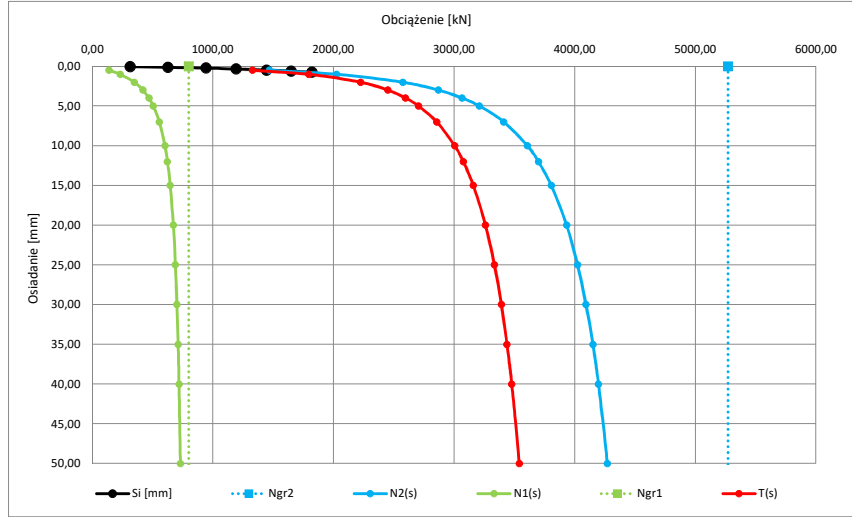
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,04	314,00
0,13	628,00
0,22	942,00
0,34	1193,00
0,47	1444,00
0,62	1650,00
0,75	1821,00
0,94	2010,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5269	[kN]
C2	0,00017	[mm/kN]
Kappa 2	3,12	[-]

Ngr 1	799	[kN]
C1	0,00283	[mm/kN]
Kappa 1	1,41	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1468,4	139,7	1328,7
1	2025,6	232,1	1793,5
2	2573,4	348,6	2224,9
3	2870,2	420,2	2449,9
4	3066,5	469,4	2597,0
5	3209,9	505,6	2704,4
7	3411,6	555,6	2856,0
10	3606,3	602,0	3004,3
12	3698,6	623,0	3075,6
15	3805,0	646,1	3158,8
20	3932,1	672,1	3260,0
25	4023,5	689,5	3334,0
30	4093,6	702,0	3391,5
35	4149,8	711,6	3438,2
40	4196,5	719,2	3477,3
50	4270,2	730,5	3539,7
60	4326,7	738,5	3588,2
70	4372,0	744,6	3627,4
80	4409,5	749,4	3660,1
90	4441,3	753,3	3688,0
100	4468,8	756,6	3712,2



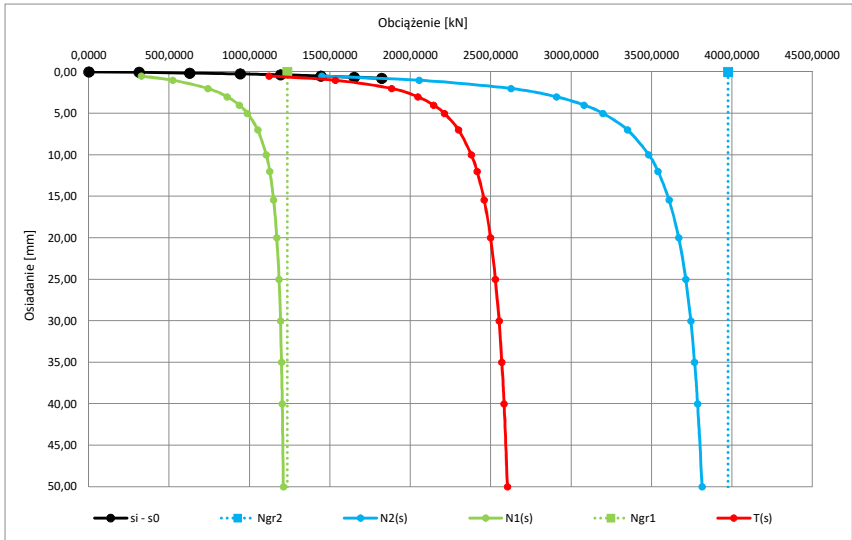
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3974	[kN]
C2	0,00020	[mm/kN]
Kappa 2	1,40	[-]

Ngr 1	1234	[kN]
C1	0,00115	[mm/kN]
Kappa 1	0,88	[-]

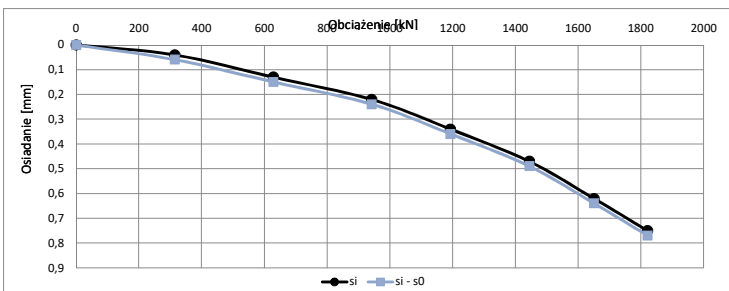
s0	-0,02	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1448,6	326,7	1121,9
1	2055,4	521,6	1533,7
2	2625,2	741,4	1883,7
3	2907,3	861,0	2046,2
4	3079,6	935,7	2143,9
5	3197,3	986,4	2210,9
7	3349,9	1050,7	2299,2
10	3482,0	1103,5	2378,6
12	3539,2	1125,0	2414,2
15	3607,7	1149,5	2458,2
20	3667,9	1169,5	2498,4
25	3711,8	1183,0	2528,8
30	3743,2	1192,0	2551,2
35	3766,8	1198,4	2568,4
40	3785,3	1203,2	2582,1
50	3812,7	1209,8	2602,9
60	3832,2	1214,1	2618,0
70	3846,8	1217,2	2629,6
80	3858,3	1219,5	2638,8
90	3867,5	1221,2	2646,3
100	3875,2	1222,6	2652,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,06	314,0000
0,15	628,0000
0,24	942,0000
0,36	1193,0000
0,49	1444,0000
0,64	1650,0000
0,77	1821,0000
0,96	2010,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	9[m]
D	0,46[m]
D podst.:	0,51[m]

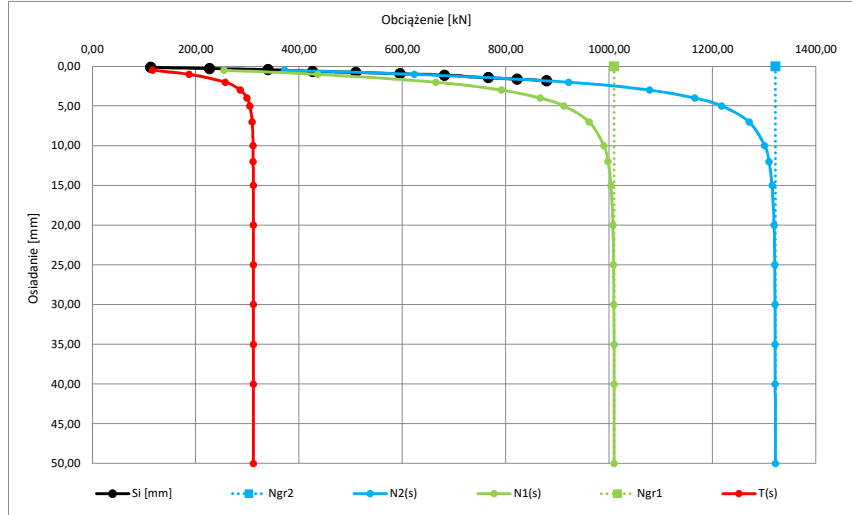
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,13	113,00
0,28	227,00
0,41	340,00
0,64	426,00
0,76	510,00
0,94	595,00
1,12	681,00
1,43	766,00
1,61	822,00
1,80	879,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1321	[kN]
C2	0,00110	[mm/kN]
Kappa 2	0,22	[-]

Ngr 1	1009	[kN]
C1	0,00165	[mm/kN]
Kappa 1	0,20	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	371,6	254,7	116,8
1	623,0	436,0	186,9
2	921,6	664,3	257,3
3	1077,9	791,6	286,3
4	1165,5	866,5	299,0
5	1217,5	912,5	305,0
7	1270,5	961,1	309,5
10	1300,6	989,5	311,0
12	1308,8	997,6	311,3
15	1314,9	1003,4	311,5
20	1318,8	1007,2	311,6
25	1320,1	1008,4	311,7
30	1320,7	1008,9	311,8
35	1320,9	1009,2	311,8
40	1321,1	1009,3	311,8
50	1321,2	1009,4	311,8
60	1321,2	1009,4	311,8
70	1321,3	1009,4	311,8
80	1321,3	1009,4	311,8
90	1321,3	1009,4	311,8
100	1321,3	1009,4	311,8



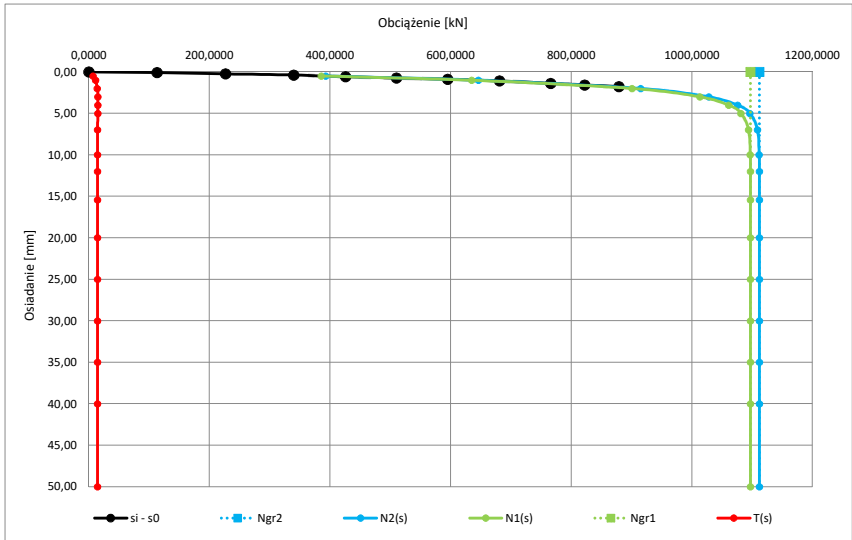
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	1112	[kN]
C2	0,00103	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	1097	[kN]
C1	0,00105	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

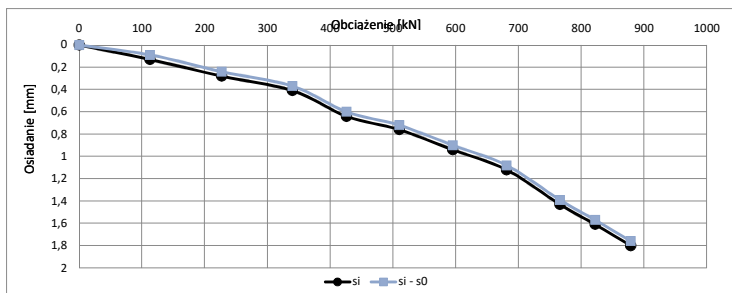
s0	0,04	[mm]
----	------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	392,8	385,6	7,2
1	645,9	634,8	11,1
2	915,1	900,8	14,3
3	1028,1	1013,2	14,9
4	1075,9	1060,9	15,0
5	1096,3	1081,4	14,9
7	1108,8	1094,1	14,7
10	1111,5	1096,8	14,7
12	1111,7	1097,0	14,7
15	1111,7	1097,1	14,7
20	1111,7	1097,1	14,7
25	1111,7	1097,1	14,7
30	1111,7	1097,1	14,7
35	1111,7	1097,1	14,7
40	1111,7	1097,1	14,7
50	1111,7	1097,1	14,7
60	1111,7	1097,1	14,7
70	1111,7	1097,1	14,7
80	1111,7	1097,1	14,7
90	1111,7	1097,1	14,7
100	1111,7	1097,1	14,7



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,09	113,0000
0,24	227,0000
0,37	340,0000
0,60	426,0000
0,72	510,0000
0,90	595,0000
1,08	681,0000
1,39	766,0000
1,57	822,0000
1,76	879,0000
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	18[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

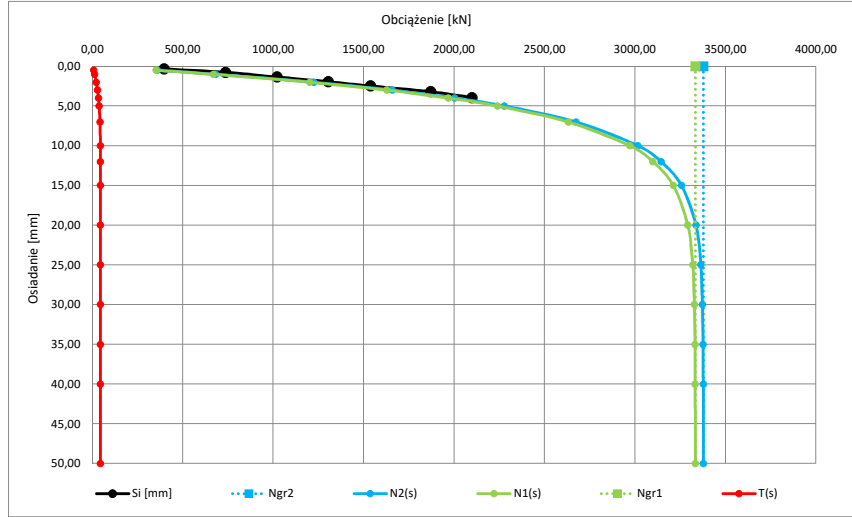
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,33	397,00
0,76	737,00
1,35	1021,00
1,94	1304,00
2,48	1538,00
3,20	1871,00
3,94	2098,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3377	[kN]
C2	0,00131	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3333	[kN]
C1	0,00134	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	360,2	353,3	7,0
1	681,7	668,8	12,9
2	1224,7	1202,3	22,5
3	1657,5	1628,1	29,4
4	2002,5	1968,1	34,4
5	2277,8	2239,8	38,0
7	2673,0	2630,6	42,4
10	3014,8	2969,9	44,9
12	3144,0	3098,5	45,4
15	3256,3	3210,8	45,5
20	3336,4	3291,3	45,1
25	3363,3	3318,5	44,8
30	3372,4	3327,8	44,6
35	3375,6	3331,0	44,6
40	3376,7	3332,1	44,5
50	3377,2	3332,7	44,5
60	3377,2	3332,7	44,5
70	3377,2	3332,7	44,5
80	3377,2	3332,7	44,5
90	3377,2	3332,7	44,5
100	3377,2	3332,7	44,5



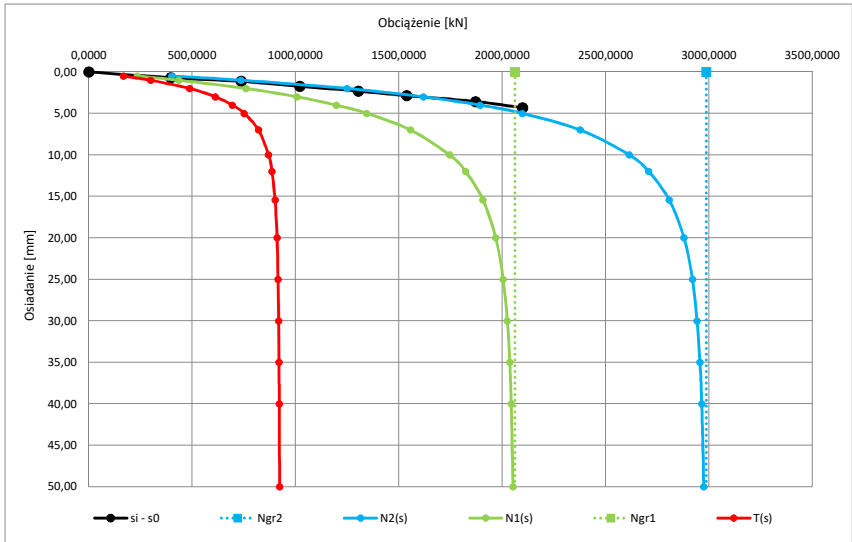
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2987	[kN]
C2	0,00113	[mm/kN]
Kappa 2	0,32	[-]

Ngr 1	2061	[kN]
C1	0,00197	[mm/kN]
Kappa 1	0,28	[-]

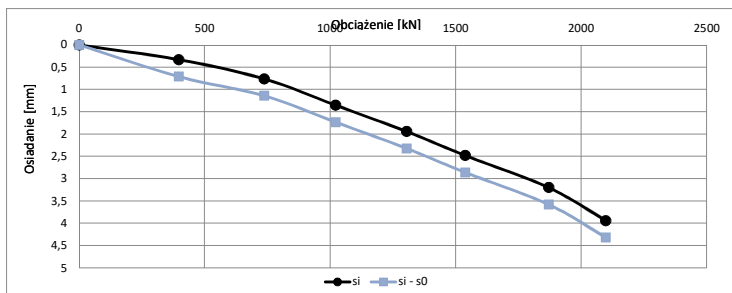
s0	-0,38	[mm]
----	-------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	401,8	234,5	167,3
1	735,2	436,0	299,2
2	1249,1	760,7	488,3
3	1618,8	1007,0	611,8
4	1891,3	1196,6	694,7
5	2096,4	1344,7	751,7
7	2376,4	1555,7	820,7
10	2613,7	1744,3	869,4
12	2707,5	1821,8	885,7
15	2807,0	1906,2	900,9
20	2878,5	1968,1	910,4
25	2919,3	2003,9	915,4
30	2942,1	2023,8	918,2
35	2955,7	2035,7	920,0
40	2964,3	2043,1	921,2
50	2974,0	2051,3	922,7
60	2978,9	2055,3	923,6
70	2981,6	2057,5	924,1
80	2983,2	2058,7	924,5
90	2984,2	2059,5	924,7
100	2984,9	2060,0	924,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,71	397,0000
1,14	737,0000
1,73	1021,0000
2,32	1304,0000
2,86	1538,0000
3,58	1871,0000
4,32	2098,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	18 [m]
D	0,61 [m]
D podst.:	0,66 [m]

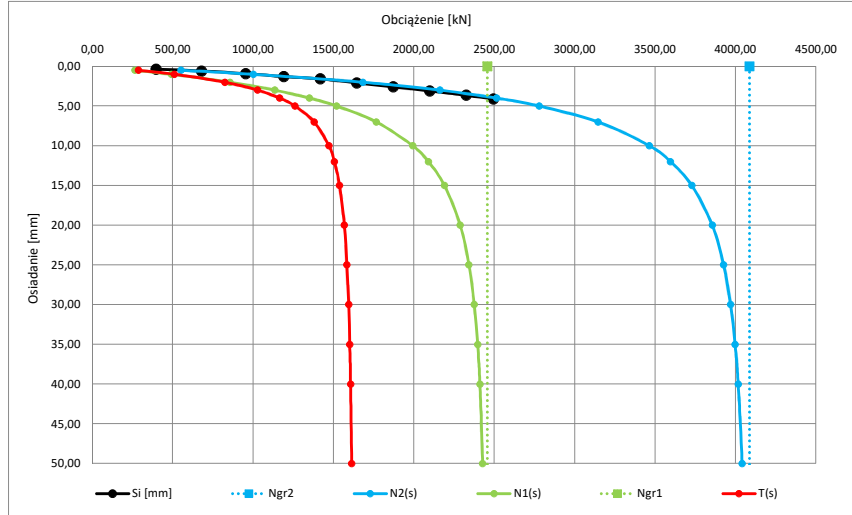
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,35	397,00
0,59	680,00
0,92	954,00
1,29	1191,00
1,57	1418,00
2,08	1644,00
2,58	1871,00
3,09	2098,00
3,65	2325,00
4,13	2495,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4087 [kN]
C2	0,00081 [mm/kN]
Kappa 2	0,46 [-]

Ngr 1	2456 [kN]
C1	0,00175 [mm/kN]
Kappa 1	0,38 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	552,6	264,6	288,0
1	1002,3	491,5	510,8
2	1681,6	856,8	824,8
3	2162,3	1134,5	1027,8
4	2514,3	1349,8	1164,5
5	2779,4	1519,5	1260,0
7	3144,7	1765,2	1379,5
10	3463,7	1992,5	1471,2
12	3595,3	2089,9	1505,4
15	3727,4	2189,7	1537,7
20	3854,8	2287,5	1567,3
25	3925,5	2341,9	1583,6
30	3968,6	2374,8	1593,9
35	3996,7	2395,9	1600,9
40	4016,1	2410,1	1605,9
50	4040,0	2427,4	1612,7
60	4053,8	2436,9	1616,9
70	4062,3	2442,5	1619,8
80	4068,0	2446,1	1621,8
90	4071,9	2448,6	1623,3
100	4074,8	2450,3	1624,5



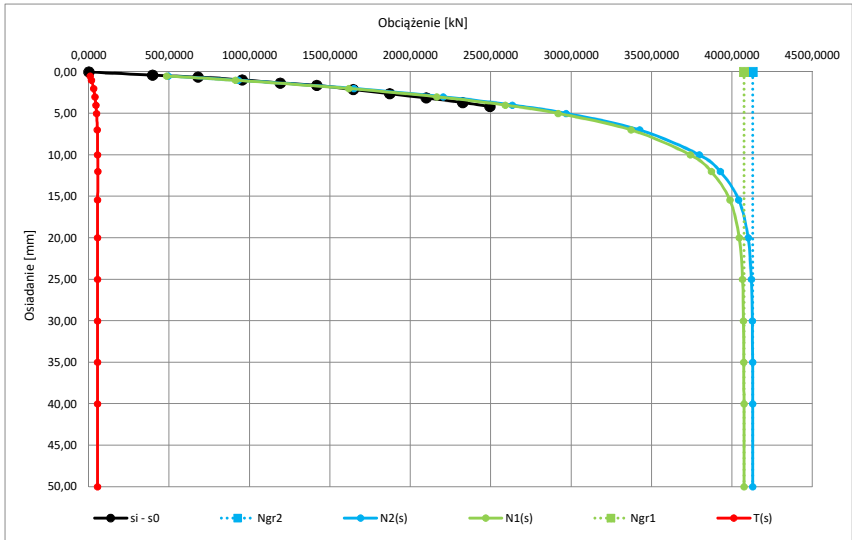
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4128 [kN]
C2	0,00095 [mm/kN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	4074 [kN]
C1	0,00097 [mm/kN]
Kappa 1	0,01 [-]

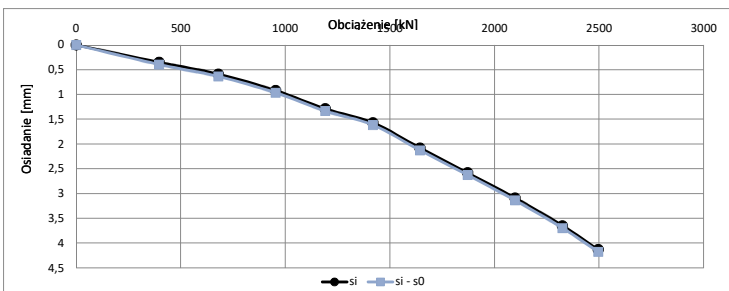
s0	-0,04 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	494,4	484,9	9,5
1	929,1	911,5	17,6
2	1647,5	1617,6	29,9
3	2203,3	2164,7	38,6
4	2633,6	2589,1	44,6
5	2967,0	2918,3	48,6
7	3425,9	3372,7	53,2
10	3796,2	3740,8	55,4
12	3926,1	3870,4	55,7
15	4041,2	3985,8	55,4
20	4099,6	4044,7	54,9
25	4119,5	4064,9	54,6
30	4125,4	4070,9	54,5
35	4127,2	4072,8	54,4
40	4127,8	4073,3	54,4
50	4128,0	4073,6	54,4
60	4128,0	4073,6	54,4
70	4128,0	4073,6	54,4
80	4128,0	4073,6	54,4
90	4128,0	4073,6	54,4
100	4128,0	4073,6	54,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,39	397,0000
0,63	680,0000
0,96	954,0000
1,33	1191,0000
1,61	1418,0000
2,12	1644,0000
2,62	1871,0000
3,13	2098,0000
3,69	2325,0000
4,17	2495,0000
#ARG!	-



Geometria pala:

H	15[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

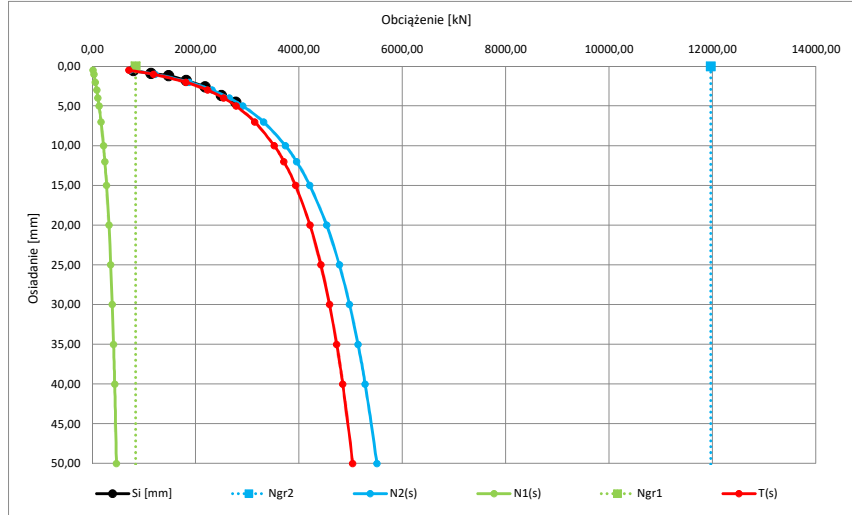
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,52	794,00
0,89	1134,00
1,18	1474,00
1,79	1815,00
2,59	2184,00
3,66	2495,00
4,53	2779,00
5,45	3062,00
6,67	3346,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	11962	[kN]
C2	0,00055	[mm/kN]
Kappa 2	6,33	[-]

Ngr 1	841	[kN]
C1	0,02931	[mm/kN]
Kappa 1	1,99	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	723,9	16,6	707,3
1	1214,4	32,2	1182,2
2	1873,1	60,9	1812,2
3	2317,5	86,8	2230,7
4	2649,3	110,3	2539,0
5	2912,3	131,7	2780,6
7	3312,8	169,5	3143,3
10	3735,9	216,3	3519,7
12	3949,7	242,6	3707,2
15	4207,8	276,4	3931,4
20	4533,5	322,0	4211,5
25	4779,8	358,1	4421,7
30	4976,5	387,6	4588,9
35	5139,5	412,2	4727,2
40	5278,2	433,3	4844,9
50	5504,6	467,5	5037,1
60	5684,7	494,4	5190,4
70	5833,5	516,1	5317,3
80	5959,7	534,3	5425,5
90	6069,1	549,7	5519,4
100	6165,4	563,0	5602,4



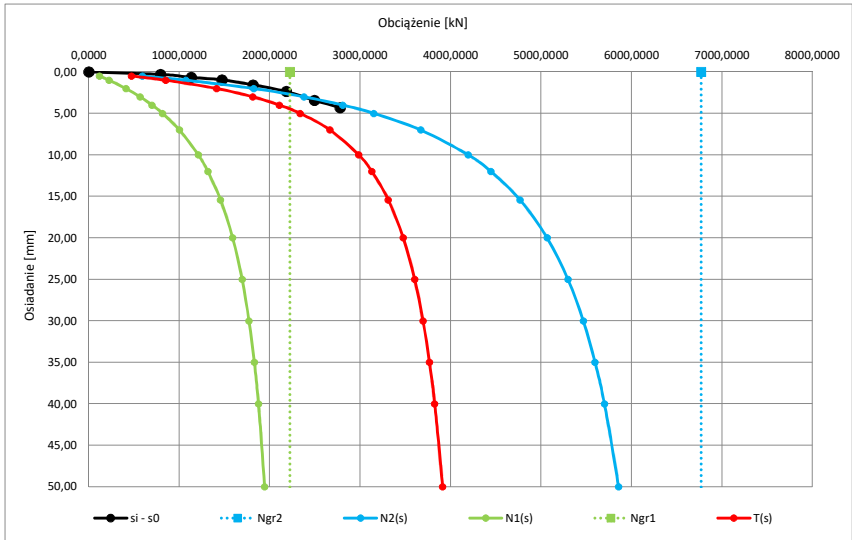
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6768	[kN]
C2	0,00076	[mm/kN]
Kappa 2	1,30	[-]

Ngr 1	2223	[kN]
C1	0,00405	[mm/kN]
Kappa 1	0,83	[-]

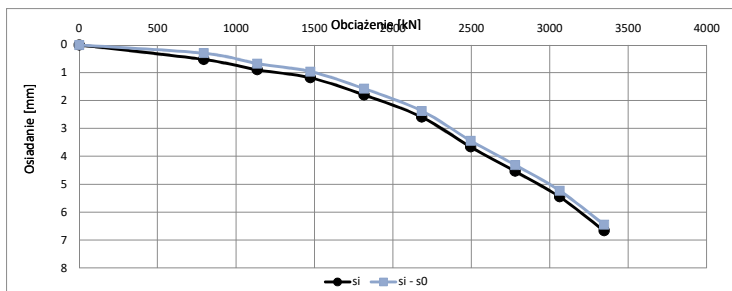
s0	0,22	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	590,4	117,5	472,9
1	1074,2	224,1	850,1
2	1822,7	410,0	1412,7
3	2377,6	566,5	1811,1
4	2807,2	699,8	2107,4
5	3150,9	814,7	2336,2
7	3668,8	1002,3	2666,5
10	4193,7	1210,3	2983,4
12	4444,9	1315,9	3129,0
15	4766,2	1455,9	3310,3
20	5066,7	1590,5	3476,2
25	5296,8	1694,9	3601,9
30	5465,9	1771,5	3694,4
35	5596,0	1830,0	3766,1
40	5699,6	1875,9	3823,7
50	5855,0	1943,2	3911,8
60	5966,5	1989,9	3976,7
70	6051,0	2024,1	4026,9
80	6117,4	2050,0	4067,4
90	6171,2	2070,4	4100,8
100	6215,7	2086,8	4128,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,30	794,0000
0,67	1134,0000
0,96	1474,0000
1,57	1815,0000
2,37	2184,0000
3,44	2495,0000
4,31	2779,0000
5,23	3062,0000
6,45	3346,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pała:

H	14	[m]
D	0,46	[m]
D podst.:	0,51	[m]

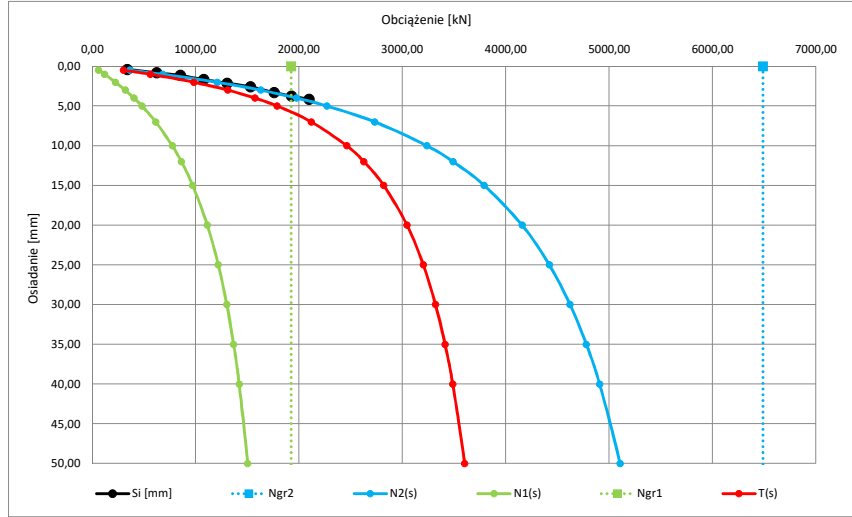
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,39	340,00
0,83	624,00
1,15	851,00
1,67	1077,00
2,13	1304,00
2,57	1531,00
3,30	1758,00
3,77	1928,00
4,16	2098,00
4,77	2268,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6487	[kN]
C2	0,00128	[mm/kN]
Kappa 2	1,49	[-]

Ngr 1	1924	[kN]
C1	0,00791	[mm/kN]
Kappa 1	0,91	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	364,0	61,3	302,8
1	681,2	118,9	562,3
2	1208,3	224,5	983,8
3	1630,6	318,9	1311,7
4	1977,7	403,8	1573,9
5	2269,0	480,4	1788,5
7	2732,6	613,5	2119,1
10	3235,5	774,1	2461,4
12	3489,1	861,7	2627,4
15	3790,4	971,5	2819,0
20	4157,3	1112,8	3044,4
25	4420,7	1218,9	3201,9
30	4620,7	1301,3	3319,5
35	4778,6	1367,0	3411,6
40	4907,0	1420,7	3486,3
50	5104,2	1502,8	3601,4
60	5249,8	1562,7	3687,1
70	5362,3	1608,1	3754,2
80	5452,5	1643,8	3808,7
90	5526,5	1672,4	3854,1
100	5588,7	1696,0	3892,7



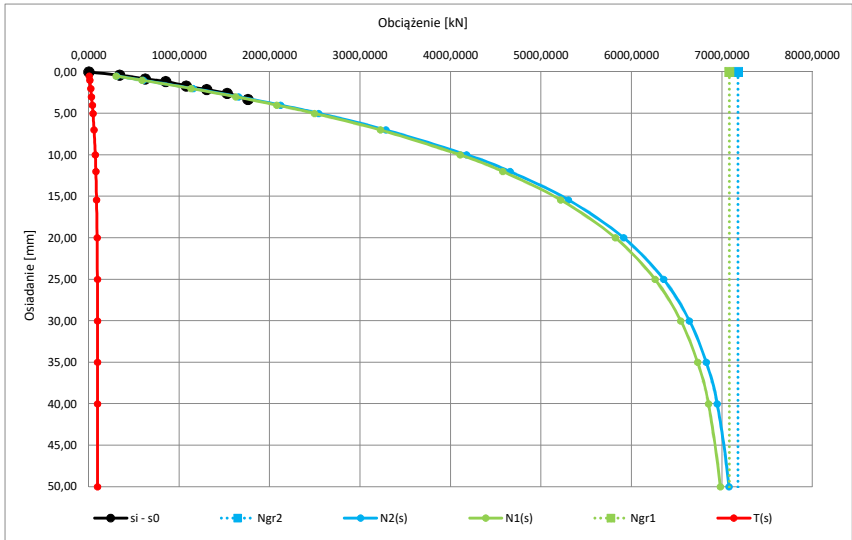
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7175	[kN]
C2	0,00159	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	7080	[kN]
C1	0,00162	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

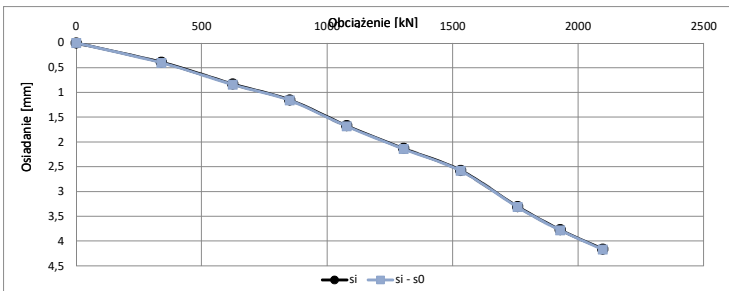
s0	-0,01	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	307,6	301,6	6,0
1	602,0	590,3	11,7
2	1153,0	1130,9	22,1
3	1657,4	1626,1	31,3
4	2119,1	2079,7	39,5
5	2541,9	2495,2	46,7
7	3283,4	3224,7	58,8
10	4177,5	4105,5	72,0
12	4655,4	4576,9	78,5
15	5301,4	5215,2	86,2
20	5913,3	5821,1	92,1
25	6354,1	6258,9	95,2
30	6639,9	6543,5	96,4
35	6825,6	6728,8	96,7
40	6946,4	6849,8	96,6
50	7076,6	6980,7	96,0
60	7132,3	7037,0	95,4
70	7156,4	7061,3	95,0
80	7166,8	7072,0	94,8
90	7171,3	7076,7	94,7
100	7173,3	7078,7	94,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,40	340,0000
0,84	624,0000
1,16	851,0000
1,68	1077,0000
2,14	1304,0000
2,58	1531,0000
3,31	1758,0000
3,78	1928,0000
4,17	2098,0000
4,78	2268,0000
#ARG!	-



Geometria pała:

H	8	[m]
D	0,46	[m]
D podst.:	0,51	[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

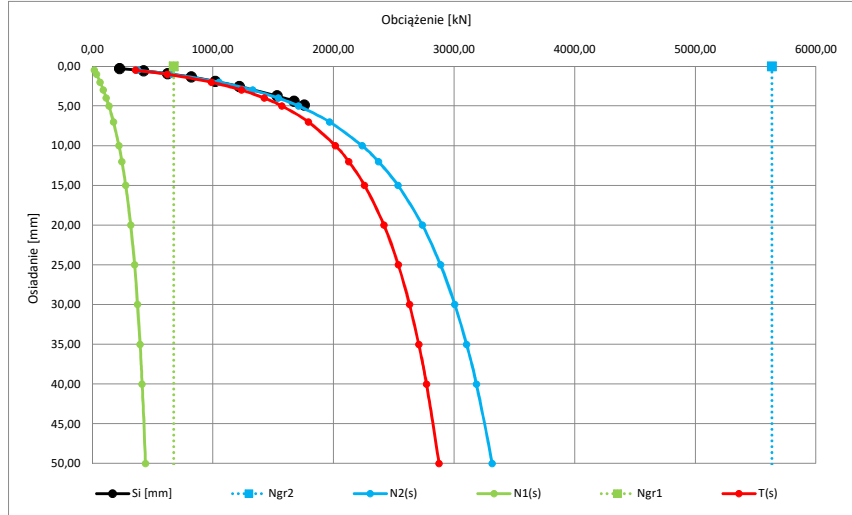
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,28	227,00
0,58	425,00
0,93	624,00
1,35	822,00
1,90	1021,00
2,55	1219,00
3,73	1531,00
4,40	1673,00
4,90	1758,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5634	[kN]
C2	0,00112	[mm/kN]
Kappa 2	3,91	[-]

Ngr 1	676	[kN]
C1	0,02686	[mm/kN]
Kappa 1	1,59	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	377,1	18,0	359,1
1	655,8	34,8	621,0
2	1052,6	65,2	987,3
3	1330,6	92,2	1238,4
4	1541,6	116,3	1425,3
5	1709,9	138,0	1571,9
7	1966,7	175,5	1791,2
10	2236,9	220,8	2016,1
12	2372,4	245,6	2126,7
15	2534,5	277,0	2257,5
20	2736,5	318,2	2418,2
25	2886,8	349,9	2536,9
30	3005,3	375,2	2630,0
35	3102,3	396,0	2706,2
40	3183,9	413,4	2770,4
50	3315,3	441,2	2874,2
60	3418,1	462,4	2955,7
70	3501,8	479,3	3022,5
80	3572,0	493,1	3078,9
90	3632,1	504,6	3127,5
100	3684,5	514,4	3170,1



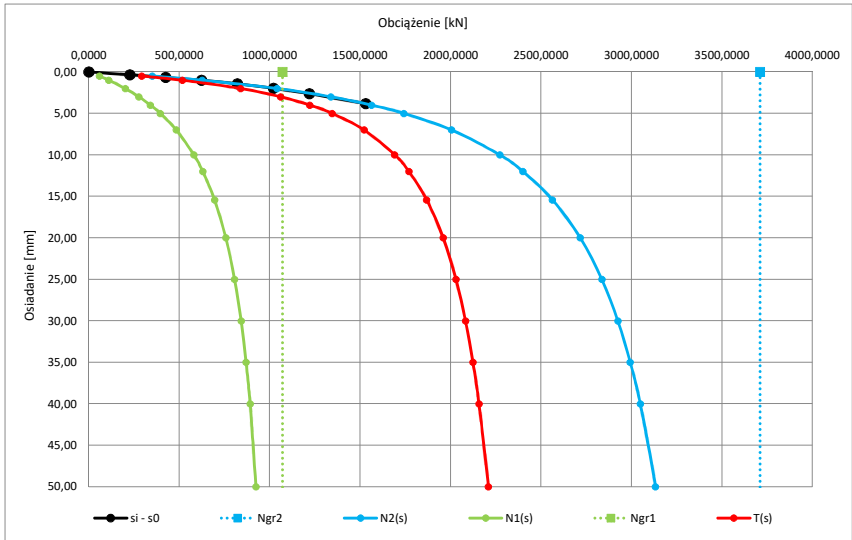
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3710	[kN]
C2	0,00126	[mm/kN]
Kappa 2	1,54	[-]

Ngr 1	1070	[kN]
C1	0,00811	[mm/kN]
Kappa 1	0,93	[-]

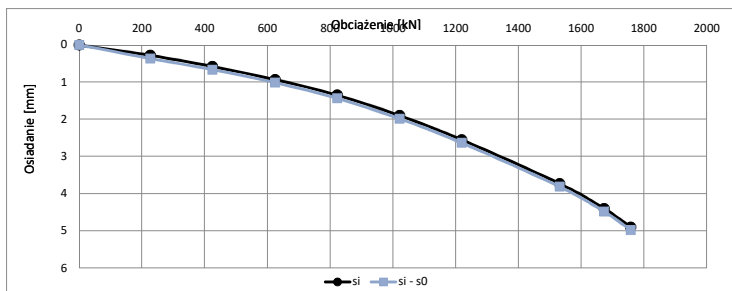
s0	-0,08	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	350,6	58,4	292,2
1	627,7	111,0	516,7
2	1041,1	201,7	839,4
3	1337,7	277,1	1060,5
4	1562,7	340,9	1221,8
5	1740,4	395,4	1345,0
7	2005,4	483,8	1521,6
10	2271,8	581,0	1690,8
12	2399,2	630,1	1769,1
15	2562,6	695,1	1867,5
20	2716,5	757,6	1958,9
25	2835,5	806,2	2029,3
30	2923,9	842,1	2081,8
35	2992,7	869,6	2123,1
40	3048,0	891,4	2156,6
50	3132,0	923,6	2208,5
60	3193,4	946,2	2247,2
70	3240,5	962,9	2277,6
80	3278,0	975,8	2302,3
90	3308,8	985,9	2322,9
100	3334,5	994,2	2340,3



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,36	227,0000
0,66	425,0000
1,01	624,0000
1,43	822,0000
1,98	1021,0000
2,63	1219,0000
3,81	1531,0000
4,48	1673,0000
4,98	1758,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 101

Technologia:

Vibro

Załącznik 4.36

Geometria pała:	
H	9[m]
D	0,46[m]
D podst.:	0,51[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

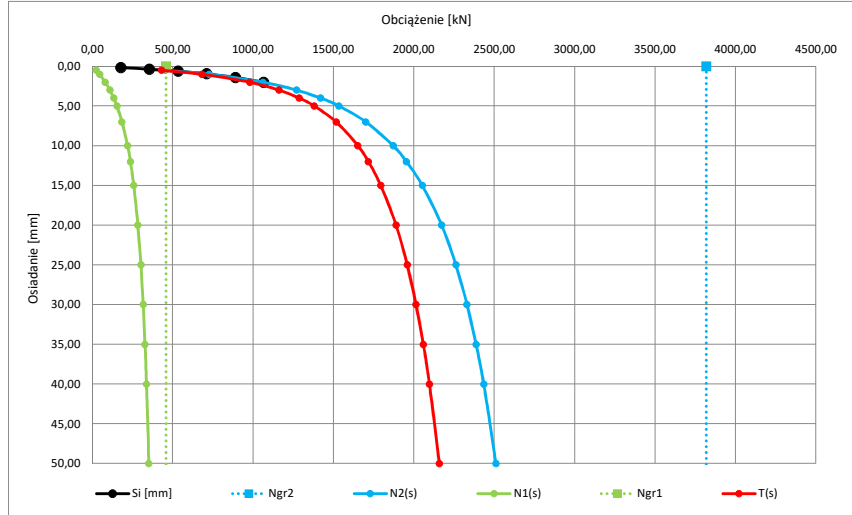
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,16	178,00
0,37	355,00
0,60	534,00
0,95	712,00
1,41	890,00
2,00	1066,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3817	[kN]
C2	0,00080	[mm/kN]
Kappa 2	3,90	[-]

Ngr 1	459	[kN]
C1	0,01913	[mm/kN]
Kappa 1	1,59	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	455,2	24,4	430,9
1	727,8	45,6	682,2
2	1061,6	81,1	980,5
3	1270,4	109,6	1160,8
4	1419,2	133,2	1286,0
5	1533,3	153,0	1380,2
7	1700,9	184,7	1516,1
10	1870,7	219,4	1651,3
12	1953,9	237,0	1716,9
15	2052,0	258,0	1794,0
20	2172,3	283,7	1888,5
25	2260,8	302,4	1958,4
30	2330,0	316,6	2013,3
35	2386,3	327,9	2058,4
40	2433,5	337,2	2096,3
50	2509,2	351,5	2157,7
60	2568,1	362,1	2206,0
70	2616,0	370,4	2245,6
80	2656,0	377,0	2279,0
90	2690,3	382,5	2307,7
100	2720,1	387,2	2332,9



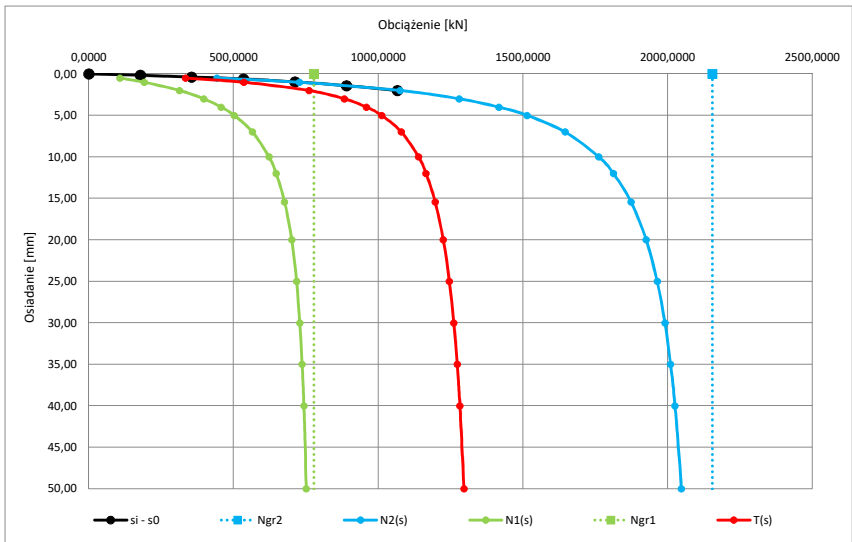
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2154	[kN]
C2	0,00088	[mm/kN]
Kappa 2	1,15	[-]

Ngr 1	778	[kN]
C1	0,00406	[mm/kN]
Kappa 1	0,76	[-]

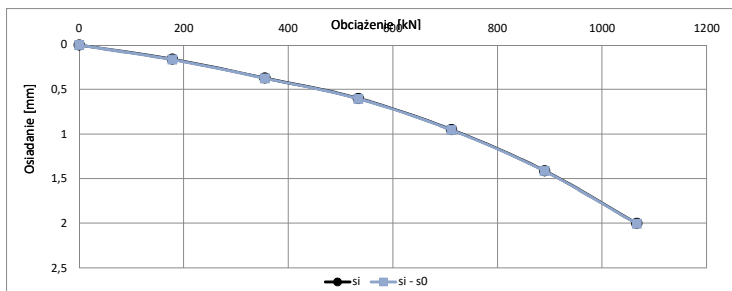
s0	0,00	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	442,8	108,0	334,8
1	727,4	192,1	535,3
2	1074,5	313,8	760,6
3	1279,8	397,1	882,7
4	1416,3	457,2	959,1
5	1514,0	502,4	1011,6
7	1645,1	565,4	1079,8
10	1761,5	622,4	1139,1
12	1812,2	647,2	1165,0
15	1872,8	676,3	1196,5
20	1925,5	700,9	1224,6
25	1963,4	717,7	1245,7
30	1990,0	729,1	1260,9
35	2009,7	737,1	1272,6
40	2025,0	743,1	1281,9
50	2047,1	751,3	1295,8
60	2062,4	756,7	1305,8
70	2073,7	760,4	1313,3
80	2082,4	763,1	1319,3
90	2089,3	765,1	1324,1
100	2094,9	766,8	1328,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,16	178,0000
0,37	355,0000
0,60	534,0000
0,95	712,0000
1,41	890,0000
2,00	1066,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Technologia:

Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	23,5	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

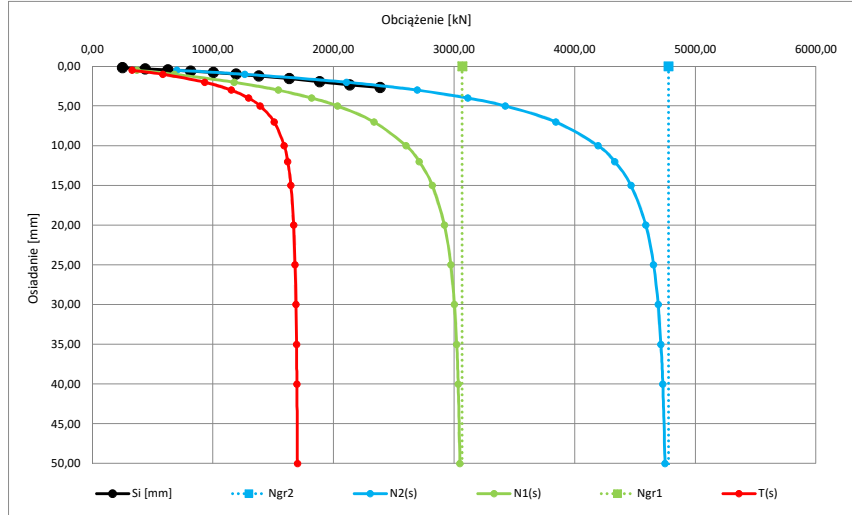
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,18	251,00
0,32	440,00
0,46	628,00
0,60	816,00
0,77	1005,00
0,99	1193,00
1,22	1382,00
1,54	1633,00
1,92	1884,00
2,33	2135,00
2,67	2386,00
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4777	[kN]
C2	0,00064	[mm/kN]
Kappa 2	0,39	[-]

Ngr 1	3067	[kN]
C1	0,00124	[mm/kN]
Kappa 1	0,33	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	700,2	369,2	331,0
1	1265,1	681,5	583,6
2	2107,7	1175,2	932,5
3	2693,1	1541,7	1151,4
4	3113,8	1819,3	1294,5
5	3424,9	2033,5	1391,5
7	3842,6	2334,7	1507,9
10	4192,7	2601,3	1591,4
12	4331,3	2710,7	1620,6
15	4465,6	2818,8	1646,8
20	4588,9	2919,5	1669,4
25	4653,4	2972,3	1681,1
30	4690,8	3002,6	1688,2
35	4714,2	3021,3	1692,9
40	4729,5	3033,3	1696,2
50	4747,7	3047,2	1700,5
60	4757,5	3054,4	1703,1
70	4763,2	3058,5	1704,8
80	4766,9	3061,0	1705,9
90	4769,3	3062,5	1706,8
100	4771,0	3063,6	1707,4



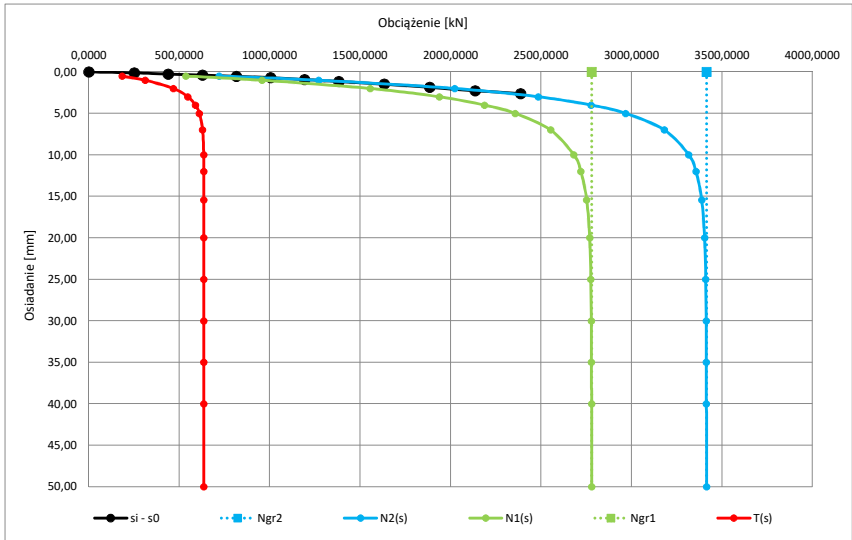
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3414	[kN]
C2	0,00060	[mm/kN]
Kappa 2	0,17	[-]

Ngr 1	2779	[kN]
C1	0,00082	[mm/kN]
Kappa 1	0,15	[-]

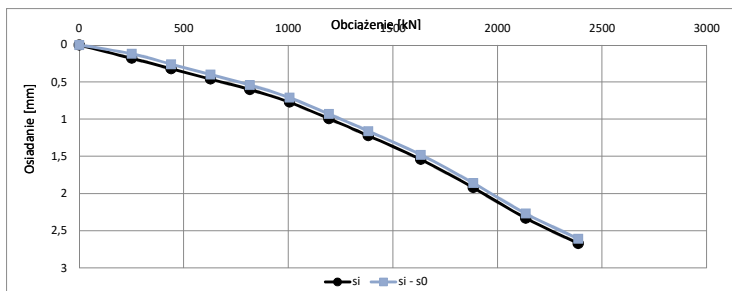
s0	0,06	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	721,2	537,2	184,0
1	1270,8	958,1	312,7
2	2022,7	1554,6	468,1
3	2484,2	1936,7	547,5
4	2776,7	2187,6	589,1
5	2967,3	2356,2	611,1
7	3181,6	2552,3	629,3
10	3316,1	2680,8	635,3
12	3355,5	2719,7	635,8
15	3387,5	2751,9	635,6
20	3403,6	2768,4	635,2
25	3409,8	2774,8	635,0
30	3412,2	2777,2	634,9
35	3413,2	2778,3	634,9
40	3413,7	2778,8	634,9
50	3414,1	2779,2	634,9
60	3414,2	2779,3	634,9
70	3414,3	2779,3	634,9
80	3414,3	2779,4	634,9
90	3414,3	2779,4	634,9
100	3414,3	2779,4	634,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,12	251,0000
0,26	440,0000
0,40	628,0000
0,54	816,0000
0,71	1005,0000
0,93	1193,0000
1,16	1382,0000
1,48	1633,0000
1,86	1884,0000
2,27	2135,0000
2,61	2386,0000



Technologia:  
Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	14	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

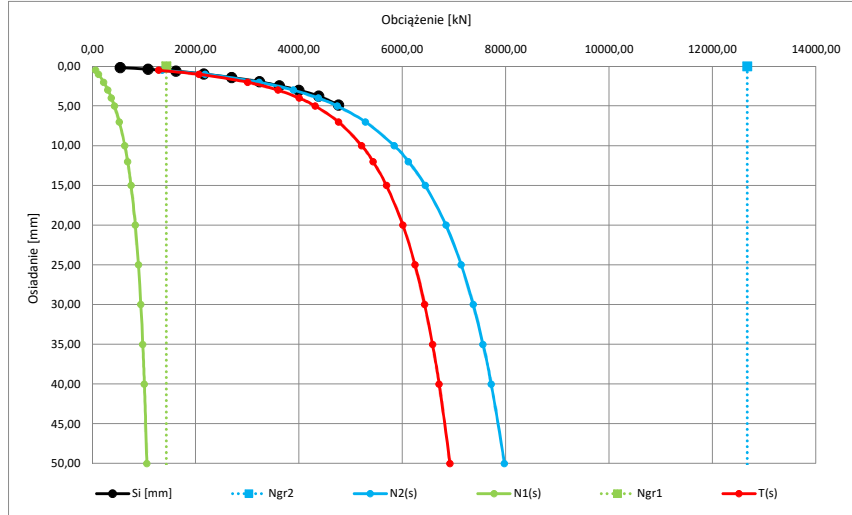
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,16	539,00
0,36	1077,00
0,61	1616,00
0,97	2155,00
1,41	2694,00
1,94	3232,00
2,45	3615,00
3,01	3998,00
3,75	4381,00
4,87	4763,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	12668	[kN]
C2	0,00028	[mm/kN]
Kappa 2	4,13	[-]

Ngr 1	1432	[kN]
C1	0,00724	[mm/kN]
Kappa 1	1,63	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1349,5	65,0	1284,6
1	2184,0	122,7	2061,3
2	3228,2	221,1	3007,1
3	3892,5	302,1	3590,3
4	4370,4	370,3	4000,1
5	4739,1	428,6	4310,5
7	5284,6	523,5	4761,1
10	5841,6	629,5	5212,0
12	6115,7	684,3	5431,5
15	6440,5	750,5	5690,1
20	6840,7	832,8	6007,9
25	7136,4	893,3	6243,1
30	7368,3	939,9	6428,4
35	7557,7	977,3	6580,5
40	7716,8	1007,9	6708,9
50	7972,6	1055,7	6916,8
60	8172,4	1091,5	7080,8
70	8335,0	1119,6	7215,4
80	8471,4	1142,3	7329,1
90	8588,3	1161,1	7427,2
100	8690,1	1177,0	7513,2



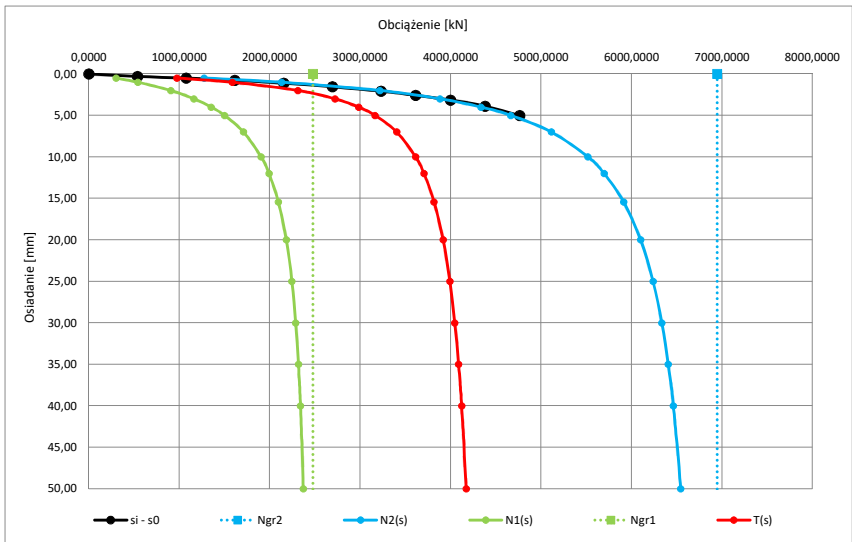
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6947	[kN]
C2	0,00031	[mm/kN]
Kappa 2	1,17	[-]

Ngr 1	2476	[kN]
C1	0,00148	[mm/kN]
Kappa 1	0,77	[-]

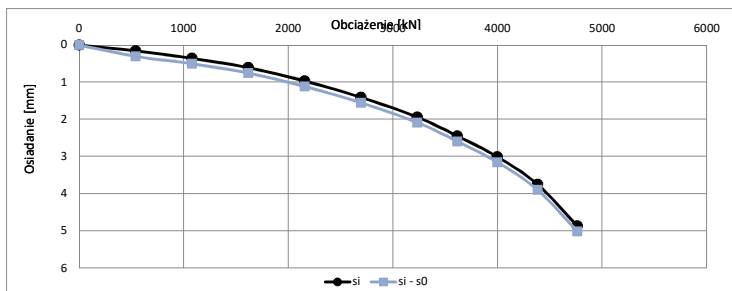
s0	-0,15	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1273,9	301,2	972,7
1	2130,6	543,0	1587,6
2	3217,4	905,6	2311,9
3	3883,3	1162,8	2720,5
4	4335,8	1353,8	2982,1
5	4664,7	1500,4	3164,3
7	5113,1	1709,7	3403,3
10	5517,9	1905,0	3612,8
12	5696,3	1991,6	3704,6
15	5911,3	2095,1	3816,2
20	6100,1	2183,7	3916,4
25	6237,0	2245,6	3991,4
30	6333,5	2287,5	4046,0
35	6405,5	2317,6	4087,9
40	6461,4	2340,1	4121,3
50	6542,8	2371,3	4171,5
60	6599,4	2391,7	4207,7
70	6641,3	2406,0	4235,3
80	6673,6	2416,5	4257,1
90	6699,3	2424,5	4274,8
100	6720,3	2430,8	4289,5



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,31	539,0000
0,51	1077,0000
0,76	1616,0000
1,12	2155,0000
1,56	2694,0000
2,09	3232,0000
2,60	3615,0000
3,16	3998,0000
3,90	4381,0000
5,02	4763,0000
#ARG!	-



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pała:

H	9[m]
D	0,88[m]
D podst.:	0,88[m]

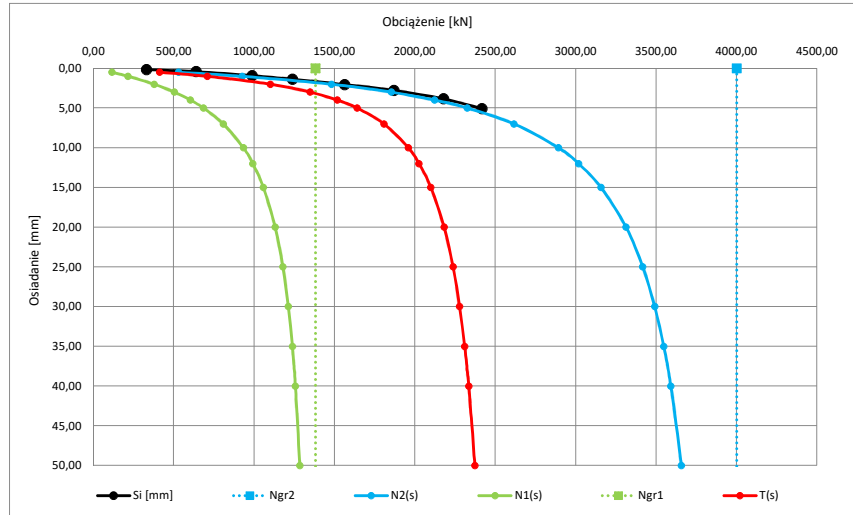
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,16	331,00
0,42	639,00
0,92	987,00
1,38	1238,00
2,05	1563,00
2,79	1870,00
3,85	2178,00
5,08	2417,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4000	[kN]
C2	0,00081	[mm/kN]
Kappa 2	1,22	[-]

Ngr 1	1381	[kN]
C1	0,00397	[mm/kN]
Kappa 1	0,80	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	530,0	116,4	413,6
1	925,8	216,3	709,5
2	1480,3	378,4	1101,9
3	1852,8	504,1	1348,7
4	2121,6	604,0	1517,6
5	2325,6	685,1	1640,5
7	2616,1	808,5	1807,6
10	2891,6	933,1	1958,5
12	3017,3	991,8	2025,5
15	3156,5	1057,5	2099,0
20	3312,5	1131,1	2181,4
25	3416,2	1179,2	2236,9
30	3490,5	1212,9	2277,6
35	3546,6	1237,7	2309,0
40	3590,7	1256,6	2334,1
50	3655,5	1283,4	2372,2
60	3701,3	1301,3	2400,0
70	3735,4	1314,1	2421,3
80	3761,9	1323,6	2438,3
90	3783,2	1330,9	2452,2
100	3800,6	1336,7	2463,9



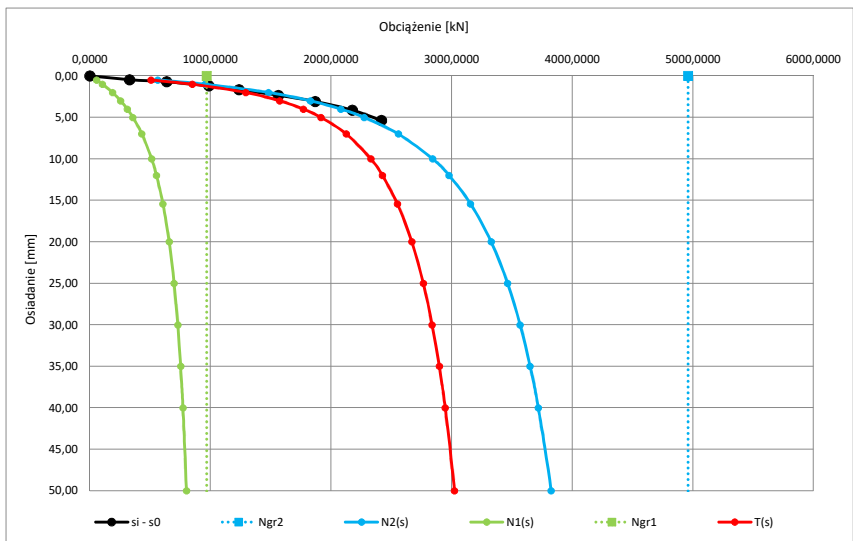
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4960	[kN]
C2	0,00072	[mm/kN]
Kappa 2	2,40	[-]

Ngr 1	968	[kN]
C1	0,00833	[mm/kN]
Kappa 1	1,23	[-]

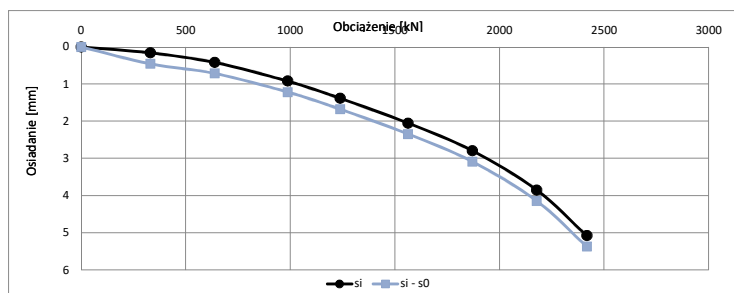
s0	-0,29	[mm]
----	-------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	564,5	56,1	508,4
1	956,9	105,5	851,4
2	1482,4	188,5	1293,9
3	1828,9	255,5	1573,4
4	2080,4	311,0	1769,4
5	2274,2	357,7	1916,5
7	2558,3	432,1	2126,2
10	2842,5	512,7	2329,8
12	2979,3	553,2	2426,1
15	3157,0	606,6	2550,3
20	3328,1	658,4	2669,7
25	3464,1	699,1	2765,0
30	3567,9	729,5	2838,3
35	3650,6	753,2	2897,4
40	3718,7	772,3	2946,4
50	3825,3	801,1	3024,3
60	3906,1	821,9	3084,2
70	3970,1	837,7	3132,4
80	4022,5	850,2	3172,4
90	4066,6	860,3	3206,3
100	4104,3	868,6	3235,7



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,45	331,0000
0,71	639,0000
1,21	987,0000
1,67	1238,0000
2,34	1563,0000
3,08	1870,0000
4,14	2178,0000
5,37	2417,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pala:

H	14,5 [m]
D	0,62 [m]
D podst.:	0,62 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

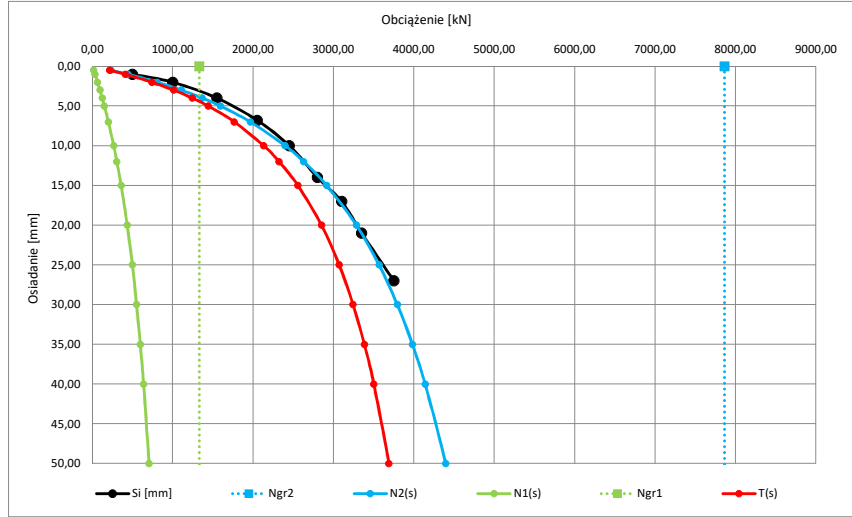
si [mm]	Ni [kN]
0	0
1,00	500,00
2,00	1000,00
4,00	1550,00
6,80	2050,00
10,00	2450,00
14,00	2800,00
17,00	3100,00
21,00	3350,00
27,00	3750,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7861 [kN]
C2	0,00202 [mm/kN]
Kappa 2	2,79 [-]

Ngr 1	1332 [kN]
C1	0,02892 [mm/kN]
Kappa 1	1,33 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	234,1	17,0	217,1
1	443,9	33,6	410,3
2	805,7	65,2	740,5
3	1108,6	95,1	1013,4
4	1367,5	123,5	1244,0
5	1592,4	150,3	1442,1
7	1966,6	200,1	1766,5
10	2398,8	266,2	2132,6
12	2629,0	305,6	2323,4
15	2915,0	358,7	2556,3
20	3284,6	434,3	2850,3
25	3567,5	497,6	3069,9
30	3793,9	551,3	3242,5
35	3980,8	597,6	3383,1
40	4138,8	638,0	3500,8
50	4394,0	705,1	3688,9
60	4593,4	758,8	3834,7
70	4755,4	802,8	3952,6
80	4890,6	839,7	4050,9
90	5006,0	871,1	4134,8
100	5106,0	898,2	4207,8



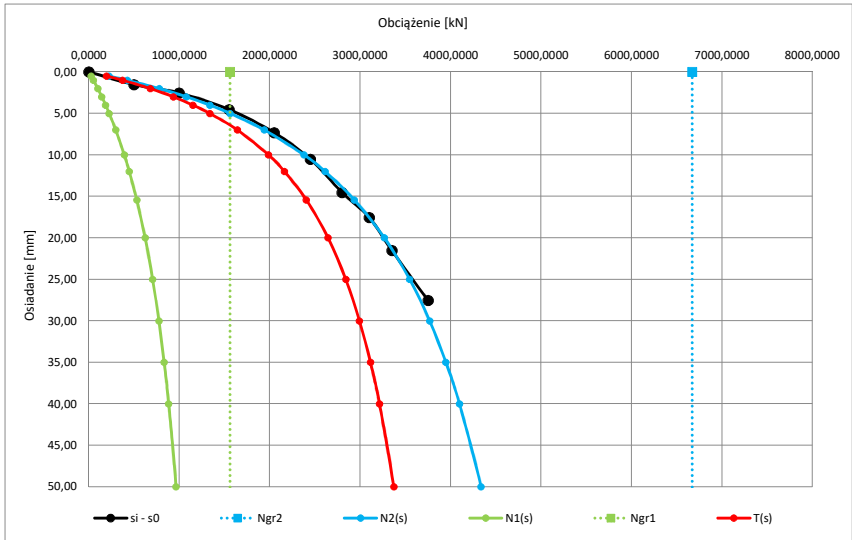
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6669 [kN]
C2	0,00213 [mm/kN]
Kappa 2	1,97 [-]

Ngr 1	1561 [kN]
C1	0,01883 [mm/kN]
Kappa 1	1,09 [-]

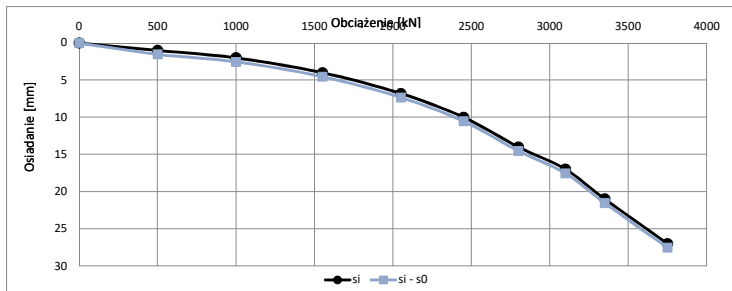
s0	-0,54 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	222,8	26,1	196,7
1	424,9	51,3	373,6
2	778,3	99,2	679,1
3	1078,2	144,0	934,2
4	1336,9	186,0	1150,8
5	1563,0	225,6	1337,4
7	1941,0	297,9	1643,1
10	2378,6	392,3	1986,3
12	2611,3	447,5	2163,8
15	2934,8	530,2	2404,6
20	3268,1	622,9	2645,2
25	3546,9	706,1	2840,8
30	3767,3	775,3	2992,0
35	3947,1	833,7	3113,4
40	4097,3	883,7	3213,6
50	4336,1	965,0	3371,1
60	4519,2	1028,2	3490,9
70	4665,2	1078,9	3586,3
80	4785,3	1120,5	3664,8
90	4886,2	1155,2	3731,0
100	4972,6	1184,7	3787,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
1,54	500,0000
2,54	1000,0000
4,54	1550,0000
7,34	2050,0000
10,54	2450,0000
14,54	2800,0000
17,54	3100,0000
21,54	3350,0000
27,54	3750,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 1

Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Załącznik 4.41

Geometria pala:	
H	13 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1,4 [m]

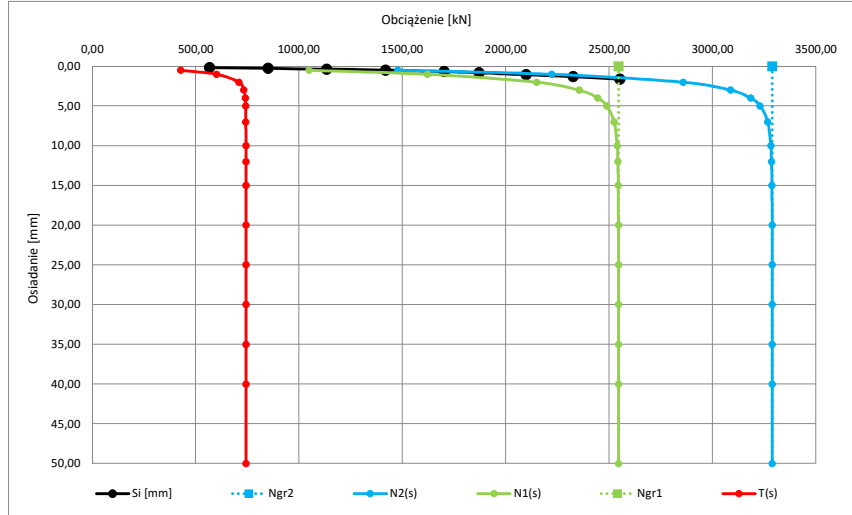
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,17	567,00
0,26	851,00
0,37	1134,00
0,49	1418,00
0,66	1701,00
0,81	1871,00
1,06	2098,00
1,31	2325,00
1,60	2552,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3288	[kN]
C2	0,00024	[mm/kN]
Kappa 2	0,21	[-]

Ngr 1	2545	[kN]
C1	0,00035	[mm/kN]
Kappa 1	0,19	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1477,1	1048,8	428,3
1	2221,6	1621,0	600,6
2	2858,2	2149,1	709,0
3	3087,4	2354,0	733,4
4	3184,0	2444,2	739,8
5	3229,6	2487,9	741,7
7	3266,1	2523,5	742,6
10	3281,3	2538,5	742,9
12	3284,6	2541,6	743,0
15	3286,6	2543,5	743,1
20	3287,7	2544,5	743,2
25	3288,0	2544,8	743,2
30	3288,1	2544,9	743,3
35	3288,2	2544,9	743,3
40	3288,2	2544,9	743,3
50	3288,2	2544,9	743,3
60	3288,2	2545,0	743,3
70	3288,2	2545,0	743,3
80	3288,2	2545,0	743,3
90	3288,2	2545,0	743,3
100	3288,2	2545,0	743,3



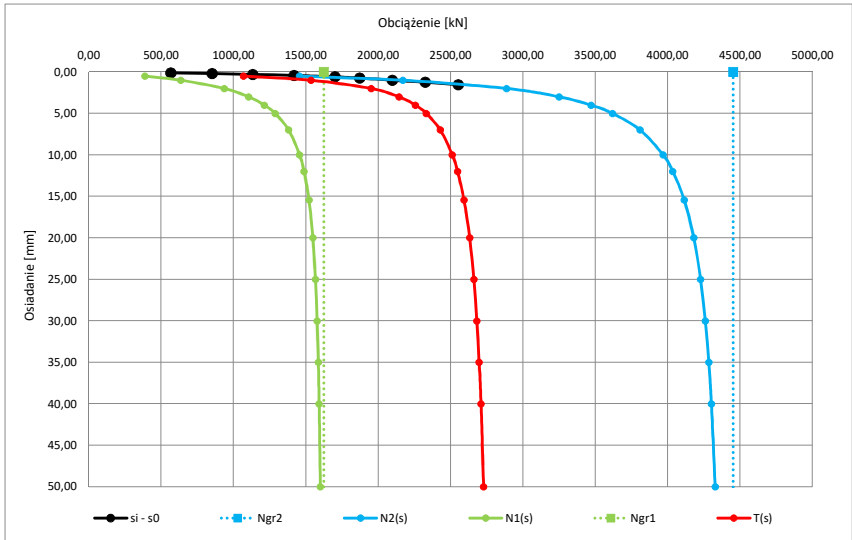
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4451	[kN]
C2	0,00022	[mm/kN]
Kappa 2	1,13	[-]

Ngr 1	1624	[kN]
C1	0,00102	[mm/kN]
Kappa 1	0,76	[-]

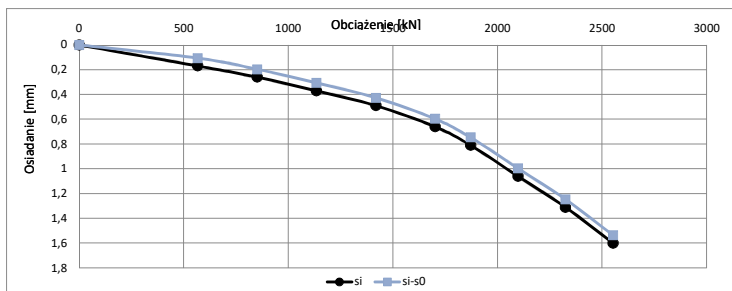
s0	0,06	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1456,2	386,7	1069,5
1	2171,0	636,5	1534,5
2	2886,5	935,5	1951,0
3	3248,7	1105,2	2143,4
4	3469,3	1213,1	2256,2
5	3618,4	1286,9	2331,5
7	3808,3	1380,4	2427,9
10	3967,9	1456,4	2511,5
12	4034,9	1486,9	2547,9
15	4113,1	1521,0	2592,1
20	4179,6	1548,2	2631,4
25	4226,5	1566,1	2660,5
30	4259,0	1577,7	2681,3
35	4282,9	1585,8	2697,1
40	4301,2	1591,6	2709,6
50	4327,6	1599,6	2728,0
60	4345,7	1604,7	2741,0
70	4359,0	1608,2	2750,8
80	4369,1	1610,7	2758,4
90	4377,1	1612,6	2764,6
100	4383,7	1614,0	2769,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,00
0,11	567,00
0,20	851,00
0,31	1134,00
0,43	1418,00
0,60	1701,00
0,75	1871,00
1,00	2098,00
1,25	2325,00
1,54	2552,00
-	-
-	-
-	-



Lp. 4

Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Załącznik 4.42

Geometria pala:	
H	25,4 [m]
D	1 [m]
D podst.:	1 [m]

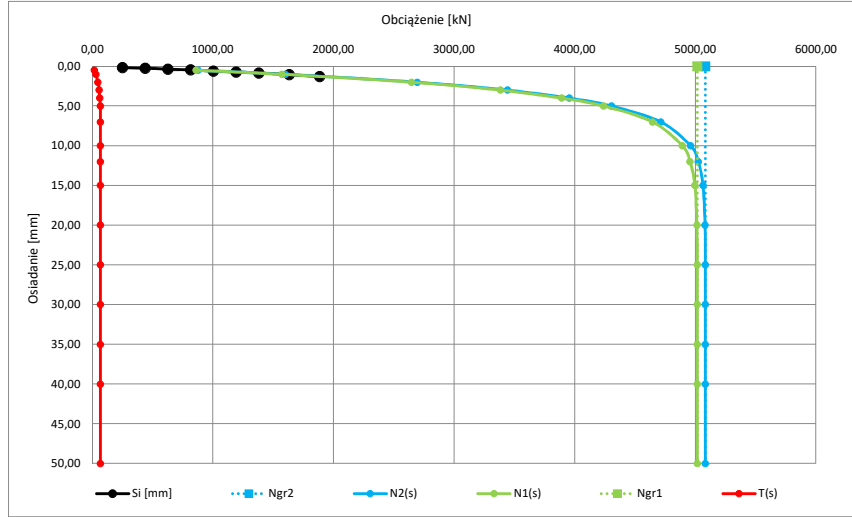
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,16	251,00
0,24	440,00
0,35	628,00
0,45	816,00
0,59	1005,00
0,71	1193,00
0,84	1382,00
1,04	1633,00
1,30	1884,00
1,57	2135,00
1,92	2386,00
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5083	[kN]
C2	0,00052	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	5016	[kN]
C1	0,00053	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	876,5	859,8	16,7
1	1600,7	1571,0	29,7
2	2693,9	2646,7	47,2
3	3441,6	3384,2	57,4
4	3953,7	3890,6	63,1
5	4305,0	4238,8	66,2
7	4712,2	4643,9	68,3
10	4959,8	4891,5	68,3
12	5023,5	4955,6	67,9
15	5062,9	4995,5	67,4
20	5079,7	5012,6	67,1
25	5082,5	5015,5	67,0
30	5083,0	5016,0	67,0
35	5083,1	5016,1	67,0
40	5083,1	5016,1	67,0
50	5083,1	5016,1	67,0
60	5083,1	5016,1	67,0
70	5083,1	5016,1	67,0
80	5083,1	5016,1	67,0
90	5083,1	5016,1	67,0
100	5083,1	5016,1	67,0



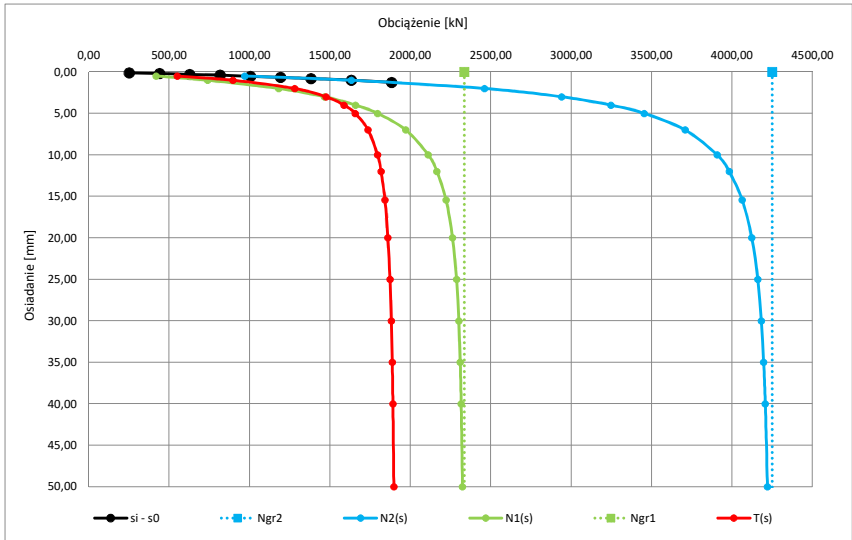
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4248	[kN]
C2	0,00042	[mm/kN]
Kappa 2	0,57	[-]

Ngr 1	2336	[kN]
C1	0,00103	[mm/kN]
Kappa 1	0,45	[-]

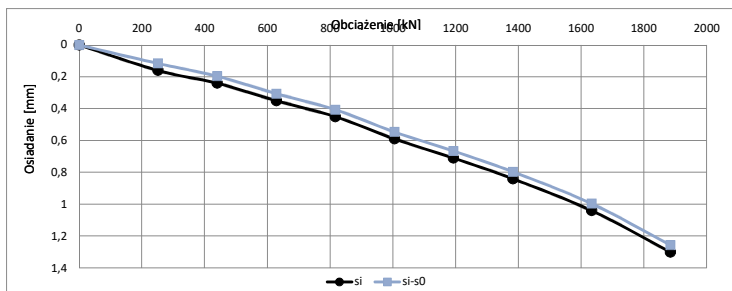
s0	0,04	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	970,2	419,5	550,7
1	1633,4	738,1	895,3
2	2460,6	1180,8	1279,8
3	2940,7	1465,6	1475,2
4	3245,7	1658,9	1586,9
5	3452,4	1795,6	1656,8
7	3707,9	1971,0	1736,9
10	3906,1	2110,9	1795,3
12	3981,8	2164,5	1817,3
15	4062,3	2221,0	1841,3
20	4122,3	2262,1	1860,2
25	4159,1	2286,4	1872,7
30	4181,5	2300,6	1880,9
35	4196,3	2309,6	1886,7
40	4206,5	2315,6	1890,9
50	4219,4	2322,8	1896,6
60	4227,0	2326,8	1900,2
70	4231,9	2329,2	1902,7
80	4235,3	2330,8	1904,5
90	4237,7	2331,9	1905,8
100	4239,5	2332,7	1906,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,00
0,12	251,00
0,20	440,00
0,31	628,00
0,41	816,00
0,55	1005,00
0,67	1193,00
0,80	1382,00
1,00	1633,00
1,26	1884,00
1,53	2135,00
1,88	2386,00
-	-



Geometria pala:

H	8	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

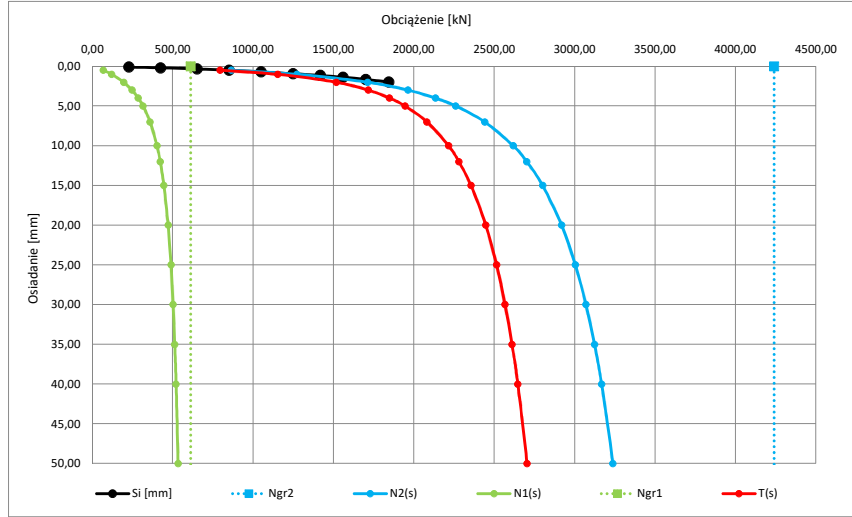
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,09	227,00
0,19	425,00
0,33	652,00
0,49	851,00
0,70	1049,00
0,93	1248,00
1,15	1418,00
1,38	1559,00
1,65	1701,00
1,98	1843,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4239	[kN]
C2	0,00035	[mm/kN]
Kappa 2	3,27	[-]

Ngr 1	612	[kN]
C1	0,00635	[mm/kN]
Kappa 1	1,45	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	863,8	68,1	795,7
1	1272,6	120,1	1152,5
2	1711,8	195,2	1516,6
3	1962,8	247,3	1715,6
4	2133,2	285,8	1847,4
5	2259,7	315,7	1944,1
7	2440,1	359,4	2080,8
10	2617,0	402,2	2214,7
12	2701,5	422,3	2279,2
15	2799,7	445,1	2354,6
20	2918,0	471,4	2446,5
25	3003,5	489,5	2514,0
30	3069,4	502,7	2566,7
35	3122,5	512,9	2609,6
40	3166,7	521,0	2645,6
50	3236,7	533,3	2703,4
60	3290,6	542,2	2748,5
70	3334,0	548,9	2785,1
80	3370,0	554,3	2815,7
90	3400,6	558,7	2842,0
100	3427,1	562,3	2864,8



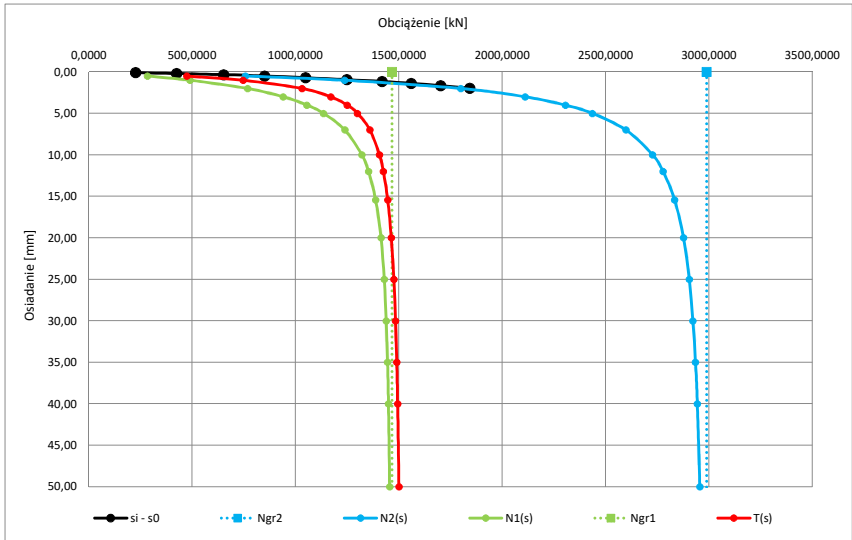
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2988	[kN]
C2	0,00052	[mm/kN]
Kappa 2	0,71	[-]

Ngr 1	1467	[kN]
C1	0,00150	[mm/kN]
Kappa 1	0,53	[-]

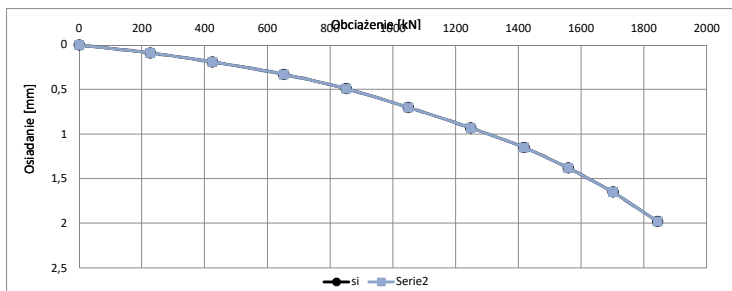
s0	-0,02	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	757,1	283,2	473,9
1	1236,8	490,4	746,4
2	1799,0	767,7	1031,2
3	2110,5	940,3	1170,2
4	2304,6	1055,1	1249,5
5	2435,4	1135,6	1299,8
7	2597,8	1238,3	1359,6
10	2726,6	1320,6	1406,0
12	2777,3	1352,7	1424,6
15	2832,8	1387,2	1445,7
20	2876,2	1413,1	1463,1
25	2904,1	1429,0	1475,2
30	2922,0	1438,6	1483,3
35	2934,2	1445,0	1489,2
40	2943,0	1449,3	1493,7
50	2954,7	1454,8	1499,9
60	2962,0	1458,0	1504,0
70	2966,9	1460,0	1506,9
80	2970,4	1461,4	1509,0
90	2973,1	1462,4	1510,7
100	2975,1	1463,1	1511,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,09	227,0000
0,19	425,0000
0,33	652,0000
0,49	851,0000
0,70	1049,0000
0,93	1248,0000
1,15	1418,0000
1,38	1559,0000
1,65	1701,0000
1,98	1843,0000



Geometria pala:

H	9[m]
D	0,88[m]
D podst.:	0,88[m]

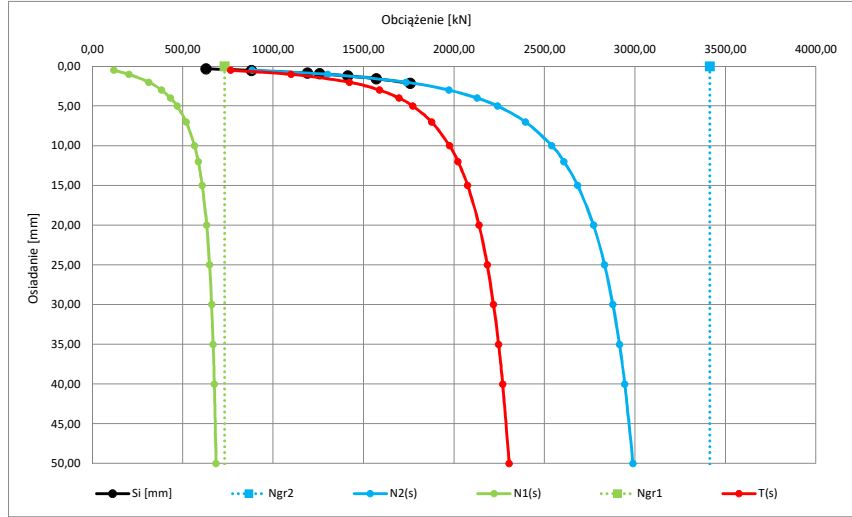
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,31	628,00
0,51	879,00
0,86	1190,00
0,95	1256,00
1,20	1413,00
1,56	1570,00
2,13	1758,00
2,93	1947,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3412	[kN]
C2	0,00035	[mm/kN]
Kappa 2	2,17	[-]

Ngr 1	732	[kN]
C1	0,00349	[mm/kN]
Kappa 1	1,16	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	884,0	118,3	765,6
1	1300,4	201,9	1098,5
2	1733,8	312,7	1421,2
3	1971,2	383,2	1588,0
4	2126,9	432,3	1694,6
5	2239,3	468,6	1770,7
7	2394,3	518,8	1875,5
10	2539,6	564,9	1974,7
12	2606,6	585,4	2021,2
15	2682,3	607,7	2074,6
20	2770,2	632,3	2138,0
25	2831,4	648,3	2183,2
30	2877,3	659,6	2217,7
35	2913,3	668,0	2245,3
40	2942,7	674,6	2268,1
50	2988,0	684,2	2303,8
60	3021,8	690,8	2331,0
70	3048,3	695,8	2352,5
80	3069,8	699,6	2370,3
90	3087,8	702,6	2385,2
100	3103,1	705,1	2398,0



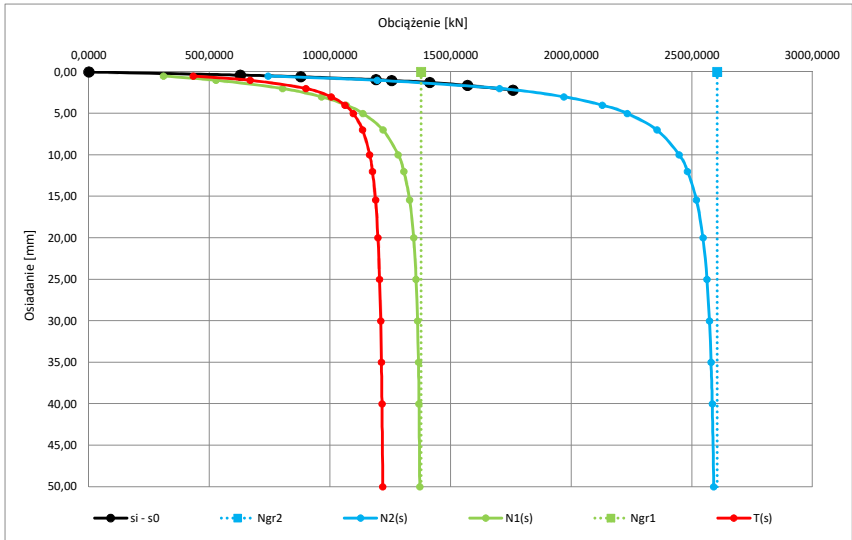
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2605	[kN]
C2	0,00051	[mm/kN]
Kappa 2	0,61	[-]

Ngr 1	1377	[kN]
C1	0,00134	[mm/kN]
Kappa 1	0,48	[-]

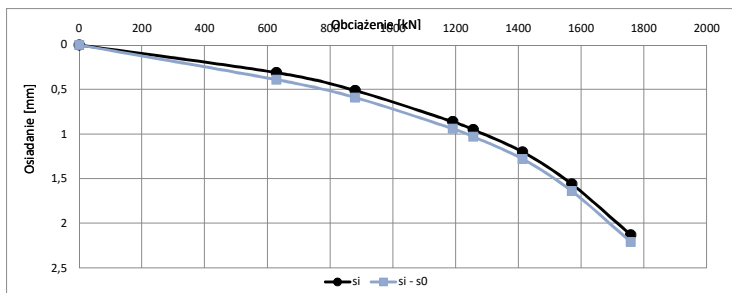
s0	-0,08	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	743,7	310,3	433,5
1	1196,3	527,3	669,0
2	1702,7	803,0	899,8
3	1968,9	964,4	1004,5
4	2128,0	1066,8	1061,2
5	2231,5	1135,7	1095,8
7	2354,8	1219,5	1135,3
10	2447,3	1282,7	1164,6
12	2481,9	1305,9	1176,0
15	2518,5	1329,9	1188,6
20	2545,7	1347,0	1198,7
25	2562,5	1357,0	1205,5
30	2572,7	1362,8	1209,9
35	2579,5	1366,4	1213,1
40	2584,3	1368,9	1215,4
50	2590,4	1371,9	1218,5
60	2594,0	1373,5	1220,5
70	2596,4	1374,5	1221,9
80	2598,0	1375,2	1222,8
90	2599,2	1375,7	1223,6
100	2600,1	1376,0	1224,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,39	628,0000
0,59	879,0000
0,94	1190,0000
1,03	1256,0000
1,28	1413,0000
1,64	1570,0000
2,21	1758,0000
3,01	1947,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej z iniekcją

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	10,5	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

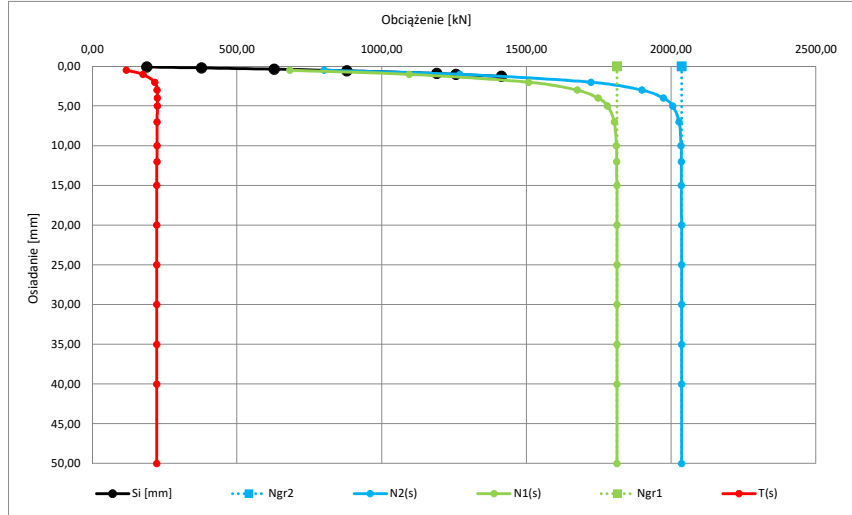
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,09	188,00
0,19	377,00
0,36	628,00
0,56	879,00
0,90	1190,00
1,03	1256,00
1,27	1413,00
1,62	1570,00
2,09	1758,00
3,50	1947,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2035	[kN]
C2	0,00048	[mm/kN]
Kappa 2	0,09	[-]

Ngr 1	1812	[kN]
C1	0,00057	[mm/kN]
Kappa 1	0,09	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	800,3	682,3	118,0
1	1269,5	1094,4	175,0
2	1723,2	1507,5	215,6
3	1899,1	1674,9	224,2
4	1972,3	1747,0	225,3
5	2004,6	1779,8	224,8
7	2027,0	1803,1	223,9
10	2033,7	1810,4	223,3
12	2034,7	1811,5	223,2
15	2035,1	1811,9	223,2
20	2035,2	1812,1	223,1
25	2035,2	1812,1	223,1
30	2035,2	1812,1	223,1
35	2035,2	1812,1	223,1
40	2035,2	1812,1	223,1
50	2035,2	1812,1	223,1
60	2035,2	1812,1	223,1
70	2035,2	1812,1	223,1
80	2035,2	1812,1	223,1
90	2035,2	1812,1	223,1
100	2035,2	1812,1	223,1



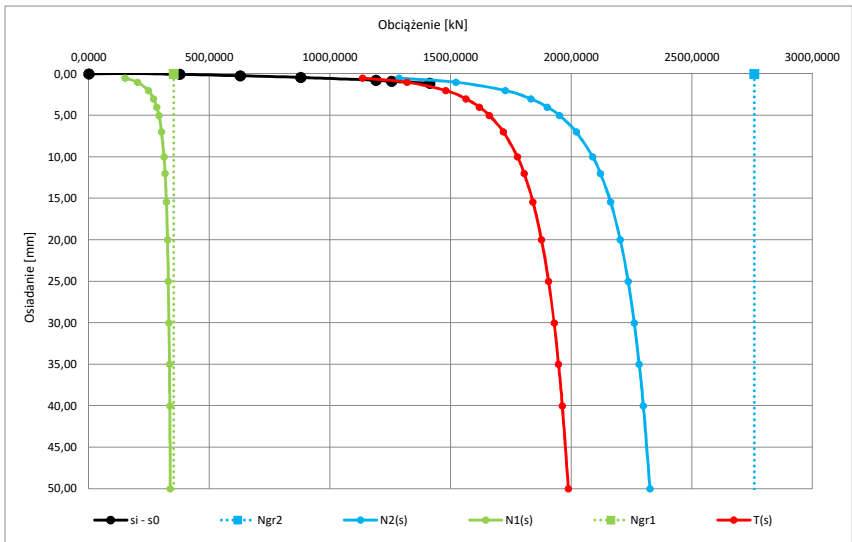
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2759	[kN]
C2	0,00007	[mm/kN]
Kappa 2	3,68	[-]

Ngr 1	353	[kN]
C1	0,00161	[mm/kN]
Kappa 1	1,54	[-]

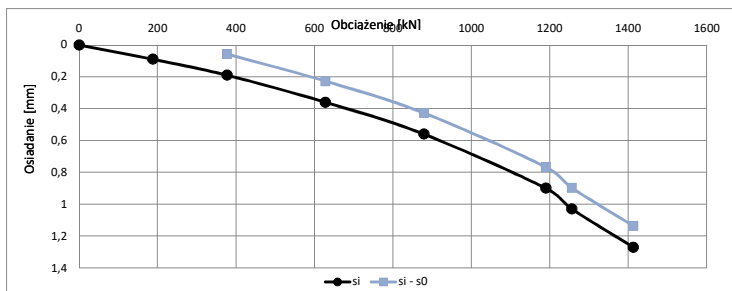
s0	0,13	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1285,6	150,3	1135,2
1	1521,6	201,9	1319,6
2	1726,7	247,0	1479,7
3	1832,2	268,6	1563,6
4	1900,9	281,6	1619,3
5	1950,8	290,5	1660,3
7	2020,8	302,0	1718,8
10	2088,6	312,1	1776,6
12	2120,9	316,5	1804,4
15	2162,8	321,7	1841,0
20	2203,4	326,4	1876,9
25	2236,0	329,9	1906,1
30	2261,2	332,4	1928,8
35	2281,6	334,3	1947,3
40	2298,6	335,8	1962,8
50	2325,7	338,1	1987,6
60	2346,7	339,7	2007,0
70	2363,6	340,9	2022,7
80	2377,7	341,9	2035,8
90	2389,7	342,7	2047,0
100	2400,1	343,3	2056,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
-0,04	188,0000
0,06	377,0000
0,23	628,0000
0,43	879,0000
0,77	1190,0000
0,90	1256,0000
1,14	1413,0000
1,49	1570,0000
1,96	1758,0000
3,37	1947,0000
#ARG!	-



Technologia: pal wiercony wielkośrednicowy w rurze obsadowej

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	8[m]
D	0,8[m]
D podst.:	0,8[m]

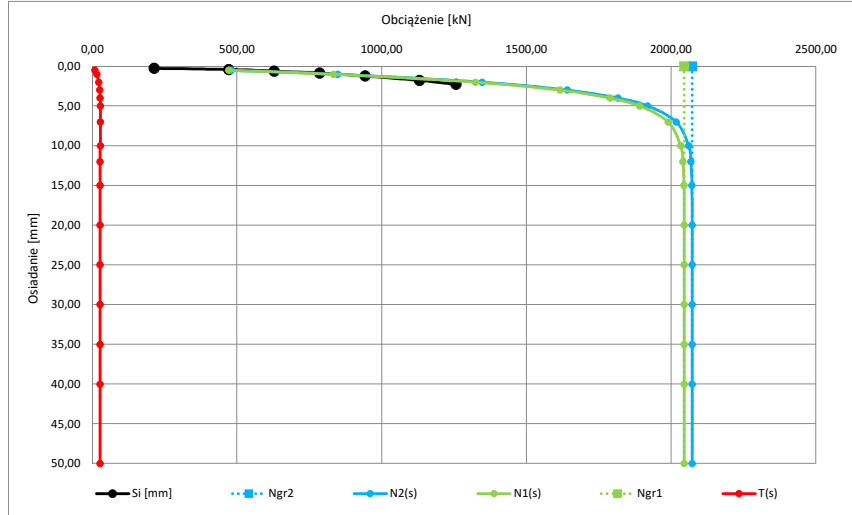
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,25	214,00
0,40	471,00
0,59	628,00
0,87	785,00
1,22	942,00
1,77	1130,40
2,27	1256,00
2,92	1413,00
3,89	1570,00
5,02	1727,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2072	[kN]
C2	0,00091	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2045	[kN]
C1	0,00093	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	480,0	471,0	9,1
1	848,0	832,6	15,4
2	1347,0	1324,3	22,7
3	1641,4	1615,4	26,0
4	1815,6	1788,2	27,4
5	1918,9	1891,1	27,9
7	2017,1	1989,2	27,9
10	2060,1	2032,5	27,5
12	2067,7	2040,3	27,4
15	2071,2	2043,8	27,3
20	2072,1	2044,8	27,3
25	2072,2	2044,9	27,3
30	2072,2	2044,9	27,3
35	2072,2	2044,9	27,3
40	2072,2	2044,9	27,3
50	2072,2	2044,9	27,3
60	2072,2	2044,9	27,3
70	2072,2	2044,9	27,3
80	2072,2	2044,9	27,3
90	2072,2	2044,9	27,3
100	2072,2	2044,9	27,3



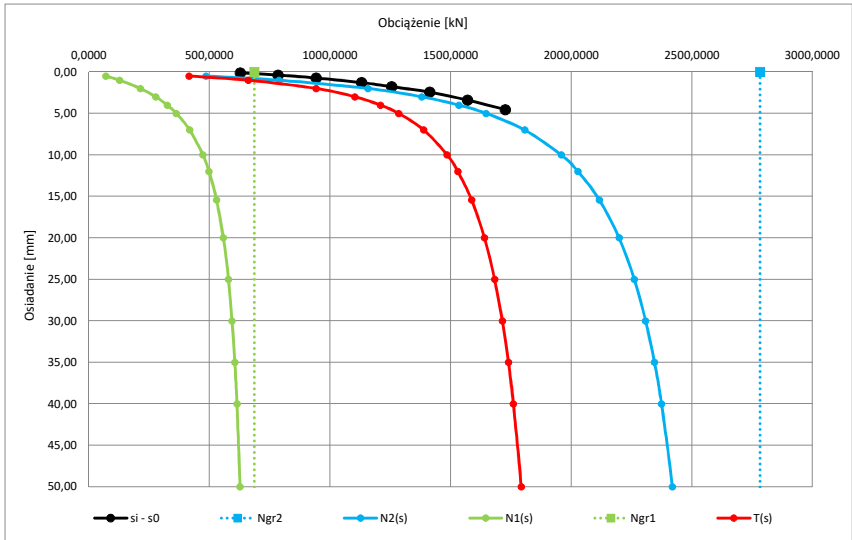
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2782	[kN]
C2	0,00078	[mm/kN]
Kappa 2	1,86	[-]

Ngr 1	686	[kN]
C1	0,00635	[mm/kN]
Kappa 1	1,05	[-]

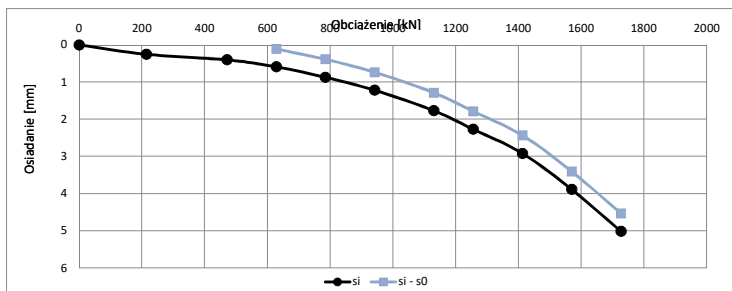
s0	0,48	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	486,3	70,4	415,9
1	788,9	127,5	661,4
2	1157,4	214,3	943,0
3	1380,6	277,4	1103,2
4	1534,0	325,3	1208,7
5	1647,4	363,0	1284,5
7	1806,8	418,4	1388,3
10	1958,0	472,8	1485,2
12	2028,0	498,1	1529,9
15	2116,2	529,5	1586,7
20	2198,2	558,0	1640,2
25	2261,2	579,1	1682,2
30	2308,1	594,1	1714,0
35	2344,6	605,3	1739,3
40	2374,1	614,1	1760,0
50	2419,2	626,9	1792,3
60	2452,5	635,7	1816,8
70	2478,3	642,2	1836,1
80	2499,1	647,2	1851,9
90	2516,3	651,2	1865,1
100	2530,8	654,4	1876,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
-0,23	214,0000
-0,08	471,0000
0,11	628,0000
0,39	785,0000
0,74	942,0000
1,29	1130,4000
1,79	1256,0000
2,44	1413,0000
3,41	1570,0000
4,54	1727,0000
#ARG!	-



Geometria pala:

H	24	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

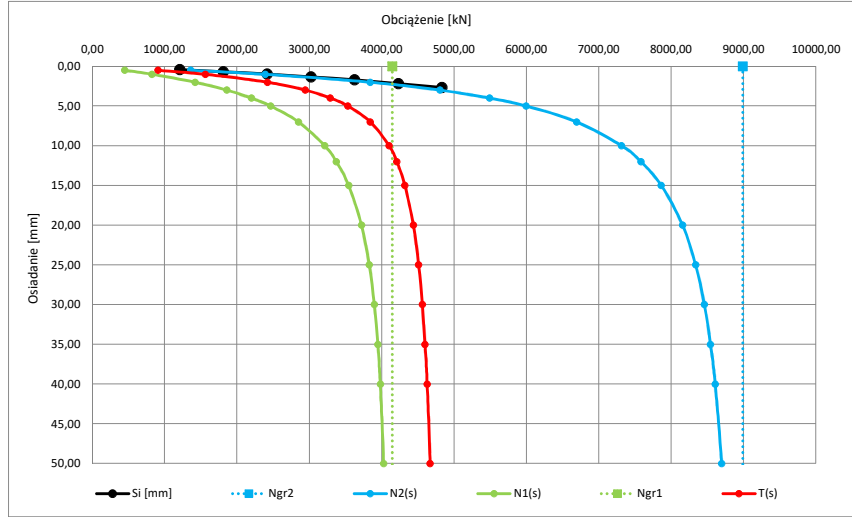
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,40	1208,00
0,68	1812,00
0,98	2416,00
1,32	3020,00
1,70	3624,00
2,18	4228,00
2,65	4832,00
4,50	6040,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8989	[kN]
C2	0,00032	[mm/kN]
Kappa 2	0,79	[-]

Ngr 1	4144	[kN]
C1	0,00102	[mm/kN]
Kappa 1	0,58	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1357,9	449,3	908,6
1	2388,2	826,2	1562,0
2	3839,1	1419,2	2420,0
3	4804,4	1860,4	2943,9
4	5487,9	2198,5	3289,4
5	5994,7	2463,7	3531,0
7	6690,9	2848,8	3842,1
10	7313,0	3211,8	4101,2
12	7580,5	3372,2	4208,3
15	7862,0	3542,5	4319,5
20	8155,7	3719,7	4436,1
25	8336,0	3826,5	4509,5
30	8456,8	3896,2	4560,5
35	8542,7	3944,5	4598,2
40	8606,7	3979,5	4627,2
50	8694,9	4025,7	4669,1
60	8752,3	4054,4	4698,0
70	8792,4	4073,4	4719,0
80	8821,8	4086,7	4735,1
90	8844,2	4096,5	4747,7
100	8861,7	4103,8	4757,9



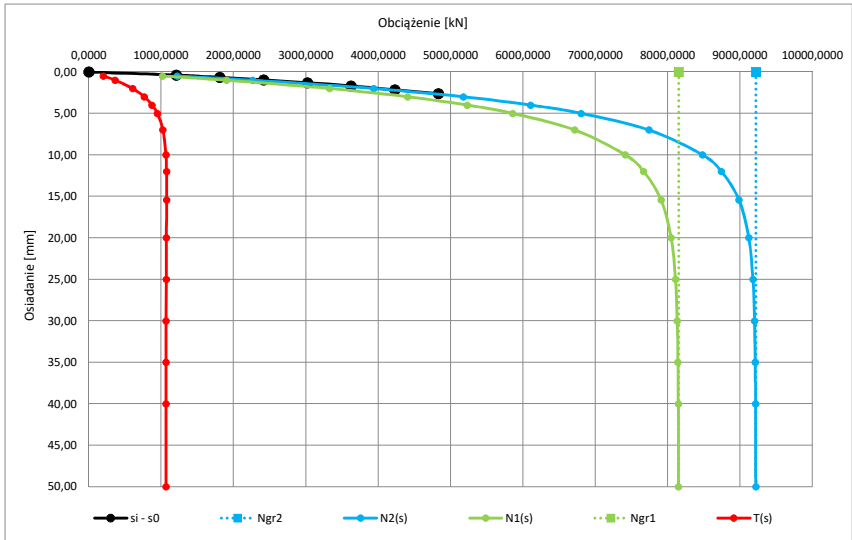
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	9217	[kN]
C2	0,00038	[mm/kN]
Kappa 2	0,10	[-]

Ngr 1	8150	[kN]
C1	0,00046	[mm/kN]
Kappa 1	0,09	[-]

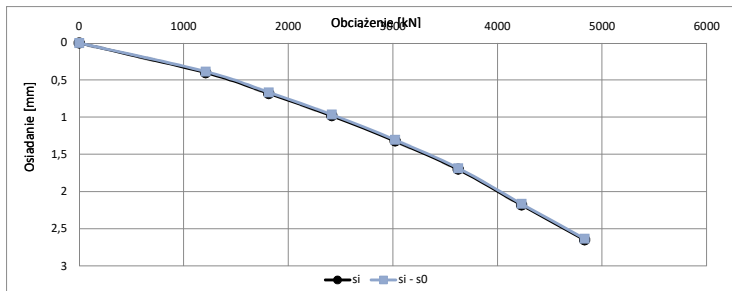
s0	0,02	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1220,6	1019,8	200,8
1	2266,1	1901,8	364,3
2	3935,6	3329,2	606,4
3	5175,5	4407,9	767,6
4	6103,4	5228,4	875,0
5	6802,8	5856,4	946,4
7	7739,1	6714,1	1025,0
10	8479,4	7412,7	1066,7
12	8741,2	7666,8	1074,4
15	8982,9	7906,8	1076,1
20	9119,7	8046,6	1073,1
25	9176,6	8106,3	1070,2
30	9198,9	8130,3	1068,6
35	9208,3	8140,6	1067,7
40	9212,5	8145,3	1067,3
50	9215,5	8148,6	1066,9
60	9216,3	8149,5	1066,8
70	9216,5	8149,7	1066,8
80	9216,6	8149,8	1066,8
90	9216,7	8149,9	1066,8
100	9216,7	8149,9	1066,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,38	1208,0000
0,66	1812,0000
0,96	2416,0000
1,30	3020,0000
1,68	3624,0000
2,16	4228,0000
2,63	4832,0000
4,48	6040,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	18[m]
D	0,56[m]
D podst.:	0,63[m]

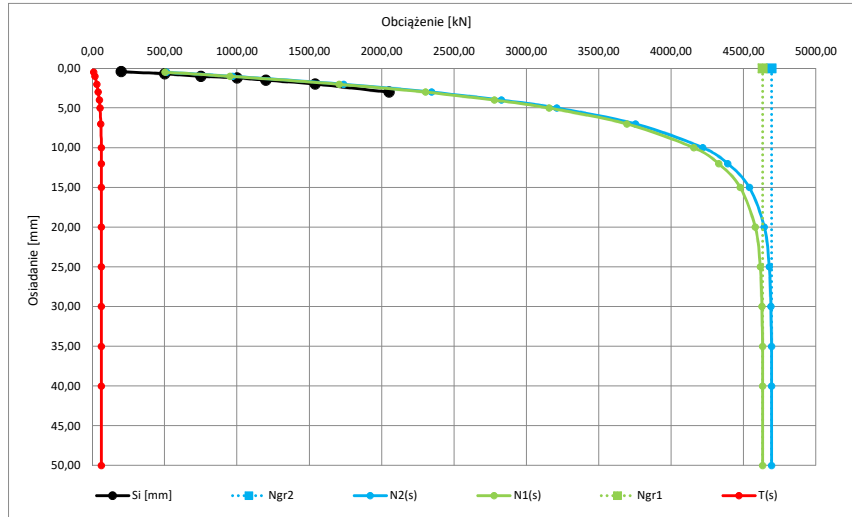
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,40	200,00
0,70	500,00
1,00	750,00
1,20	1000,00
1,50	1200,00
1,98	1540,00
3,00	2050,00
5,90	3080,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4694	[kN]
C2	0,00092	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4632	[kN]
C1	0,00094	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	512,8	502,8	9,9
1	969,0	950,6	18,4
2	1736,4	1704,6	31,8
3	2344,4	2303,0	41,5
4	2826,5	2778,0	48,4
5	3208,8	3155,5	53,4
7	3753,2	3694,0	59,2
10	4217,8	4155,2	62,6
12	4390,8	4327,5	63,2
15	4539,3	4476,1	63,2
20	4643,0	4580,3	62,7
25	4676,9	4614,7	62,2
30	4688,1	4626,1	62,0
35	4691,9	4629,9	61,9
40	4693,1	4631,2	61,9
50	4693,7	4631,9	61,9
60	4693,8	4631,9	61,9
70	4693,8	4631,9	61,9
80	4693,8	4631,9	61,9
90	4693,8	4631,9	61,9
100	4693,8	4631,9	61,9



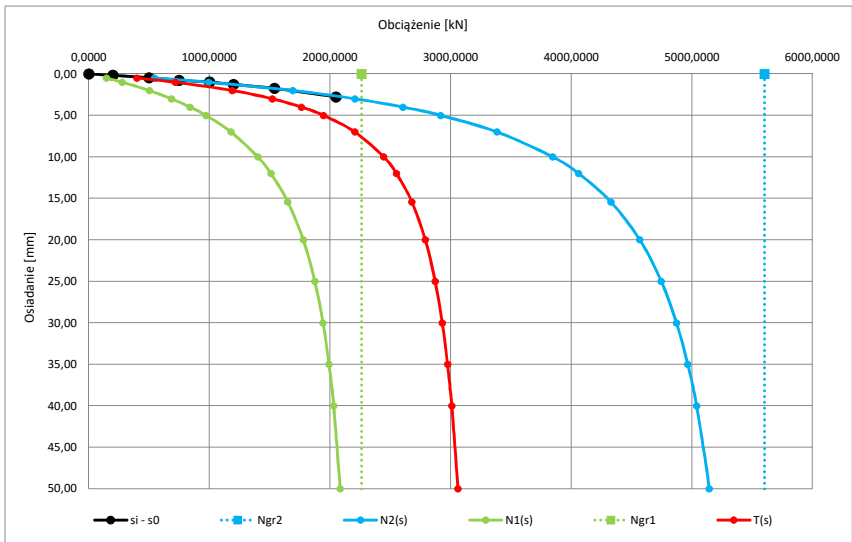
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5601	[kN]
C2	0,00083	[mm/kN]
Kappa 2	0,97	[-]

Ngr 1	2261	[kN]
C1	0,00323	[mm/kN]
Kappa 1	0,68	[-]

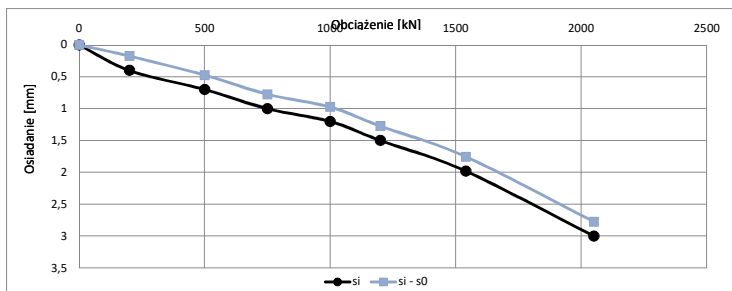
s0	0,23	[mm]
----	------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	545,0	146,2	398,8
1	994,3	277,1	717,2
2	1691,5	501,5	1189,9
3	2207,1	686,4	1520,7
4	2603,7	840,7	1763,0
5	2918,2	971,2	1946,9
7	3385,0	1179,0	2205,9
10	3845,6	1400,9	2444,7
12	4060,1	1509,6	2550,5
15	4327,4	1649,4	2678,0
20	4568,4	1778,4	2790,1
25	4746,0	1874,2	2871,8
30	4871,9	1941,8	2930,1
35	4965,9	1991,7	2974,2
40	5038,6	2029,7	3008,9
50	5143,7	2083,3	3060,4
60	5216,0	2118,9	3097,1
70	5268,8	2143,9	3124,9
80	5309,0	2162,3	3146,6
90	5340,6	2176,3	3164,2
100	5366,1	2187,3	3178,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,17	200,0000
0,47	500,0000
0,77	750,0000
0,97	1000,0000
1,27	1200,0000
1,75	1540,0000
2,77	2050,0000
5,67	3080,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pała:

H	18 [m]
D	1,5 [m]
D podst.:	1,5 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

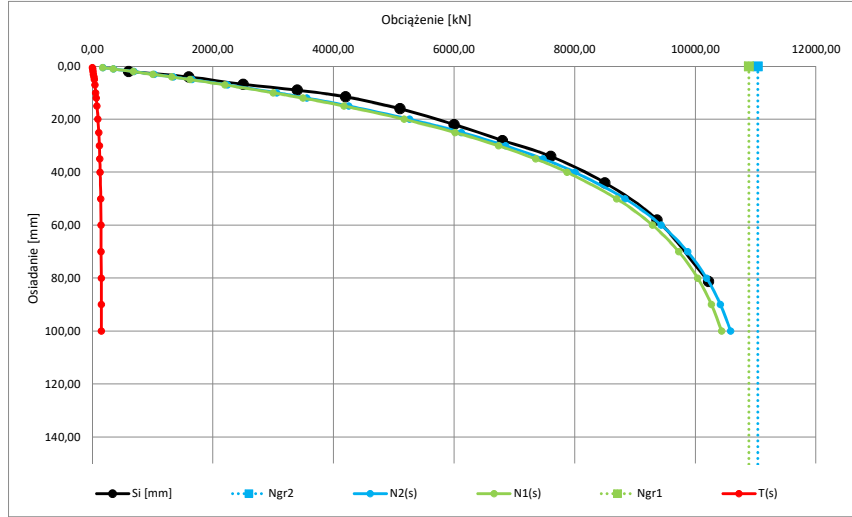
si [mm]	Ni [kN]
0	0
2,00	600,00
4,00	1600,00
6,80	2500,00
9,00	3400,00
11,50	4200,00
16,00	5100,00
22,00	6000,00
29,00	6800,00
34,00	7600,00
44,00	8500,00
58,00	9364,00
81,24	10215,00

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	11032 [kN]
C2	0,00279 [mm/KN]
Kappa 2	0,01 [-]

Ngr 1	10887 [kN]
C1	0,00284 [mm/KN]
Kappa 1	0,01 [-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	177,9	174,4	3,5
1	352,9	346,0	6,9
2	694,4	680,8	13,5
3	1024,8	1004,9	19,9
4	1344,6	1318,7	25,9
5	1654,1	1622,3	31,7
7	2243,4	2200,8	42,6
10	3058,1	3000,9	57,2
12	3558,4	3492,5	65,8
15	4250,1	4172,6	77,5
20	5262,4	5168,7	93,7
25	6122,3	6015,8	106,5
30	6853,0	6736,4	116,6
35	7474,0	7349,4	124,6
40	8002,0	7871,2	130,8
50	8832,9	8693,5	139,4
60	9434,3	9290,0	144,3
70	9870,0	9723,1	146,9
80	10186,1	10037,9	148,2
90	10415,6	10266,9	148,7
100	10582,5	10433,8	148,7



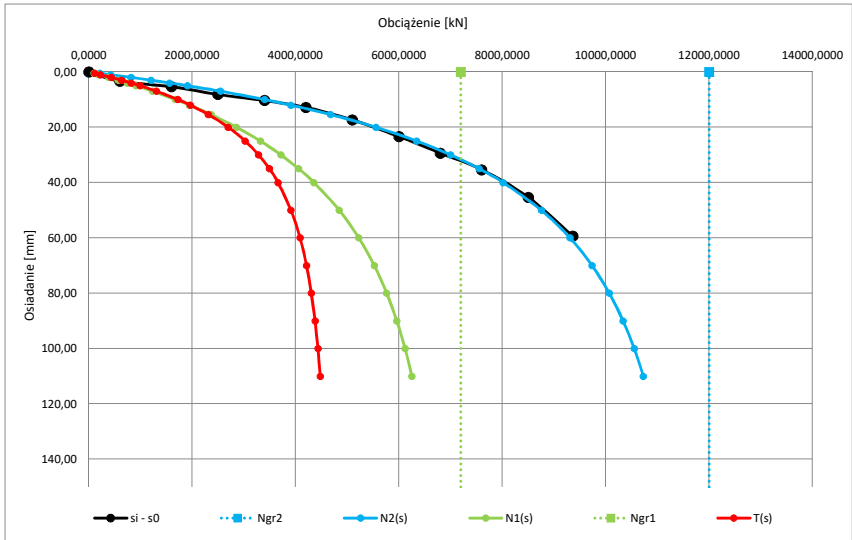
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	12001 [kN]
C2	0,00231 [mm/KN]
Kappa 2	0,47 [-]

Ngr 1	7196 [kN]
C1	0,00498 [mm/KN]
Kappa 1	0,38 [-]

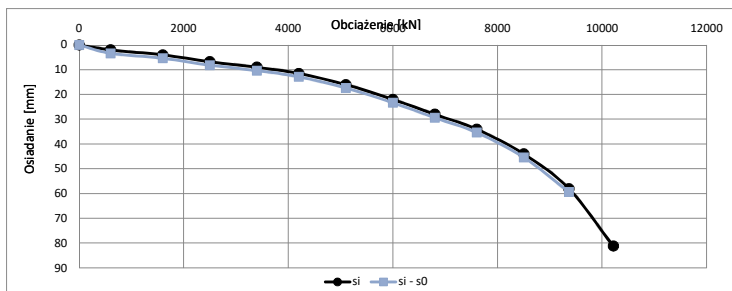
s0	-1,36 [mm]
----	------------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	213,5	99,5	114,0
1	421,5	197,1	224,4
2	821,6	386,8	434,8
3	1201,7	569,4	632,3
4	1563,2	745,4	817,8
5	1907,2	914,9	992,3
7	2547,0	1236,0	1311,0
10	3400,5	1676,4	1724,1
12	3908,1	1945,4	1962,7
15	4679,5	2364,9	2314,6
20	5554,0	2857,3	2696,7
25	6344,1	3319,0	3025,1
30	6999,9	3715,4	3284,5
35	7549,8	4057,8	3492,0
40	8015,4	4355,4	3660,0
50	8754,7	4843,4	3911,3
60	9308,9	5222,6	4086,3
70	9734,6	5522,3	4212,4
80	10068,4	5762,4	4306,0
90	10334,7	5957,4	4377,3
100	10550,4	6117,6	4432,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
3,36	600,0000
5,36	1600,0000
8,16	2500,0000
10,36	3400,0000
12,86	4200,0000
17,36	5100,0000
23,36	6000,0000
29,36	6800,0000
35,36	7600,0000
45,36	8500,0000
59,36	9364,0000



Geometria pala:

H	6[m]
D	0,51[m]
D podst.:	0,56[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

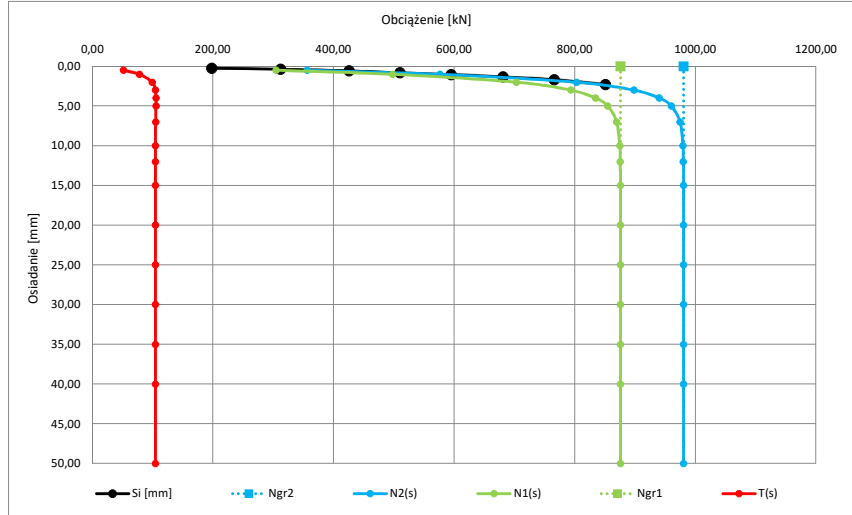
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,23	198,00
0,37	312,00
0,57	426,00
0,82	510,00
1,04	595,00
1,35	681,00
1,69	766,00
2,32	851,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	980	[kN]
C2	0,001111	[mm/kN]
Kappa 2	0,09	[-]

Ngr 1	876	[kN]
C1	0,00131	[mm/kN]
Kappa 1	0,08	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	356,5	304,9	51,6
1	576,5	498,1	78,3
2	802,9	703,5	99,3
3	897,9	793,3	104,6
4	940,2	834,5	105,6
5	959,9	854,4	105,6
7	974,5	869,4	105,1
10	979,3	874,5	104,7
12	980,0	875,3	104,7
15	980,3	875,7	104,6
20	980,4	875,8	104,6
25	980,4	875,8	104,6
30	980,4	875,8	104,6
35	980,4	875,8	104,6
40	980,4	875,8	104,6
50	980,4	875,8	104,6
60	980,4	875,8	104,6
70	980,4	875,8	104,6
80	980,4	875,8	104,6
90	980,4	875,8	104,6
100	980,4	875,8	104,6



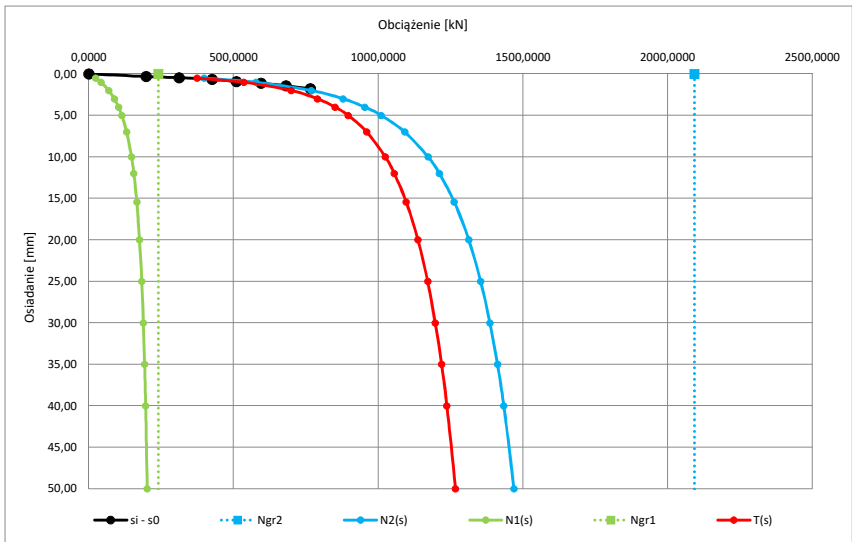
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2092	[kN]
C2	0,00072	[mm/kN]
Kappa 2	4,06	[-]

Ngr 1	241	[kN]
C1	0,01835	[mm/kN]
Kappa 1	1,62	[-]

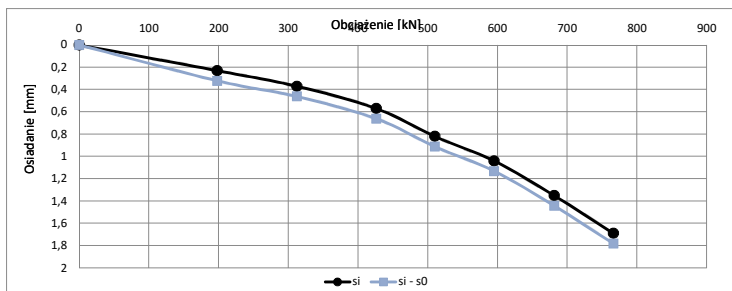
s0	-0,09	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	398,0	23,8	374,2
1	577,4	42,2	535,2
2	768,7	69,3	699,4
3	878,5	88,4	790,1
4	953,7	102,8	850,9
5	1010,1	114,1	895,9
7	1091,2	130,8	960,3
10	1171,9	147,6	1024,3
12	1211,0	155,6	1055,3
15	1262,3	165,9	1096,4
20	1312,8	175,6	1137,2
25	1353,7	183,1	1170,7
30	1385,7	188,7	1197,1
35	1411,7	193,0	1218,7
40	1433,5	196,5	1237,0
50	1468,4	201,9	1266,5
60	1495,6	205,8	1289,8
70	1517,7	208,9	1308,8
80	1536,2	211,3	1324,9
90	1552,0	213,3	1338,7
100	1565,8	214,9	1350,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,32	198,0000
0,46	312,0000
0,66	426,0000
0,91	510,0000
1,13	595,0000
1,44	681,0000
1,78	766,0000
2,41	851,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	13,5	[m]
D	0,51	[m]
D podst.:	0,56	[m]

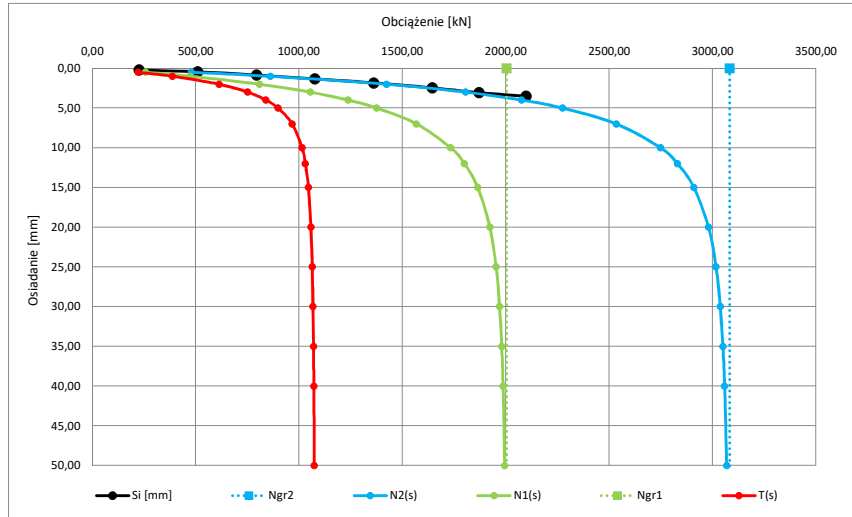
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,20	227,00
0,44	510,00
0,84	794,00
1,35	1077,00
1,84	1361,00
2,48	1644,00
3,07	1871,00
3,53	2098,00
3,85	2268,00
4,44	2438,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3082	[kN]
C2	0,00093	[mm/kN]
Kappa 2	0,38	[-]

Ngr 1	2004	[kN]
C1	0,00177	[mm/kN]
Kappa 1	0,32	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	479,2	257,6	221,6
1	861,3	473,2	388,1
2	1422,6	809,1	613,4
3	1805,3	1054,1	751,3
4	2076,1	1236,7	839,4
5	2273,6	1375,6	897,9
7	2534,1	1567,6	966,6
10	2747,5	1733,1	1014,3
12	2830,2	1799,5	1030,6
15	2909,0	1864,1	1045,0
20	2979,9	1922,7	1057,2
25	3016,3	1952,8	1063,5
30	3036,9	1969,7	1067,3
35	3049,7	1979,9	1069,8
40	3057,9	1986,4	1071,5
50	3067,6	1993,8	1073,8
60	3072,6	1997,5	1075,1
70	3075,6	1999,6	1076,0
80	3077,4	2000,9	1076,6
90	3078,7	2001,7	1077,0
100	3079,5	2002,2	1077,3



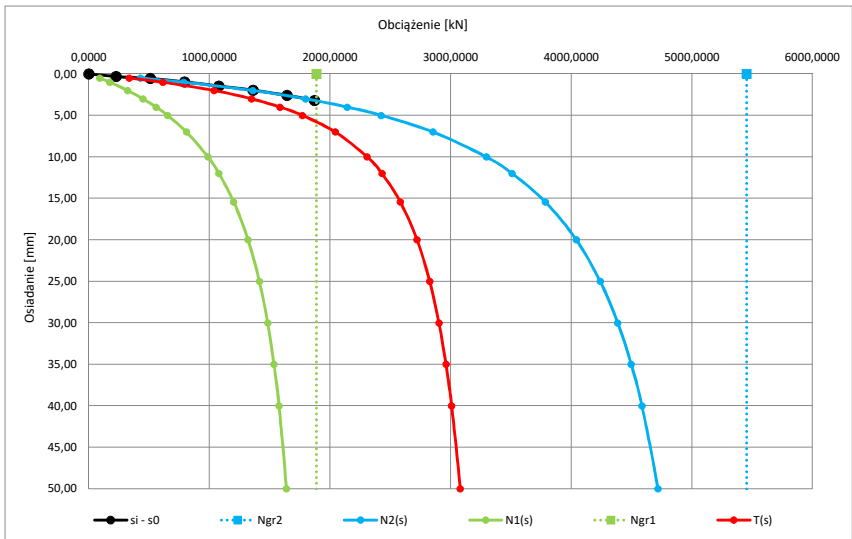
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5454	[kN]
C2	0,00107	[mm/kN]
Kappa 2	1,22	[-]

Ngr 1	1887	[kN]
C1	0,00525	[mm/kN]
Kappa 1	0,80	[-]

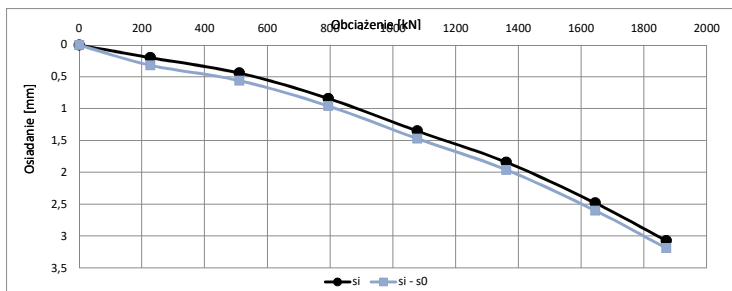
s0	-0,12	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	427,7	91,1	336,6
1	787,5	174,7	612,9
2	1360,6	322,3	1038,3
3	1797,8	448,5	1349,3
4	2143,4	557,6	1585,9
5	2424,1	652,6	1771,5
7	2853,5	810,0	2043,5
10	3295,6	987,6	2308,0
12	3509,3	1079,0	2430,2
15	3784,1	1201,6	2582,5
20	4042,2	1320,8	2721,4
25	4240,0	1414,1	2826,0
30	4385,4	1482,9	2902,4
35	4497,0	1535,6	2961,4
40	4585,7	1577,2	3008,5
50	4718,2	1638,1	3080,1
60	4812,9	1680,4	3132,4
70	4884,2	1711,4	3172,8
80	4940,0	1734,8	3205,2
90	4985,0	1753,2	3231,8
100	5022,1	1768,0	3254,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,32	227,0000
0,56	510,0000
0,96	794,0000
1,47	1077,0000
1,96	1361,0000
2,60	1644,0000
3,19	1871,0000
3,65	2098,0000
3,97	2268,0000
4,56	2438,0000
#ARG!	-



Technologia:  
Vibro

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	9,5[m]
D	0,61[m]
D podst.:	0,66[m]

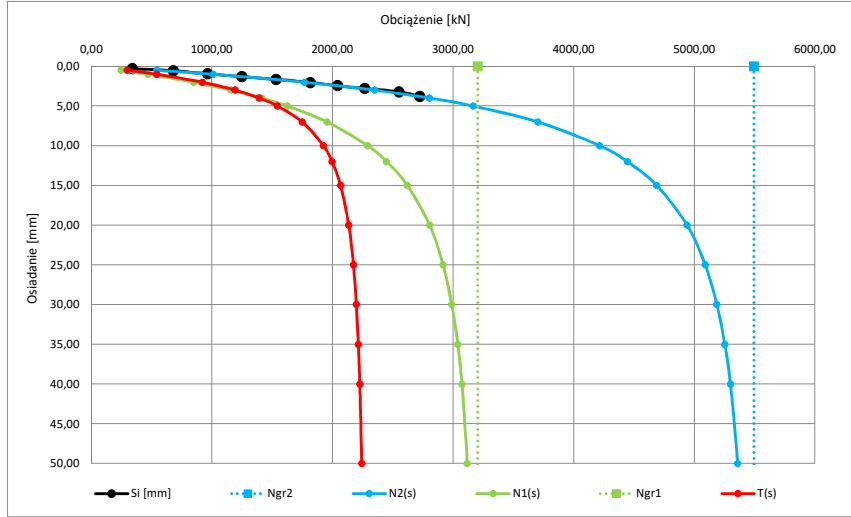
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,28	340,00
0,56	680,00
0,95	964,00
1,28	1248,00
1,64	1531,00
2,04	1815,00
2,44	2041,00
2,80	2268,00
3,21	2552,00
3,78	2722,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5494	[kN]
C2	0,00085	[mm/KN]
Kappa 2	0,50	[-]

Ngr 1	3203	[kN]
C1	0,00191	[mm/KN]
Kappa 1	0,40	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	544,8	247,8	297,0
1	1012,5	469,6	542,9
2	1769,0	847,9	921,1
3	2349,1	1156,6	1192,5
4	2803,6	1411,4	1392,2
5	3166,3	1623,7	1542,6
7	3702,1	1953,9	1748,2
10	4215,7	2291,2	1924,6
12	4444,5	2448,6	1995,9
15	4687,7	2621,1	2066,6
20	4939,6	2805,1	2134,5
25	5089,6	2916,8	2172,8
30	5186,1	2989,0	2197,1
35	5251,8	3038,1	2213,7
40	5298,5	3072,7	2225,8
50	5359,0	3116,8	2242,2
60	5395,2	3142,6	2252,7
70	5418,7	3158,7	2259,9
80	5434,6	3169,4	2265,2
90	5446,0	3176,9	2269,2
100	5454,5	3182,2	2272,3



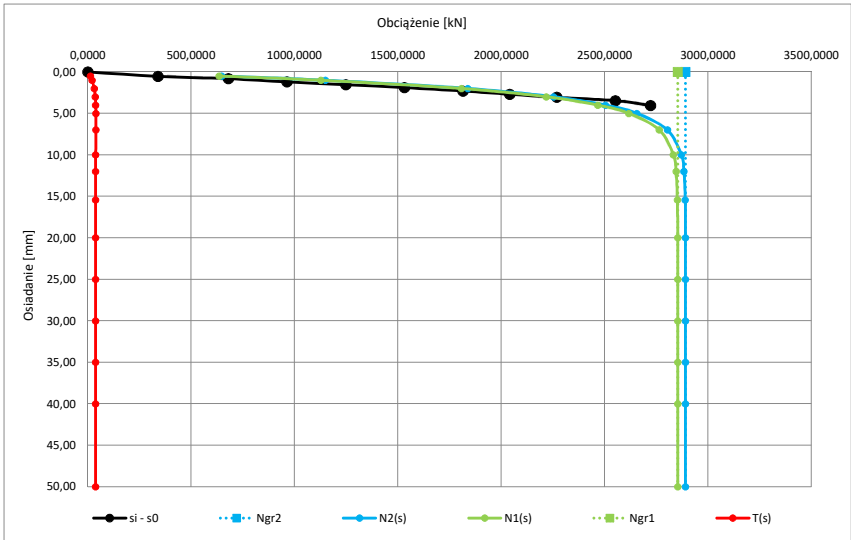
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2891	[kN]
C2	0,00068	[mm/KN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2853	[kN]
C1	0,00070	[mm/KN]
Kappa 1	0,01	[-]

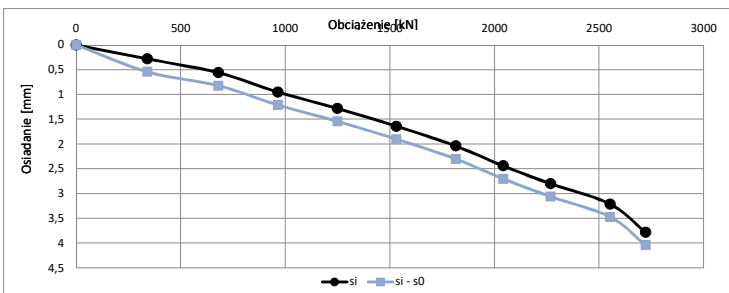
s0	-0,26	[mm]
----	-------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	647,4	635,1	12,2
1	1148,7	1127,8	20,9
2	1838,2	1807,1	31,1
3	2253,3	2217,4	35,9
4	2503,7	2465,7	38,0
5	2655,2	2616,4	38,8
7	2803,0	2764,1	38,9
10	2870,5	2832,1	38,5
12	2883,2	2844,9	38,3
15	2889,4	2851,3	38,2
20	2890,8	2852,7	38,1
25	2890,9	2852,8	38,1
30	2891,0	2852,9	38,1
35	2891,0	2852,9	38,1
40	2891,0	2852,9	38,1
50	2891,0	2852,9	38,1
60	2891,0	2852,9	38,1
70	2891,0	2852,9	38,1
80	2891,0	2852,9	38,1
90	2891,0	2852,9	38,1
100	2891,0	2852,9	38,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,54	340,0000
0,82	680,0000
1,21	964,0000
1,54	1248,0000
1,90	1531,0000
2,30	1815,0000
2,70	2041,0000
3,06	2268,0000
3,47	2552,0000
4,04	2722,0000
#ARG!	-





Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	12,5	[m]
D	0,61	[m]
D podst.:	0,66	[m]

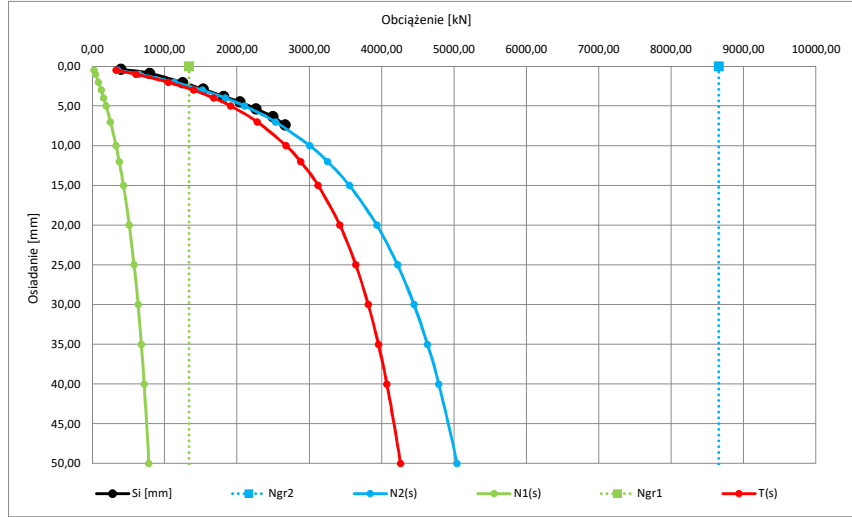
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,37	397,00
0,88	794,00
2,06	1248,00
2,88	1531,00
3,79	1815,00
4,48	2041,00
5,35	2261,00
6,34	2495,00
7,37	2665,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	8655	[kN]
C2	0,00131	[mm/kN]
Kappa 2	3,06	[-]

Ngr 1	1337	[kN]
C1	0,02165	[mm/kN]
Kappa 1	1,40	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	349,7	22,6	327,0
1	648,3	44,4	603,9
2	1135,9	85,3	1050,6
3	1521,8	123,3	1398,5
4	1838,1	158,6	1679,5
5	2104,3	191,6	1912,7
7	2531,9	251,3	2280,6
10	3006,5	328,3	2678,2
12	3252,3	372,8	2879,6
15	3552,2	431,4	3120,8
20	3932,2	512,3	3419,9
25	4218,5	577,8	3640,7
30	4445,3	632,1	3813,2
35	4631,4	677,9	3953,5
40	4788,0	717,1	4070,9
50	5039,9	781,1	4258,8
60	5236,1	831,2	4404,9
70	5395,2	871,7	4523,6
80	5528,0	905,1	4622,9
90	5641,3	933,4	4707,9
100	5739,5	957,5	4782,0



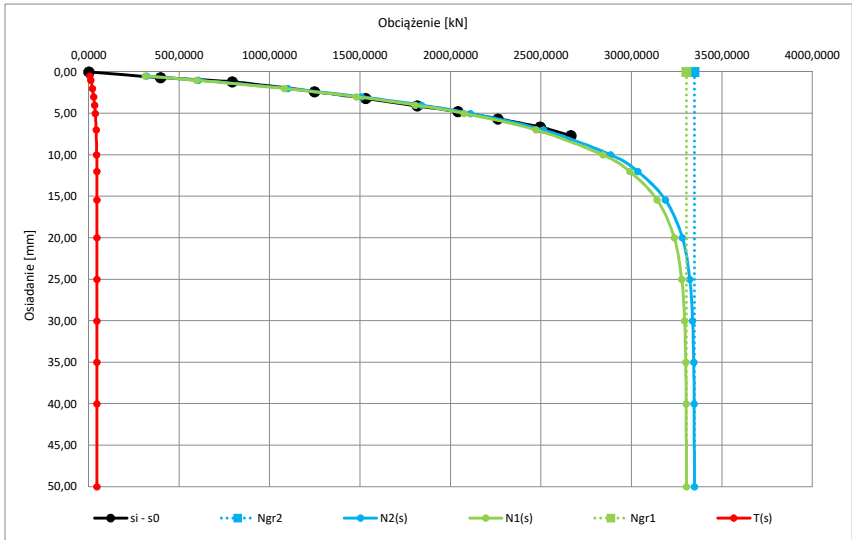
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3347	[kN]
C2	0,00149	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3303	[kN]
C1	0,00152	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

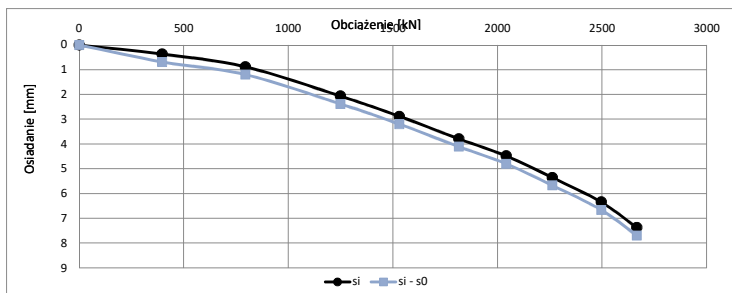
s0	-0,32	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	318,2	312,1	6,2
1	605,9	594,4	11,6
2	1101,3	1080,9	20,3
3	1506,4	1479,4	27,0
4	1837,8	1805,8	32,0
5	2109,1	2073,3	35,8
7	2513,2	2472,5	40,6
10	2884,7	2840,8	43,9
12	3034,4	2989,7	44,8
15	3186,4	3141,3	45,1
20	3280,7	3235,8	44,9
25	3321,6	3277,1	44,6
30	3337,2	3292,9	44,3
35	3343,3	3299,0	44,2
40	3345,6	3301,4	44,2
50	3346,9	3302,8	44,1
60	3347,1	3303,0	44,1
70	3347,1	3303,0	44,1
80	3347,1	3303,0	44,1
90	3347,1	3303,0	44,1
100	3347,1	3303,0	44,1



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,69	397,0000
1,20	794,0000
2,38	1248,0000
3,20	1531,0000
4,11	1815,0000
4,80	2041,0000
5,67	2261,0000
6,66	2495,0000
7,69	2665,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Geometria pała:

H	10	[m]
D	0,41	[m]
D podst.:	0,46	[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

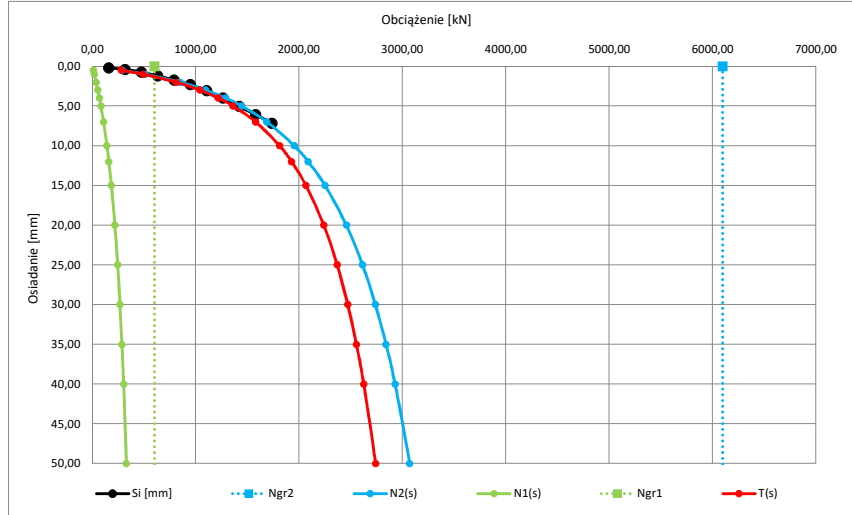
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,22	158,00
0,40	316,00
0,72	474,00
1,22	632,00
1,72	790,00
2,32	948,00
3,06	1106,00
4,01	1264,00
5,06	1422,00
6,10	1580,00
7,16	1738,00
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	6097	[kN]
C2	0,00151	[mm/kN]
Kappa 2	4,68	[-]

Ngr 1	602	[kN]
C1	0,04858	[mm/kN]
Kappa 1	1,74	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	288,3	10,1	278,3
1	513,1	19,7	493,5
2	849,5	37,7	811,8
3	1095,8	54,2	1041,6
4	1288,2	69,5	1218,7
5	1444,9	83,7	1361,2
7	1689,4	109,2	1580,2
10	1953,2	141,7	1811,5
12	2087,9	160,4	1927,5
15	2251,3	184,9	2066,4
20	2458,0	218,5	2239,5
25	2614,1	245,6	2368,5
30	2738,5	268,0	2470,5
35	2841,3	287,0	2554,3
40	2928,4	303,3	2625,1
50	3070,0	329,9	2740,1
60	3181,8	350,9	2830,9
70	3273,6	368,0	2905,6
80	3351,1	382,3	2968,8
90	3417,8	394,4	3023,5
100	3476,3	404,8	3071,5



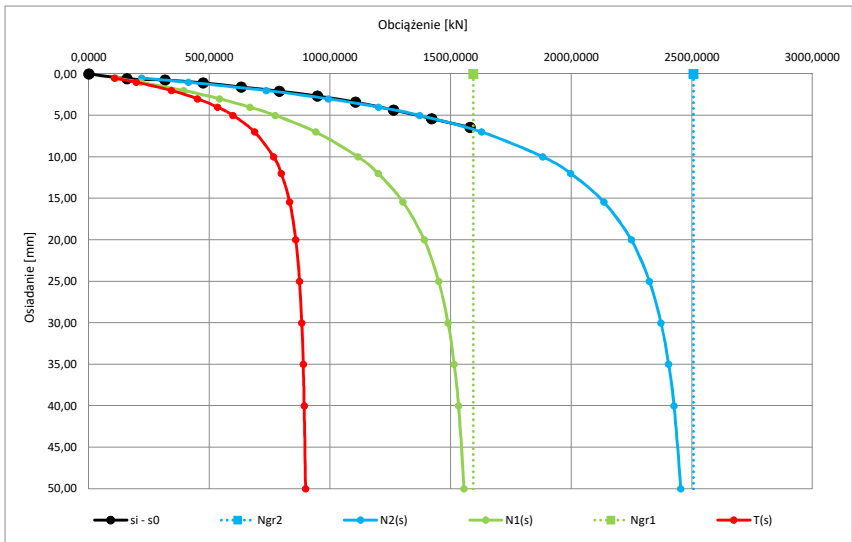
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2506	[kN]
C2	0,00214	[mm/kN]
Kappa 2	0,40	[-]

Ngr 1	1594	[kN]
C1	0,00422	[mm/kN]
Kappa 1	0,34	[-]

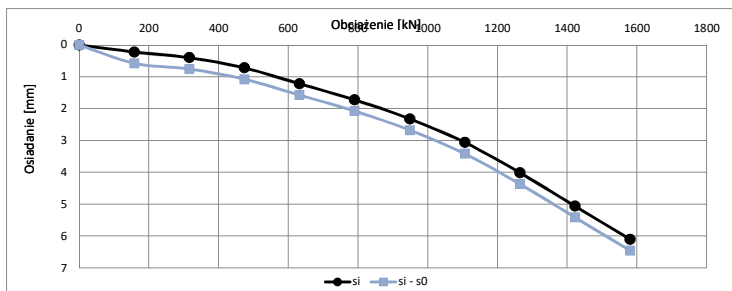
s0	-0,35	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	219,3	112,9	106,3
1	412,6	215,4	197,1
2	735,8	393,6	342,2
3	993,1	542,2	450,8
4	1200,8	667,2	533,6
5	1370,6	773,1	597,5
7	1628,1	940,8	687,2
10	1882,2	1116,3	765,9
12	1997,4	1199,5	797,9
15	2134,6	1302,1	832,4
20	2248,6	1390,5	858,1
25	2324,0	1450,5	873,6
30	2371,7	1489,0	882,8
35	2403,6	1514,8	888,8
40	2425,8	1532,8	892,9
50	2453,6	1555,3	898,3
60	2469,6	1568,0	901,6
70	2479,5	1575,7	903,8
80	2486,0	1580,7	905,3
90	2490,5	1584,0	906,5
100	2493,7	1586,3	907,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,57	158,0000
0,75	316,0000
1,07	474,0000
1,57	632,0000
2,07	790,0000
2,67	948,0000
3,41	1106,0000
4,36	1264,0000
5,41	1422,0000
6,45	1580,0000
7,51	1738,0000



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	16	[m]
D	0,51	[m]
D podst.:	0,51	[m]

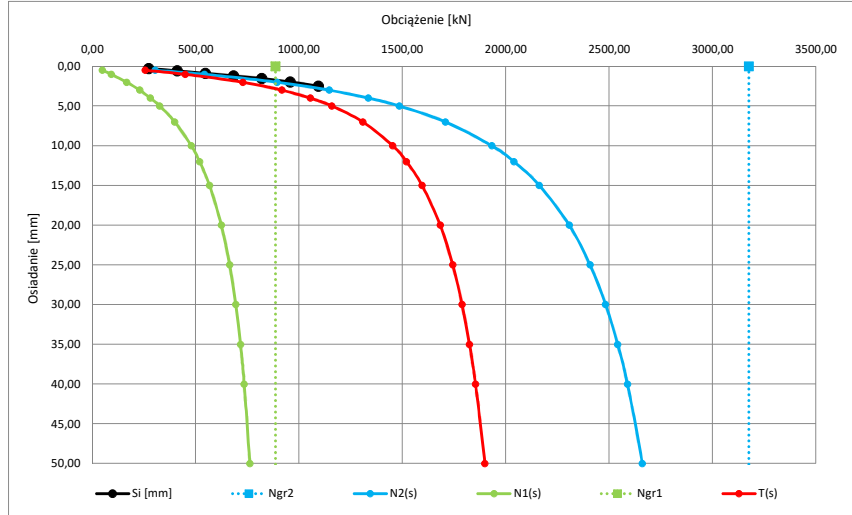
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,29	273,00
0,56	410,00
0,91	547,00
1,21	683,00
1,55	820,00
1,98	957,00
2,51	1093,00
3,10	1230,00
3,77	1367,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3174	[kN]
C2	0,00144	[mm/kN]
Kappa 2	1,60	[-]

Ngr 1	886	[kN]
C1	0,00978	[mm/kN]
Kappa 1	0,96	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	303,6	48,4	255,3
1	541,7	91,8	449,9
2	894,2	166,8	727,4
3	1145,4	229,0	916,5
4	1335,4	281,5	1053,9
5	1485,1	326,4	1158,7
7	1707,9	399,0	1308,8
10	1931,8	478,9	1452,9
12	2038,9	519,3	1519,7
15	2162,0	567,0	1595,0
20	2306,5	624,2	1682,3
25	2407,2	664,3	1742,9
30	2482,3	693,9	1788,4
35	2540,8	716,7	1824,1
40	2588,0	734,7	1853,2
50	2659,9	761,5	1898,4
60	2712,6	780,3	1932,3
70	2753,2	794,3	1958,9
80	2785,6	805,1	1980,6
90	2812,3	813,6	1998,7
100	2834,7	820,6	2014,1



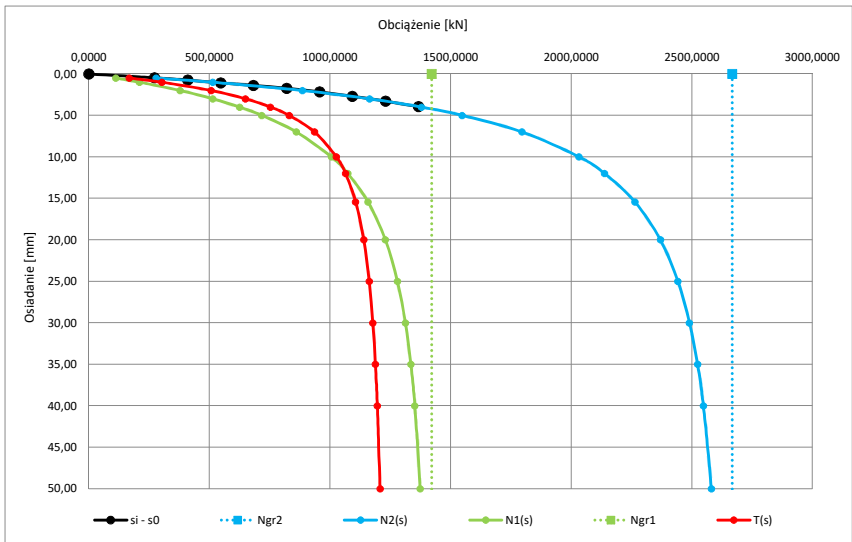
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2667	[kN]
C2	0,00164	[mm/kN]
Kappa 2	0,60	[-]

Ngr 1	1421	[kN]
C1	0,00422	[mm/kN]
Kappa 1	0,47	[-]

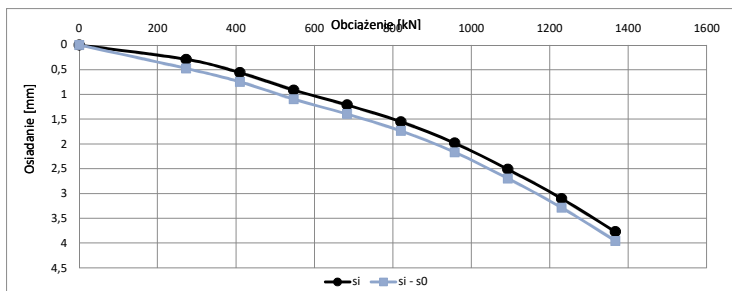
s0	-0,18	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	278,7	111,5	167,2
1	513,5	210,6	302,8
2	885,1	378,4	506,7
3	1163,6	514,0	649,6
4	1378,4	625,2	753,2
5	1547,9	717,4	830,5
7	1795,9	860,2	935,7
10	2032,3	1005,7	1026,6
12	2137,8	1073,8	1084,0
15	2263,4	1157,3	1106,2
20	2369,6	1229,5	1140,0
25	2442,1	1279,5	1162,6
30	2489,9	1312,4	1177,5
35	2523,3	1335,2	1188,1
40	2547,7	1351,6	1196,0
50	2580,3	1373,1	1207,1
60	2600,6	1386,1	1214,5
70	2614,3	1394,6	1219,7
80	2624,0	1400,4	1223,6
90	2631,1	1404,5	1226,6
100	2636,5	1407,5	1229,0



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,47	273,0000
0,74	410,0000
1,09	547,0000
1,39	683,0000
1,73	820,0000
2,16	957,0000
2,69	1093,0000
3,28	1230,0000
3,95	1367,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	25,4	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

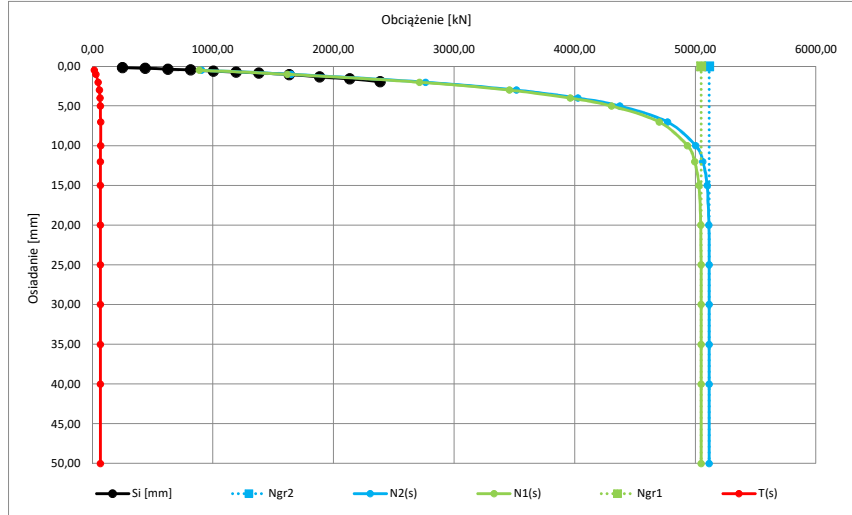
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,16	251,00
0,24	440,00
0,35	628,00
0,45	816,00
0,59	1005,00
0,71	1193,00
0,84	1382,00
1,04	1633,00
1,32	1884,00
1,57	2135,00
1,92	2386,00
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5114	[kN]
C2	0,00050	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	5047	[kN]
C1	0,00051	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	905,0	887,7	17,3
1	1648,6	1618,1	30,5
2	2762,2	2713,9	48,3
3	3515,6	3457,2	58,4
4	4026,1	3962,1	64,0
5	4372,5	4305,6	66,9
7	4768,1	4699,3	68,8
10	5002,8	4934,1	68,7
12	5061,6	4993,3	68,2
15	5097,0	5029,2	67,8
20	5111,6	5044,1	67,5
25	5114,0	5046,5	67,4
30	5114,4	5046,9	67,4
35	5114,4	5047,0	67,4
40	5114,4	5047,0	67,4
50	5114,4	5047,0	67,4
60	5114,4	5047,0	67,4
70	5114,4	5047,0	67,4
80	5114,4	5047,0	67,4
90	5114,4	5047,0	67,4
100	5114,4	5047,0	67,4



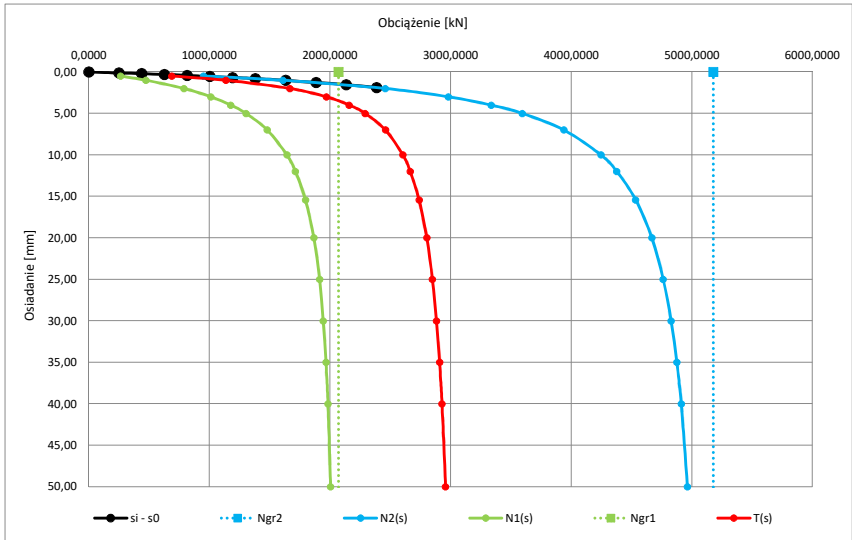
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5177	[kN]
C2	0,00043	[mm/kN]
Kappa 2	0,99	[-]

Ngr 1	2070	[kN]
C1	0,00170	[mm/kN]
Kappa 1	0,69	[-]

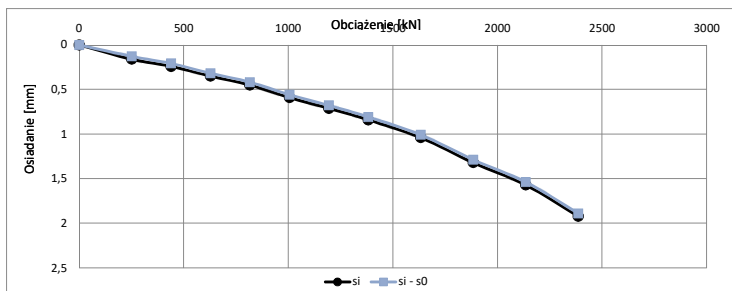
s0	0,03	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	951,8	262,7	689,1
1	1609,1	473,7	1135,4
2	2457,4	789,4	1668,0
3	2981,0	1012,5	1968,6
4	3336,2	1177,0	2159,2
5	3592,9	1302,5	2290,4
7	3939,0	1479,7	2459,3
10	4245,3	1642,2	2603,2
12	4377,6	1712,9	2664,6
15	4534,0	1796,1	2737,9
20	4667,8	1865,6	2802,1
25	4762,2	1913,1	2849,2
30	4827,3	1944,5	2882,8
35	4874,8	1966,6	2908,2
40	4911,0	1982,9	2928,1
50	4962,5	2004,9	2957,6
60	4997,4	2018,9	2978,5
70	5022,6	2028,5	2994,1
80	5041,6	2035,4	3006,2
90	5056,5	2040,6	3015,9
100	5068,5	2044,6	3023,9



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,13	251,0000
0,21	440,0000
0,32	628,0000
0,42	816,0000
0,56	1005,0000
0,68	1193,0000
0,81	1382,0000
1,01	1633,0000
1,29	1884,0000
1,54	2135,0000
1,89	2386,0000



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	13	[m]
D	1	[m]
D podst.:	1	[m]

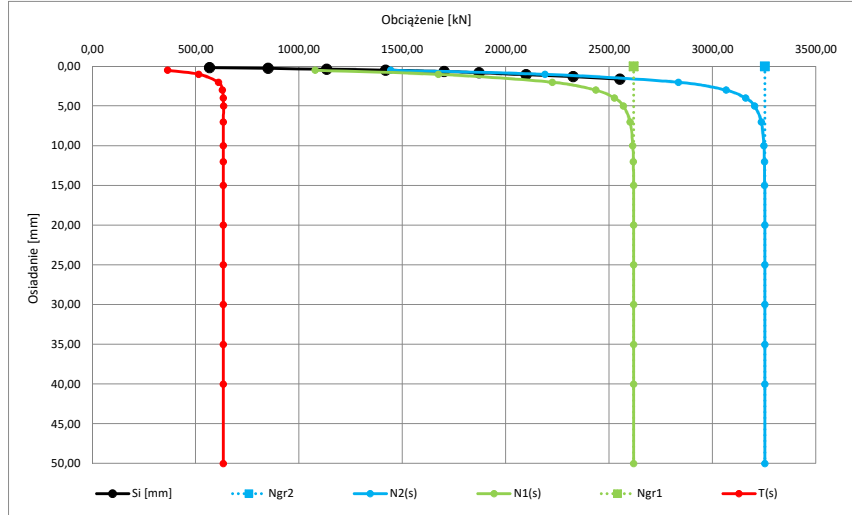
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,17	567,00
0,26	851,00
0,37	1134,00
0,49	1418,00
0,65	1701,00
0,81	1871,00
1,06	2098,00
1,31	2325,00
1,60	2552,00
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3252	[kN]
C2	0,00025	[mm/kN]
Kappa 2	0,18	[-]

Ngr 1	2618	[kN]
C1	0,00034	[mm/kN]
Kappa 1	0,16	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1442,7	1078,2	364,5
1	2188,5	1673,4	515,1
2	2833,9	2224,1	609,8
3	3064,5	2435,0	629,6
4	3159,3	2525,5	633,7
5	3202,5	2568,1	634,4
7	3235,4	2601,2	634,2
10	3247,8	2613,8	634,0
12	3250,2	2616,3	634,0
15	3251,6	2617,6	634,0
20	3252,2	2618,3	634,0
25	3252,4	2618,4	634,0
30	3252,4	2618,4	634,0
35	3252,5	2618,5	634,0
40	3252,5	2618,5	634,0
50	3252,5	2618,5	634,0
60	3252,5	2618,5	634,0
70	3252,5	2618,5	634,0
80	3252,5	2618,5	634,0
90	3252,5	2618,5	634,0
100	3252,5	2618,5	634,0



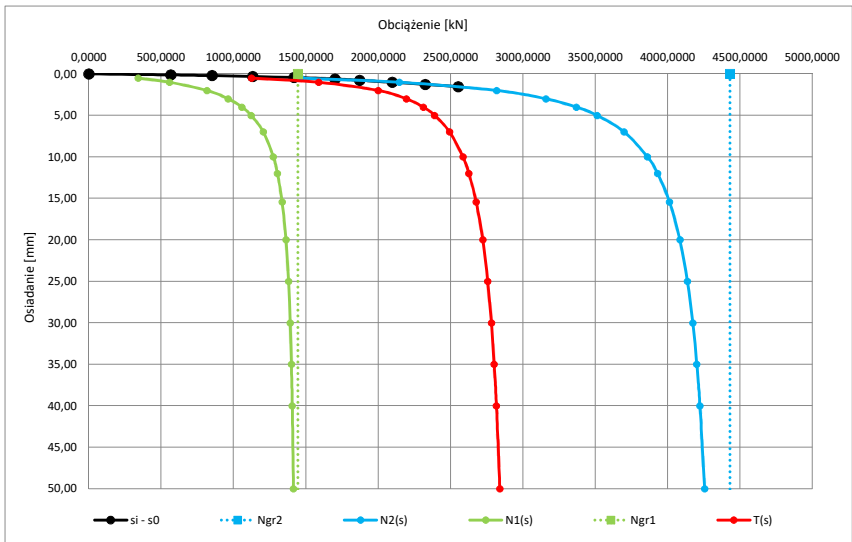
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4429	[kN]
C2	0,00021	[mm/kN]
Kappa 2	1,32	[-]

Ngr 1	1444	[kN]
C1	0,00115	[mm/kN]
Kappa 1	0,84	[-]

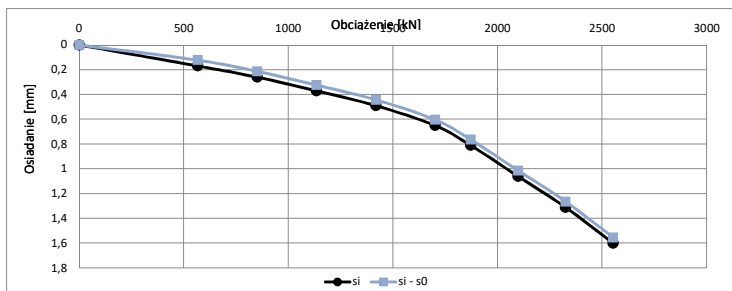
s0	0,05	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	1464,0	340,7	1123,4
1	2145,4	557,9	1587,5
2	2816,9	816,6	2000,3
3	3158,0	963,7	2194,3
4	3368,2	1057,8	2310,4
5	3512,2	1122,7	2389,5
7	3698,8	1206,0	2492,8
10	3859,9	1275,1	2584,8
12	3929,2	1303,4	2625,7
15	4011,8	1335,6	2676,2
20	4083,9	1361,9	2721,9
25	4136,1	1379,7	2756,4
30	4173,0	1391,4	2781,6
35	4200,7	1399,7	2801,0
40	4222,3	1405,9	2816,4
50	4254,0	1414,4	2839,6
60	4276,4	1420,0	2856,4
70	4293,0	1423,9	2869,2
80	4306,0	1426,7	2879,3
90	4316,5	1428,9	2887,5
100	4325,0	1430,7	2894,4



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,12	567,0000
0,21	851,0000
0,32	1134,0000
0,44	1418,0000
0,60	1701,0000
0,76	1871,0000
1,01	2098,0000
1,26	2325,0000
1,55	2552,0000
#ARG!	-
#ARG!	-



Technologia: Wiercone wielkośrednicowe

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

Geometria pala:

H	13[m]
D	0,88[m]
D podst.:	0,88[m]

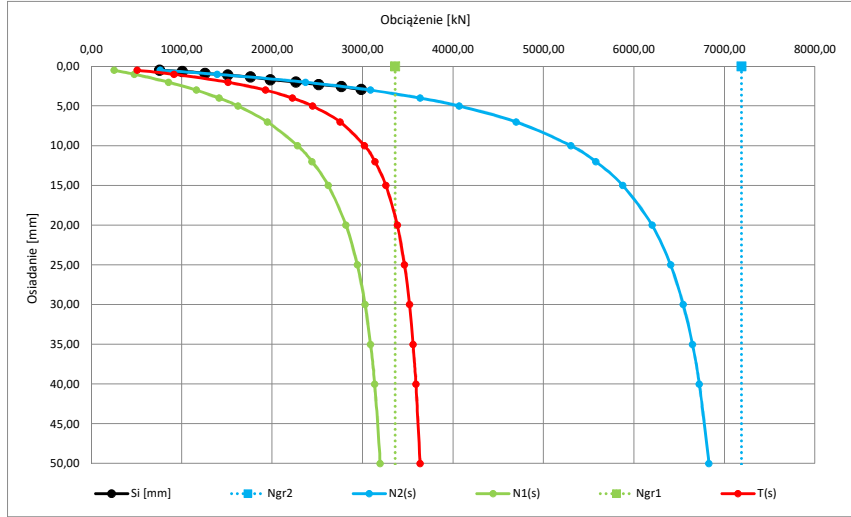
si [mm]	Ni [kN]
0	0
0,50	754,00
0,63	1005,00
0,88	1256,00
1,11	1507,00
1,34	1758,00
1,68	1978,00
1,97	2261,00
2,29	2512,00
2,55	2763,00
2,92	2983,00
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	7187	[kN]
C2	0,00060	[mm/kN]
Kappa 2	0,77	[-]

Ngr 1	3360	[kN]
C1	0,00186	[mm/kN]
Kappa 1	0,57	[-]

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	761,3	252,6	508,6
1	1390,7	476,7	914,0
2	2367,2	855,2	1512,0
3	3086,1	1161,1	1925,0
4	3634,9	1412,1	2222,8
5	4066,0	1620,9	2445,0
7	4696,1	1946,0	2750,2
10	5301,7	2281,3	3020,4
12	5576,0	2440,5	3135,5
15	5874,7	2618,5	3256,2
20	6198,2	2815,4	3382,8
25	6403,2	2941,0	3462,1
30	6543,3	3026,5	3516,9
35	6644,5	3087,4	3557,1
40	6720,6	3132,5	3588,1
50	6826,6	3193,7	3632,9
60	6896,4	3232,5	3663,8
70	6945,3	3258,8	3686,6
80	6981,3	3277,4	3704,0
90	7008,8	3291,1	3717,7
100	7030,4	3301,6	3728,9



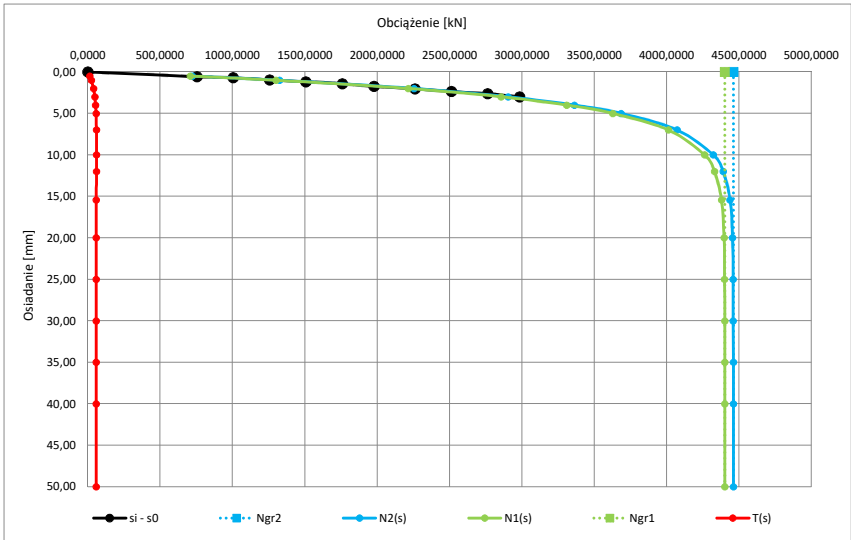
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	4460	[kN]
C2	0,00064	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	4401	[kN]
C1	0,00065	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

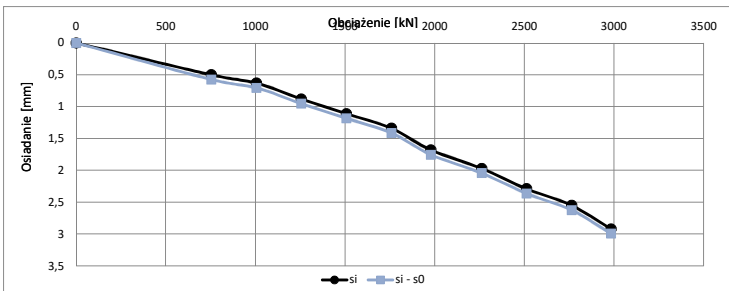
s0	-0,07	[mm]
----	-------	------

s [mm]	N2(s) [kN]	N1(s) [kN]	T(s) [kN]
0,5	721,1	707,3	13,8
1	1324,7	1300,0	24,7
2	2253,1	2213,3	39,8
3	2904,7	2855,8	48,9
4	3362,5	3308,2	54,3
5	3684,6	3627,3	57,3
7	4071,4	4011,7	59,8
10	4320,8	4260,7	60,0
12	4389,2	4329,5	59,7
15	4437,3	4378,1	59,2
20	4454,7	4395,8	58,9
25	4458,6	4399,8	58,8
30	4459,4	4400,6	58,8
35	4459,5	4400,7	58,8
40	4459,5	4400,8	58,8
50	4459,5	4400,8	58,8
60	4459,5	4400,8	58,8
70	4459,5	4400,8	58,8
80	4459,5	4400,8	58,8
90	4459,5	4400,8	58,8
100	4459,5	4400,8	58,8



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0 [mm]	Ni [kN]
0,00	0,0000
0,57	754,0000
0,70	1005,0000
0,95	1256,0000
1,18	1507,0000
1,41	1758,0000
1,75	1978,0000
2,04	2261,0000
2,36	2512,0000
2,62	2763,0000
2,99	2983,0000
#ARG!	-



Lp. 135

Technologia:  
vibro

Załącznik 4.59

Geometria pala:	
H	15 [m]
D	0,46 [m]
D podst.:	0,51 [m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

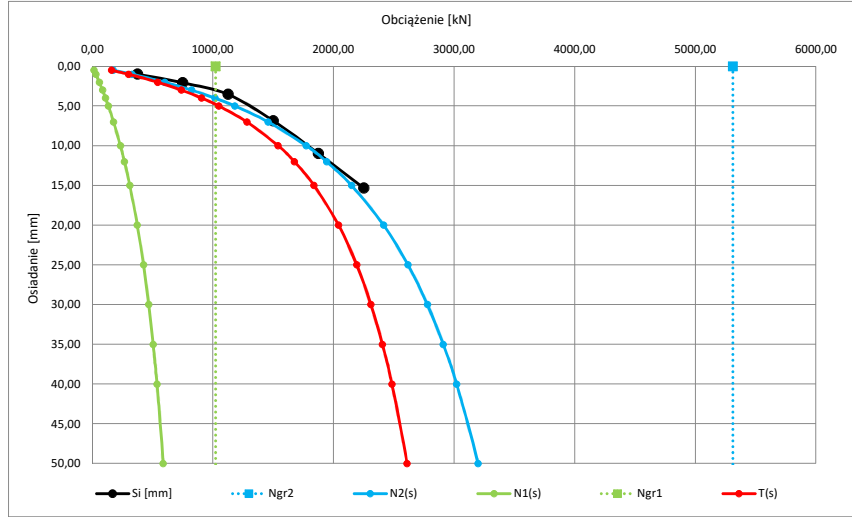
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,99	375,00
2,07	750,00
3,53	1125,00
6,86	1500,00
10,97	1875,00
15,31	2250,00
22,65	2625,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	5311	[kN]
C2	0,00271	[mm/kN]
Kappa 2	2,44	[-]

Ngr 1	1022	[kN]
C1	0,03205	[mm/kN]
Kappa 1	1,24	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	174,4	15,3	159,1
1	330,6	30,2	300,4
2	599,6	58,4	541,2
3	824,4	84,9	739,5
4	1016,2	109,9	906,3
5	1182,4	133,4	1049,0
7	1457,9	176,5	1281,4
10	1774,4	233,2	1541,2
12	1942,1	266,5	1675,6
15	2149,4	311,0	1838,4
20	2415,4	373,5	2041,9
25	2617,4	425,0	2192,5
30	2778,0	468,1	2309,9
35	2909,7	504,8	2404,9
40	3020,6	536,5	2484,1
50	3198,2	588,5	2609,7
60	3336,0	629,5	2706,4
70	3447,0	662,8	2784,2
80	3539,1	690,3	2848,8
90	3617,3	713,6	2903,7
100	3684,7	733,5	2951,3



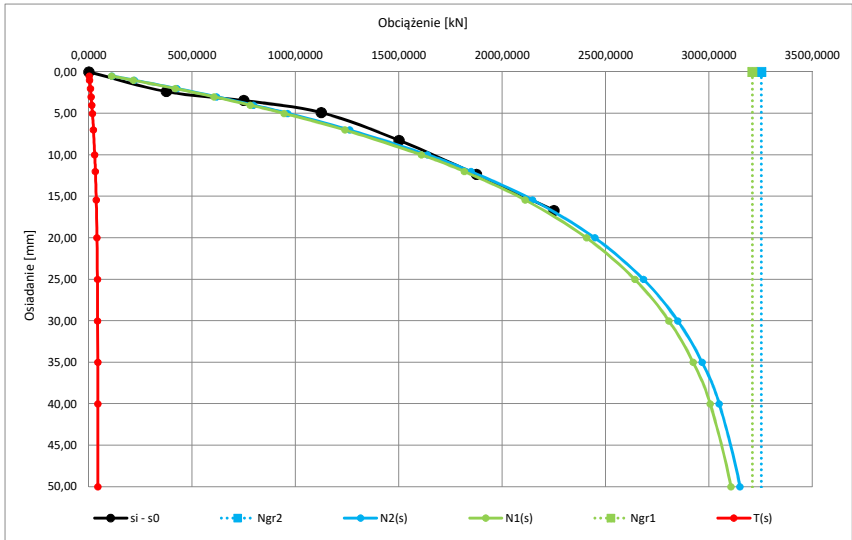
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3252	[kN]
C2	0,00437	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3209	[kN]
C1	0,00446	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

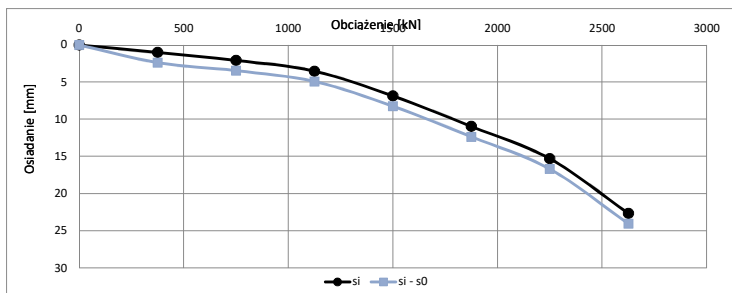
s0	-1,38	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	112,3	110,1	2,2
1	220,7	216,4	4,3
2	426,2	418,0	8,2
3	617,7	606,0	11,8
4	796,1	781,1	15,0
5	962,3	944,4	17,9
7	1261,4	1238,4	23,0
10	1637,9	1608,9	28,9
12	1848,0	1816,0	32,0
15	2145,5	2109,5	36,0
20	2446,9	2407,4	39,5
25	2682,4	2640,6	41,8
30	2848,5	2805,5	43,0
35	2965,8	2922,3	43,6
40	3048,8	3005,0	43,8
50	3149,2	3105,4	43,8
60	3199,7	3156,2	43,5
70	3225,3	3182,0	43,3
80	3238,3	3195,1	43,2
90	3244,9	3201,9	43,0
100	3248,3	3205,4	43,0



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
2,37	375,0000
3,45	750,0000
4,91	1125,0000
8,24	1500,0000
12,35	1875,0000
16,69	2250,0000
24,03	2625,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-



Lp. 138

Technologia:  
vibro

Załącznik 4.60

Geometria pala:	
H	16,5[m]
D	0,38[m]
D podst.:	0,45[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

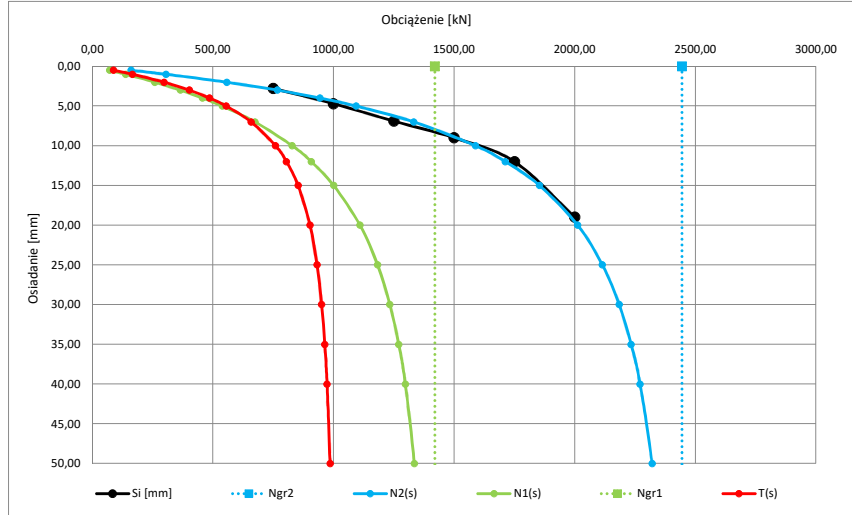
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
2,80	750,00
4,70	1000,00
6,90	1250,00
9,00	1500,00
12,00	1750,00
19,00	2000,00
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2444	[kN]
C2	0,00296	[mm/kN]
Kappa 2	0,50	[-]

Ngr 1	1420	[kN]
C1	0,00669	[mm/kN]
Kappa 1	0,41	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	160,5	72,1	88,4
1	305,7	139,1	166,6
2	557,3	259,8	297,5
3	767,0	365,1	401,9
4	943,5	457,4	486,1
5	1093,5	538,7	554,8
7	1333,0	674,7	658,4
10	1588,3	828,8	759,6
12	1712,5	907,6	804,9
15	1853,5	1000,5	853,0
20	2012,1	1109,6	902,5
25	2114,3	1182,6	931,8
30	2184,1	1233,5	950,6
35	2233,9	1270,3	963,6
40	2270,6	1297,7	973,0
50	2320,2	1334,6	985,6
60	2351,2	1357,6	993,6
70	2371,8	1372,7	999,1
80	2386,3	1383,1	1003,2
90	2396,9	1390,6	1006,3
100	2404,8	1396,1	1008,7



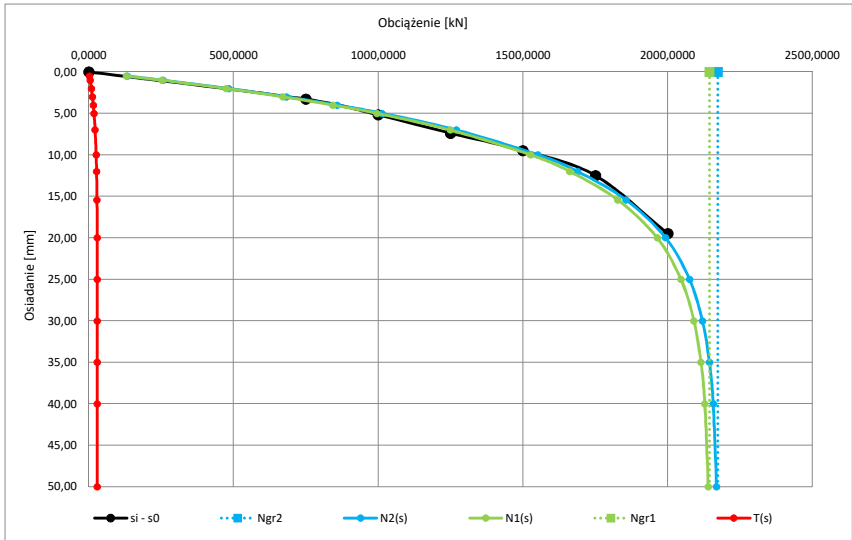
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	2173	[kN]
C2	0,00365	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	2144	[kN]
C1	0,00373	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

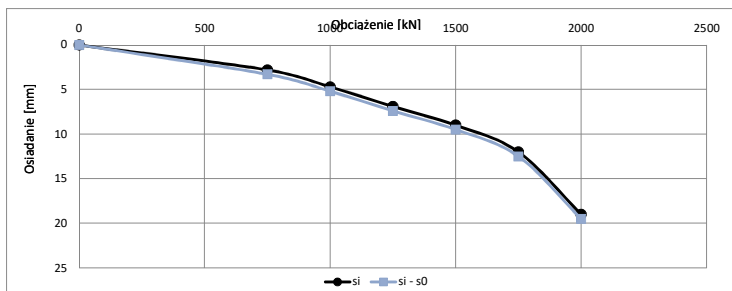
s0	-0,49	[mm]
----	-------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	132,6	130,1	2,6
1	257,1	252,2	5,0
2	483,5	474,4	9,1
3	683,0	670,3	12,7
4	858,6	843,0	15,6
5	1013,4	995,3	18,1
7	1270,0	1248,1	21,9
10	1551,7	1526,2	25,5
12	1688,4	1661,5	27,0
15	1855,7	1827,3	28,4
20	1992,5	1963,3	29,1
25	2075,1	2045,8	29,3
30	2119,6	2090,4	29,2
35	2143,8	2114,7	29,1
40	2156,9	2128,0	28,9
50	2167,9	2139,2	28,8
60	2171,3	2142,6	28,7
70	2172,3	2143,6	28,7
80	2172,6	2144,0	28,6
90	2172,7	2144,1	28,6
100	2172,8	2144,1	28,6



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
3,29	750,0000
5,19	1000,0000
7,39	1250,0000
9,49	1500,0000
12,49	1750,0000
19,49	2000,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-





Geometria pala:

H	16[m]
D	0,48[m]
D podst.:	0,51[m]

Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si)

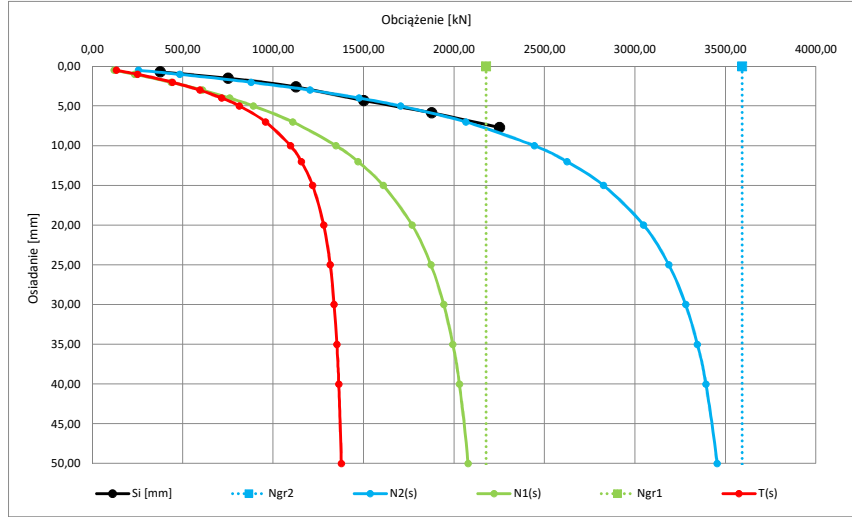
si	Ni
[mm]	[kN]
0	0
0,70	375,00
1,50	750,00
2,60	1125,00
4,30	1500,00
5,85	1875,00
7,70	2250,00
11,15	2625,00
17,50	3000,00
-	-
-	-
-	-
-	-

Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3592	[kN]
C2	0,00186	[mm/kN]
Kappa 2	0,46	[-]

Ngr 1	2177	[kN]
C1	0,00395	[mm/kN]
Kappa 1	0,38	[-]

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	254,5	121,7	132,8
1	483,6	234,3	249,3
2	877,9	435,2	442,7
3	1203,4	608,7	594,7
4	1475,0	759,2	715,8
5	1703,9	890,5	813,3
7	2065,1	1107,1	958,0
10	2442,9	1347,6	1095,3
12	2623,5	1468,2	1155,3
15	2825,4	1607,9	1217,5
20	3047,1	1767,7	1279,4
25	3186,5	1871,8	1314,7
30	3279,4	1942,6	1336,8
35	3344,3	1992,6	1351,7
40	3391,3	2029,0	1362,2
50	3453,1	2077,0	1376,1
60	3490,7	2105,8	1384,8
70	3515,1	2124,3	1390,7
80	3531,8	2136,8	1395,0
90	3543,7	2145,5	1398,2
100	3552,4	2151,8	1400,6



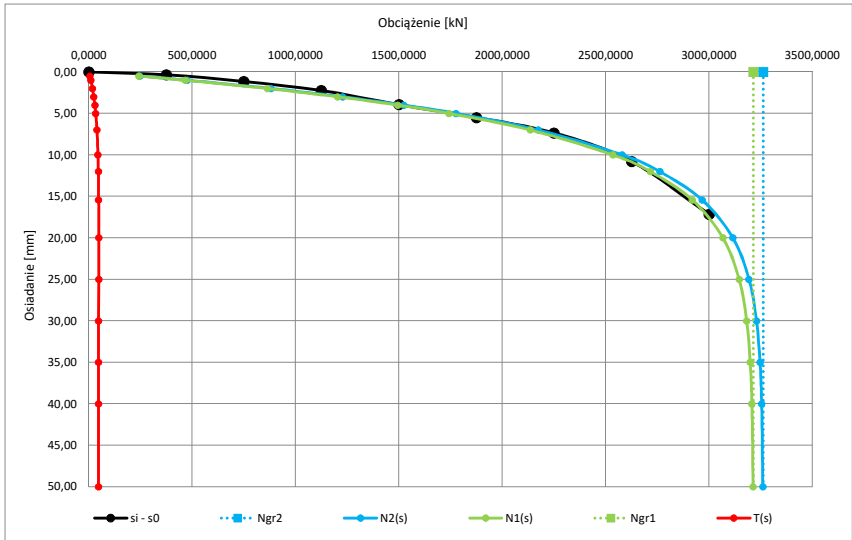
Parametry krzywej M-K dla zbioru wartości pomierzonych {Ni, si} przy założeniu występowania niedokładności s0 oraz wykreślone krzywe N1(s), N2(s) i T(s)

Ngr 2	3261	[kN]
C2	0,00194	[mm/kN]
Kappa 2	0,01	[-]

Ngr 1	3214	[kN]
C1	0,00199	[mm/kN]
Kappa 1	0,01	[-]

s0	0,35	[mm]
----	------	------

s	N2(s)	N1(s)	T(s)
[mm]	[kN]	[kN]	[kN]
0,5	247,4	242,2	5,3
1	475,9	465,9	10,0
2	881,7	863,6	18,0
3	1227,8	1203,3	24,5
4	1523,1	1493,4	29,7
5	1775,1	1741,3	33,9
7	2174,0	2134,2	39,8
10	2579,5	2534,8	44,7
12	2761,1	2714,7	46,4
15	2966,1	2918,4	47,7
20	3114,9	3066,8	48,1
25	3192,8	3144,9	47,8
30	3229,0	3181,4	47,5
35	3246,0	3198,6	47,3
40	3253,9	3206,8	47,2
50	3259,5	3212,5	47,0
60	3260,8	3213,8	47,0
70	3261,1	3214,1	47,0
80	3261,2	3214,2	47,0
90	3261,2	3214,2	47,0
100	3261,2	3214,2	47,0



Zbiór wartości obciążenie osiadanie (Ni, Si) skorygowanych o wartość wyznaczonej niedokładności s0

si - s0	Ni
[mm]	[kN]
0,00	0,0000
0,35	375,0000
1,15	750,0000
2,25	1125,0000
3,95	1500,0000
5,50	1875,0000
7,35	2250,0000
10,80	2625,0000
17,15	3000,0000
#ARG!	-
#ARG!	-
#ARG!	-

