



Wydział  
Budownictwa  
i Inżynierii Środowiska

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY  
W SZCZECINIE

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA

*Rozprawa doktorska*

Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na  
dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych

Autor: mgr inż. Marek Kurnatowski

Rozprawa doktorska napisana pod kierunkiem:

dr. hab. inż. Marii Mrówczyńskiej, prof. uczelni

Szczecin 2023

1.	Wstęp.....	5
1.1.	Zarys problematyki.....	6
1.2.	Geneza koncepcji badań .....	7
2.	Cel, tezy i zakres rozprawy .....	8
2.1.	Cel rozprawy.....	8
2.2.	Tezy rozprawy .....	9
2.3.	Zakres rozprawy .....	9
3.	Analiza literatury .....	11
3.1.	Drgania oraz charakterystyka ich parametrów .....	11
3.2.	Teoria precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych .....	14
3.3.	Identyfikacja wpływu drgań na pomiary niwelacyjne.....	16
4.	Opis stanowiska badawczego oraz teoretyczne aspekty prowadzonych badań .....	22
4.1.	Proces pomiarów przemieszczeń pionowych .....	22
4.2.	Teoria drgań – podstawy teoretyczne .....	23
4.2.1.	Częstotliwość drgań .....	25
4.2.2.	Amplituda drgań .....	26
4.2.3.	Rezonans .....	27
4.2.4.	Energia drgań .....	27
4.3.	Założenia koncepcyjne badań .....	28
4.4.	Znaki wykorzystane do badań.....	34
4.4.1.	Budowa znaków pomiarowych.....	34
4.4.2.	Pomiar przemieszczenia symulowanego .....	35
4.4.3.	Dokładność pomiaru przemieszczenia symulowanego .....	37
4.5.	Miejsce wykonywania pomiarów i lokalizacja punktów kontrolowanych.....	40
4.6.	Generator drgań.....	42
5.	Metodologia prac pomiarowych .....	48
5.1.	Teoria geometrycznej niwelacji precyzyjnej .....	48
5.2.	Eliminacja wpływów innych czynników niż badane.....	48
5.2.1.	Refrakcja .....	48
5.2.2.	Nierównomierne osiadanie stanowisk niwelatora i łąt.....	50
5.2.3.	Błąd quasihoryzontu i różnice długości celowych .....	50
5.2.4.	Różnica zera łąt .....	51
5.2.5.	Poprawka termiczna .....	51

5.2.6.	Ustawienie nóg statywu .....	52
5.2.7.	Stała wysokość nóg statywu .....	52
5.2.8.	Parcie wiatru .....	53
5.2.9.	Nierównomierne oświetlenie łąt .....	53
5.2.10.	Drgania .....	54
5.3.	Opis wykorzystanych instrumentów .....	54
5.3.1.	Efekty drgań obserwowane na łącie .....	57
5.3.2.	Zeiss Ni 002 .....	59
5.3.3.	Zeiss Ni 004 .....	61
5.3.4.	Trimble DiNi 03 .....	63
5.3.5.	Porównanie technicznych parametrów badanych niwelatorów .....	66
5.3.6.	Łąty pomiarowe i inny sprzęt geodezyjny .....	66
5.3.7.	Aparatura do pomiaru drgań .....	69
5.4.	Dobór badanych parametrów drgań i organizacja pomiarów .....	70
6.	Metodologia prac obliczeniowych .....	75
6.1.	Wyznaczenie błędów średnich przewyższeń .....	75
6.2.	Teoria wyrównania obserwacji .....	84
6.3.	Identyfikacja reperów odniesienia .....	87
6.4.	Obliczenie przemieszczeń oraz oszacowanie ich dokładności .....	90
6.5.	Problem stałości punktów kontrolowanych w czasie .....	93
7.	Ocena istotności przemieszczeń i odporności instrumentów .....	97
7.1.	Obliczenia przemieszczeń i ich błędów dla niwelatora Zeiss Ni 002 .....	99
7.1.1.	Analiza wyników pomiarów nieobciążonych wpływem drgań dla Ni 002 .....	100
7.1.2.	Analiza wyników pomiarów obciążonych wpływem drgań dla Ni 002 .....	101
7.2.	Obliczenia przemieszczeń i ich błędów dla niwelatora Zeiss Ni 004 .....	124
7.2.1.	Analiza wyników pomiarów nieobciążonych wpływem drgań dla Ni 004 .....	126
7.2.2.	Analiza wyników pomiarów obciążonych wpływem drgań .....	128
7.3.	Obliczenia przemieszczeń i ich błędów dla niwelatora DiNi 03 .....	148
7.3.1.	Analiza wyników pomiarów obciążonych wpływem drgań dla DiNi 03 .....	149
7.3.2.	Analiza wyników pomiarów obciążonych wpływem drgań dla DiNi 03 .....	151
7.4.	Podsumowanie analiz i porównanie właściwości niwelatorów .....	186
8.	Propozycja wytycznych do prac niwelacyjnych określonych na podstawie wyników badań .....	192
8.1.	Wprowadzanie do sieci przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań .....	192

8.2.	Redukcja wpływu kierunkowości drgań.....	196
8.3.	Zwiększenie liczby obserwacji w sieci .....	199
8.4.	Wyznaczenie błędu pojedynczego spostrzeżenia w terenie.....	200
8.5.	Podział sieci na dwa rzędy.....	200
8.6.	Dobór odpowiedniego instrumentu .....	201
8.7.	Zastosowanie sprzętu tłumiącego drgania .....	201
9.	Podsumowanie i wnioski .....	202
10.	Literatura .....	206
11.	Spis tabel i rysunków .....	214
	Spis tabel.....	214
	Spis rysunków .....	217
12.	Streszczenie .....	221
13.	Abstract.....	222

## 1. Wstęp

Geodezyjne pomiary przemieszczeń i odkształceń obiektów budowlanych, w szczególności przemieszczeń pionowych, realizowane są w wielu obszarach gospodarki, zarówno dla budownictwa, jak i dla przemysłu czy transportu. Pomimo szybkiego rozwoju nowoczesnych technik pomiarowych, pomiary przemieszczeń i odkształceń obiektów budowlanych są nadal prowadzone z wykorzystaniem klasycznych metod pomiarowych takich jak pomiary kątowno-linowe czy też pomiary niwelacyjne (Zaczek-Peplinska i Kowalska, 2022). Precyzyjne pomiary niwelacyjne są często wykorzystywane w celach oszacowania przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych na terenach przemysłowych, hal produkcyjnych lub przy badaniu urządzeń i maszyn w czasie ich eksploatacji. Wyniki tych badań są podstawą do oszacowania stopnia bezpieczeństwa obiektów i maszyn, ewentualnych decyzji o konieczności wdrożenia procesów naprawczych, czy opłacalności eksploatacji. W tym aspekcie wiarygodność zdobytych danych wydaje się być kluczowa. Jako że wszystkie wyniki pomiarów geodezyjnych są obarczone pewnymi błędami wynikającymi z zastosowanej technologii i warunków pomiarowych, aby podnieść wiarygodność pozyskanych danych, należy stosować najbardziej precyzyjne rozwiązanie technologiczne oraz redukować niekorzystny wpływ zewnętrznych czynników środowiskowych występujących w trakcie pomiaru, które warunkują dokładność uzyskanych wyników. O ile dobór instrumentów geodezyjnych może być swobodnie wykonany w zależności od wymogów dokładnościowych, warunki pomiarowe obniżające dokładność nie zawsze są możliwe do uniknięcia. Jednym z ważniejszych czynników powszechnie uważanym za wpływający na dokładność pomiarów geodezyjnych są drgania (Mąkolski i inni, 2008). Są one najczęściej generowane przez maszyny i pojazdy pracujące w bezpośrednim otoczeniu wykonywanych pomiarów, a ich wyłączenie w większości przypadków jest niemożliwe z uwagi na konieczność zachowania procesów technologicznych lub wynikające z wyłączenia koszty. Generatorami drgań w warunkach przemysłowych najczęściej są maszyny wykonujące ruch obrotowy lub posuwisto-zwrotny (Cempel, 1985). Osoby wykonujące pomiary muszą dopasować instrumenty pomiarowe, technologie ich wykorzystania oraz konstrukcje pomiarowe do panujących warunków oraz powinny posiadać wiedzę o realnym wpływie czynników obniżających dokładności pomiarowe.

## 1.1. Zarys problematyki

Według literatury szczególnie podatnymi na drgania otoczenia są niwelatory samopoziomujące, czyli takie, które wspomagają ułożenie osi celowej poprzez zastosowanie kompensatora (Baran i inni, 1993; Gmyrek i inni 1990). Kompensator jest układem optycznym, zazwyczaj zawieszonym na wahadle, które ustawia się zgodnie z kierunkiem działania siły ciężkości, czyli w kierunku pionowym. Przechodzący przez układ optyczny promień światła jest korygowany do położenia prostopadłego względem wahadła w stanie spoczynku, czyli do poziomu. W tym sposobie poziomowania oś celowa musi być zgrubnie wypoziomowana poprzez śruby poziomujące, precyzyjne poziomowanie osi odbywa się przy udziale kompensatora. Wstrząsy podłoża, generowane przez pracujące w najbliższym sąsiedztwie maszyny, przenoszone przez statyw i obudowę niwelatora na kompensator, powodują wzbudzenie wahadła, a w dalszej kolejności destabilizację i rozmycie obrazu obserwowanej łąty w okularze. Układy tłumiące drgania w kompensatorach pozwalają na wytłumienie drgań wahadłowo zawieszonych pryzmatów w czasie do 2 sekund (Baran i inni, 1993), jednak tłumienie to jest skuteczne przy ustaniu drgań. W przypadku permanentnych wibracji kompensator jest stale wyprowadzany ze stanu równowagi, co przekłada się na niewłaściwe położenie osi celowej przy obserwacji łąty. Skutkiem drgań kompensatora dla obserwatora jest trudność w oszacowaniu odczytu na drgającym obrazie łąty w okularze. Innym niepożądanym zjawiskiem może być permanentne wychylenie osi celowej z położenia poziomego, co skutkuje błędnym odczytem z obserwowanej łąty, pomimo względnej stabilności obrazu (Kurnatowski, 2020). Zjawisko takie może występować przy wysokich częstotliwościach drgań. Niekorzystnie na pomiar wpływa też występowanie skrętnych wychyleń osi celowej w wyniku drgań poszczególnych nóg statywu w różnych fazach (Schramm, 1985). Trudności w odczytach mogą całkowicie uniemożliwić pomiar lub skutkować błędami odczytowymi, które przekładają się na niższe dokładności pomiaru szukanych wielkości, a w konsekwencji prowadzą do niewłaściwego oszacowania istotności badanych przemieszczeń pionowych. Niewykrycie istotnych przemieszczeń pionowych może stanowić zagrożenie w kontekście bezpieczeństwa eksploatacji maszyn i urządzeń, a także obiektów budowlanych.

## 1.2. Geneza koncepcji badań

Analizując dostępną literaturę naukową i krajową można zauważyć, że dotychczasowe badania ogólnie opisują problem wpływu drgań na dokładności niwelacji precyzyjnej. Ponadto, producenci sprzętu geodezyjnego, jeśli dysponują wynikami badań w tej materii, nie udostępniają ich publicznie. Jest to zrozumiałe, ponieważ w aspekcie komercyjnym publikowanie wad produktów, a takim na pewno jest stwierdzenie obniżenia walorów oferowanego sprzętu, nie sprzyja interesom przedsiębiorstw. Konieczność podjętej w rozprawie głębszej analizy wynika z faktu, iż problem występowania drgań w geodezyjnych pomiarach inżynierskich jest dość powszechny – zakłady przemysłowe są jednym z głównych zleceniodawców prac monitorujących przemieszczenia, a warunki tam panujące są dalekie od warunków wymaganych przez literaturę dla niwelacji precyzyjnej, głównie w kontekście generowanych drgań. Podobne problemy spotykają geodezyjne zespoły pomiarowe wykonujące monitoring przemieszczeń na placach budów – tam drgania generowane są przede wszystkim przez maszyny budowlane, głównie przez walce i zagęszczarki. W związku z powyższym, wydaje się, że podjęcie tematu rozprawy doktorskiej dotyczącej wpływu drgań na wyniki pomiarów geodezyjnych wpisuje się w aktualne problemy badawcze obejmujące zagadnienia związane z monitoringiem geodezyjnym obiektów budowlanych oraz diagnostyką i wykrywalnością zaburzeń w obserwacjach.

Prezentowane w rozprawie badania podjęto z uwagi na:

- częste problemy występujące przy pomiarach w warunkach drgań;
- konieczność wykonywania pomiarów w warunkach drgań w zakładach przemysłowych i na terenie inwestycji;
- zbyt pobieżne, w ocenie autora, próby oszacowania wymiernego wpływu drgań na dokładności uzyskiwane przy pomiarach z wykorzystaniem niwelacji precyzyjnej;
- brak jednoznacznych wytycznych w kierunku projektowania sieci pomiarowych, których punkty są stabilizowane w strefach drgań, w szczególności biorąc pod uwagę uzyskiwanie założonych dokładności;
- brak udostępnianych wyników badań producentów sprzętu nad opisywanym zagadnieniem.

## 2. Cel, tezy i zakres rozprawy

### 2.1. Cel rozprawy

Na podstawie zaprezentowanej problematyki związanej z identyfikacją wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiarów wykorzystywanych do wyznaczenia przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych sformułowano następujące główne cele niniejszej rozprawy:

1. Zbadanie wpływu występowania drgań w warunkach pomiarowych na osiągnięte dokładności wyznaczenia przemieszczeń pionowych dla różnych typów niwelatorów precyzyjnych.
2. Ocena wpływu drgań, dla różnych kombinacji ich częstotliwości i amplitudy, na podstawie uzyskanych wartości błędów średnich wyznaczonych przemieszczeń dla danej konfiguracji parametrów drgań oraz zgodności otrzymanych wartości przemieszczeń z wartościami rzeczywistymi.
3. Próba analizy wpływu struktury obserwacji w sieciach pomiarowo-kontrolnych na możliwość wyznaczenia przemieszczeń pionowych w warunkach występowania drgań.

Realizacja przyjętych celów głównych rozprawy była możliwa poprzez osiągnięcie celów szczegółowych takich jak:

- identyfikacja typu instrumentu najodpowiedniejszego do pracy w warunkach drgań o określonych parametrach;
- oszacowanie rzędu wielkości przemieszczeń możliwych do wykrycia jako istotnych w warunkach drgań o określonych parametrach;
- próba określenia związku pomiędzy parametrami drgań a dokładnością wyznaczenia przemieszczeń;
- opracowanie propozycji wytycznych technicznych do projektowania pomiarów niwelacyjnych w warunkach przemysłowych, w celu maksymalnego zredukowania wpływu drgań występujących w otoczeniu stanowiska pomiarowego.



## 2.2. Tezy rozprawy

W pracy przyjęto następujące tezy:

1. Ze względu na różną charakterystykę drgań wpływającą na zmieniające się warunki pomiarowe nie ma możliwości określenia związku funkcyjnego między zmiennością parametrów drgań działających na niwelator a zmianą dokładności i wiarygodności pomiarów przemieszczeń.
2. Niwelatory różnych typów wykazują zmienną podatność na drgania w różnych zakresach częstotliwości, przy czym każdy z typów niwelatorów jest najbardziej odporny na wibracje w innych warunkach drgań.
3. Istnieje możliwość wykorzystania niwelatorów samopoziomujących do wykonania pomiarów precyzyjnych w pewnych zakresach częstotliwości i amplitudy bez utraty dokładności i wiarygodności wyznaczenia przemieszczeń pionowych, jednocześnie w niektórych warunkach ani błędy średnie wyznaczonych przemieszczeń ani zgodność uzyskanych wyników z prawdziwymi ich wartościami nie kwalifikują pomiarów do zakwalifikowania ich jako precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych.

## 2.3. Zakres rozprawy

W celu wykazania poprawności sformułowanych tez przeprowadzono badania na podstawie wyników precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych wykonanych w określonym spektrum czynników. Badaniom podlegały trzy modele niwelatorów i wyniki opisane w pracy dotyczą tych modeli, a nie typów niwelatorów do których przynależą. Przebadane zakresy amplitudy i częstotliwości podyktowane są konstrukcją stanowiska pomiarowego, zaś uzyskane wyniki są właściwe dla sieci testowej. Z uwagi na liczbę kombinacji zmiennych takich jak parametry drgań, liczba pomiarów, warianty obliczeń czy typów niwelatorów baza danych jest niezwykle obszerna, co skutkowało przedstawieniem w rozprawie wyników dla wybranych kombinacji. Zdecydowano się opisać szczegółowo te sytuacje, w których drgania znacząco wpływają na dokładność pomiarów i ogólnie te przypadki, w których wpływ drgań jest znikomy.

Całość pracy została podzielona na 9 rozdziałów głównych. Rozdział 1 przedstawia zarys problematyki oraz genezę badań. W rozdziale 2 zdefiniowano cele i tezy rozprawy oraz zaprezentowano jej zakres. W rozdziale 3 przedstawiono przegląd literatury krajowej oraz zagranicznej związanej z teorią drgań, teorią wykonywania precyzyjnych pomiarów

niwelacyjnych oraz dotyczącą wpływu drgań na sposób wykonania pomiarów niwelacyjnych i uzyskiwane wyniki. Zasadniczą część pracy stanowią rozdziały 4, 5, 6, 7 i 8 obejmujące: opis stanowiska badawczego oraz teoretyczne aspekty prowadzonych badań, autorską koncepcję budowy znaku pomiarowego pozywającego na symulację przemieszczeń pionowych i prezentację sposobu generowania drgań; metodologię prac pomiarowych pozwalającą na minimalizację czynników zewnętrznych nie będących drganiami; metodologię prac obliczeniowych; ocenę istotności przemieszczeń i odporności instrumentów oraz propozycje wytycznych do prac niwelacyjnych określone na podstawie wyników badań. Rozdział 9 stanowi podsumowanie przedstawiające wnioski wynikające z przeprowadzonych badań. Dodatkowo w rozprawie są zawarte: spis literatury, załączniki, spis tabel i rysunków, wykaz załączników, oraz streszczenie (w języku polskim i angielskim).

### 3. Analiza literatury

Literaturę wykorzystaną w niniejszej rozprawie można podzielić funkcjonalnie na trzy grupy:

- literaturę dotyczącą teorii drgań, ich parametrów, wpływu drgań na obiekty budowlane oraz sposobów ich tłumienia w procesach technologicznych;
- literaturę dotyczącą teorii wykonywania precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych, instrumentoznawstwa geodezyjnego oraz opracowania wyników pomiarów niwelacyjnych wraz z oszacowaniem dokładności;
- literaturę poświęconą badanemu problemowi, czyli wpływowi drgań na wyniki pomiarów niwelacyjnych oraz zagadnieniom dotyczącym wykonywania pomiarów monitorujących przemieszczenia obiektów w trakcie występowania ich wibracji.

Dwie pierwsze grupy zawierają szeroki zasób materiału, gdzie poruszane zagadnienia zostały dokładnie opisane na wiele sposobów. W niniejszej rozprawie wykorzystano opisywaną w literaturze wiedzę, natomiast nie rozwijano poruszanej w niej problematyki. Trzecia grupa literatury jest relatywnie skromna. Nie znaleziono wielu opracowań, które by poruszały w całości problem analizowany w rozprawie, a opisywane związki między drganiami a dokładnościami niwelacji precyzyjnej są formułowane w bardzo wąskich zakresach. W większości przypadków opracowania te dotyczą innych zagadnień, zaś kwestia drgań występujących podczas niwelacji jest opisywana jako temat poboczny i autorzy nie przedstawiają szczegółowo przebiegu badań, z których pochodzą opisane wnioski. W związku z tym podjęto badania, które miały na celu wypełnienie luki badawczej dotyczącej braku badań i analiz wpływu drgań na wyniki pomiarów niwelacyjnych oraz związanej z brakiem wytycznych do prowadzenia pomiarów monitorujących przemieszczenia obiektów budowlanych w trakcie występowania ich wibracji.

#### 3.1. Drgania oraz charakterystyka ich parametrów

Istnieje wiele opracowań dotyczących teorii drgań i w kontekście podstawowych pojęć i zjawisk jest to wiedza teoretyczna. Drgania mechaniczne są znane nauce od wielu wieków, a podręczniki akademickie definiują podstawowe pojęcia w zakresie drgań, ich klasyfikację, sposoby amortyzacji i inne podstawowe aspekty zagadnienia (Kurnik, 2019; Starczewski, 2010). Z punktu widzenia tematyki niniejszej rozprawy najbardziej istotne są opracowania dotyczące rozchodzenia się drgań w obiektach budowlanych, wpływ drgań zewnętrznych na

badane obiekty oraz parametrów drgań generowanych przez maszyny produkcyjne czy transport. W grupie tej dominują prace traktujące o wpływie ruchu kołowego i szynowego na generowanie drgań w sąsiednich obiektach oraz wpływie na zrównoważony rozwój terenów miejskich (Stecz i Stypuła, 2013; Bednarz i inni, 2017; Huang i inni, 2018; Jakubczyk-Gałczyńska, 2018; Cao i inni, 2018; Jamka, 2011; Wang i inni, 2022; Li i inni, 2023). W pracach wykazano między innymi, że drgania generowane przez transport szynowy, np. tramwaje poruszające się z prędkością 30 km/h, są przenoszone na okoliczne budynki w takim stopniu, że są to drgania odczuwalne przez ludzi, a na trzecim piętrze budynku przekraczane są normy komfortu nocnego (Stecz i Stypuła, 2013). Częstotliwości właściwe dla takich drgań to przedział od około 8 Hz do około 100 Hz, a maksymalna amplituda przypada na przedział częstotliwości około 40-55 Hz. Zasięg oddziaływania na budynki drgań, których źródło jest poza budynkiem, definiują też polskie normy (PN-B-02170:2016-12; PN-B-02171:2017-06). Badania prowadzone przez wymienionych wyżej Autorów definiują wiele czynników wpływających na transmisję wibracji ze źródła na budynki, w zależności od odległości od źródła, typu gleby, rodzaju pojazdu, sposobu jego przemieszczania się, stanu nawierzchni czy materiału, z którego są zbudowane budynki. Zasięg oddziaływania drgań w przypadku ruchu szynowego przyjmuje się na około 25 m od źródła występowania drgań (Jakubczyk-Gałczyńska, 2018, Dulińska i inni, 2014). Badania wykazują także, że propagacja fal w gruncie spowodowana transportem zazwyczaj przybiera formę fali Rayleigha, czyli fali powierzchniowej, w której cząstki materii wykonują ruch okrężny (Bednarz i inni, 2017). Badaniom podlegała również problemy przenoszenia się drgań poprzez elementy konstrukcyjne obiektów, najczęściej fundamenty, na maszyny produkcyjne powodując spadek jakości uzyskiwanych wyrobów końcowych oraz ich (Jaeger i inni, 2022).

W przypadku transportu kołowego wielu badaczy skupia się na mostach, jako że są to obiekty podatne na drgania, a w kontekście niniejszej rozprawy obiekty te są częstym przedmiotem geodezyjnego monitoringu przemieszczeń. Obiekty te wykazują drgania wywołane zarówno czynnikami naturalnymi (np. parcie wiatru), jak i ruchem kołowym (Ye i inni, 2022; Bayraktar i inni, 2017). Autorzy opracowań zgodnie zauważają że częstotliwości drgań badanych obiektów mostowych nie przekraczają częstotliwości 10 Hz (Gocał i inni, 2013; Huang i inni, 2019; Elnabwy i inni, 2013). Liniowe wychylenie spowodowane drganiami jest zależne od konstrukcji obiektu, rozpiętości przęsła i intensywności ruchu. Interesującym zagadnieniem jest również wykorzystanie teorii drgań do wykrywania uszkodzeń i ocena bezpieczeństwa

konstrukcji mostowych (Niyirora i inni, 2022; Ghiasi i inni, 2022 ), a także klasyfikacja źródła drgań z wykorzystaniem sztucznej inteligencji na podstawie charakterystyki drgań nawierzchni drogowych (Liu i inni, 2022). W niniejszej rozprawie poruszana jest kwestia pomiarów parametrów drgań, takich jak częstotliwość i amplituda. Istnieje wiele opracowań naukowych, jak i wytycznych technicznych dotyczących tego zagadnienia. W przypadku pomiarów drgań maszyn elektrycznych w zakresach do 1 kHz poleca się wykonać pomiar wartości skutecznej prędkości drgań (Bernatt i inni, 2021). Opisano także wyniki badań nad właściwościami rezonansowymi silników elektrycznych stosowanych w przemyśle (Szymaniec, 2012). Problematyka drgań maszyn, ich geneza, charakterystyka, sposoby tłumienia, diagnostyka oraz sposoby pomiarów zostały szeroko opisane przez badaczy zarówno polskich jak i zagranicznych (Cempel, 1985; Jemielniak, 2019; Qiu i Lau, 2018), jednak nie jest to tematyka szeroko poruszana w niniejszej rozprawie; wnioski i pojęcia przedstawiane w przywołanych opracowaniach zostały wykorzystane w rozprawie w podstawowym zakresie.

Z wytycznych technicznych dotyczących metodologii pomiarowej głównym opracowaniem są normy PN-B-02170:2016-12 – Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki oraz PN-B-02171:2017-06 – Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach. Normy te podają jednolite kryteria oceny szkodliwości drgań na ludzi i budynki z uwzględnieniem metod pomiarowych, klasyfikacją drgań i określeniem skal wpływów dynamicznych. Zakres ich stosowania dotyczy wartości drgań występujących w budynkach, niezależnie od sposobu ich propagacji w podłożu. W opracowaniach tych zdefiniowane są podstawowe pojęcia, parametry i wzory stosowane do określania wartości tych parametrów. Normy stosują pojęcia skali wpływów dynamicznych (SWD) do przybliżonej oceny wpływu drgań na budynki. Analiza SWD wykazuje jednoznacznie, że drgania mają tym większy wpływ na budynki, im większe są wartości częstotliwości i amplitudy drgań. Oprócz wpływu na budynki opisany jest także wpływ drgań na urządzenia znajdujące się w budynkach. Instrumenty geodezyjne można zakwalifikować do grupy zdefiniowanej jako „inne dokładne przyrządy optyczne”, co klasyfikuje je jako urządzenia bardzo wrażliwe na wpływy dynamiczne. Dla tej grupy norma podaje dopuszczalną wartość skuteczną prędkości drgań stropu w jednym kierunku jako 0,0001 m/s. Oprócz norm, do planowania prac pomiarowych na potrzeby niniejszej rozprawy wykorzystano materiały dydaktyczne uczelni kształcących w kierunkach budowy maszyn (Marynowski i inni, 2015).

Z uwagi na specyfikę precyzyjnych prac geodezyjnych wykonywanych na potrzeby przemysłu i budownictwa należy założyć, że wibracje instrumentów geodezyjnych są przenoszone ze źródeł przez stropy hal i budynków przemysłowych, a także przez grunt. Wyniki badań charakterystyki stropów pod względem propagacji fal oraz zakresów rezonansowych zostały opisane zarówno przez polskich, jak i zagranicznych badaczy (Stecz i Stypuła, 2013; Kuo i inni, 2018; Szmygin i inni, 2008; Homb i Kolstad, 2018; Ljunggren, 2006; Matsuda i Shimizu, 2017). Badania w tym kierunku skupiają się jednak przede wszystkim na sposobach zmniejszenia lub eliminacji zjawiska drgań stropów oraz nowatorskich sposobach ich pomiaru, wiele opracowań opisuje wartości parametrów i zakresy rezonansowe badanych konstrukcji, zarówno w ujęciu eksperymentalnym, jak i modelowym (Michel i inni, 2008; Kovačič i inni, 2016; Gičev i inni, 2021).

Niniejsza rozprawa wykorzystuje informacje zawarte w przytoczonych opracowaniach, których tematyka została bardzo dokładnie opisana przez wielu badaczy w Polsce i na świecie. Wnioski i wiedza zawarte w ich pracach stanowiły podstawę do przygotowania badań przez autora, dobranie metodologii pomiarowej i zakresów parametrów drgań w jakich przeprowadzono eksperymenty dotyczące połączenia problematyki drgań w niwelatorach precyzyjnych.

### 3.2. Teoria precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych

Tematyka teorii niwelacji precyzyjnej, instrumentoznawstwa geodezyjnego oraz opracowania wyników pomiarów niwelacyjnych wraz z oszacowaniem dokładności została dokładnie zbadana i opisana na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci. Na tym polu opisywane w tej rozprawie wyniki badań uzupełniają współczesną wiedzę o wytyczne w kierunku wykonywania precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych w warunkach silnych drgań, aby uzyskiwane dokładności pomiarowe mieściły się w granicach wymaganych dla niwelacji precyzyjnej oraz aby wyniki te pozostawały niezawodne. Opracowania dotyczące teorii pomiarów precyzyjnych, sposobów obliczeń czy znajomości technicznych aspektów instrumentów geodezyjnych wykorzystano jako narzędzia do przeprowadzenia badań własnych, obliczeń, a także oceny statystycznej uzyskanych wyników przeprowadzonych eksperymentów.

Tematyka dotycząca metodologii prac z wykorzystaniem niwelacji precyzyjnej została kompleksowo opisana w opracowaniach poświęconych inżynierskim pomiarom

geodezyjnym. Najważniejsze z nich to Baran i inni, 1993; Gmyrek i inni, 1990; Hermanowski, 1993; Margański, 1989; Sztubecki i Mrówczyńska, 2023. Prace te opisują dokładnie metodologię wykonywania pomiarów niwelacyjnych ze wskazaniem warunków, jakie muszą być spełnione w otoczeniu oraz czynników, jakie wpływają na dokładności uzyskiwane za pomocą opisywanych technologii, a także sposoby sprawdzenia i przygotowania sprzętu do pracy. W pracach opisane zostały sposoby projektowania i zakładania sieci pomiarowych na cele badania przemieszczeń, montażu znaków pomiarowych oraz wszystkie czynniki, które należy uwzględnić przy projektowaniu, zakładaniu i pomiarze sieci niwelacyjnych.

Kolejną dużą grupą opracowań są prace poświęcone bezpośrednio pomiarom przemieszczeń pionowych oraz opracowaniem wyników pomiaru wraz z analizą dokładności. Wiele pozycji zawiera opisy zasad projektowania sieci reperów kontrolowanych i reperów odniesienia, a także rodzajów stabilizacji znaków (np. Lazzarini i inni, 1977; Hermanowski, 1993; Gmyrek i inni, 1990). Teoria dotycząca metod obliczeniowych wyników pomiarów jest także dokładnie opisana. W przypadku obliczeń przemieszczeń pionowych stosowane są metody ścisłego wyrównania obserwacji wraz z analizą dokładnościową (Baran i inni, 1993; Baran, 1999; Adamczewski, 2004; Lazzarini, i inni, 1977; Kwaśniak i Prószyński, 2015; Wiśniewski, 2005), a także z analizą niezawodności zastosowanych sieci pomiarowych, czyli zdolnością sieci do wykrywania błędów grubych wśród obserwacji (Kwaśniak i Prószyński, 2015; Wiśniewski 2013) oraz możliwe jest także zastosowanie odpornych metod estymacji (Duchnowski, 2019; Wyszowska, 2020; Zienkiewicz, 2019). Analiza dokładnościowa pomiarów aktualnych sieci jest niezbędna do oszacowania istotności przemieszczeń, a kryteria oceny tych istotności definiowane są z pomocą wartości błędów oszacowanych przemieszczeń (Lazzarini i inni, 1977; Kwaśniak i Prószyński, 2015). W niniejszej rozprawie wykorzystano metodę identyfikacji bazy odniesienia drogą redukcji na podstawie globalnego testu współczynnika wariancji (Kwaśniak i Prószyński, 2015).

W prezentowanej rozprawie doktorskiej zostały wykorzystane wnioski badaczy skupiających się na wpływie innych czynników niż drgania na wyniki i dokładności technik niwelacyjnych. Uwzględnienie wyników tych badań jest szczególnie istotne, jako że badania autora powinny w jak największym stopniu umożliwiać redukcję innych czynników niekorzystnie wpływających na pomiar, aby docelowo wykazana zmiana dokładności była skutkiem wprowadzonych do układu drgań, a nie sumą wpływu innych, niepożądanych czynników. Czynniki zdefiniowano w wielu opracowaniach (Ingensand, 1999; Ćmielewski i Kuchmister,

1999; Mąkowski i inni, 2015), niejednokrotnie wyznaczając liczbowe wartości błędów, będących skutkiem narażenia niwelatora na niekorzystne warunki pomiarowe. Badano eksperymentalnie wpływ oświetlenia słonecznego na dokładności odczytu (Beshr i Elanga, 2012; Ćmielewski i Kuchmister, 1999; Mąkowski i inni, 2008). Wyznaczono błędy średnie przewyższeń w zależności od padania światła słonecznego na łąkę, a także określono minimalny poziom natężenia światła niezbędny do wykonywania pomiarów niwelatorem precyzyjnym, zarówno analogowym, jak i cyfrowym. Nie stwierdzono negatywnego wpływu zmniejszania natężenia światła na poprawność odczytów z łąki dla niwelatorów cyfrowych (Mąkowski i inni, 2008). Jednym z bardziej istotnych zjawisk determinujących poprawność niwelacji precyzyjnej jest refrakcja. Czynniki najbardziej wpływające na jej występowanie zbadano i opisano m.in. w pracy Skeivalasa J. (2005). Zbadano i opisano wpływ nierówności długości celowych w różnych warunkach atmosferycznych na dokładność pomiaru (Mąkowski i inni, 2008), a także dokonano oceny wpływu zmian temperatury na odczyt z łąki precyzyjnych (Gołuch i inni, 2015). Dobrze opisana jest charakterystyka zmian parametrów dokładnościowych niwelatorów analogowych, zwłaszcza modelu Ni002, gdzie pod uwagę brane są takie czynniki jak błędy systematyczne kompensatorów, zmiany quasihoryzontu, średnie błędy pomiaru 1 km niwelacji czy wpływ zmian temperatury na stałość osi celowej i długości wstęgi inwarowej (Margański, 1999; Beluch i inni, 2008). Wnioski z opisanych badań zostały uwzględnione przez autora przy planowaniu pomiarów doświadczalnych na potrzeby badania opisywanego w rozprawie problemu, aby czynniki inne niż drgania nie wpływały na badane parametry dokładnościowe.

### 3.3. Identyfikacja wpływu drgań na pomiary niwelacyjne

W światowej i krajowej literaturze nie znaleziono wielu pozycji traktujących o łączeniu problematyki drgań i niwelacji precyzyjnej, które w wyczerpujący sposób opisywałyby zagadnienie. Większość opracowań dotyczy problematyki odwrotnej niż badana w niniejszej rozprawie – powszechniej badanym problemem jest sposób monitoringu przemieszczeń obiektów poddanych chwilowym bądź ciągłym drganiom dynamicznym, nie zaś wpływom tych drgań na instrumenty pomiarowe. Pomiar przemieszczeń drgających obiektów inżynierskich wymaga określenia przemieszczeń dynamicznych. Aby wykryć takie przemieszczenia, częstotliwości próbkowania sygnału z instrumentu geodezyjnego muszą być co najmniej dwukrotnie większe niż częstotliwości drgań obiektu (Paar i inni, 2017), dlatego



do takich zadań można wykorzystywać nowoczesne tachimetry IATS (Image Assisted Total Stations), w których klasyczne pomiary kątowno-liniowe wspomagane są przez obrazy nagrywane z częstotliwościami nawet 30 klatek na sekundę. Instrumenty wykorzystujące technologię IATS mogą być zaprogramowane do czytania podziału kodowego lat cyfrowych. Wspomagając się kamerami o wysokich częstotliwościach próbkowania można w ten sposób określać przemieszczenia w aspekcie dynamicznym (Paar i inni, 2017). Metoda ta została potwierdzona eksperymentalnie dla częstotliwości drgań obiektu na poziomie 2 Hz. Podobne badania przeprowadzono w roku 2007 (Psimoulis i Stiros, 2007), jednak z uwagi na postęp technologiczny dotyczący konstrukcji i możliwości tachimetrów sprawia, że opisane w tym opracowaniu możliwości próbkowania pomiarów są już nieaktualne, a obserwacja szybkich zmian technologicznych w instrumentach geodezyjnych pozwala przypuszczać, że niebawem opisywana technologia będzie przydatna przy badaniu przemieszczeń dynamicznych w szerszym zakresie częstotliwości i amplitudy. Potwierdzają to najnowsze badania systemami RTS (ang. *robotic total station*), które w połączeniu z pomiarami GNSS mogą wiarygodnie monitorować ruchy dynamiczne na częstotliwościach do 26 Hz (Lubej i Kovacic, 2021). Innymi metodami określania przemieszczeń w ujęciu dynamicznym są zintegrowane systemy pomiarowe, łączące klasyczne techniki kątowno-liniowe, techniki niwelacyjne i GNSS z systemami monitoringu warunków atmosferycznych, piezometrami i pochyłomierzami, dając szeroką charakterystykę zjawiska (Karsznia, 2008). Systemy takie montuje się najczęściej na dużych obiektach inżynierskich, wymagających ciągłego monitoringu. Sposoby geodezyjnego monitoringu przemieszczeń dynamicznych z wykorzystaniem zróżnicowanych technik pomiarowych proponują między innymi Gocał i inni (2013), Jamka (2011).

Pionierem w dziedzinie badania wpływu drgań na instrumenty i znaki geodezyjne w Polsce był pracownik naukowy Politechniki Krakowskiej dr inż. Paweł Schramm, który wykonał szereg badań i opisał ich wyniki w kilku opracowaniach naukowych. Badacz zauważa, że określenie wpływu drgań podłoża na znaki geodezyjne sprowadza się do punktowych pomiarów parametrów drgań, jednak dla instrumentów geodezyjnych umieszczonych na trójnożnych statywach sposób rozchodzenia się fal w podłożu ma zasadnicze znaczenie (Schramm, 1985). Energia przenoszona przez fale pochodzi w 2/3 z fal powierzchniowych, a ostateczna analiza wpływu poszczególnych typów fal przenoszonych przez podłoże i pochodzących z różnych źródeł na instrumenty geodezyjne jest bardzo złożona. W doświadczeniach oraz rozważaniach teoretycznych skupiono się na jednym źródle drgań i jednym typie fal. Wykazano, że kierunek

ustawienia osi celowej w instrumencie w stosunku do kierunku rozchodzenia się fal ma znaczenie dla jej stabilności, a najmniej korzystnym przypadkiem jest sytuacja, gdy oś celowa ustawiona jest równolegle do kierunku rozchodzenia się fal. Każda z nóg statywu wibruje wtedy w innej fazie, co przekłada się na drgania skrętne osi celowej (oś wychyla się od poziomu w płaszczyźnie pionowej). W przypadku gdy nogi statywu drgają w jednej fazie oś celowa jest poddana drganiom, ale przyjmuje cały czas położenie poziome (Schramm, 1985; Schramm, 1986). Wskazano wartości długości fal przenoszących drgania, które są najbardziej niekorzystne pod kątem występowania zjawiska skrętnej osi celowej, a także zakresy częstotliwości drgań z tego wynikających. Zauważono, że wartość kąta skręcenia osi celowej w płaszczyźnie pionowej zależy od amplitudy drgań podłoża oraz odległości między nogami statywu. Jest natomiast niezależna od wysokości osi celowej nad powierzchnią gruntu. Wartość kąta wychylenia osi celowej ma bezpośredni, liniowy wpływ na odczyt na łacie i jest on uzależniony od odległości stanowiska niwelatora od łaty (Schramm, 1986). Badacz wskazał amplitudę drgań, odległość niwelatora od łaty oraz rozstaw nóg statywu jako wielkości wpływające najbardziej na wychylenie liniowe na łacie wynikające z odchylenia drgającej osi celowej. Dla powolnych drgań występujących np. przy badaniach konstrukcji mostowych zaleca stosowanie niwelatorów wyposażonych w kompensator. W trakcie badań zauważono, że amplitudy drgań podłoża są mniejsze niż amplitudy drgań lunety niwelatora, a konstrukcja statywu tłumi drgania w zakresie wysokich częstotliwości powyżej 100 Hz, lecz wzmacnia je w zakresie od 20 do 100 Hz (Schramm, 1986). Zbadano także wpływ drgań na stałość warunków osiowych w niwelatorach (Schramm, 1982). Przeprowadzone badania skupiały się na opisie rozchodzenia się fal w ośrodkach, a także na zachowaniu osi celowej w przypadku narażenia jej na ruchy w wyniku drgań podłoża. Zostały wyprowadzone teoretyczne zależności między wielkościami determinującymi wpływ drgań na odczyt na łacie i wyznaczono eksperymentalnie wartości amplitud drgań lunet dla różnych rodzajów niwelatorów (Schramm, 1986; Schramm, 1982). Badacz poświęcił wiele pracy aspektom dynamicznym przemieszczeń znaków i instrumentów spowodowanych drganiami, określając teoretycznie ich wartości oraz potwierdzając je doświadczalnie. Nie zostały jednak zbadane przemieszczenia reperów w długich okresach, tym bardziej nie wyznaczono dokładności oszacowania tych przemieszczeń pomiarami niwelacyjnymi wykonywanymi podczas występowania drgań. Zostały natomiast oszacowane błędy średnie odczytów z łaty w zależności od amplitudy drgań i od innych czynników zdefiniowanych jako istotnych dla

wartości tych błędów. W opisywanych pracach skupiono się jednak na amplitudzie drgań, pomijając aspekt zmiennych częstotliwości. W swojej pracy badacz zaproponował także szereg rozwiązań dotyczących zapobiegania niekorzystnym wpływom drgań na pomiary niwelacyjne (Schramm, 1982). Z uwagi na okres publikacji (lata 80-te XX w.) z oczywistych przyczyn nie zostały zbadane niwelatory cyfrowe.

Pozostała literatura dotycząca podejmowanej przez autora problematyki w większości podaje informacje o szkodliwym wpływie drgań na pomiary z wykorzystaniem niwelatorów wyposażonych w kompensator, lub o większej odporności niwelatorów libellowych na drgania (Baran i inni, 1993), jednak wnioski z badań nie wskazują ani wartości parametrów drgań, ani rzeczywistej skali obniżenia dokładności pomiarów. Badania dotyczące wpływu drgań na dokładności uzyskiwane niwelatorem kodowym przeprowadzono i opisano dla niwelatora kodowego Leica DNA03 (Mąkolski i inni, 2008), jednak badania te sprowadzały się jedynie do wykazania czy drgania mają w ogóle wpływ na niwelator, na łąkę niwelacyjną, czy na oba instrumenty. Nie zdefiniowano też zakresów badanych parametrów drgań. Podstawowym wnioskiem płynącym z ww. badań jest fakt, że drgania mają wpływ na obniżenie dokładności niwelacyjnych pomiarów precyzyjnych, a zjawisko to przede wszystkim dotyczy sytuacji, gdy niwelator znajduje się w strefie drgań. W przypadku gdy łąka niwelacyjna jest narażona na wstrząsy, a niwelator nie, wpływ ten jest minimalny.

Wszelkie opracowania przyjmują zgodną narrację, że drgań podczas wykonywania pomiarów niwelacyjnych nie da się uniknąć (Baran i inni 1993; Gmyrek i inni 1990). Kilka opracowań podaje sposoby pomagające uchronić się przed negatywnym wpływem drgań. W przypadku narażenia instrumentu na wibracje zalecane są podkładki amortyzujące montowane pod nogami statywu lub między spodarką a głowicą statywu (Gmyrek i inni, 1990) lub zastosowanie pomocniczych ciągów wyższych rzędów, które można pomierzyć w jak najkorzystniejszych warunkach (Hermanowski, 1993). Wytyczne odnośnie postępowania w przypadku wystąpienia drgań podaje instrukcja użytkownika niwelatora Trimble DiNi 03 (Trimble Inc.). W takim przypadku należy zwiększyć liczbę pojedynczych pomiarów, z których ostatecznie zostanie obliczona średnia i wyświetlona jako ostateczny odczyt. Kontrolą poprawności odczytów jest automatyczne sprawdzenie odchylenia standardowego z wyników pomiarów i wyświetlenie informacji o przekroczonych dopuszczalnych wartościach w razie zbyt dużych różnic w pojedynczych odczytach. Ponadto producent sugeruje, aby w przypadku wystąpienia silnych drgań stosować opcję pomiarów wielokrotnych.

Kilka opracowań zawiera wzmianki o wartościach parametrów drgań wpływających na niwelatory. Literatura zaleca stosowanie niwelatorów libellowych zamiast automatycznych w przypadku, gdy amplitudy drgań przekraczają  $100\ \mu\text{m}$ , a częstotliwość  $50\ \text{Hz}$  (Gmyrek i inni, 1990). Źródło nie podaje jednak opisu badań prowadzących do takich wniosków; tym bardziej nie ma wzmianki o skali zjawiska obniżającego dokładność niwelacji precyzyjnej w takim przypadku. Autor innego opracowania zauważa, że niska częstotliwość i wysoka amplituda drgań najbardziej niekorzystnie wpływają na pomiar, często czynią go niemożliwym (Hermanowski 1993). Tutaj jednak także brakuje opisu doświadczenia, z którego płyną takie wnioski. Głębsze spojrzenie na problem podjęto przy próbie oszacowania zakresów częstotliwości drgań, w których niwelator analogowy Zeiss Ni002 jest niezdalny do wykonania pomiarów (Kurnatowski, 2018). Wyznaczono także błędy średnie przewyższeń przy wymuszonych drganiach niwelatora w pewnych zakresach częstotliwości drgań i zaobserwowano, że występowanie drgań w bezpośrednim środowisku pomiarowym nie musi oznaczać braku możliwości osiągnięcia parametrów dokładnościowych niwelacji precyzyjnej. Kolejne badania (Kurnatowski, 2020) zostały rozszerzone na niwelator cyfrowy DiNi 03, gdzie, oprócz wyznaczenia zakresów częstotliwości umożliwiających pomiar oraz błędów średnich pomiaru przewyższeń przy wymuszonych drganiach, zbadano także różnice w uzyskanych dokładnościach przy pomiarze pojedynczym i potrójnym. W badaniach wykazano znaczny udział liniowych wartości wychyleń niwelatora ze stanu równowagi wraz z kierunkiem tych wychyleń jako czynnik znacznie wpływający na możliwość wykonania pomiaru. Zaobserwowano także zjawisko niezwykle istotne nie tylko z punktu widzenia dokładności, ale też wiarygodności pomiarów niwelacyjnych – niwelatory cyfrowe w niektórych warunkach drgań o wysokich częstotliwościach zwracają odczyty z łań dalekie od prawdziwych wartości, które uzyskuje się w warunkach stabilnych.

Istnieje wiele opracowań naukowych dotyczących technologii odczytu z łań kodowych za pomocą instrumentów cyfrowych (Gassner i inni 2004; Wagner i inni, 2016). Opracowania te nie traktują bezpośrednio o drganiach, lecz część z nich zwraca uwagę na obniżenie dokładności odczytów z łań w przypadku nieostrego obrazu kodu łań (Gassner i inni, 2004). Wykazano, że zmiana ogniskowania o  $25\ \text{cm}$  w stosunku do ostrego obrazu na dystansie około  $11\ \text{m}$  od łań skutkuje dwukrotnym spadkiem dokładności odczytu w stosunku do przypadku prawidłowo zogniskowanej soczewki. Przy nałożeniu na niwelator drgań

o wysokich częstotliwościach rozmycie obrazu kresek podziału łaty może być jeszcze większe, a możliwość wyostrenia obrazu jest możliwa dopiero po ustaniu wibracji.

Podczas analizy literatury nie natrafiono na opracowania traktujące bezpośrednio o problemie rozważanym w niniejszej rozprawie, jednak wiele obserwacji badaczy zajmujących się zgłębianiem podobnej problematyki zostało wykorzystanych w badaniach.

#### **4. Opis stanowiska badawczego oraz teoretyczne aspekty prowadzonych badań**

Na potrzeby niniejszej rozprawy przeprowadzono serię pomiarów mających na celu oszacowanie wpływu drgań na dokładności oraz wiarygodność wartości przemieszczeń pionowych wyznaczonych w sieci niwelacyjnej. Opracowano sposób generowania drgań wpływających na instrument oraz założono sieć reperów. Określono zasięg występowania drgań i wymuszono wibracje generatorem drgań dla wszystkich stanowisk niwelatora w tej strefie. Opracowano również specjalną konstrukcję znaku pomiarowego, która umożliwiała weryfikację mierzonych wartości przemieszczeń, a także ich symulację.

##### **4.1. Proces pomiarów przemieszczeń pionowych**

Pomiar przemieszczeń pionowych metodami niwelacji geometrycznej jest procesem szacowania zmiany pionowego położenia pojedynczych punktów w określonym okresie. Badane są tylko ruchy punktów wzdłuż linii pionu, a wynikiem opracowania są najczęściej wektory przemieszczeń dające informację, o jaki wektor się przemieścił dany punkt w interwale czasowym, a nieprzedstawiającą trajektorię ruchu punktu w rozpatrywanym okresie. Wektory przemieszczeń są określane tylko dla punktów kontrolowanych, czyli dla miejsc, w których montowane są repery kontrolowane. Odpowiednia lokalizacja znaków oraz właściwy dobór ich liczby daje informację o sposobie zachowania się obiektu jako całości, dlatego montaż znaków sieci pomiarowo-kontrolnej powinien odbywać się pod nadzorem geodety, mechanika konstrukcji lub geotechnika (Kwaśniak i Prószyński, 2015). Oprócz punktów kontrolowanych, których ruchy są badane, niezmiernie ważna jest sieć reperów odniesienia. Są to te punkty sieci, które spełniają określone kryterium stałości wzajemnego położenia w czasie i mogą służyć jako baza odniesienia w stosunku do której wyznaczone są przemieszczenia punktów kontrolowanych (Kadaj, 1998; Kwaśniak i Prószyński, 2015, Pękalski i in. 2003). Sieć punktów powinna zawierać na tyle dużo reperów, aby w razie stwierdzenia przesunięcia grupy znaków, pozostała część spełniała swoje zadanie jako baza odniesienia.

Aby wykryć przemieszczenie punktów kontrolowanych należy wykonać co najmniej dwa pomiary – wyjściowy (zwany także zerowym) i kontrolny (zwany także aktualnym lub bieżącym). Pomiar wyjściowy powinien być wykonany w momencie poprzedzającym wystąpienie badanych ruchów obiektu. Przemieszczenia są definiowane jako zmiana

położenia punktów w okresie między tymi dwoma pomiarami. Każda kolejna epoka pomiarowa jest pomiarem kontrolnym, a przemieszczenia zazwyczaj podaje się w stosunku do pomiaru wyjściowego oraz do kontrolnego pomiaru poprzedzającego pomiar bieżący (aktualny) (Hermanowski, 1993; Bryś i Przewłocki, 1998). Zaleca się stosowanie tej samej konstrukcji sieci dla każdej epoki pomiarowej.

Pomiar przemieszczeń reperów zarówno kontrolowanych jak i odniesienia zazwyczaj odbywa się w jednej sieci pomiarowej, gdzie mierzone są przewyższenia między kolejnymi parami reperów. Podczas pomiaru należy stosować sprzęt do niwelacji precyzyjnej, spełniając warunki konieczne do uzyskania wymaganej dokładności. Przewyższenia te są następnie poddane wyrównaniu ścisłemu metodą najmniejszych kwadratów, a w wyniku rozwiązania układu równań, gdzie liczba niewiadomych jest mniejsza niż liczba obserwacji, oprócz wartości przemieszczeń punktów w sieci, można także oszacować dokładność ich wyznaczenia. Bez analizy dokładności trudno ocenić istotność uzyskanych wartości przemieszczeń. Ważnym elementem wyrównania jest identyfikacja bazy odniesienia, czyli proces analityczny, polegający na wskazaniu w zbiorze potencjalnych punktów odniesienia podzbioru punktów wzajemnie nieprzemieszczonych, na podstawie odpowiednio przetworzonych wyników pomiarów (Kwaśniak i Prószyński, 2015).

#### 4.2. Teoria drgań – podstawy teoretyczne

Drgania to zmiany dowolnej wielkości fizycznej zachodzące w czasie. Drganiami mechanicznymi są zmienne w czasie przebiegi przemieszczeń lub prędkości ciał lub układów ciał traktowane modelowo jako układy punktów materialnych (Kurnik, 2019). Przemieszczenia te na przemian rosną i maleją w czasie, przechodząc przez stan równowagi. Z punktu widzenia źródeł energii powodującej drgania, można wyróżnić następujące typy drgań:

- swobodne – energia jest dostarczana jednorazowo na początku ruchu, następnie energia kinetyczna drgań zostaje rozproszona w wyniku oporów ruchu, a sam ruch drgający z czasem ustaje;
- wymuszone – energia jest dostarczana do układu w wyniku sił wymuszających, przy czym energia kinetyczna jest rozpraszana na skutek działania oporów ruchu. Gdy dojdzie do stanu zbilansowania energii, mamy o czynienia z drganiami wymuszonymi ustalonymi;

- parametryczne – źródłem energii są okresowe zmiany parametrów układu które mogą prowadzić do narastania drgań, ale także do drgań ustalonych przy zrównoważonym bilansie energetycznym;
- samowzbudne – energia dostarczana jest do układu z istniejącego stałego źródła, w wyniku pracy sił niezależnych jawnie od czasu (innych niż wymuszenia siłowe, kinematyczne lub parametryczne), ale zależnych od bieżącego położenia i prędkości elementów układu (Kurnik, 2019).

Dla drgań instrumentów geodezyjnych, gdzie drgania te są skutkiem pracy maszyn w otoczeniu instrumentu, należy rozpatrywać harmoniczny model drgań wymuszonych (Schramm, 1985). Dla tego modelu wychylenie drgającego punktu z położenia równowagi w zależności od czasu dla drgań harmonicznym prostym opisuje równanie:

$$x(t) = A_0 \sin(\omega t + \phi) \quad [4.1]$$

gdzie:

$x$  – wychylenie drgającego punktu z położenia równowagi;

$A_0$  – amplituda drgań, maksymalne wychylenie z położenia równowagi;

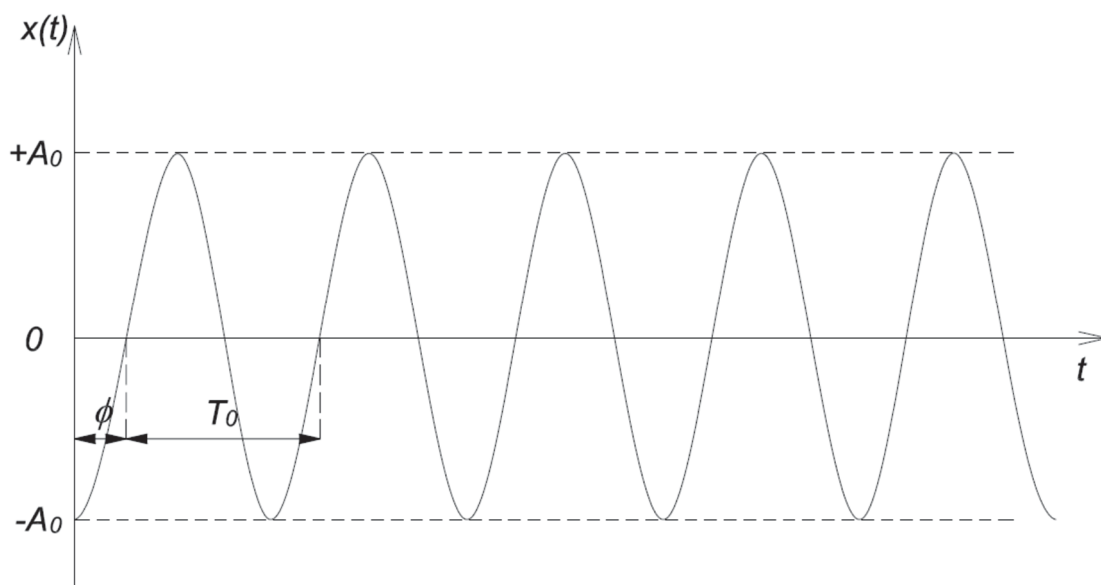
$\omega$  – prędkość kątowna drgania [rad/s] ;

$t$  – czas;

$\phi$  – faza początkowa drgania.

Ryc. 4.1 przedstawia zależność wychylenia drgającego punktu z położenia równowagi od czasu w procesie drgań harmonicznym prostym. Wynika z niej, że cząstki materialne poddane siłom wymuszającym drgania po upływie czasu  $T_0$ , zwanym okresem drgań, przyjmują to samo położenie względem położenia równowagi 0. Podobnie wektory przyspieszenia i prędkości ruchu cząsteczki, po upływie okresu  $T_0$  przyjmują te same wartości.





**Ryc. 4.1.** Zależność wychylenia drgającego punktu z położenia równowagi (0) od czasu (t) (opracowanie własne)

#### 4.2.1. Częstotliwość drgań

Częstotliwość drgań  $f$  związana jest z ich okresem  $T_0$ . Jej wartość jest odwrotnie proporcjonalna do okresu i oznacza liczbę pełnych ruchów oscylacyjnych (wykonanych w okresie  $T_0$ ) w ciągu sekundy. Im krótszy okres, tym większa częstotliwość drgań. Związki między częstotliwością  $f$  a pozostałymi parametrami ruchu oscylacyjnego harmonicznego obrazują zależności 4.2 i 4.3.

$$f = 1/T_0 \quad [4.2]$$

$$\omega = 2\pi f \quad [4.3]$$

Powszechnie stosowaną jednostką częstotliwości jest herc [Hz] i oznacza liczbę pełnych ruchów oscylacyjnych wykonanych w okresie sekundy. Przy drganiach wymuszonych, gdzie źródłem drgań są zewnętrzne siły, częstotliwość drgań wymuszonych jest równa częstotliwości zmian siły wymuszającej, należy więc przyjąć, że częstotliwości drgań instrumentów geodezyjnych narażonych na wibracje w sąsiedztwie pracujących maszyn będą takie same jak częstotliwości generowane przez te maszyny.

#### 4.2.2. Amplituda drgań

Amplituda jest największym wychyleniem cząstki z położenia równowagi. Dla harmonicznych modeli ruchu, zachodzi zależność:

$$|A_0| = |-A_0| \quad [4.4]$$

Amplitudę można wyrazić jednostkami liniowych, jako że jest to wartość maksymalnego przemieszczenia  $x(t)$ . Często jednak pomiarowi podlega przyspieszenie  $a$  lub prędkość przemieszczenia  $v$ , które można wyznaczyć z różniczkowania równania ruchu:

$$v = \frac{dx}{dt}; a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad [4.5]$$

Różniczkując [4.1], otrzymamy:

$$v = A_0\omega \cos(\omega t + \phi) \quad [4.6]$$

$$a = -A_0\omega^2 \cos(\omega t + \phi) \quad [4.7]$$

Zależności 4.6 i 4.7 są powszechnie wykorzystywane w czujnikach drgań, które mierzą jedną z trzech wielkości opisujących przemieszczenie, pozostałe wartości są obliczane na podstawie różniczkowania lub całkowania. Istnieje wiele typów czujników drgań, pomiary przemieszczeń mogą wykorzystywać efekt Dopplera lub zjawisko piezoelektryczności (Jemielniak, 2011). Zjawisko piezoelektryczności polega na powstaniu ładunku elektrycznego na powierzchni kryształów kwarcu w wyniku wystąpienia obciążeń dynamicznych. W przypadku gdy na czujnik działa przyspieszenie  $a$  spowodowane drganiami, ładunek elektryczny powstający na ściankach czujnika jest proporcjonalny do przyspieszenia. Wielkością podlegającą pomiarowi jest w tym przypadku przyspieszenie, wartości przemieszczenia i prędkości wynikają z całkowania. Czujnikami mierzącymi przemieszczenie są czujniki indukcyjne transformatorowe, natomiast prędkość mierzą czujniki elektrodynamiczne.

Czujniki drgań w zależności od mierzonej wielkości mogą podawać wartość amplitudy w różny sposób. Najczęściej stosowanymi metodami jest pomiar:

- *RMS* (ang. *root mean square*) – jest to najpopularniejsza metoda pomiaru, używana najczęściej w diagnostyce stanu technicznego maszyn;
- różnicy pomiędzy najmniejszym i największym chwilowym poziomem drgań (ang. *peak-peak*);

- wartości szczytowej (ang. *zero-peak* – połowa wartości *peak-peak*).

#### 4.2.3. Rezonans

Rezonans to zjawisko wzrostu amplitudy drgań wymuszonych ustalonych w pewnym przedziale częstotliwości wymuszenia (Kurnik, 2019). Właściwości rezonansowe układu opisuje charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa, przyjmująca postać funkcji amplitudy w zależności od prędkości, współczynników tłumienia układu, częstości kątowej drgań, oraz kąta przesunięcia fazowego między drganiami wymuszonymi a wymuszeniem. Dla pewnych wartości częstości przyjmuje ona ekstremum (Kurnik, 2019). Wartości te są częstotliwościami rezonansowymi dla danego układu. Ich występowanie skutkuje generowaniem drgań o znacznej amplitudzie przy stosunkowo niewielkiej sile wymuszającej. Występowanie częstotliwości rezonansowych dla układu statyw-niwelator zostało zaobserwowane podczas badań i znacząco wpływa na dokładności pomiarów niwelacyjnych (Kurnatowski, 2018).

#### 4.2.4. Energia drgań

W ruchu harmonicznym energia drgań jest sumą energii kinetycznej i potencjalnej. Energia kinetyczna zależy od masy i prędkości:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad [4.8]$$

Podstawiając do [4.8] wzór na prędkość [4.6] otrzymamy:

$$E_k = \frac{1}{2}mA_0^2\omega^2 \cos^2(\omega t + \phi) \quad [4.9]$$

Energia kinetyczna drgań przyjmuje zatem swoją maksymalną wartość w położeniu równowagi, podczas gdy ich energia potencjalna jest wtedy równa 0. Dla maksymalnego wychylenia energia kinetyczna się zeruje. Suma energii potencjalnej i kinetycznej jest w ruchu harmonicznym stała. Za wyprowadzenie osi celowej niwelatora z położenia równowagi w oczywisty sposób odpowiada energia kinetyczna, która jest wprost proporcjonalna do kwadratów amplitudy oraz częstotliwości. Im większe wartości amplitudy i częstotliwości wystąpią, tym większa energia drgań będzie przekazywana na układ statyw-niwelator.

#### 4.3. Założenia koncepcyjne badań

Istotą przeprowadzonych badań było określenie wpływu zmiennych parametrów drgań, takich jak amplituda i częstotliwość na dokładność oszacowania przemieszczeń pionowych mierzonych metodą niwelacji precyzyjnej. Na potrzeby eksperymentu stworzono pewne warunki testowe w których odbywał się pomiar. Z uwagi na złożoność problemu i zmienność charakterystyki badanych obiektów w pracach inżynierskich, projektując stanowisko pomiarowe i opracowując sposób badań poczyniono pewne założenia, które z jednej strony upraszczały aspekt zbyt wielu czynników wpływających na badany problem, a z drugiej powodowały uniwersalność uzyskanych wniosków dla różnych obiektów i warunków pomiarowych. Uwzględnienie wszystkich możliwych czynników wpływających na badany problem skutkowałoby wielokrotnym wydłużeniem czasu badań, a płynących z nich wniosków nie sposób by opisać w jednej rozprawie doktorskiej. W związku z tym, planując badania, budując obszar testowy oraz wykonując pomiary przyjęto następujące założenia:

##### 1. *Przeprowadzenie analizy parametrów drgań w wybranych zakresach*

Drgania wywołane przez maszyny, zjawiska naturalne i ruch pojazdów przyjmują zakresy częstotliwości i amplitudy w bardzo szerokich zakresach (Bernatt i inni, 2021; Stecz i Stypuła, 2013). Nie sposób zatem przeanalizować podatności instrumentów geodezyjnych we wszystkich rozpiętościach parametrów drgań. W rozprawie skupiono się na takich wartościach parametrów, które zostały zdefiniowane jako wpływające na dokładność pomiarów przez wcześniejsze badania (Gmyrek i inni, 1990; Schramm, 1986). Dodatkowym ograniczeniem była konstrukcja układu wymuszającego drgania, który został szczegółowo opisany w dalszej części rozprawy. Układ ten powodował niestabilność statywu powyżej częstotliwości 44 Hz, wobec czego przyjęto tę wartość jako górną granicę badanych częstotliwości. Wcześniejsze opracowania (Gmyrek i inni, 1990; Schramm, 1986) także wskazują niskie częstotliwości drgań (od 20 do 100 Hz) jako zakresy, przy których niwelatory wykazują silną reakcję negatywną. Przebadano częstotliwości od 0 do 44 Hz, zmieniając wartości co 2 Hz. Większy zakres badanych parametrów prowadziłby do wielokrotnego wydłużenia okresu badań. Amplituda była wartością wynikową z nałożonych drgań o danej częstotliwości i wynikała z konstrukcji generatora drgań i własności rezonansowych układu statyw-niwelator.

## 2. *Zastosowanie trzech typów niwelatorów o zróżnicowanych właściwościach*

Badania przeprowadzono dla trzech typów niwelatorów, z których każdy posiada inne właściwości. Zastosowany sprzęt to:

- precyzyjny niwelator analogowy samopoziomujący Zeiss Ni 002;
- precyzyjny niwelator analogowy libellowy Zeiss Ni 004;
- precyzyjny niwelator cyfrowy samopoziomujący Trimble DiNi 03.

Rozwinięty opis przebadanych instrumentów umieszczono w dalszej części rozprawy. Uzyskane wyniki dotyczą konkretnego modelu niwelatora, jednak intencją autora było porównanie podatności konkretnego typu sprzętu na drgania. Powszechnie w literaturze uznaje się niwelatory libellowe za bardziej odporne na drgania niż instrumenty samopoziomujące (Baran i inni, 1993; Schramm, 1982). Budowa kompensatorów stosowanych w niwelatorach samopoziomujących sprzyja z kolei przeniesieniu tych drgań na oś celową, czyniąc obraz w lunecie niestabilnym. Sprzęt cyfrowy wykonuje odczyt bez udziału obserwatora, co z jednej strony wyklucza jego subiektywizm, a z drugiej eliminuje możliwość oceny pewnych stanów pośrednich w odczytach przy drgającym obrazie, które w pewnych przypadkach mogą być odczytami najbardziej zbliżonymi do prawidłowych.

## 3. *Eliminacja wpływu czynników zewnętrznych wpływających na wyniki pomiarów*

Jak już wcześniej sygnalizowano niniejsza rozprawa jest poświęcona badaniom tylko wpływu drgań o różnych częstotliwościach i amplitudzie na dokładność pomiarów i tym samym uzyskiwanych wartości przemieszczeń pionowych, inne czynniki, które mogłyby mieć wpływ na dokładność nie są przedmiotem badań. W związku z tym należało jak najbardziej ograniczyć wpływ innych czynników wpływających na dokładność pomiaru niwelacyjnego w taki sposób, aby wnioski dotyczyły tylko wpływu występowania drgań na dokładność pomiaru. Szczegółowy sposób eliminacji wpływu innych czynników został omówiony w rozdziale 5.2.

## 4. *Generowanie drgań bezpośrednio na instrumencie*

Wcześniejsze badania prezentowanego tematu poruszały szereg aspektów, między innymi kwestię zależności odległości od wartości amplitudy (Schramm, 1986). Celem niniejszej rozprawy nie było powtórzenie tych badań, ale wykazanie wpływu konkretnych wartości par parametrów drgań (częstotliwości i amplitudy) na dokładność pomiaru. Nie analizowano

czynników wpływających na rozchodzenie się drgań w podłożu lub sposobu w jaki te drgania są przenoszone przez statyw na instrument w zależności od odległości źródła drgań. Z uwagi na unikalność każdego obiektu poddanego monitoringowi przemieszczeń, rodzaj maszyn generujących drgania, ich ustawienie, stan techniczny, rodzaj podłoża czy odległości od punktów sieci pomiarowo-kontrolnej sprawiają, że pomiar przemieszczeń dla danego obiektu może zostać wykonany z inną dokładnością. Aby uzyskać uniwersalność wniosków płynących z niniejszej rozprawy zdecydowano się badać nie parametry drgań podłoża czy źródła, ale wartości częstotliwości i amplitudy mierzonych bezpośrednio na niwelatorze. Z tego powodu generowanie drgań odbywało się bezpośrednio na statywie niwelatora, przez co wpływy rozchodzenia się fal w podłożu czy odległości instrumentu od źródła drgań nie fałszowały wyników pomiarów. Założenie takie skutkuje uzyskaniem jednakowych parametrów drgań niwelatora w dowolnym miejscu sieci pomiarowej, co przy dużej liczbie pomiarów w sieci statystycznie podnosi wiarygodność uzyskiwanych wyników. Szczegółowy opis generatora drgań znajduje się w rozdziale 4.6 niniejszej rozprawy.

##### *5. Pominięcie wpływu drgań sygnału i łaty na wyniki pomiarów*

Kolejnym ograniczeniem wprowadzonym w rozprawie jest zaniedbanie wpływu drgań na łaty i repery. Przyjęto założenie, że pomimo lokalizacji reperów w symulowanej strefie drgań, drgania te nie są nakładane na znaki i sygnały pomiarowe. Takie założenie wynika z dwóch zasadniczych kwestii. Pierwsza to trudności techniczne przy budowie generatora drgań dla łaty, który by zgadzał się w fazie i wartościach parametrów drgań niwelatora. Próba nałożenia drgań na łatę mogłaby spowodować wypaczenie uzyskanych wyników i niemożność prawidłowej oceny przyczyn uzyskania takich a nie innych rezultatów. Drugim, ważniejszym powodem dla którego zdecydowano się na taki krok jest fakt, że wcześniejsze badania wykazały minimalny udział wpływu drgań sygnału na dokładność pomiaru w porównaniu z wpływem drgań niwelatora (Schramm, 1986; Mąkolski i inni, 2008). W badaniach autora pracy wpływ ten został wobec tego całkowicie wyeliminowany przez generowanie drgań bezpośrednio tylko na instrument, a nie na łatę.

6. *Pominięcie wpływu długości nóg statywu i smukłości instrumentu na wyniki pomiarów oraz zastosowanie tego samego statywu dla wszystkich instrumentów*

Podczas pomiarów wykonywanych na potrzeby badań używano tego samego typu statywu dla wszystkich badanych instrumentów. Dzięki temu otrzymane wyniki oddają charakterystykę instrumentów i różnice między nimi, a nie są obarczone wpływem innych czynników. Zdecydowano się także wykonywać pomiary bez zmiany długości nóg statywu, eliminując w ten sposób wpływ wysokości instrumentu na wibracje instrumentu (Schramm, 1982). Rozstaw nóg statywu, także wpływający na transmisję fali z podłoża na instrument (Schramm, 1985) został dobrany w taki sposób, aby geometria nóg statywu była powtarzalna dla każdego stanowiska niwelatora w badanej sieci. Wysokość statywu została dobrana do wzrostu obserwatora, mężczyzny o przeciętnym wzroście 175 cm. Podczas badań zauważono, że zmiana długości nóg statywu może mieć wpływ na właściwości rezonansowe statywu, jednak określenie tego wpływu wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań, nie ujętych w zakresie przewidzianym dla tej rozprawy.

7. *Wykonywanie pomiarów przez jednego obserwatora*

Przez cały okres trwania badań obserwator nie zmieniał się. Podczas pracy z niwelatorami analogowymi skutkuje to pewnym subiektywizmem oceny odczytów z łaty, jednak dzięki temu możliwe jest porównanie dwóch instrumentów analogowych bez rozpatrywania wpływu zmienności obserwatora. Niwelator cyfrowy w oczywisty sposób nie wymaga oceny odczytu na łacie przez osobę wykonującą pomiar. Wprowadzenie większej liczby obserwatorów i uśrednianie wyników uzyskanych w ten sposób znacząco wydłużyłoby czas badań, a ich organizacja byłaby mocno utrudniona.

8. *Wykonywanie pomiarów wielokrotnych*

Zjawiska optyczne wywołane przez drgania instrumentu obserwowane przez obserwatora w lunecie polegają przede wszystkim na dynamicznym ruchu kreski łaty, na którą należy wprowadzić klin krzyża kresek. W przypadku takich dynamicznych zmian obrazu wywołanych drganiem lunety kolejne odczyty tej samej wielkości mogą się między sobą znacząco różnić. Poprzestanie na jednym odczycie może skutkować pewną przypadkowością, prowadzącą do nieprawidłowych wniosków dotyczących wartości samych odczytów jak i ich dokładności. Aby wyeliminować przypadkowe odczyty oraz wychwycić trend zniekształceń odczytów

spowodowanych przez drgania zdecydowano się wykonywać pomiary wielokrotne. Dla stanowisk niwelatora przy narzuconych drganiach wykonywano po 20 odczytów na łatę „wstecz” i po 20 na łatę „w przód” dla każdej pary rozpatrywanych parametrów drgań. Dodatkowo dla niwelatora cyfrowego DiNi03 wykonano pomiary w dwóch wariantach. Odczyt z łaty kodowej jest średnią z pewnej liczby pomiarów pojedynczych (Trimble Inc.). Instrument cyfrowy daje możliwość wprowadzenia liczby z jakiej obliczany jest odczyt ostateczny w postaci średniej. Producent zaleca, aby w przypadku wykonywania pomiaru w warunkach drgań zwiększać liczbę pojedynczych pomiarów (Trimble Inc.). Podczas badań przetestowano dwie konfiguracje – jedna to wykonanie 20 odczytów dla każdej z łat przy pojedynczym odczycie, druga to wykonanie 20 odczytów dla każdej z łat przy potrójnym odczycie. W dalszej części rozprawy warianty te są opisywane jako „pomiar pojedynczy” oraz „pomiar potrójny”.

#### *9. Pomiar przemieszczeń o określonych wartościach*

W niniejszej rozprawie zaproponowano innowacyjne podejście do badań zakładające, że w sieci niwelacyjnej mierzy się przemieszczenia znane. Rzeczywiste wartości przemieszczeń są z góry narzucane dzięki specjalnej konstrukcji znaku, która została omówiona w dalszej części rozprawy. Dzięki tej konstrukcji można mówić o symulowanych wartościach przemieszczeń, które zostały bezpośrednio zmierzone na znakach ze znacznie większą dokładnością niż w przypadku stosowania niwelacji precyzyjnej. Następnie wykonano szereg pomiarów sieci metodą niwelacji precyzyjnej w różnych konfiguracjach parametrów drgań, a wartości przemieszczeń uzyskane z pomiarów niwelacyjnych porównano z wartościami symulowanymi. Analizę dokładności bezpośredniego pomiaru symulowanych przemieszczeń przeprowadzono w rozdziale 4.5.3 i wynika z niej, że dokładność pomiaru bezpośredniego przemieszczeń symulowanych jest na tyle wyższa w porównaniu do dokładności uzyskiwanych w drodze niwelacji precyzyjnej, że można założyć, że są to wartości prawdziwe przemieszczeń. Przemieszczenia symulowane nie były zadawane na wszystkich znakach. Część reperów pozostało nieruchomych w celu późniejszego ich wykorzystania jako bazy odniesienia. Wartości przemieszczeń symulowanych zostały porównane z wartościami uzyskanymi metodą niwelacji precyzyjnej w różnych konfiguracjach parametrów drgań.



*10. Założenie braku naturalnych ruchów obiektów na którym zlokalizowane są znaki pomiarowe*

Kluczowym założeniem, w kontekście analizy przemieszczeń symulowanych, było przyjęcie braku naturalnych ruchów obiektu podlegającego monitoringowi. Nałożenie się przemieszczeń symulowanych i ewentualnych przemieszczeń naturalnych mocno utrudniałoby analizę problemu. Lokalizacja znaków została dobrana w taki sposób, aby znaki były narażone na naturalne ruchy obiektu w jak najmniejszym stopniu. W trakcie całego cyklu pomiarowego badano cyklicznie stałość punktów w sieci, otrzymując wyniki świadczące o możliwości pominięcia wpływu naturalnych ruchów obiektów na analizę przemieszczeń symulowanych. Analizę tego problemu opisano szerzej w rozdziale 6.5.

*11. Pominięcie analizy drgań w zakresach ich parametrów niewpływających na dokładność odczytu*

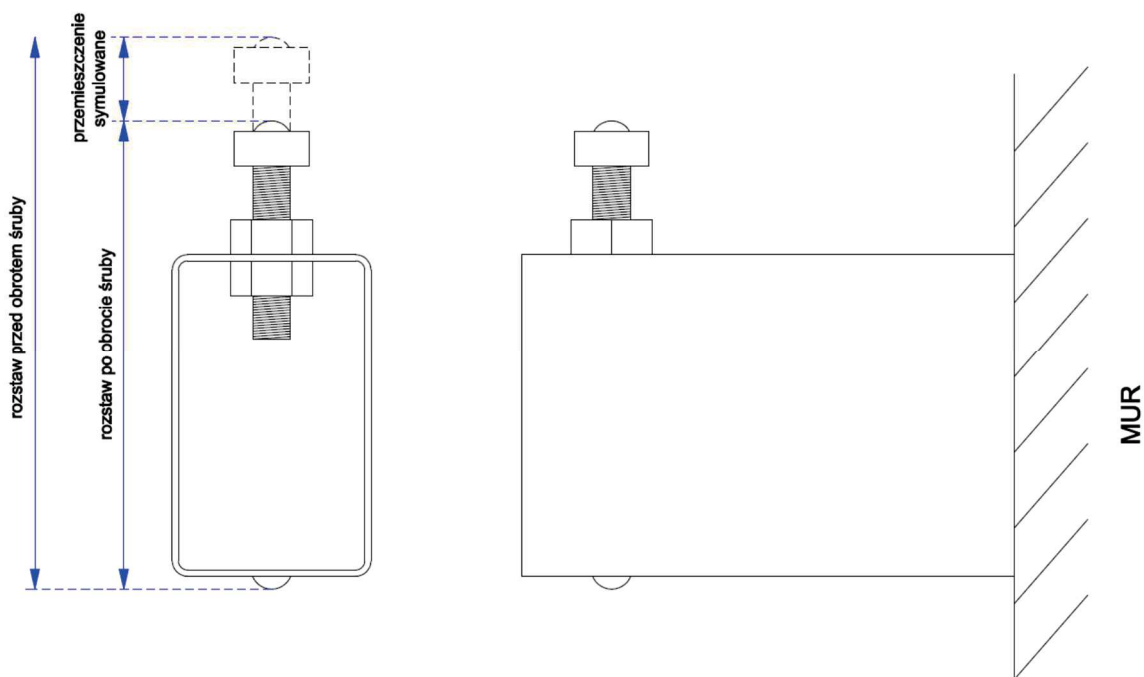
Podczas wykonywania badań zaobserwowano pewne zakresy częstotliwości drgań, przy których niwelator pozostawał całkowicie obojętny na ich wpływ. Spostrzeżenia takiego można było dokonać obserwując zachowanie instrumentu, gdzie ruch łąty w obiektywie był niezauważalny, a odchyłki odczytów od wartości uzyskanych bez drgań mieściły się w granicach nominalnych dokładności pomiaru danego typu niwelatora. Dotyczy to głównie niskich wartości częstotliwości, mieszczących się w granicach od 0 do 9 Hz. W tym przedziale badano tylko jedną częstotliwość 7 Hz. Założenie takie pozwoliło oszczędzić czas i uniknąć analizy danych niewiele wnoszących do tematu niniejszej rozprawy.

Poczynione założenia zostały wprowadzone by zredukować wpływ innych czynników determinujących dokładność określenia przemieszczeń, a także aby zoptymalizować proces pomiarowy bez uszczerbku dla wiarygodności uzyskanych wyników pomiaru. Skupiono się na badaniu wpływu samych drgań niwelatora na uzyskiwane dokładności, bez wprowadzania zmiennych w postaci czynników zbadanych i opisanych we wcześniejszych opracowaniach. Wprowadzenie znaków dla których można symulować przemieszczenia dało możliwość oszacowania rzędu wielkości przemieszczeń jakie są możliwe do wykrycia przy występowaniu drgań o konkretnych wartościach parametrów, a także pozwoliło oszacować wiarygodność poszczególnych instrumentów wykorzystywanych przy pomiarach w warunkach wstrząsów.

#### 4.4. Znaki wykorzystane do badań

##### 4.4.1. Budowa znaków pomiarowych

Na potrzeby badań zaprojektowano i wykonano znaki pomiarowe (repery) o specjalnej konstrukcji znaku ściennego, umożliwiającej zadawanie symulowanych przemieszczeń pionowych. W dalszej części rozprawy ten typ reperów jest nazywany reperami regulowanymi. Budowa takiego znaku opiera się na profilu stalowym zamkniętym o wymiarach 30x50 mm, mocowanym prostopadłe do ściany. W górną płaszczyznę profilu wkręcana jest śruba z kulistym łbem, który stanowi podstawę na której ustawiana jest łała niwelacyjna. Śruba ta jest blokowana dwiema nakrętkami, z czego jedna jest zamocowana na stałe. Na drugim biegunie, na powierzchni dolnej płaszczyzny profilu jest wprasowana kulka. Kulka na dolnej płaszczyźnie i kulisty łeb śruby znajdują się w jednej osi pionowej. Schemat budowy znaku i pomiar przemieszczenia symulowanego przedstawiony jest na ryc. 4.2.



**Ryc. 4.2.** Schemat budowy repera regulowanego (opracowanie własne)

Na ryc. 4.3 przedstawiona jest fotografia jednego z reperów w sieci niwelacyjnej. Profil jest montowany na stałe (na klej i kotwy) do elementów konstrukcyjnych budynku w którym założono stanowisko badawcze. Zadawanie przemieszczeń symulowanych polega na

wkręceniu lub wykręceniu śruby w profilu, zmieniając w ten sposób pionowy rozstaw między kulką na śrubie a kulką w dolnej płaszczyźnie profilu. Rozstaw ten można zmierzyć mikrometrem przed i po zmianie położenia śruby, a różnica zmierzonych rozstawów jest wartością symulowanego przemieszczenia pionowego. Wartości przemieszczeń symulowanych można nadawać w zakresie długości śruby (kilka cm), jednak w rozprawie wykorzystano przemieszczenia o dużo mniejszych wartościach (poniżej 1 mm). Należy zaznaczyć, że symulowane przemieszczenia nie uwzględniają naturalnych ruchów obiektu – jeśli takie wystąpią, wyniki pomiaru przemieszczeń symulowanych mogłyby być więc obciążony wpływem naturalnych ruchów pionowych obiektu. Jednak jak wspomniano wcześniej, obiekt był monitorowany pod kątem zmian pionowych i wskazano, że takie na obiekcie nie występują.



**Ryc. 4.3.** Fotografia przedstawiająca jeden z badanych reperów regulowanych (fotografia własna)

#### 4.4.2. *Pomiar przemieszczenia symulowanego*

Pomiar przemieszczenia symulowanego był realizowany cyfrowym mikrometrem zewnętrznym Insize 3109-100A o zakresie pomiaru 75-100 mm. Protokół wzorcowania instrumentu znajduje się w załączniku nr 6. Aby zadać konkretną wartość przemieszczenia pionowego zmierzono rozstaw między górnym a dolnym punktem znaku. Pomiar ten został

wykonany wielokrotnie ( $n=6$ ), w różnych ułożeniach mikrometru wokół znaku. Następnie odkręcono nakrętkę kontrującą i obrócono śrubę tak, aby rozstaw między najniższym a najwyższym punktem znaku zmienił się o nominalną wartość. Po zmianie położenia śruby i dokręceniu nakrętki znów wykonano serię pomiarów rozstawu. Jako przemieszczenie symulowane przyjęto różnicę wartości średnich rozstawów przed i po obrocie śruby. Tabela 4.1 prezentuje wartości rozstawów oraz wynikających z nich wartości przemieszczeń symulowanych dla reperów, dla których narzucono przemieszczenia symulowane w trzech epokach pomiarowych: A, B i C, między którymi rozpatrywane są przemieszczenia.

**Tab. 4.1.** Wartości rozstawów oraz wynikających z nich wartości przemieszczeń symulowanych dla reperów w trzech epokach pomiarowych: A, B i C. Gwiazdką oznaczono repery umieszczone na zewnątrz budynku

Nr pkt.	średni rozstaw A [mm]	średni rozstaw B [mm]	średni rozstaw C [mm]	przemieszczenia symulowane B-A [mm]	przemieszczenia symulowane C-A [mm]	przemieszczenia symulowane C-B [mm]
2	88,709	89,423	88,612	0,71	-0,10	-0,81
4	81,309	81,210	81,610	-0,10	0,30	0,40
6*	86,626	87,345	86,533	0,72	-0,09	-0,81
8	91,236	91,132	91,438	-0,10	0,20	0,31
9	79,705	80,004	79,511	0,30	-0,19	-0,49
10	89,467	89,277	89,868	-0,19	0,40	0,59
12*	87,241	87,050	87,542	-0,19	0,30	0,49
14*	85,241	85,340	85,044	0,10	-0,20	-0,30
16*	81,690	82,092	81,493	0,40	-0,20	-0,60

Nominalne wartości przemieszczeń symulowanych zostały dobrane a taki sposób, aby spełnione były następujące warunki:

- 8 reperów z 17 jest znakami stałymi. W przypadku ewentualnych ruchów niektórych z tych reperów, wynikających z ruchów obiektu, pozostałe muszą spełniać rolę bazy odniesienia do wyznaczania przemieszczeń;
- 5 z reperów regulowanych znajduje się wewnątrz budynku, 4 na zewnątrz. Sprawdzone tym samym czy lokalizacja stanowisk pomiarowych w mniej korzystnych warunkach zmienia dokładność wyznaczenia przemieszczeń dla tych znaków oraz zapewniono większą równomierność lokalizacji reperów. Schemat rozmieszczenia reperów w sieci został przedstawiony w załączniku 1;
- narzucone przemieszczenia symulowane przyjmują wartości bezwzględne od 0,1 do 0,8 mm, przy czym zmiana wartości przemieszczeń następuje co 0,1 mm;

- każdy reper regulowany w trzech epokach pomiarowych przyjmuje trzy rozstawy – dzięki temu na każdym punkcie regulowanym można zasymulować 3 wartości przemieszczeń jako różnice rozstawów zmierzonych dla każdej możliwej pary epok;
- zarówno w grupie reperów zlokalizowanych wewnątrz jak i wewnątrz przemieszczenia symulowane występują we wszystkich zakładanych wartościach bezwzględnych z przedziału 0,1 – 0,8 mm z większą częstością wystąpień dla przemieszczeń mniejszych (0,1 – 0,3 mm). Liczbę wystąpień poszczególnych wartości bezwzględnych przemieszczeń symulowanych prezentuje tabela 4.2;
- w jednej epoce pomiarowej wartości przemieszczeń w stosunku do epoki poprzedniej powinny być zróżnicowane, aby w trakcie wyrównania właściwie zidentyfikować grupę punktów należących do bazy odniesienia. W przypadku gdyby zbyt dużej liczbie narzucono tę samą wartość przemieszczenia, algorytm mógłby przyjąć właśnie tę grupę jako punkty odniesienia, a pozostałe wykazał jako przemieszczone.

**Tab. 4.2.** Liczba wystąpień poszczególnych wartości bezwzględnych przemieszczeń symulowanych dla analizowanej sieci w trzech epokach pomiarowych z podziałem na repery położone wewnątrz i na zewnątrz budynku

wartość bezwzględna przemieszczeń symulowanych [mm]	Liczba wystąpień danych wartości przemieszczeń w 3 epokach pomiarowych							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
grupa reperów wewnątrz	3	3	3	2	1	1	1	1
grupa reperów na zewnątrz	2	3	2	1	1	1	1	1
razem w całej sieci	5	6	5	3	2	2	2	2

#### 4.4.3. Dokładność pomiaru przemieszczenia symulowanego

Dokładność pomiaru mikrometrem Insize 3109-100A producent określa jako 3  $\mu\text{m}$ . Przeprowadzono pomiary testowe służące potwierdzeniu powyższej dokładności. Zmierzono rozstaw punktów górnego i dolnego dla wybranego repera w serii 30 pomiarów, obliczając błąd średni uzyskanej wartości średniej. Podobną procedurę przeprowadzono mierząc wzorzec nastawczy o długości 75 mm dostarczony przez producenta. Dla pomiaru na reperze uzyskano wynik 3,4  $\mu\text{m}$ , dla pomiaru wzorca 2,1  $\mu\text{m}$ . Dodatkowo, dla wzorca określono wartość średniej z 30 pomiarów, która wyniosła 75,007 mm. Różnica 7  $\mu\text{m}$  błędu systematycznego nie jest istotna przy pomiarze przemieszczenia symulowanego, ponieważ

wartość tego przemieszczenia jest określona jako różnica dwóch wartości rozstawów, przy czym jeśli każdy z rozstawów jest obarczony tym samym błędem systematycznym, błędy te redukują się przy obliczaniu różnicy. Ponieważ każdy rozstaw jest mierzony z dokładnością 3,4  $\mu\text{m}$ , średni błąd pomiaru przemieszczenia symulowanego mikrometrem można zdefiniować jako:

$$m_0^{mikr} = 0,0034\sqrt{2}\text{mm} = 0,0048\text{mm} \quad [4.10]$$

Aspektem który należy rozważyć analizując dokładność pomiaru przemieszczenia symulowanego jest błąd montażu znaków skutkujący rozbieżnością w położeniu sytuacyjnym góry i dołu znaku. Jeśli kulka na dolnej płaszczyźnie nie znajduje się w tej samej linii pionu co kulka górna, mierzony rozstaw nie jest w linii pionu. Sytuację tę obrazuje ryc. 4.4. Z przedstawionych zależności geometrycznych wynika, że jeśli oś repera zostanie wychylona o kąt  $\alpha$ , przemieszczenie symulowane zostanie błędnie zdefiniowane jako:

$$\Delta d = d_2 - d_1 \quad [4.11]$$

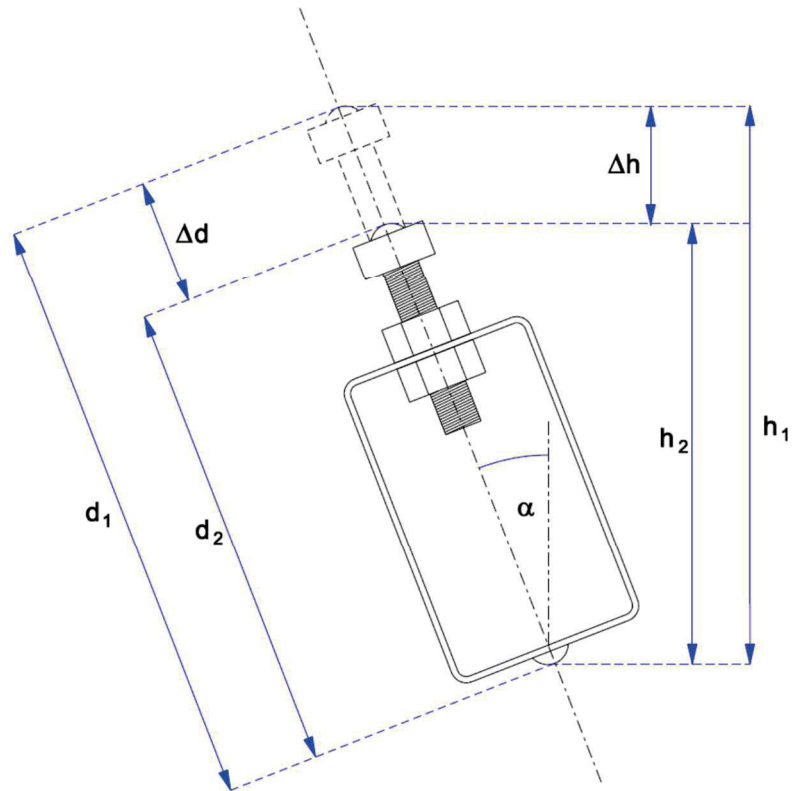
gdzie:

$\Delta d$  – zmierzone przemieszczenie symulowane obarczone wpływem niepionowości znaku;  
 $d_1$  – pomiar rozstawu między punktem dolnym i górnym znaku przed zmianą położenia śruby;  
 $d_2$  – pomiar rozstawu między punktem dolnym i górnym znaku po zmianie położenia śruby.  
 Z rysunku 4.5 wynika, że:

$$\Delta h = \Delta d \cos \alpha \quad [4.12]$$

gdzie:

$\Delta h$  – pionowe przemieszczenie symulowane nieobarczone wpływem niepionowości znaku;  
 $\alpha$  – kąt, a jaki wychylona jest oś repera od pionu (wypadkowa dwóch osi).  
 Jeśli różnica wartości  $\Delta h$  oraz  $\Delta d$  nie przekroczy wartości połowy błędu pomiaru mikrometrem, można uznać, że wpływ wychylenia osi repera od pionu jest zaniedbywalny.



**Ryc. 4.4.** Graficzne przedstawienie problemu wpływu krzywo osadzonego znaku na dokładności pomiaru przemieszczeń symulowanych (opracowanie własne)

Wobec powyższego:

$$\Delta d - \Delta h < 0,0024 \text{ mm} \quad [4.13]$$

$$\Delta d(1 - \cos\alpha) < 0,0024 \text{ mm} \quad [4.14]$$

Zakładając, że maksymalne wartości przemieszczeń symulowanych ( $\Delta d$ ) nie przekraczają 1 mm, otrzymamy:

$$\cos\alpha > 0,9976 \quad [4.15]$$

stąd:

$$\alpha < 4^\circ \quad [4.16]$$

Pomiary wykazały, że wychylenie żadnego z reperów nie przekracza powyższej wartości. W takim wypadku dokładność wyznaczenia przemieszczenia symulowanego można oszacować jako:

$$m_0^{sym.} = \sqrt{0,0048^2 + 0,0024^2} \text{ mm} = 0,0054 \text{ mm} \quad [4.17]$$

Wartość [4.17] jest o rząd wielkości mniejsza niż dokładność oszacowania przemieszczenia pionowego za pomocą niwelacji precyzyjnej, gdzie błędy średnie wyznaczenia przemieszczeń

pionowych zazwyczaj przekraczają 0,05 mm. W takim wypadku można założyć, że zmierzone wartości przemieszczeń symulowanych za pomocą mikrometru odpowiadają wartościom prawdziwym przemieszczeń, nie uwzględniają jednak naturalnych ruchów obiektu, na którym są zlokalizowane znaki pomiarowe.

#### 4.5. Miejsce wykonywania pomiarów i lokalizacja punktów kontrolowanych

Na potrzeby badań założono sieć reperów zlokalizowanych w hali laboratorium Wydziału Budownictwa i Inżynierii środowiska ZUT oraz w jej najbliższym otoczeniu. Szczegółową lokalizację reperów przedstawia załącznik 1. Szkic ten, oprócz informacji o położeniu znaku zawiera informację o jego rodzaju oraz sposobie stabilizacji. Repery o numerach 1 – 5 oraz 7 – 10 zlokalizowane są wewnątrz hali, znaki o numerach 6, 11 – 17 znajdują się na zewnątrz. Szczegółowe cechy znaków prezentuje tabela 4.3. Znaki wewnętrzne zostały zamontowane w słupach nośnych hali, z wyjątkiem punktów 1 oraz 7. Pomimo iż repery nr 3 i 5 mają możliwość regulacji, nie zostały one ostatecznie wykorzystane do symulowania przemieszczeń. Repery te pozostawiono bez zmian rozstawu we wszystkich trzech epokach pomiarowych z uwagi konieczność pozostawienia bezpiecznej liczby reperów stałych do identyfikacji bazy odniesienia, o czym wspomniano w rozdziale 4.4.9.

W obszarze hali laboratorium wyznaczono strefę drgań symulowanych. W strefie tej każde stanowisko niwelatora było poddane drganiom, które nakładano bezpośrednio na niwelator. Drgania te, zgodnie z założeniami opisanymi w rozdziale 4.4.4, zostały dobrane tak, aby ich parametry były identyczne dla wszystkich stanowisk niwelatora znajdujących się w strefie. Obszar ten zobrazowano na szkicu w załączniku 2, który przedstawia lokalizację znaków, wyznaczoną strefę drgań oraz mierzone przewyższenia między reperami z podziałem na przewyższenia mierzone w strefie drgań i poza nią. W strefie drgań znalazło się 13 stanowisk niwelatora oraz repery nr 1, 2, 8, 9 i 10. Szczegółowy opis pomiaru sieci oraz wskazanie par reperów między którymi mierzono przewyższenie zamieszczono w rozdziale 5.4 niniejszej rozprawy.



**Tab. 4.3.** Charakterystyka reperów w sieci badawczej

Nr	regulacja	lokalizacja	rodzaj stabilizacji	montaż do
1	nie	wewnętrzny	reper ścienny z kulką	ściana działowa
2	tak	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
3	nie	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
4	tak	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
5	nie	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
6	tak	zewnątrzny	wg schematu z ryc. 4.2	ściana zewnętrzna
7	nie	wewnętrzny	śruba z kulką na łbie	płyta podłogowa
8	tak	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
9	tak	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
10	tak	wewnętrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
11	nie	zewnątrzny	reper ścienny z kulką	słup nośny
12	tak	zewnątrzny	wg schematu z ryc. 4.2	słup nośny
13	nie	zewnątrzny	śruba montażowa słupa ogrodzenia	mur oporowy
14	tak	zewnątrzny	wg schematu z ryc. 4.2	mur oporowy
15	nie	zewnątrzny	śruba z łbem grzybkowym	posadzka betonowa
16	tak	zewnątrzny	wg schematu z ryc. 4.2	ściana zewnętrzna
17	nie	zewnątrzny	śruba z łbem grzybkowym	posadzka betonowa

Ryc. 4.5 i 4.6 przedstawiają fotografie reperów, których budowa znaku różni się od schematu przedstawionego na ryc. 4.2.



**Ryc. 4.5.** Fotografie reperów nr (od lewej): 1, 7, 11 (fotografia własna)



**Ryc. 4.6.** Fotografie reperów nr (od lewej): 13, 15, 17 (fotografia własna)

#### 4.6. Generator drgań

Symulowane drgania zostały nałożone bezpośrednio na układ statyw-niwelator, tak jak opisano w rozdziale 4.3. Takie podejście spowodowane było tym, że pierwsze próby generowania drgań bezpośrednio na posadzce hali zakończyły się niepowodzeniem. W początkowych fazach budowy stanowiska pomiarowego do posadzki hali zamontowano silnik o mocy 3 kW z mimośrodowo zamontowaną masą (około 1 kg), jednak jego praca stanowiła zagrożenie dla osób i mienia znajdujących się w najbliższym otoczeniu, a generowane drgania nie okazały się być na tyle duże, aby wymiennie wpływać na pracę instrumentów geodezyjnych. Innym powodem dla którego zaniechano dalszych prób generowania drgań bezpośrednio na posadzce był brak uniwersalności takiego stanowiska. Wyniki płynące z badań przeprowadzonych w warunkach punktowego źródła drgań byłyby właściwe tylko dla tego konkretnego obiektu. Nałożenie drgań bezpośrednio na układ statyw-niwelator pozwoliło uzyskać te same parametry drgań niwelatora dla wszystkich jego stanowisk znajdujących się w symulowanej strefie wibracji. Ostatecznie, aby wygenerować drgania bezpośrednio na instrumencie posłużono się generatorem wykorzystanym w opisanych wcześniej badaniach (Kurnatowski, 2018). Sposób montażu generatora drgań na statywie obrazuje ryc. 4.7. Na jednej z nóg statywu zamontowano silnik modelarski o mocy około 80 W z masą mimośrodowo zamontowaną na jego osi. Wymiary silnika, jego moc i masa ciężarka były wielokrotnie mniejsze niż w przypadku montażu silnika na posadzce. Masa ciężarków montowanych mimośrodowo na osi silnika wynosiła odpowiednio 4g, 8g i 12 g. Ich

budowę obrazuje ryc. 4.8. We wszystkich trzech przypadkach średnica aluminiowego krążka wynosi 25 mm a mimośród 5 mm. Oś silnika została ustawiona w poziomie, prostopadle do nogi statywu. Obracająca się masa wzbudzała drgania nogi statywu do której był zamontowany silnik, te z kolei przenosiły się dalej na obudowę niwelatorów i ich układy optyczne.

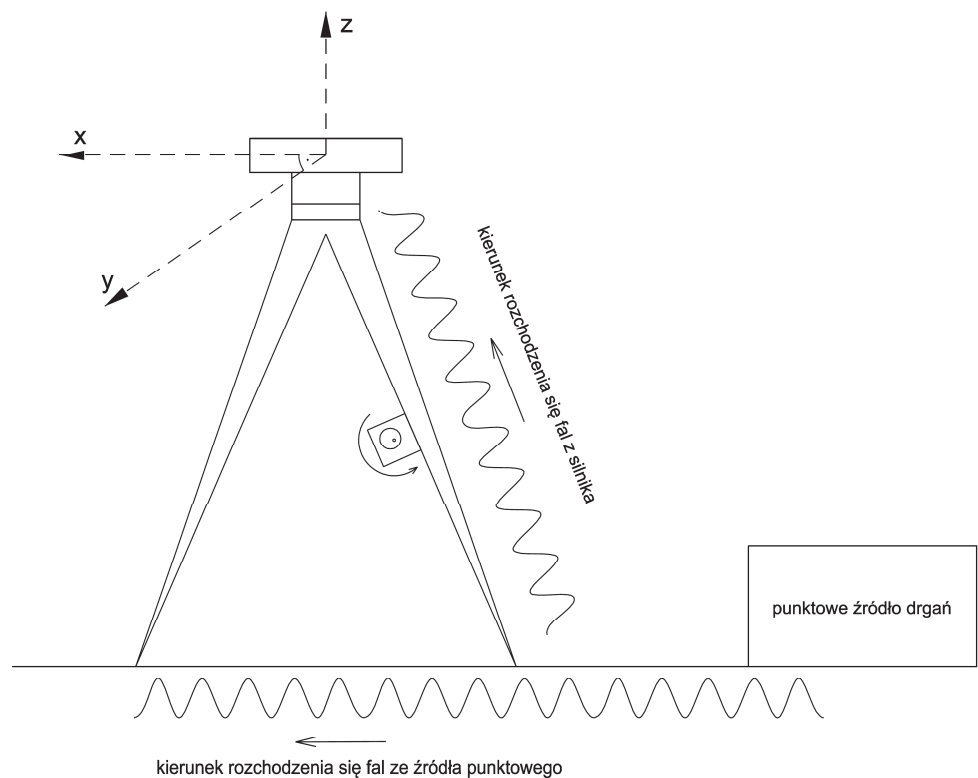


**Ryc. 4.7.** Statyw instrumentu z silnikiem wymuszającym drgania (fotografia własna)



**Ryc. 4.8.** Aluminiowe ciężarki z mocowaniem mimośrodowym użyte do generowania drgań, od lewej: 4 g, 8 g i 12 g (fotografia własna)

Taki sposób generowania drgań ma jednak pewne ograniczenia. Model symulowanych wibracji nie do końca odpowiada warunkom jakie występują w rzeczywistych obiektach objętych monitoringiem. W obu przypadkach drgania są kierunkowe, jednak w przypadku maszyn i innych punktowych źródeł drgań znajdujących się w strefie wykonywania pomiarów, fale te rozchodzą się w posadzce w kierunku poziomym, podczas gdy kierunek drgań generowanych przez silnik na nodze statywu jest skierowany równoległe do tej nogi. Sytuację tą obrazuje ryc. 4.9.



**Ryc. 4.9.** Kierunki rozchodzenia się fal w warunkach rzeczywistych i symulowanych (opracowanie własne)

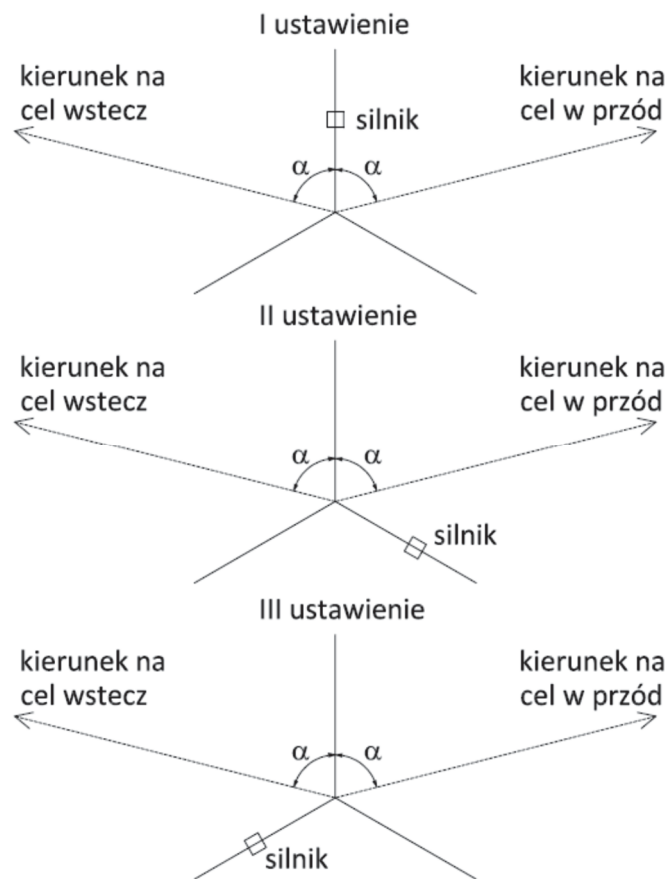
W takim wypadku drgania generowane przez silnik modelują rzeczywiste drgania pochodzące z punkowego źródła znajdującego się na kierunku wyznaczonym przez nogę statywu z silnikiem. Kierunki drgań generowanych przez silnik oraz potencjalne punktowe źródło drgań zawierałyby się w tej samej płaszczyźnie pionowej, jednak z uwagi na różne nachylenia kierunków drgań w tej płaszczyźnie, składowe wychyleń w osiach  $x$  oraz  $z$  dla drgań symulowanych i rzeczywistych mogą się różnić, w zależności od długości fali i wartości amplitudy. Kolejnym uproszczeniem jest fakt, że przy symulowanych drganiach pobudzana jest tylko jedna noga statywu, podczas gdy przy rzeczywistych drganiach wzbudzone by były

wszystkie trzy, w różnych fazach w zależności od kierunku rozchodzenia się drgań od źródła (Schramm, 1985). Teoretycznie rozwiązaniem tego problemu mogłoby być zamontowanie dwóch dodatkowych silników na dwóch pozostałych nogach statywu. Byłoby to jednak rozwiązanie niebezpieczne, z uwagi na ryzyko wystąpienia interferencji fal pochodzących z trzech różnych źródeł, co w konsekwencji mogłoby prowadzić do zjawiska dudnienia w przypadku braku dokładnego zsynchronizowania faz wszystkich trzech silników. W przypadku wystąpienia dudnienia prawidłowy pomiar parametrów drgań byłby niemożliwy. Montaż trzech silników na trzech nogach nie modelowałby także kierunkowego charakteru drgań pochodzących z innych, rzeczywistych źródeł. Drgania generowane niezależnie przez trzy silniki ustawione osiowo w trzech różnych kierunkach symulowałyby ustawienie statywu bezpośrednio nad punktowym źródłem drgań, co w praktyce inżynierskiej jest mało prawdopodobne. Ostatecznie drgania nogi statywu przenoszone są na układy optyczne niwelatora, a to właśnie drgania tych elementów są odpowiedzialne za obniżenie dokładności odczytów, dlatego kwestia czy są one generowane przez jedną nogę czy przez trzy nie wydaje się mieć większego znaczenia.

Zaobserwowano, że drgania generowane przez silnik charakteryzują się największym wychyleniem nogi statywu ze stanu równowagi w miejscu montażu silnika, im bliżej niwelatora, tym wychylenia są mniejsze. Amplituda drgań generowanych w ten sposób jest zmienna w zależności od odległości od źródła drgań, długości nogi statywu, rodzaju niwelatora i częstotliwości rezonansowych. Wcześniejsze badania potwierdziły natomiast, że częstotliwość drgań jest identyczna na źródle jak i na niwelatorze (Kurnatowski, 2018). Daje to możliwość wymuszenia dla niwelatora drgań o zadanej częstotliwości poprzez ustawienie odpowiedniej liczby obrotów silnika. Zwiększenie liczby obrotów na minutę o 60 skutkuje wzrostem częstotliwości wymuszonych drgań o 1 Hz. Regulacja liczby obrotów silnika odbywała się potencjometrem z dokładnością około 0,2 Hz (12 obr/min). Z pary rozpatrywanych parametrów, częstotliwości i amplitudy, to właśnie częstotliwość była parametrem o wartościach możliwych do zasymulowania. Wartość amplitudy drgań była wtórna – wynikała z własności rezonansowych układu statyw-niwelator oraz z masy mimośrodowo zamocowanego ciężarka. Zastosowanie trzech ciężarków o różnej masie miało na celu zróżnicowanie wartości amplitudy drgań dla tych samych wartości częstotliwości. Właściwości rezonansowe układu okazały się podobne dla wszystkich badanych typów niwelatorów – gwałtowny wzrost wychyleń ze stanu równowagi obserwowano dla wszystkich

niwelatorów w tych samych zakresach częstotliwości. Warto zaznaczyć, że długości nóg statywu nie były zmieniane dla żadnego z niwelatorów, przez cały okres trwania badań były tej samej długości. Istnieje podejrzenie, że długość i sztywność nóg statywu może mieć wpływ na właściwości rezonansowe układu, jednak jest to temat, który będzie rozwijany w przyszłych badaniach.

Wadą tej metody wzbudzania drgań jest także zakres ich częstotliwości jakie można nadać układowi. We wszystkich przypadkach vibracje o częstotliwości większych niż 45 Hz powodowały przesunięcie nogi statywu po podłożu, wobec czego jakikolwiek pomiar w tych warunkach był niemożliwy.



**Ryc. 4.10.** Ustawienie nóg statywu względem osi celowych na stanowiskach leżących w strefie drgań (opracowanie własne)

W wyniku przeprowadzonych badań literaturowych oraz wielokrotnych symulacji w warunkach rzeczywistych, autor wyraża opinię, że wyżej wymienione niedoskonałości modelu statyw-niwelator nie stanowią przeszkód w prowadzeniu badań z jego wykorzystaniem, a generator dobrze modeluje rzeczywiste warunki jakie mogą wystąpić przy

pracach inżynierskich. Aby kierunkowość drgań ani niesymetryczność położenia generatora nie wpływały negatywnie na uzyskiwane wyniki, prace pomiarowe wykonywano w trzech ustawieniach statywu względem kierunku osi celowych. Na każdym stanowisku niwelatora w strefie drgań pomiar przewyższenia był realizowany w trzech konfiguracjach nóg statywu, zgodnie ze schematem przedstawionym na ryc. 4.10. Ponadto, dla każdego ustawienia I, II i III mierzono wychylenia niwelatora ze stanu równowagi w trzech osiach – wzdłuż osi celowej ( $x$ ), prostopadle do osi celowej w płaszczyźnie poziomej ( $y$ ) i wzdłuż pionu ( $z$ ). W tych osiach, zgodnie z ryc. 4.9 rozkładają się składowe drgań rozchodzących się po kierunku wyznaczonym przez nogę statywu z zamontowanym generatorem.

## 5. Metodologia prac pomiarowych

### 5.1. Teoria geometrycznej niwelacji precyzyjnej

Niwelacja precyzyjna jako metoda wyznaczania wysokości opiera swoją teorię na potencjale grawitacyjnym Ziemi. Wysokości nie są definiowane jako wielkości geometryczne, lecz jako wielkości fizyczne, uzależnione od różnicy potencjałów siły ciężkości oraz wartości przyspieszenia tej siły (Baran i inni, 1993). Pomiary wartości przyspieszenia siły ciężkości jak i potencjału grawitacyjnego Ziemi nie są przedmiotem rozważań ujętych w niniejszej rozprawie, dlatego ta tematyka została pominięta. W opracowaniu skupiono się bardziej na aspektach praktycznych wykonywania pomiarów niwelacyjnych, które decydują o uzyskiwanych dokładnościach pomiaru wysokości. Aby zapewnić dokładność charakterystyczną dla niwelacji precyzyjnej należy stosować podstawowe zasady obserwacji niwelacyjnych. Przestrzeganie tych zasad jest szczególnie istotne dla oceny wpływu drgań na dokładność niwelacji, ponieważ należy wyeliminować lub maksymalnie ograniczyć oddziaływanie innych czynników niż drgania na wyniki pomiarów, aby wymierny wpływ różnych czynników się nie sumował w sposób istotnie rzutujący na wyniki badań.

### 5.2. Eliminacja wpływów innych czynników niż badane

Polska i światowa literatura (Baran i inni, 1993; Mąkolski i inni, 2008; Margański, 1999; Beshr i Elanga, 2012) określa czynniki determinujące dokładność pomiaru, niezależne od zastosowanego sprzętu. Zasady dotyczące pomiarów sieci niwelacyjnych zostały opracowane w celu eliminacji wpływu opisywanych czynników na pomiar niwelacyjny. W badaniach nad wpływem drgań na dokładność wyznaczania przemieszczeń pionowych eliminacja lub marginalizacja wszystkich innych czynników wpływających na pomiar jest o tyle istotna, że oszacowana zmiana dokładności przy wymuszonych drganiach musi być skutkiem występowania drgań, a nie innych czynników. Podczas badań zwracano szczególną uwagę, aby zredukować bądź wyeliminować wpływ tych czynników.

#### 5.2.1. Refrakcja

Refrakcja jest zjawiskiem załamania się promienia światła przy przejściu przez ośrodki o różnej gęstości (Baran i inni, 1993). W niwelacji precyzyjnej zjawisko to jest o tyle groźne, że w



przypadku jej wystąpienia obserwator odczytuje błędny odczyt z łąty, ponieważ promień pokrywający się z osią celową wykrzywia się w wyniku działania refrakcji. Wpływ refrakcji na pomiar przewyższenia jest wprost proporcjonalny do różnicy długości celowych do łąty „wstecz” i „w przód” (Baran i inni, 1993). Przy równych długościach celowych wpływ ten jest zerowy, pod warunkiem, że warunki dla celowej „wstecz” są takie same jak dla celowej „w przód”. Aby wyeliminować wpływ refrakcji dla pomiarów badanej sieci wyznaczano stanowiska niwelatora w równych odległościach od stanowisk łąt, tak aby różnica długości nie przekraczała 0,2 m. Jest to kryterium surowsze niż podaje literatura (0,4 m – Baran i inni, 1993). Ponadto, pomiar przy wymuszonych drganiach odbywał się w każdym przypadku w hali, gdzie warunki były identyczne w każdym jej miejscu. Problem pojawiał się przy pomiarze przewyższeń między reperami wewnętrznymi a zewnętrznymi, zwłaszcza przy znacznej różnicy temperatur między halą obszarem poza nią. Aby zminimalizować wpływ refrakcji stanowiska łąt były lokalizowane na granicy ośrodków, przy wejściach do budynku. Dla stanowisk wewnątrz budynku wejścia były zamknięte, tak aby celowa do łąty znajdującej się przy wejściu przechodziła w warunkach właściwych dla hali. Pomiar na kolejnym stanowisku na zewnątrz odbywał się przy otwartym wejściu, po uprzednim odczekaniu aby łąta przy wejściu zaadoptowała się do warunków zewnętrznych. Dla wszystkich stanowisk niwelatora wyznaczono poprawki do przewyższeń z uwagi na refrakcję (Dimitrov i inni, 2020):

$$R = -2 \times 10^{-6} A (S/50)^2 \Delta t \Delta h \quad [5.1]$$

gdzie:

$R$  – poprawka do przewyższenia z tytułu refrakcji;

$A$  – stały współczynnik;

$S$  – długość celowej (m);

$\Delta t$  – różnica temperatur na dwóch wysokościach osi celowej dla łąty „wstecz” i „w przód” (°C);

$\Delta h$  – przewyższenie między punktami (m).

Przyjmując  $A = 70$  (Dimitrov i inni, 2020), otrzymane poprawki do przewyższeń z tytułu refrakcji nie przekraczały dokładności odczytu pomiaru (0,01 mm), głównie z tytułu płaskiego terenu oraz zbliżonych warunków termicznych. Stanowiska o dużej różnicy poziomów łąt

(powyżej 1 m) występowały w sieci sporadycznie, w dodatku dla krótkich celowych. Z kolei stanowiska o długich celowych (ok. 20 m) charakteryzowały się niewielkim przewyższeniem między stanowiskami łąt. Reasumując, z uwagi na równe odległości niwelatora od łąt oraz zbliżone warunki termiczne, wpływ refrakcji na pomiary przewyższeń w sieci był zanedbywalny, ponieważ wartości poprawek były mniejsze niż dokładność pomiaru pojedynczego przewyższenia.

### 5.2.2. *Nierównomierne osiadanie stanowisk niwelatora i łąt*

W trakcie pomiaru na stanowisku mogą wystąpić pionowe ruchy instrumentu oraz łąt, które osiadają pod swoim ciężarem, lub wypiętrzają się, gdy nogi statywu są zbyt mocno wbite w grunt. Aby zminimalizować negatywny wpływ tego zjawiska zaleca się stosowanie zasady dwukrotnego pomiaru odcinka, w przeciwnych kierunkach, a także najlepiej w różnych dniach i różnych porach dnia (Baran i inni, 1993). Średnia z pomiarów w kierunku głównym i powrotnym jest wolna od wpływu tych błędów. Z uwagi na dużą liczbę obserwacji nie zdecydowano się stosować do tej zasady. Aby uniknąć błędów wskutek występowania osiadania stanowisk niwelatora i łąt wprowadzono trwałą stabilizację dla wszystkich stanowisk łąt niebędących reperami. Ponadto, wszystkie stanowiska niwelatora wyznaczono na gruncie utwardzonym. Pomiary przy wymuszonych drganiach trwały na tyle długo, że niwelator miał wystarczająco dużo czasu aby ustabilizować swoją pozycję. Stałość pozycji niwelatora była potwierdzana kontrolnymi odczytami z łąty na początku i na końcu pomiarów na danym stanowisku.

### 5.2.3. *Błąd quasihoryzontu i różnice długości celowych*

Błąd quasihoryzontu to kąt między osią celową niwelatora a płaszczyzną poziomą. Zazwyczaj kąt ten nie przekracza wartości 5" (Baran i inni, 1993), co dla różnicy długości celowych na stanowisku wynoszącej 0,4 m skutkuje błędem 0,01 mm dla określenia przewyższenia dla danego stanowiska. Kąt ten zmienia się wraz ze zmianą temperatury otoczenia, dlatego przy przenoszeniu niwelatora na stanowisko o innej temperaturze otoczenia stosowano zasadę, że czas potrzebny do adaptacji niwelatora do nowych warunków powinien wynosić:

$$t \geq 4\Delta T \quad [5.2]$$

gdzie:

$t$  – czas potrzebny do adaptacji niwelatora do nowych warunków termicznych (min);

$\Delta T$  – różnica temperatur między kolejnymi stanowiskami niwelatora ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Ważną czynnością w trakcie trwania kampanii pomiarowych była kontrola poziomości quasihoryzontu dla niwelatorów automatycznych oraz równoległości osi celowej do osi libelli dla niwelatora Ni004 (libellowego). Kontrole te przeprowadzano raz w miesiącu i w ciągu trwania kampanii pomiarowych ani razu nie wystąpiła potrzeba rektyfikacji sprzętu. Ponadto, jak wspomniano w rozdziale 5.2.1, dopuszczalna różnica długości celowych wynosiła 0,2 m dla wszystkich stanowisk w sieci. Spełnienie warunku równości długości celowych „wstecz” i „w przód” redukuje wpływ błędów wynikających z braku poziomości osi celowej. Długości celowych do celów wyznaczenia stanowiska były mierzone dalmierzem ręcznym Leica disto. Raz wyznaczona pozycja niwelatora była markowana farbą i wszystkie kolejne pomiary odbywały się z tego samego miejsca.

#### 5.2.4. *Różnica zera łąt*

Błąd wynikający z niejednakowej odległości stopek łąt od początku podziału został wyeliminowany przez zastosowanie tylko jednej łąty, zarówno dla pomiarów niwelatorami analogowymi, jak i niwelatorem cyfrowym. Ponieważ błąd zera stopki łąty jest identyczny dla łąty „wstecz” i łąty „w przód”, wpływ tego błędu jest redukowany przy obliczaniu przewyższenia jako różnicy odczytów.

#### 5.2.5. *Poprawka termiczna*

Ponieważ pomiar jest wykonywany w różnych temperaturach, występuje zjawisko rozszerzalności termicznej materiałów, z których wykonana jest łąta. Zjawisko to dotyczy obudowy, taśmy inwarowej, sprężyny naciągającej taśmę i inne elementy (Baran i inni, 1993). Ponieważ określenie rzeczywistej długości łąty (komparacja łąty) odbywa się w określonej temperaturze, w przypadku pomiarów w innej temperaturze niż temperatura komparacji, należy wprowadzić poprawkę z tytułu różnic temperatur (Baran i inni, 1993):

$$p_t = \Delta H \times \alpha_{sr}(t - t_0) \quad [5.3]$$

gdzie:

$p_t$  – poprawka termiczna do przewyższenia;

$\alpha_{sr}$  – współczynnik rozszerzalności łąty;

$t$  – średnia temperatura w czasie pomiaru ( $^{\circ}\text{C}$ );

$t_0$  – temperatura w czasie komparacji ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Dla wszystkich pomierzonych przewyższeń obliczono poprawkę termiczną. Przyjęto wartość współczynnika  $\alpha_{sr} = 2,0 \times 10^{-6} \text{ m/1m/1}^{\circ}\text{C}$ , jako wartość średnią wartości granicznych tego współczynnika podawanych przez literaturę (Baran i inni, 1993). Ponieważ temperatura w hali oscylowała blisko wartości temperatury komparacji ( $20^{\circ}\text{C}$ ), poprawki termiczne dla przewyższeń zmierzonych wewnątrz hali przyjmowały wartości poniżej wartości błędu odczytu. Temperaturę łąt mierzono bezdotykowym termometrem na podczerwień z dokładnością  $1^{\circ}\text{C}$ .

#### 5.2.6. *Ustawienie nóg statywu*

W celu zapobiegania wystąpienia wpływu wychylenia instrumentu na skutek ugięcia gruntu pod ciężarem obserwatora zlokalizowano wszystkie stanowiska niwelatora na gruncie utwardzonym. Nie było konieczne przestrzeganie zasady zalecającej ustawienie nóg w taki sposób, aby na kolejnych stanowiskach była raz z prawej, raz z lewej strony linii pomiaru (Baran i inni, 1993). W strefie drgań, gdzie mierzono przewyższenia z wymuszonymi drganiami, ustawiano statyw w trzech ustawieniach nóg, zgodnie z ryc. 4.11. W przypadku niwelatora cyfrowego oddalano się od niwelatora w trakcie, gdy pomiar był wykonywany automatycznie. W przypadku pomiaru niwelatorem Ni002 obserwację wykonywano z jednego miejsca, dzięki zastosowaniu obrotowego okularu.

#### 5.2.7. *Stała wysokość nóg statywu*

Przyjęcie stałej długości nóg statywu, tak jak zostało wspomniane w rozdziale 4.4.6, pozwoliło na wyeliminowanie wpływu wysokości statywu na przenoszenie się drgań na układ optyczny niwelatora. Wcześniejsze badania (Schramm, 1986) wykazały że długość nóg statywu nie ma wpływu na odczyt na łącie. Jednak w przypadku zastosowania generatora drgań

montowanego na nodze statywu, tak jak opisano w rozdziale 4.7, zmiana długości nóg statywu może mieć wpływ na zmianę właściwości rezonansowych układu statyw-niwelator. Rezygnacja z możliwości regulacji długości nóg eliminuje całkowicie ewentualny wpływ smukłości, wysokości oraz sztywności statywu na przenoszenie się drgań. Wysokość nóg została dobrana dla mężczyzny przeciętnego wzrostu (1,75 m), z uwzględnieniem wysokości samych niwelatorów. Długość nóg została dopasowana do niwelatora Ni002, który z uwagi na swoją na konstrukcję ma najwyżej położony okular z wszystkich analizowanych modeli.

#### 5.2.8. *Parcie wiatru*

Pomiar metodą niwelacji precyzyjnej powinien być wykonywany w warunkach bezwietrznych. Parcie wiatru powoduje wzbudzenie kompensatora, co skutkuje występowaniem przypadkowych drgań układu optycznego. W skrajnych przypadkach wiatr powoduje wychylenie niwelatora i łąt ze stanu równowagi. Na potrzeby badań pomiary były wykonywane w warunkach bezwietrznych, co wewnątrz hali było standardem, na zewnątrz zaś harmonogram pomiarów był uzależniony od pogody i warunków wietrznych. Nie planowano pomiarów w przypadku gdy prognozy przewidywały prędkość wiatru większą niż 2 m/s, a w przypadku wystąpienia chwilowych podmuchów wpływających na stabilność osi celowej (obserwowalnej w okularze i na podstawie rozrzutu odczytów), przerywano pomiary do momentu uspokojenia się warunków.

#### 5.2.9. *Nierównomierne oświetlenie łąt*

Zarówno literatura (Ćmielewski i Kuchmister, 1999; Mąkolski i inni, 2008; Beshr i Elanga, 2012), jak i praktyka inżynierska potwierdza występowanie wpływu oświetlenia łąty na dokładność odczytu. Aby oświetlenie nie oddziaływało niekorzystnie na dokładność pomiaru, natężenie światła nie może być ani za małe ani za duże, aby refleksy nie powodowały zniekształceń odczytu (Ćmielewski i Kuchmister, 1999). Oświetlenie łąty powinno być też równomierne, w innym przypadku instrumenty cyfrowe mogą nie wykonać pomiaru. Powinno unikać się wykonywania pomiaru w pełnym słońcu (Beshr i Elanga, 2012), zarówno z powodu obniżenia dokładności, jak i silniejszej refrakcji. Jeśli chodzi o natężenie światła naturalnego, wcześniejsze pomiary nie odnotowały zjawiska spadku dokładności dla instrumentów cyfrowych (Mąkolski i inni, 2008), jednak miało to miejsce przy sztucznym świetle. Niskie

natężenie światła, zarówno sztucznego jak i naturalnego wpływa niekorzystnie na dokładność odczytów niwelatorami analogowymi. Brak możliwości dokładnego dostrzeżenia klina tworzącego się między kreskami łąty a klinem krzyża kresek obniża dokładność odczytów. Aby wyeliminować wpływ oświetlenia na dokładność pomiaru trzymano się poniższych zasad:

- pomiary zewnętrzne były wykonywane w warunkach zacienionych, pora dnia była dobierana w taki sposób, aby promienie słoneczne nie dochodziły do stanowiska niwelatora i łąty, lub mierzono w pochmurne dni;
- pomiary w hali były wykonywane o jednakowej porze dnia, gdy promienie słoneczne nie padają na okna hali;
- oświetlenie hali zawsze było takie samo – włączone oświetlenie górne hali, w porach wieczornych dodatkowo uruchamiano oświetlenie kierunkowe na łątę – reflektor z żarówką 100 W, ustawiony około 5 m od łąty.

#### 5.2.10. *Drgania*

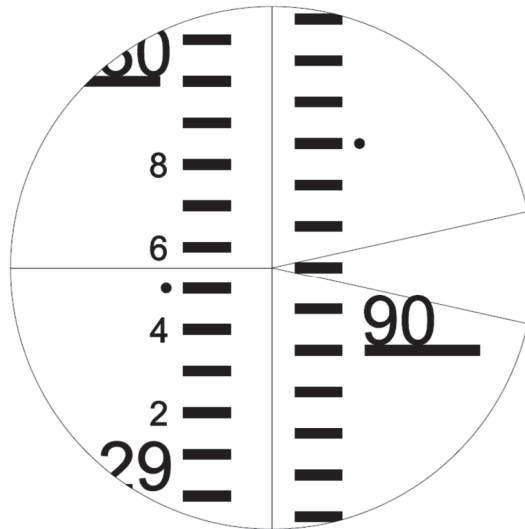
Pomimo faktu, że to właśnie wpływ drgań jest badany w niniejszej rozprawie, przypadkowe drgania pochodzące z innych źródeł niż generator nie były pożądane. Zwielokrotnienie źródeł drgań mogło prowadzić do interferencji fal, a w konsekwencji do niewłaściwego wnioskowania na temat wpływu drgań na zachowania niwelatorów. Aby uniknąć drgań przypadkowych, należało unikać wykonywania odczytów, gdy ulicą przylegającą do budynku laboratorium przyjeżdżały pojazdy, lub gdy w hali były prowadzone prace z wykorzystaniem maszyn generujących wibracje. Zjawiska takie były raczej krótkotrwałe i często oczekanie aż niepożądane źródła zanikną było wystarczające.

#### 5.3. Opis wykorzystanych instrumentów

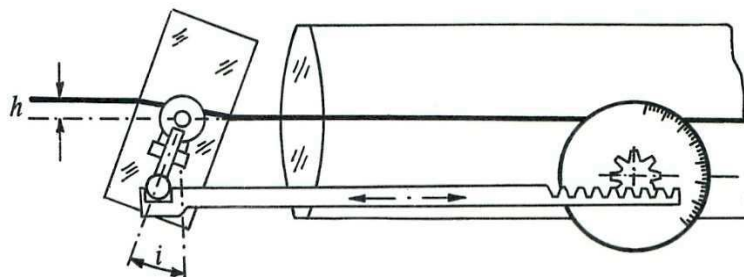
Tak jak opisano w rozdziale 4.4.2, do badań wykorzystano trzy typy niwelatorów o zróżnicowanej charakterystyce. Intencją autora było dobranie jednych z najdokładniejszych modeli w swojej klasie. Zastosowano niwelator samopoziomujący analogowy Zeiss Ni 002, niwelator libellowy analogowy Ni 004 oraz niwelator samopoziomujący cyfrowy Trimble DiNi 03.

Zasadniczą różnicą między niwelatorami analogowymi a cyfrowymi jest sposób odczytu z łąty. Do niwelatorów analogowych wykorzystuje się łąty precyzyjne o dwóch, przesuniętych

względem siebie podziałach (głównym i pomocniczym), z naniesionymi poziomymi kreskami co 0,5 cm lub co 1 cm. Odczytu dokonuje się wpasowując jedną z kresek w klin krzyża nitek w sposób koincydencyjny, przedstawiony na ryc. 5.1.



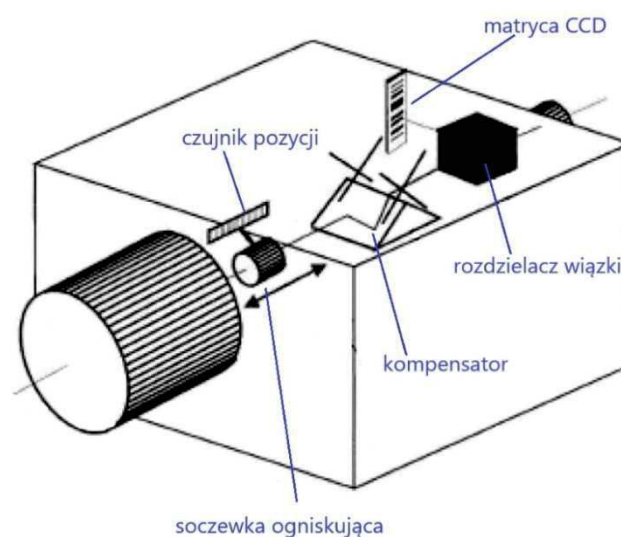
**Ryc. 5.1.** Koincydencyjny sposób celowania na łaty niwelatorem analogowym (opracowanie własne)



**Ryc. 5.2.** Schemat mikrometru (Deumlich, 1980)

Koincydencyjny sposób celowania jest znacznie dokładniejszy niż bisekcyjny, stosowany w niwelatorach technicznych. Kreska łaty jest wpasowana w krzyż kresek, gdy wierzchołki dwóch klinów powstałych w wyniku przecięcia skośnych nitek krzyża z kreską łaty (poniżej i powyżej kreski) są osi pionowej. Nieznaczna zmiana wysokości osi celowej skutkuje dużą rozbieżnością w poziomym położeniu wierzchołków klinów. Dokładne wprowadzenie kreski łaty w krzyż kresek jest możliwe dzięki zastosowaniu mikrometru, urządzeniu, dzięki któremu można przesunąć równoległe oś celową bez przestawiania niwelatora i jednocześnie zmierzyć to przesunięcie. Dzięki temu odczyt z łaty jest sumą wartości wynikającej z odległości kreski łaty od stopki łaty oraz przesunięcia osi celowej zmierzonego przez mikrometr. Schemat

działania mikrometru przedstawiono na ryc. 5.2. Mikrometry i koincydencyjny sposób celowania dotyczy zarówno analogowych niwelatorów samopoziomujących jak i libellowych. Niwelatory cyfrowe nie wykorzystują mikrometrów, a łąty nie mają naniesionego klasycznego podziału. Podział jest naniesiony w postaci kodu kreskowego, niepowtarzalnego dla całej długości łąty. Obserwowany fragment podziału jest przetwarzany przez matrycę CCD (ang. *charge-coupled device*), światłoczułą matrycę rejestrującą sygnały elektryczne proporcjonalne do padających na nią promieni światła. Matryce takie są powszechnie wykorzystywane we współczesnych cyfrowych aparatach fotograficznych. Natężenie światła jest następnie analizowane przez procesor. Komputer porównuje fragment kodu z wzorcem i na tej podstawie określa który fragment łąty jest obserwowany, określając odczyt z łąty. Schemat działania niwelatora cyfrowego przedstawia ryc. 5.3. Niwelator cyfrowy jest zatem połączeniem niwelatora i aparatu cyfrowego. Nie wymaga zastosowania mikrometru, ponieważ rozpatruje pewne pole łąty, a nie konkretną jej kreskę. Na kodzie Trimble można wyróżnić co najmniej 15 przejść z pól jasnych na ciemne na długości 30 cm, co jest wystarczającym próbkowaniem dla dokonania odczytu. Dodatkowe kreski na łącie wymagane są dla krótszych celowych, poniżej 6 m (Ingensand, 1999). Niwelatory cyfrowe mierzą odległości do łąty, albo przez analizę ostrości obrazu przy użyciu czujnika pozycji, albo poprzez analizę rozpiętości analizowanego kodu. Wszystkie niwelatory cyfrowe są zarazem samopoziomujące.



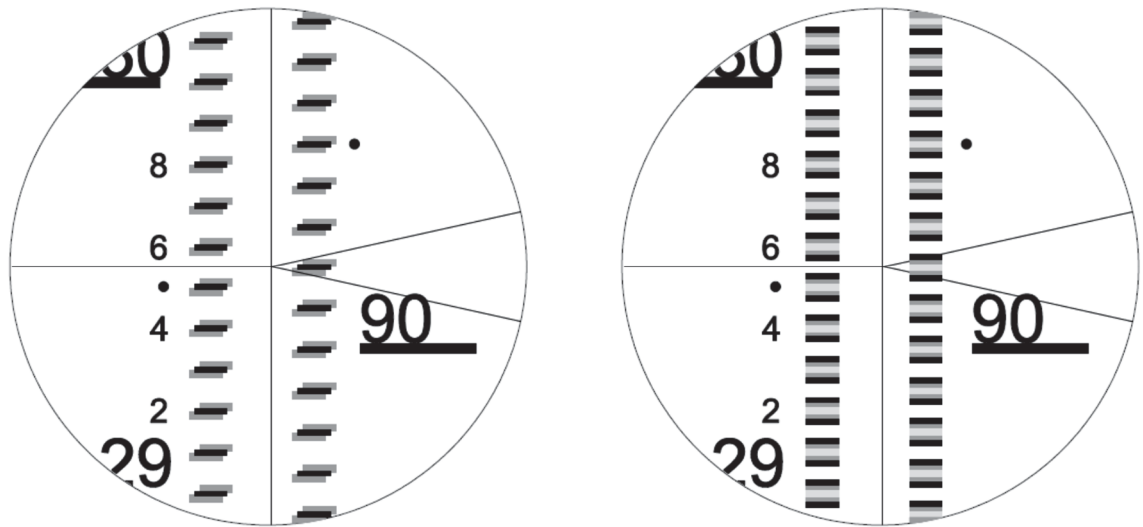
**Ryc. 5.3.** Schemat działania niwelatora cyfrowego (opracowanie własne na podstawie: Ingensand, 1999)



Różnica między niwelatorami samopoziomującymi a libellowymi dotyczy sposobu poziomowania osi celowej. Niwelatory libellowe wykorzystują do tego układ precyzyjnych libell podłużnych wraz ze śrubą elewacyjną, która służy między innymi precyzyjnemu poziomowaniu osi celowej bez zmiany wysokości niwelatora. Niwelatory samopoziomujące (automatyczne) stosują, wspomniane we wcześniejszych rozdziałach rozprawy, kompensatory, nie stosuje się w nich śrub elewacyjnych ani libell podłużnych. Jedynym wskaźnikiem poziomu dla obserwatora jest libella pudełkowa, której wypoziomowanie gwarantuje znalezienie się w zakresie pracy kompensatora, który koryguje oś celową do położenia poziomego. Ponieważ kompensatory jako układy pryzmatów zawieszane zazwyczaj na wahadłach są bardziej wrażliwe na drgania niż libelle podłużne, niwelatory libellowe są zalecane przez literaturę do pracy w warunkach przemysłowych, gdzie źródła drgań nie mogą zostać wyłączone z pracy (Baran i inni, 1993). Ich wadą natomiast jest wydłużony czas wykonywania pomiaru, z uwagi na dużą bezwładność pęcherzyka libelli, która wymusza na obserwatorze wstrzymanie się z oceną położenia pęcherzyka do momentu aż ten się ustabilizuje. Niwelatory te są też bardziej wrażliwe na zmiany temperatury niż instrumenty samopoziomujące (Baran i inni, 1993). Obecnie zdecydowana większość producentów produkuje tylko niwelatory samopoziomujące.

#### *5.3.1. Efekty drgań obserwowane na łacie*

Drgania pochodzące z zewnętrznych źródeł przenoszone są przez statyw i obudowę niwelatora na wewnętrzne układu optyczne. Wahadłowe elementy kompensatorów łatwo jest wzbudzić poprzez drgania obudowy, systemy tłumiące nie są w stanie nadążyć za częstością drgań, w efekcie czego wahadło kompensatora się nie stabilizuje w pozycji pionowej. Obserwator zauważa takie zjawisko w postaci drgającego obrazu łaty w okularze. W przypadku niewielkich częstotliwości drgania a dużych amplitudach, kreski łaty (zarówno analogowej i kodowej) wychylają się od krzyża kresek o znaczą wartość, ale powoli. Wraz ze zwiększaniem częstotliwości drgań obraz kresek przestaje być postrzegany jako ruchomy, a staje się nieostry, lub rozdziela się na dwie lub więcej części. Przykładowy obraz łaty podczas drgań przedstawia ryc. 5.4.



**Ryc. 5.4.** Przykładowe widoki łaty analogowej obserwowanej przy drgającym kompensatorze (opracowanie własne)

Obraz łaty jest zmienny w zależności od częstotliwości jak i amplitudy drgań. Niejednoznaczność położenia kreski na łacie powoduje trudności w ocenie która z obserwowanych kresek jest właściwa i w samym wpasowaniu w klin krzyża kresek – przy nieostrym obrazie niełatwo jest ocenić czy kreska znajduje się symetrycznie w klinie. Przy obrazie łaty kodowej obraz powstający na matrycy CCD nie jest jednoznaczny. Obraz pochodzący z łaty, zanim trafi do matrycy CCD, przechodzi przez układ optyczny kompensatora, który będąc w ruchu spowoduje, że do matrycy będą dochodzić obrazy względem siebie przesunięte. Instrument w takim przypadku może się zachować dwojako – albo odmówi wykonania odczytu, albo wykona go uśredniając odczyty z kilku zarejestrowanych obrazów kodu (Trimble Inc.). Obserwator może narzucić wartość odchylenia standardowego, której instrument nie może przekroczyć, jednak wartość ta jest jedynie miarą rozrzutu poszczególnych wyników wokół średniej, a ta może być daleka od wartości prawdziwej.

Niwelatory libellowe mają tę przewagę nad samopoziomującymi, że poziomość osi celowej nie zależy od elementów, które łatwo pobudzić do drgań. Aby oś celową w niwelatorach libellowych wychylić wskutek zadania drgań o wartości kątowe właściwe do wychyleń wahadeł kompensatorów, oznaczałoby to wprowadzenie tak silnych drgań których energia byłaby w stanie wyprowadzić ze stanu równowagi cały niwelator do tego stopnia, że libella podłużna nie byłaby w stanie zachować równowagi. Sytuacja taka eliminuje możliwość

pomiary, jako że obserwator nie jest w stanie wypoziomować instrumentu. Nie oznacza to jednak, że efekt drgań jest całkowicie niewidoczny dla obserwatora. Układy optyczne w niwelatorach libellowych także są wzbudzone, jednak skutkuje to mniejszymi odchyleniami obrazu łatą niż w przypadku niwelatorów samopoziomujących.

### 5.3.2. Zeiss Ni 002

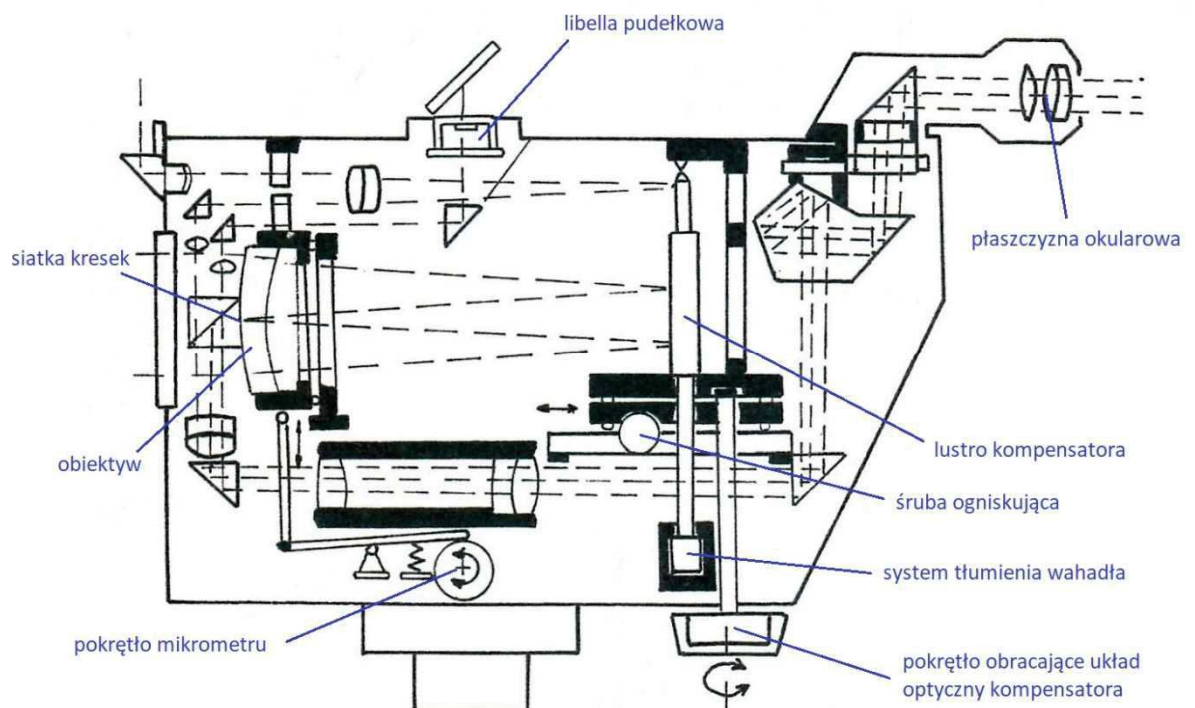
Niwelator ten został opracowany w 1974 roku w zakładach w Jenie. Jest to analogowy niwelator samopoziomujący. Jego ogólny widok przedstawia ryc. 5.5. Jest to dość masywna konstrukcja o masie 6,5 kg i wysoko położonym okularze w stosunku do spodarki. Śruby ogniskująca, mikrometru i ruchu leniwego znajdują się po obu stronach obudowy, co ułatwia użytkowanie sprzętu.



**Ryc. 5.5.** Niwelator Zeiss Ni 002 – widok ogólny (fotografia własna)

Nowatorskim rozwiązaniem jest zastosowanie obrotowego okularu, dzięki któremu można wykonywać pomiary na łatę „wstecz” i „w przód” nie zmieniając pozycji obserwatora. Rozwiązanie to redukuje wpływ nierównomiernego wychylenia instrumentu pod wpływem

ciężaru obserwatora. Do poziomowania osi celowej jest wykorzystywany kompensator wahadłowy, którego głównym elementem jest lustro zwisające na systemie nici. Szczegóły konstrukcji niwelatora prezentuje ryc. 5.6. Lustro jest zawieszane na dość długim wahadle, którego długość determinuje wymiary instrumentu. Wahadło jest zakończone powietrznym systemem tłumiącym, który zapewnia stabilizację wahadła w ciągu 1 sekundy (Baran i inni, 1993). Należy zauważyć, że dla długiego wahadła wychylenia jego tłumionego końca wynikające z drgań skutkują mniejszymi wychyleniami elementów znajdujących się bliżej punktu zaczepienia, takich jak lustro. W takim wypadku ruchy lustra, które jest głównym elementem systemu poziomującego, powinny skutkować mniejszymi wychyleniami osi celowej od położenia równowagi w przypadku wystąpienia drgań harmonicznym niż w przypadku lustra zawieszzonego na krótszym wahadle. Promienie światła wpadające przez obiektyw odbijają się od lustra i są skupiane na siatce kresk umieszczonej na zewnętrznej części obiektywu. Następnie, przechodząc przez system pryzmatów trafia do okularu, razem z promieniami przechodzącymi przez system mikrometru oraz libelli pudełkowej. Ostatecznie obserwator widzi w okularze jednocześnie obraz łąty, libelli oraz skali mikrometru.



**Ryc. 5.6.** Niwelator Zeiss Ni 002 – przekrój podłużny (opracowanie własne na podstawie: Baran i inni, 1993)

Ogniskowanie lunety odbywa się przez przesunięcie wahadła względem obiektywu. Unikalną cechą tego modelu jest systemowa eliminacja wpływu błędu quasihoryzontu. Jest to możliwe przez wprowadzenie możliwości obrotu układu optycznego kompensatora o  $180^\circ$ . Główny podział łaty jest odczytywany przy pierwszym położeniu kompensatora, odczyt z podziału pomocniczego natomiast jest wykonywany po obrocie wahadła. Średnia z odczytów z dwóch podziałów jest wolna od wpływu błędu quasihoryzontu. Krzyż kresek jest wyposażony w jeden klin do celowania koincydencyjnego. Doświetlenie układu odczytowego można dostosować przez obrót zewnętrznego pryzmatu znajdującego się nad obiektywem. Obraz w okularze jest prosty, co nie jest standardem dla podobnych niwelatorów z epoki.

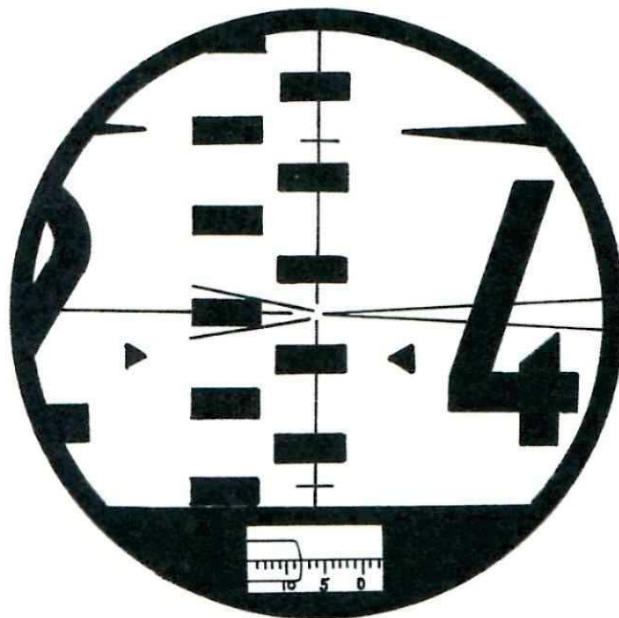
Producent podaje dokładność pomiaru na poziomie  $0,2 \text{ mm/km}$  podwójnej niwelacji. Jest to dokładność trudna do osiągnięcia innym sprzętem, wliczając w to nawet nowoczesne instrumenty cyfrowe o najwyższych parametrach dokładnościowych. Niwelator Zeiss Ni 002 był przełomową i udaną konstrukcją, a przede wszystkim pozbawioną większych wad, co skutkowało dużą skalą wykorzystywania tego modelu w pracach inżynierskich.

### 5.3.3. *Zeiss Ni 004*

Niwelator ten także został zaprojektowany przez inżynierów zakładów Carl Zeiss w Jenie. Jego ogólny widok przedstawia ryc. 5.7. Niwelator jest wyposażony w długą lunetę o długości  $373 \text{ mm}$ . Masa instrumentu to  $6,0 \text{ kg}$ . System poziomujący to dwie wzajemnie prostopadłe libelle rurkowe, umieszczone od strony okularu, każda o przewodzie  $2'$ . Libella główna o przewodzie  $10''$  obserwowana jest z boku instrumentu, a także w polu widzenia lunety. Za pomocą systemu pryzmatów obserwator widzi dwa końce libelli w obrazie koincydencyjnym – libella jest w poziomie, gdy jej oba końce będą się pokrywać w dwóch niezależnych polach widzenia. Obraz z lunety niwelatora Ni 004 przedstawiony jest na ryc. 5.8. Koincydencyjne ustawienie końców pęcherzyka libelli pozwala na spoziomowanie libelli z dokładnością  $0,1 - 0,05$  przewagi libelli. Dla przewagi  $10''$  i maksymalnej długości celowej równej  $20 \text{ m}$ , daje to dokładność odczytu  $0,1 \text{ mm}$  (Baran i inni, 1993). Krzyż kresek wyposażony jest w dwa kliny o różnych kątach rozwarcia – jeden do stosowania dla bliższych celowych, drugi dla dłuższych.

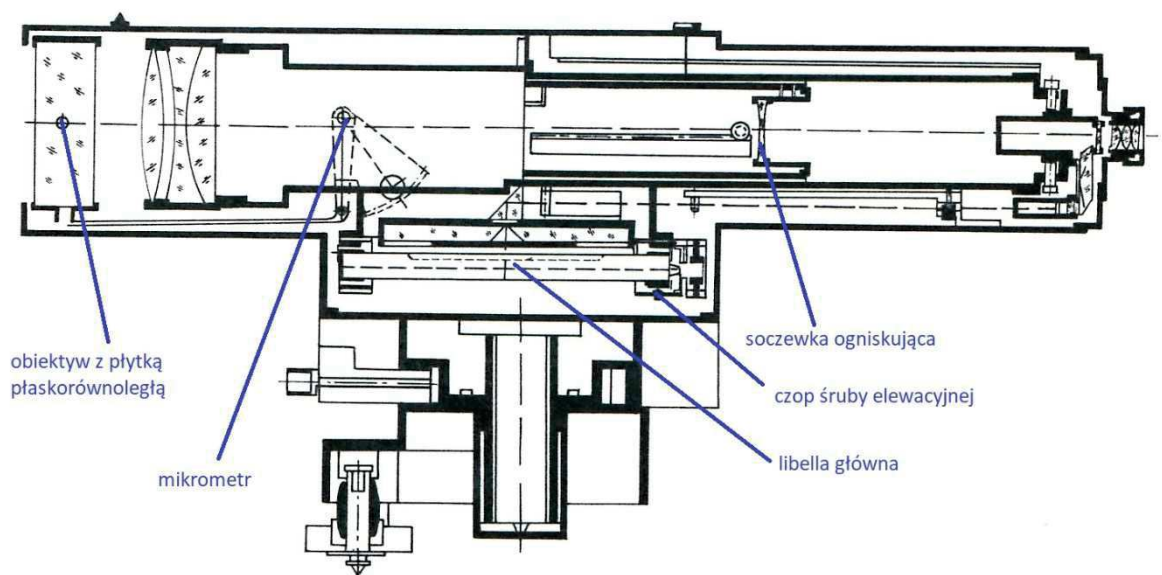


Ryc. 5.7. Niwelator Zeiss Ni 004 – widok ogólny (fotografia własna)



Ryc. 5.8. Niwelator Zeiss Ni 004 – widok w polu widzenia lunety. W dolnej części pola widoczna libella o koincydencyjnie zgranych końcach pęcherzyka (Baran i inni, 1993)

Mikrometr jest wbudowany na stałe w system optyczny lunety i do przesunięcia równoległego osi celowej wykorzystuje płytkę płaskorównoległą, której obrót powoduje dwukrotne załamanie promienia świetlnego i wyjście z płytki równoległe do promieni wchodzących, ale z przesunięciem. Przesunięcie to jest możliwe do pomiaru mikrometrem dzięki znajomości zależności między przesunięciem a kątem obrotu płytki oraz jej wymiarami. Schematyczną budowę wnętrza niwelatora przedstawia ryc. 5.9. Luneta charakteryzuje się dużą jasnością, a powiększenie lunety wynosi 44x. Producent podaje dokładność tego niwelatora na poziomie 0,4 mm/km podwójnej niwelacji. Warunkiem uzyskania takiej dokładności jest między innymi precyzyjne wypoziomowanie instrumentu, co często bywa czasochłonne z uwagi na czas potrzebny do ustabilizowania się pęcherzyka libelli.



**Ryc. 5.9.** Niwelator Zeiss Ni 004 – przekrój podłużny (opracowanie własne na podstawie: Bilski, 1965)

#### 5.3.4. Trimble DiNi 03

Konstrukcja niwelatora Trimble DiNi 03 jest oparta na optyce firmy Zeiss. Jest to niwelator cyfrowy, samopoziomujący, wykorzystujący łaty kodowe dedykowane dla cyfrowych niwelatorów Zeiss/Trimble. Ogólny widok niwelatora przedstawia ryc. 5.10 zaś opis jego elementów zewnętrznych ryc. 5.11. Instrument jest lżejszy niż pozostałe porównywane niwelatory, waży tylko 3,5 kg. Od strony obserwatora umieszczony jest ciekłokrystaliczny monochromatyczny wyświetlacz o rozdzielczości 240x160 pikseli. Minimalna celowa wynosi 1,5 m, zaś powiększenie lunety wynosi 32x. Niwelator jest wyposażony w krzyż kresek do

celowania bisekcyjnego, nie jest więc przystosowany do pomiarów na precyzyjne łąty analogowe, jednak można nim wykonywać klasyczną niwelację klasy technicznej. Z racji sposobu odczytu nie posiada mikrometru. Kompensator w tym instrumencie jest wahadłowy o zakresie 15' i dokładności poziomowania 0,2". Odpowiada to przesunięciu pionowemu na łącie o wartość 0,01 mm na odległości 10 m. Teoretycznie oznacza to, że gdy długości celowych do łąty „wstecz” i „w przód” różnią się o 10 m, błąd quasihoryzontu jest zaniedbywalny. Należy jednak pamiętać, że błąd ten zmienia się wraz ze zmianami temperatury oraz w trakcie użytkowania instrumentu (Baran i inni, 1993), dlatego należy zapewniać równość celowych i regularną kontrolę sprzętu. Libella pudełkowa jest podświetlana, jej przewaga wynosi 8'/2 mm (Trimble Inc.). Instrument w trakcie pomiaru na łątę mierzy także odległości z dokładnością 2 cm. Jeśli chodzi o dokładność niwelacji, producent określa ją na poziomie 0,3 mm/km podwójnej niwelacji.



**Ryc. 5.10.** Niwelator Trimble DiNi 03 – widok ogólny (fotografia własna)

Instrument wykonuje pojedynczy pomiar w trakcie 3 sekund. W tym czasie procesor analizuje kilka obrazów łąty, obliczając z nich średnią, która jest traktowana jako pojedynczy odczyt



z łąty (Trimble Inc.). Obserwator ma jednak możliwość ustawienia liczby  $n$  pojedynczych pomiarów i podania wyniku jako średniej wraz z odchyleniem standardowym. Można też wskazać wartość graniczną odchylenia standardowego, jakiej nie wolno przekroczyć. Gdy taka wartość zostanie przekroczona, instrument wyświetli o tym odpowiedni komunikat. Tak jak pisano w rozdziale 4.4.8, w badaniach stosowano wartości  $n=1$  lub  $n=3$ .



**Ryc. 5.11.** Niwelator Trimble DiNi 03 – opis budowy (opracowanie własne na podstawie: Trimble Inc.)

Instrument jest bogato wyposażony w różne programy pomiarowe, pozwala na dowolną konfigurację kolejności pomiarów „wstecz” i „w przód” w ciągu niwelacyjnym, zapewnia tyczenie linii z punktami pośrednimi, tyczenie podczas niwelacji ciągu czy wyrównanie ciągu. Oprogramowanie zawiera moduł rektyfikacji sprzętu przez badanie błędu quasihoryzontu. Uzyskane w ten sposób błędy są automatycznie uwzględniane w kolejnych pomiarach. Instrument ma możliwość zapisu 30000 rekordów danych w pamięci wewnętrznej, a ich transfer odbywa się przez port USB (Trimble inc.). Rozpatrując reakcje niwelatora DiNi 03 na drgania należy podkreślić, że przy cyfrowym odczycie z łąty nie ma miejsca na indywidualną ocenę obserwatora pewnego średniego stanu kresek na łącie, pomimo tego że są one w ruchu. Przy analogowym odczycie obserwator może dokonać takiej oceny i wpasować klin

krzyża kresek w subiektywnie oszacowany stan średni. Przy analizie sygnału przez matrycę CCD nie ma takiej możliwości, procesor analizuje obrazy chwilowe, które ułamek sekundy później są już przesunięte. Oczywiście istnieje tu wspomniany proces uśredniania odczytów, jednak wartości uzyskiwane do obliczenia średniej są dosyć przypadkowe.

### 5.3.5. Porównanie technicznych parametrów badanych niwelatorów

W tabeli 5.1 zestawiono najważniejsze dane techniczne wykorzystanych niwelatorów.

**Tab. 5.1.** Charakterystyka techniczna badanych niwelatorów

Cecha	Ni 002	Ni 004	DiNi 03
masa instrumentu	6,5 kg	6,0 kg	3,5 kg
powiększenie lunety	40x	44x	32x
długość lunety	370 mm	373 mm	300 mm
pole widzenia lunety	77'	60'	76'
najkrótsza celowa	1,5 m	3,0 m	1,5 m*
obraz w okularze	prosty	odwrócony	prosty
krzyż kresek	koincydencyjny	koincydencyjny	bisekcyjny
zakres kompensatora	12'	brak	15'
przewaga libelli niwelacyjnej	brak	10"	brak
odczyt	analogowy z łąty 0,5 cm	analogowy z łąty 0,5 cm	cyfrowy z łąty kodowej
dokładność pomiaru podwójnej niwelacji	0,2 mm/1 km	0,4 mm/1 km	0,3 mm/1 km

\* - wartość dla odczytu cyfrowego

### 5.3.6. Łaty pomiarowe i inny sprzęt geodezyjny

W badaniach korzystano z dwóch rodzajów łąt. Dla instrumentów Ni 002 i Ni 004 używano jednej łąty inwarowej analogowej, z podziałem 0,5 centymetrowym. Łata nie ma podanej nazwy producenta, na tabliczce znamionowej widnieje informacja o kraju producenta (Niemiecka Republika Demokratyczna) oraz numerze seryjnym (65642). Obudowa jest wykonana z drewna, a jej długość wynosi 1,85 m. Łata została poddana kalibracji w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie – świadectwo kalibracji tej łąty jest dołączone do rozprawy jako załącznik nr 3.

Przy pomiarach instrumentem DiNi 03 wykorzystano łątę inwarową z podziałem kodowym, dedykowanym instrumentom marki Trimble. Łata jest produkcji niemieckiej firmy Nedo, jej numer seryjny to 74162. Długość łąty wynosi 2 m, obudowa jest wykonana z aluminium. W momencie rozpoczynania badań łąta była nowa – producent dołączył do produktu protokół

końcowej inspekcji w języku niemieckim, co jest dokumentem poświadczającym metryczność łaty. Protokół ten jest dołączony do rozprawy jako załącznik nr 4.



**Ryc. 5.12.** Precyzyjne łaty inwarowe użyte w badaniach (fotografia własna)

Na ryc. 5.12 przedstawiono fotografię fragmentów obu łat. Łata analogowa pomimo zużycia i ubytków w materiale zachowała swoje parametry niezbędne do zakwalifikowania jej jako sprzęt do niwelacji precyzyjnej, co potwierdza protokół z kalibracji łaty. W trakcie badań obie łaty były regularnie sprawdzane tachimetrem pod kątem prostoliniowości oraz poprawności działania libelli pudełkowej każdej z łat. Badano także płaszczyznowość stopek łat. Na początku badań wykonano rektyfikację libelli i od tego czasu nie wystąpiła potrzeba powtórnej kalibracji. Oprócz łat, do pomiarów wykorzystano dwa statywy oraz teleskopowy stojak do łat. Dla stanowisk zlokalizowanych poza strefą drgań użyto ciężkiego statywu marki Seco model Tri-Max o numerze seryjnym 500192464. Ciężkie statywy są polecane do niwelacji precyzyjnej z uwagi na ich stabilność. W strefie drgań natomiast wykorzystano celowo mniejszy statyw marki Zeiss, z zamontowanym na stałe generatorem drgań. Zbyt ciężki statyw mógłby zbyt mocno tłumić drgania. Wykorzystany osprzęt zaprezentowano na ryc. 5.13 i 5.14. Podpórka do łat były niezbędne nie tylko z uwagi na konieczność redukcji ruchów ręki osoby

trzymającej łątę, ale także z uwagi na fakt, że pomiary najczęściej przeprowadzał zespół jednoosobowy.



Ryc. 5.13. Statywy wykorzystane podczas badań. Od lewej: Zeiss, Seco (fotografia własna)



Ryc. 5.14. Teleskopowa podpórka do łąt (fotografia własna)

### 5.3.7. Aparatura do pomiaru drgań

Wcześniejsze badania (Kurnatowski, 2018) wykazały, że częstotliwość obrotów silnika wymuszającego drgania jest identyczna z częstotliwością drgań obudowy niwelatora. Do pomiaru obrotów silnika wykorzystano ręczny tachometr optyczny Testo 465 o numerze seryjnym 2028550. Protokół kalibracji jest dołączony do rozprawy jako załącznik nr 5. Urządzenie, w zależności od trybu pomiaru, może mierzyć wartość minimalną, maksymalną lub średnią. Dokładność pomiaru została określona przez producenta na poziomie  $\pm 0,02\%$ , co dla maksymalnej badanej częstotliwości 46 Hz (2760 obrotów na minutę) daje wartość poniżej 1 obrotu na minutę, czyli poniżej  $1/60$  Hz. Na ciężarek mocowany na osi silnika naklejono naklejkę odblaskową, od której odbijało się światło lasera. Liczbę obrotów, właściwą dla danej częstotliwości ustawiano potencjometrem.



**Ryc. 5.15.** Pomiar częstotliwości tachometrem Testo 465 i wychyleń niwelatora w jednej z osi wibrometrem Extech VB450 (fotografia własna)

Do pomiaru wychyleń został wykorzystany wibrometr Extech VB450. Urządzenie to posiada czujnik mierzący przyspieszenie, natomiast wynik pomiaru może być przedstawiany także jako prędkość przemieszczenia lub wychylenie od położenia równowagi. Mierzone przyspieszenie wyrażane jest w  $m/s^2$  metodą wartości szczytowej (*peak*), prędkość podawana jest

w mm/s metodą *RMS*, natomiast przemieszczenie w  $\mu\text{m}$  metodą *peak-peak*. Ryc. 5.15 prezentuje sposób przykładowy pomiaru tachometrem i wibrometrem.

#### 5.4. Dobór badanych parametrów drgań i organizacja pomiarów

Wcześniejsze badania dotyczące poruszanej problematyki wykazały, że niskie częstotliwości drgań (20-100 Hz) wywołują silną reakcję negatywną układu statyw-niwelator w kontekście uzyskanych dokładności pomiaru (Gmyrek i inni, 1990; Schramm, 1986). W aktualnych badaniach nie podjęto próby generowania drgań o wyższych częstotliwościach, natomiast przebadano zakresy niższych wartości niż podają ww. badacze. W trakcie pomiarów zaobserwowano występowanie częstotliwości rezonansowych statywu w zakresie 18 – 22 Hz. Konstrukcja zastosowanego generatora drgań nie pozwalała na przebadanie wartości powyżej 45 Hz – dla takich lub wyższych częstotliwości wszystkie instrumenty traciły stabilność z powodu przesuwania się nogi statywu po podłożu. Przyjęto zakres badanych częstotliwości od 10 Hz do 44 Hz dla wszystkich trzech ciężarków generatora, zmieniając wartości co 2 Hz. Dokładność ustawienia częstotliwości potencjometrem ustalono na poziomie 0,2 Hz, czyli 12 obrotów na minutę. Dokładność ta była szczególnie ważna dla częstotliwości bliskich częstotliwościom rezonansowym, gdzie zmiana prędkości obrotów silnika o kilkanaście obr/min skutkowała nagłym skokiem wartości amplitudy drgań. Dodatkowo przebadano częstotliwość 7 Hz aby potwierdzić, że w przedziale 0 – 10 Hz drgania wywołane wykorzystanym generatorem nie wpływają negatywnie na dokładność pomiaru. Amplituda, jak wspomniano w rozdziale 4.3, była wartością wynikową z nałożonych drgań o danej częstotliwości i wynikała z konstrukcji generatora drgań i własności rezonansowych układu statyw-niwelator. Wartości wychyleń są zależne od ułożenia osi celowej względem kierunku drgań, dlatego każde przewyższenie było mierzone trzykrotnie, zgodnie ze schematem przedstawionym na ryc. 4.10. Dla każdego ułożenia osi celowej w każdym z trzech ustawień statywu mierzono wychylenia wynikające z danej częstotliwości w trzech osiach instrumentu: w osi równoległej do osi celowej ( $x$ ), w osi prostopadłej do osi celowej, położonej w płaszczyźnie poziomej ( $y$ ) oraz w osi pokrywającej się z kierunkiem pionu ( $z$ ). Miejsca przyłożenia czujnika dla każdego z niwelatorów prezentują ryc. 5.16 – 5.18. Zielony znacznik to punkt przyłożenia czujnika przy pomiarze wychyleń w osi  $x$ , niebieski – w osi  $y$ , czerwony – w osi  $z$ . Wychylenia w osi  $y$  były identyczne przy pomiarach na obu bokach instrumentów. Wyniki uzyskane z tak zorganizowanego pomiaru pozwoliły na oszacowanie

który kierunek wychyleń jest najistotniejszy w aspekcie spadku dokładności pomiarów. Wyniki pomiaru wychyleń przedstawiono w jednostkach liniowych ( $\mu\text{m}$ ) metodą *peak-peak*.



**Ryc. 5.16.** Punkty pomiaru wychyleń niwelatora Ni 002 ze stanu równowagi w trzech osiach



**Ryc. 5.17.** Punkty pomiaru wychyleń niwelatora Ni 004 ze stanu równowagi w trzech osiach



**Ryc. 5.18.** Punkty pomiaru wychyleń niwelatora DiNi 03 ze stanu równowagi w trzech osiach

Sieć pomiarowo-kontrolna w każdej epoce pomiarowej została zmierzona w tej samej konfiguracji. Przewyższenia między punktami w sieci dobrano w taki sposób, aby dla każdego repera zlokalizowanego wewnątrz budynku zmierzono przewyższenia między tym reperem a co najmniej pięcioma innymi reperami. Reguła ta nie dotyczy reperów zewnętrznych, gdzie minimalna liczba połączeń między reperami wynosiła 4. Ten schemat pomiaru sieci wykorzystuje pełną bazę pomierzonych obserwacji w liczbie 41. Przy numerycznych analizach dokładności wykorzystano także schemat o zredukowanej liczbie obserwacji do 26 – zapewnia to po 3 przewyższenia dla każdego repera. Schematy pomiaru przewyższeń między reperami przedstawiono w tabeli 5.2. Dla każdego repera wskazano liczbę przewyższeń do innych punktów w sieci, liczbę tych przewyższeń zmierzonych w strefie drgań, a także informację o rodzaju repera oraz numerach reperów połączonych z nim pomierzonymi przewyższeniami. Kolorem zielonym zaznaczono repery do których przewyższenie jest mierzone w strefie drgań. W przypadku przewyższenia między punktami 1 i 14 jedno z trzech wymaganych stanowisk wypadło w strefie drgań, wobec czego założono, że to przewyższenie też się w tej strefie znajduje. Sieć z tak dużą liczbą obserwacji nadliczbowych charakteryzuje się wysoką niezawodnością. Pozwala także na analizę wpływu struktury sieci i liczby wykonanych obserwacji na dokładność wyznaczenia przemieszczeń w warunkach drgań. Przeprowadzono wyrównania ściśle w pełnym i zredukowanym wariancie obserwacji, co spowodowało zmianę



dokładności wyznaczenia przemieszczeń. Analizy te zostały przedstawione w rozdziale 7 niniejszej rozprawy.

**Tab. 5.2.** Schematy pomiaru przewyższeń w sieci pomiarowo-kontrolnej: dla pełnego zakresu obserwacji (41) i dla zredukowanego zestawu obserwacji (26)

Nr repera	liczba wszystkich przewyższeń do punktu	liczba przewyższeń do punktu w strefie drgań	rodzaj repera	numery punktów połączonych zmierzonym przewyższeniem wariant pełny (41)					
				2	8	9	10	14	
1	5	4,3	stały wewn.	2	8	9	10	14	
2	5	4	reg. wewn.	1	4	3	7	8	
3	5	1	stały wewn.	2	4	5	7	17	
4	5	0	reg. wewn.	2	3	5	6	7	
5	5	0	stały wewn.	3	4	6	8	9	
6	5	0	reg. zewn.	4	5	10	16	17	
7	6	2	stały wewn.	2	3	4	8	10	11
8	6	5	reg. wewn.	1	2	5	7	9	10
9	5	3	reg. wewn.	1	5	8	10	15	
10	5	4	reg. wewn.	1	6	7	8	9	
11	4	0	stały zewn.	7	12	13	14		
12	4	0	reg. zewn.	11	13	14	15		
13	4	0	stały zewn.	11	12	14	16		
14	5	0,3	reg. zewn.	1	11	12	13	15	
15	5	0	stały zewn.	9	12	14	16	17	
16	4	0	reg. zewn.	6	13	15	17		
17	4	0	stały zewn.	3	6	15	16		
Nr repera	liczba wszystkich przewyższeń do punktu	liczba przewyższeń do punktu w strefie drgań	rodzaj repera	numery punktów połączonych zmierzonym przewyższeniem wariant zredukowany (26)					
				2	8	14			
1	5	4,3	stały wewn.	2	8	14			
2	5	4	reg. wewn.	1	3	7			
3	5	1	stały wewn.	2	4	17			
4	5	0	reg. wewn.	3	5	6			
5	5	0	stały wewn.	4	6	8			
6	5	0	reg. zewn.	4	5	17			
7	6	2	stały wewn.	2	10	11			
8	6	5	reg. wewn.	1	5	9	10		
9	5	3	reg. wewn.	8	10	15			
10	5	4	reg. wewn.	7	8	9			
11	4	0	stały zewn.	7	12	14			
12	4	0	reg. zewn.	11	13	15			
13	4	0	stały zewn.	12	14	16			
14	5	0,3	reg. zewn.	1	11	13			
15	5	0	stały zewn.	9	12	16			
16	4	0	reg. zewn.	13	15	17			
17	4	0	stały zewn.	3	6	16			

**Tab. 5.3.** Długości celowych dla poszczególnych stanowisk niwelatora

nr stanowiska	od pkt	do pkt	odl. wstecz [m]	odl. w przód [m]	nr stanowiska	od pkt	do pkt	odl. wstecz [m]	odl. w przód [m]
1	1	2	5,1	5,0	30	16	17	5,6	5,6
2	2	3	7,2	7,4	31	17	15	8,9	9,1
3	3	4	6,5	6,4	32	15	14	5,8	5,8
4	4	5	7,4	7,5	33	12	15	24,8	24,9
5	5	8	11,3	11,5	34	12	14	15,5	15,3
6	8	9	5,4	5,5	35	11	12	15,1	15,2
7	9	10	5,0	5,1	36	11	Z11-7.1	11,3	11,2
8	10	1	3,4	3,4	37	Z11-7.1	Z11-7.2	3,2	3,1
9	1	8	6,6	6,7	38	Z11-7.2	7	8,7	8,7
10	8	10	5,2	5,4	39	6	Z6-17	16,8	16,8
11	8	7	5,3	5,3	40	Z6-17	17	12,8	12,9
12	7	2	6,5	6,6	41	14	Z14-1.1	6,2	6,2
13	2	8	5,5	5,6	42	Z14-1.1	Z14-1.2	5,0	5,0
14	5	3	6,2	6,1	43	Z14-1.2	1	8,1	8,0
15	3	7	6,4	6,5	44	16	Z16-6	17,1	17,2
16	7	4	8,6	8,6	45	Z16-6	6	16,8	16,8
17	4	2	13,3	13,2	46	6	Z6-10.1	8,7	8,6
18	1	9	5,9	5,9	47	Z6-10.1	Z6-10.2	7,3	7,4
19	7	10	8,8	8,8	48	Z6-10.2	10	11,7	11,7
20	4	Z4-6.1	5,0	5,0	49	11	14	20,2	20,2
21	Z4-6.1	Z4-6.2	5,1	5,6	50	11	13	21,4	21,3
22	Z4-6.2	6	5,2	5,2	51	13	12	15,9	16,0
23	6	Z6-5.1	5,2	5,2	52	14	13	8,0	7,9
24	Z6-5.1	Z6-5.2	5,1	5,6	53	13	Z13-16	9,5	9,5
25	Z6-5.2	5	5,8	5,8	54	Z13-16	16	7,7	7,8
26	5	9	10,5	10,5	55	3	Z3-17.1	6,9	6,9
27	9	Z9-15	9,9	9,8	56	Z3-17.1	Z3-17.2	10,1	10,2
28	Z9-15	15	3,3	3,4	57	Z3-17.2	17	12,8	12,9
29	15	16	6,7	6,8					

Długości celowych w sieci w zdecydowanej większości mieszczą się w przedziale od 5 m do 25 m. Są to długości rekomendowane dla niwelacji precyzyjnej (Baran i inni, 1993). W niektórych przypadkach długości celowych należało skrócić do około 3 m z uwagi na charakterystykę otoczenia. Tabela 5.3 przedstawia długości celowych dla wszystkich stanowisk niwelatora w sieci. Skrócone długości celowych dotyczą: stanowiska 8, gdzie wydłużenie celowych wiązałoby się ze znacznym (powyżej 3 m) ich zróżnicowaniem, stanowiska 28, gdzie odległości były wymuszone koniecznością zlokalizowania stanowiska łąty w wyjściu z budynku oraz stanowiska 37, które było zlokalizowane na klatce schodowej.

## 6. Metodologia prac obliczeniowych

### 6.1. Wyznaczenie błędów średnich przewyższeń

W procesie wyrównania obserwacji równie istotna co wyznaczenie przemieszczeń jest ocena dokładności ich wyznaczenia. Dokładność ta jest miarą istotności przemieszczenia. Przystępując do pomiaru opracowuje się jego technologię, dobiera się odpowiednie konstrukcje pomiarowe i sprzęt o określonej dokładności pomiaru. Aby przeprowadzić analizę dokładności na podstawie danych pomiarowych, należy przyjąć a priori wartości błędów pojedynczego spostrzeżenia, wynikające z zastosowanej technologii. W przypadku pomiaru sieci niwelacyjnej, błędem pojedynczego spostrzeżenia jest błąd pomiaru przewyższenia za pomocą jednego stanowiska niwelatora. Błędy te należało wyznaczyć osobno dla każdego modelu niwelatora. Wykonano 30-krotny pomiar przewyższenia między punktami znajdującymi się od siebie w odległości około 20 m, tak aby długość pojedynczej celowej była średnią długością ze wszystkich długości celowych w sieci. Przy pomiarach zmieniano wysokość statywu, aby wynik zawierał wpływ błędu nierównomiernego podziału łąty. Błąd średni obliczono korzystając ze znanej zależności (Adamczewski, 2004, 2005):

$$m_0 = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad [6.1]$$

gdzie:

$m_0$  – błąd średni pojedynczego (typowego) spostrzeżenia;

$[vv]$  – suma kwadratów odchyłek od średniej arytmetycznej ze wszystkich wyników;

$n$  – liczba wykonanych obserwacji.

Wartości uzyskanych błędów dla pomiaru nieobarczonego drganiami prezentuje tabela 6.1.

**Tab. 6.1.** Wartości błędów średnich pojedynczego przewyższenia dla pomiaru nieobarczonego drganiami przy długości celowych około 10 m

model	Ni 002	Ni 004	DiNi 03 pojedynczy	DiNi 03 potrójny
$m_0$ [mm]	0,046	0,061	0,037	0,035

Wartości te zostały wykorzystane do analiz numerycznych jako błędy a priori znane na podstawie charakterystyki sprzętu i warunków pomiarowych bez wymuszonych drgań. W przypadku sieci w których drgania występują, w celu prawidłowego zrównoważenia układu równań obserwacyjnych, należy wyznaczyć błąd średni pojedynczego przewyższenia dla

danych warunków wibracji. W badaniach wyznaczono wartości błędów średnich pojedynczego przewyższenia dla wybranych częstotliwości drgań od 7 – 44 Hz z wykorzystaniem wszystkich trzech ciężarków generatora drgań. Ponieważ drgania powstałe na skutek działania generatora mają charakter kierunkowy, błąd średni wyznaczenia przewyższenia obliczono dla wszystkich z trzech ustawień nóg statywu względem osi celowych (I, II i III), zgodnie z ryc. 4.11. W celu wyznaczenia błędu średniego zmierzono 30-krotnie przewyższenie między reperami 2 i 3 dla każdej badanej częstotliwości i dla każdego ciężarka. Przewyższenie między punktami 2 i 3 wybrano jako reprezentatywne dla części sieci, która znajduje się w strefie drgań. Zarówno długości celowych jak i kąt między nimi przyjmują dla tego stanowiska w przybliżeniu wartości średnie dla grupy wszystkich stanowisk znajdujących się w strefie. W obliczeniach przyjęto jedną wartość błędu średniego dla przewyższeń zmierzonych w strefie drgań dla danej częstotliwości i dla danej masy ciężarka. Zestawienie wartości błędów średnich pomiaru ( $m_{dh}$ ) dla stanowisk w strefie drgań prezentują tabele 6.2. Tabela ta zawiera też informacje o różnicy między wartością przewyższenia uzyskaną z pomiaru bez udziału wibracji a wartościami uzyskiwanymi dla danych warunków drgań. Wartość bez wibracji została uzyskana jako średnia z pięciu pomiarów bez włączonego generatora. Wartość przewyższenia dla danych parametrów drgań została wyliczona jako średnia z 30 pomiarów wykonywanych przy jednakowych warunkach.

W wyniku analizy wartości z tabel 6.2 wyraźnie zauważalny jest kierunkowy charakter drgań oraz wpływ zmienności kierunków drgań na uzyskiwane wyniki. Należy tutaj podkreślić, że błędy średnie uzyskanych przewyższeń nie są jedyną miarą poprawności uzyskiwanych wyników, należy je rozpatrywać także pod kątem odchyłek w stosunku do prawdziwej wartości przewyższenia. Odchyłki te dla wielu parametrów są porównywalne do wartości średnich błędów pomiaru w warunkach bez narzuconych drgań, albo ich wartości są dużo mniejsze niż te błędy. Należy jednak podkreślić, że odchyłki te są obliczone dla średniej z wielokrotnych pomiarów, w przypadku pojedynczych przewyższeń, zwłaszcza dla tych o wysokich wartościach  $m_0$ , wartości odchyłek mogą wzrastać. Ważnym aspektem jest też fakt, że przewyższenia są obliczane jako różnice odczytów z łat. Nawet przy znacznych odchyłkach przy odczytach, przy obliczaniu różnicy z odczytów odchyłki te mogą się redukować, głównie przy symetryczności kierunku drgań względem osi celowych do łaty „wstecz” i „w przód”. Widać to w przypadku wartości odchyłek dla położenia I. Biorąc pod uwagę te częstotliwości, dla których odchyłki przyjmują wartości większe niż błędy średnie

przewyższeń, położenie I charakteryzuje się w zdecydowanej większości najmniejszymi wartościami odchyłek. Dzieje się tak dlatego, że silnik generujący drgania jest ustawiony na dwusiecznej kąta tworzonego przez osie celowe, w takim wypadku składowe fale drgań rozkładają się mniej więcej po równo na oba kierunki celowych.

W tabelach 6.2 zaznaczono zakresy częstotliwości, dla których pomiar w danych warunkach nie był możliwy. Uwagę zwraca przedział od 18 do 22 Hz, w którym wystąpiły częstotliwości rezonansowe dla zastosowanego układu sprzętu. W tym przedziale najlepiej wypadł niwelator libellowy, który jako jedyny był w stanie wykonać pomiar, w dodatku z zadowalającą dokładnością. Brak możliwości wykonania pomiaru dla częstotliwości 24 – 30 Hz dla niwelatora Ni 002 nie wynikał z wystąpienia rezonansu, ponieważ w tym przedziale rezonans nie występował. Obraz na łacie przy tych częstotliwościach był na tyle niestabilny, że nie było możliwości wpasować klin na kreskę na łacie. Kolejną częstotliwością rezonansową, lecz o dużo mniejszych zdolnościach oddziaływania była częstotliwość 34 Hz. Przy tej częstotliwości najbardziej niestabilny okazał się niwelator cyfrowy.

Graniczną częstotliwością dla wszystkich modeli niwelatorów okazała się wartość 44 Hz. Powyżej tej wartości wykonanie pojedynczego odczytu jakimkolwiek z badanych niwelatorów okazało się niemożliwe. Energia drgań w tym przypadku jest na tyle duża, że statyw przestaje być stabilny. Należy podkreślić, że wraz ze wzrostem wartości częstotliwości rośnie także energia drgań, zgodnie z [4.8]. Jest też ona wysoka dla częstotliwości rezonansowych, jako że dla nich amplituda jest największa. W trakcie prowadzonych badań niespodziewanym zjawiskiem okazał się ograniczony zakres możliwości niwelatora libellowego. Dla niższych częstotliwości niwelator ten wypada lepiej na tle pozostałych modeli, jednak częstotliwość 32 Hz okazuje się być graniczna dla jego możliwości przy zastosowaniu ciężarka o masie 12 g.

Kolejnym wnioskiem płynącym z tabel 6.2 jest fakt, że analogowe instrumenty zachowują wiarygodność dopóki można wykonać z ich pomocą odczyt. Dla wszystkich zakresów częstotliwości, dla których udało się wykonać pomiar, wartości zarówno błędów średnich jak i odchyłek od prawdziwych wartości przewyższeń mieszczą się w granicach dokładnościowych niwelacji precyzyjnej. Dla niwelatora cyfrowego natomiast takie zjawisko nie zachodzi. Zarówno dla pomiarów pojedynczych jak i potrójnych występują częstotliwości, dla których zarówno wartości  $m_{dh}$ , jak i odchyłek przekraczają zdecydowanie wartości właściwe dla niwelacji precyzyjnej.

Wartości przedstawione w tab. 6.2 zostały uzupełnione o wartości amplitudy zmierzonych na stanowisku dla danych częstotliwości. Zestawienie to zawiera załącznik nr 7. Dane zawarte w tab. 6.2 zestawiono tam wraz ze średnimi wartościami amplitudy wyznaczonych jako średnia ze wszystkich stanowisk w strefie drgań dla danej częstotliwości i masy ciężarka. Wartości amplitudy przedstawiono osobno dla łaty wstecz i w przód, w trzech osiach: równoległej do osi celowej (X), prostopadłej do osi celowej w płaszczyźnie poziomej (Y) oraz w osi pokrywającej się w kierunku pionu (Z). Szczegółowa analiza danych znajdujących się w załączniku 7 znajduje się w dalszej części rozprawy, w rozdziale 7.

**Tab. 6.2.** Wartości błędów średnich pojedynczego reprezentatywnego przewyższenia (*mdh*) dla pomiaru obciążonego drganiami wraz z wartościami różnic zmierzonego przewyższenia prawdziwego (bez drgań) i z wymuszonymi drganiami

<b>Ni 002 CIĘŻAR 4 g</b>						
Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	<b>mdh [mm]</b>	<b>Odchyłka prawdz.- drgania [mm]</b>	<b>mdh [mm]</b>	<b>Odchyłka prawdz.- drgania [mm]</b>	<b>mdh [mm]</b>	<b>Odchyłka prawdz.- drgania [mm]</b>
7	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
10	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
12	0,05	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,01
14	0,05	0,00	0,05	-0,02	0,05	0,01
16	0,05	-0,01	0,05	-0,01	0,05	0,03
18-24	X	X	X	X	X	X
26	0,10	-0,01	0,12	-0,06	0,12	0,05
28	0,07	-0,04	0,07	-0,03	0,08	0,06
30	0,06	0,01	0,06	-0,01	0,06	0,00
32	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,01
34	0,06	0,00	0,07	-0,01	0,07	0,00
36	0,05	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,01
38	0,05	0,00	0,05	-0,02	0,05	0,01
40	0,05	0,01	0,05	-0,01	0,05	-0,01
42	0,06	0,02	0,05	0,01	0,06	-0,02
44	0,06	0,02	0,06	0,00	0,06	-0,03

**Ni 002 CIĘŻAR 8 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
10	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
12	0,05	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,02
14	0,05	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,02
16	0,08	0,00	0,08	-0,02	0,09	0,01
18-28						
30	0,07	-0,01	0,08	-0,01	0,08	0,03
32	0,07	-0,01	0,08	0,00	0,08	0,01
34	0,06	0,01	0,07	-0,02	0,07	0,00
36	0,05	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,02
38	0,06	0,01	0,06	-0,01	0,06	0,01
40	0,06	0,03	0,06	-0,01	0,06	-0,01
42	0,06	0,02	0,06	0,01	0,06	-0,03
44	0,07	0,03	0,06	0,01	0,07	-0,04

**Ni 002 CIĘŻAR 12 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
10	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
12	0,05	0,00	0,05	0,00	0,05	0,01
14	0,05	0,00	0,05	-0,02	0,05	0,01
16	0,08	0,00	0,09	-0,06	0,09	0,01
18-30						
32	0,08	-0,03	0,08	0,05	0,08	-0,01
34	0,08	0,00	0,09	0,01	0,09	-0,03
36	0,05	0,01	0,05	0,00	0,06	-0,02
38	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
40	0,06	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00
42	0,07	0,01	0,07	-0,02	0,07	0,01
44+						

**Ni 004 CIĘŻAR 4 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
10	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
12	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
14	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	-0,01
16	0,06	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00
18	0,08	0,02	0,08	0,00	0,08	-0,02
20	0,07	0,00	0,07	-0,02	0,07	0,01
22	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,01
24	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
26	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
28	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
30	0,06	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00
32	0,07	0,01	0,07	0,01	0,07	-0,01
34	0,09	-0,02	0,09	0,02	0,09	0,01
36	0,07	0,01	0,07	-0,01	0,07	0,00
38	0,08	0,02	0,08	-0,01	0,08	-0,01
40	0,09	-0,05	0,10	0,00	0,10	0,08
42	0,07	-0,03	0,07	0,03	0,07	-0,01
44	0,07	-0,08	0,07	0,07	0,07	0,00

**Ni 004 CIĘŻAR 8 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
10	0,06	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00
12	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
14	0,06	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00
16	0,07	0,00	0,07	0,01	0,07	0,00
18	0,09	0,01	0,09	0,02	0,09	-0,05
20	0,07	0,03	0,07	-0,03	0,07	0,01
22	0,07	0,00	0,07	-0,01	0,07	0,02
24	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,01
26	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
28	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,01
30	0,07	0,00	0,07	0,01	0,07	0,00
32	0,08	0,01	0,08	0,00	0,08	-0,01
34	0,09	0,01	0,09	0,02	0,09	-0,02
36	0,08	0,02	0,08	-0,05	0,08	0,01
38						
40	0,10	-0,04	0,10	0,17	0,10	-0,02
42	0,08	-0,03	0,08	0,11	0,08	-0,01
44	0,08	-0,07	0,08	0,19	0,08	0,03



**Ni 004 CIĘŻAR 12 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
10	0,06	0,00	0,06	0,01	0,06	0,00
12	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00
14	0,06	0,00	0,06	0,00	0,06	-0,01
16	0,07	0,00	0,07	0,01	0,07	0,00
18	0,10	0,00	0,10	0,02	0,10	-0,03
20	0,08	0,00	0,08	0,01	0,08	-0,01
22	0,07	-0,01	0,07	0,00	0,07	0,00
24	0,07	-0,01	0,07	0,00	0,07	0,01
26	0,07	0,00	0,07	-0,01	0,07	0,01
28	0,07	0,00	0,07	0,00	0,07	0,00
30	0,07	-0,02	0,07	0,00	0,07	0,01
32	0,09	0,02	0,09	0,01	0,09	-0,04
34+						

**DINI03 pomiar pojedynczy CIĘŻAR 4 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
10	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
12	0,04	0,00	0,04	-0,01	0,04	0,00
14	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
16	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
18	0,16	-0,01	0,17	0,02	0,15	-0,03
20	0,18	0,01	0,23	0,02	0,23	-0,04
22	0,04	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,02
24	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	-0,01
26	0,04	0,00	0,04	0,02	0,04	-0,02
28	0,04	0,00	0,04	-0,01	0,04	0,01
30	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	0,00
32	0,04	-0,01	0,04	0,01	0,04	0,00
34	0,05	-0,06	0,05	0,09	0,04	0,00
36	0,05	-0,05	0,05	0,03	0,04	0,00
38	0,04	-0,03	0,04	0,01	0,04	0,03
40	0,07	-0,08	0,09	-0,21	0,09	0,23
42	0,05	-0,10	0,05	-0,27	0,05	0,26
44+						

**DINI03 pomiar pojedynczy CIĘŻAR 8 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.- drżania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.- drżania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.- drżania [mm]
7	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
10	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
12	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
14	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
16	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	-0,01
24	0,04	0,02	0,04	-0,01	0,04	0,00
26	0,04	0,00	0,04	0,01	0,04	-0,01
28	0,04	0,00	0,04	-0,01	0,04	0,00
30	0,04	0,00	0,04	0,01	0,04	-0,01
32	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
34	0,20	-0,11	0,24	0,01	0,24	0,21
36	0,04	-0,02	0,04	0,01	0,04	0,00
38	0,14	-0,07	0,11	-0,15	0,15	0,18
40	0,06	-0,12	0,06	-0,21	0,06	0,36
42	0,08	-0,34	0,08	-0,20	0,08	0,46
44+						

**DINI03 pomiar pojedynczy CIĘŻAR 12 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.- drżania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.- drżania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.- drżania [mm]
7	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
10	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
12	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
14	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,01
16	0,05	0,00	0,06	-0,01	0,06	0,01
24	0,05	0,00	0,05	0,03	0,05	-0,01
26	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,04	0,01
28	0,04	0,00	0,04	0,01	0,04	0,00
30	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	0,00
32	0,13	-0,03	0,13	0,04	0,11	0,00
34	0,34	-0,03	0,41	-0,11	0,40	0,44
36	0,16	-0,18	0,20	-0,04	0,20	0,12
38	0,08	-0,29	0,09	-0,19	0,09	0,39
40	0,09	-0,19	0,12	-0,37	0,12	0,66
42	0,16	-0,23	0,20	-0,69	0,20	0,78
44+						

**DINI03 pomiar potrójny CIĘŻAR 4 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
10	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
12	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
14	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
16	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
18	0,13	-0,02	0,14	0,08	0,14	-0,03
20	0,15	0,00	0,18	0,02	0,18	-0,01
22	0,04	0,00	0,05	-0,01	0,05	0,01
24	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	-0,01
26	0,04	0,00	0,04	0,01	0,04	-0,01
28	0,04	0,00	0,04	-0,01	0,04	0,01
30	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
32	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
34	0,05	-0,04	0,05	0,05	0,05	0,00
36	0,04	-0,03	0,04	0,04	0,04	0,01
38	0,04	-0,02	0,04	0,01	0,04	0,02
40	0,06	-0,04	0,08	-0,18	0,08	0,17
42	0,05	-0,05	0,05	-0,22	0,05	0,20
44+						

**DINI03 pomiar potrójny CIĘŻAR 8 g**

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
10	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
12	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
14	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
16	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	-0,01
18-22						
24	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
26	0,04	-0,01	0,04	0,01	0,04	0,00
28	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
30	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
32	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
34	0,12	-0,08	0,14	0,10	0,13	0,05
36	0,05	-0,01	0,05	0,02	0,05	0,00
38	0,12	-0,15	0,09	-0,10	0,12	0,33
40	0,05	-0,07	0,05	-0,17	0,05	0,33
42	0,05	-0,28	0,05	-0,21	0,05	0,45
44+						

DINI03 pomiar potrójny CIĘŻAR 12 g

Hz	I ustawienie		II ustawienie		III ustawienie	
	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]	mdh [mm]	Odchyłka prawdz.-drgania [mm]
7	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
10	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
12	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
14	0,04	0,00	0,04	-0,01	0,04	0,01
16	0,05	0,00	0,06	-0,01	0,06	0,00
18-22						
24	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
26	0,04	-0,01	0,04	0,00	0,04	0,00
28	0,03	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00
30	0,04	0,01	0,04	0,00	0,04	-0,01
32	0,07	-0,01	0,09	0,04	0,08	-0,02
34	0,31	-0,03	0,39	-0,54	0,42	0,45
36	0,09	-0,12	0,11	0,04	0,13	0,04
38	0,09	-0,11	0,08	-0,15	0,09	0,30
40	0,06	-0,16	0,07	-0,53	0,07	0,61
42	0,10	-0,34	0,12	-0,69	0,12	0,71
44+						

## 6.2. Teoria wyrównania obserwacji

Przemieszczenia pionowe obliczane są metodą wyrównania ścisłego na podstawie danych pomiarowych z dwóch epok, między którymi wyznacza się wektory przemieszczeń punktów kontrolowanych. W rozważaniach przyjęto statyczny model sieci, czyli taki, który zakłada, że pomiar wszystkich elementów sieci w danej epoce odbywa się w jednym momencie w czasie (Kwaśniak i Prószyński, 2015). Wyrównanie obserwacji jest możliwe, gdy liczba obserwacji  $n$  niż jest większa niż liczba niewiadomych  $u$ . Niewiadomymi są przemieszczenia punktów lub ich współrzędne. Obserwacje  $l_i$  w przypadku niwelacji geometrycznej mierzone przewyższenia, są funkcjami rozważanych parametrów, czyli (Wiśniewski, 2005):

$$\begin{aligned}
 l_1 &= F_1(X_1, X_2, \dots, X_u) \\
 l_2 &= F_2(X_1, X_2, \dots, X_u) \\
 &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\
 l_n &= F_n(X_1, X_2, \dots, X_u)
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

Każda obserwowana wielkość  $l_i^{obs}$  jest obarczona błędem pomiarowym, który sprawia, że obserwowana wartość  $l_i^{obs}$  różni się od wartości prawdziwej wielkości  $l_i$

$$l_i^{obs} = l_i + \varepsilon_i \quad [6.3]$$

gdzie:

$\varepsilon_i$  – błąd prawdziwy  $i$ -tej obserwacji

W praktyce wartości błędów prawdziwych nie są znane, w procesie wyrównania wprowadza się pojęcie poprawki do obserwacji  $v_i$ , po której uwzględnieniu uzyskuje się wartość najbardziej prawdopodobną (wyrównaną)  $l_i^{wyr}$ :

$$l_i^{wyr} = l_i^{obs} + v_i \quad [6.4]$$

w takim wypadku  $v_i$  przyjmuje postać:

$$v_i = F_i(X_1, X_2, \dots, X_u) - l_i^{obs} \quad [6.5]$$

czyli:

$$v_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{iu}X_u - l_i^{obs} \quad [6.6]$$

W przypadku wyrównania metodą pośredniczącą, zastosowaną w niniejszej rozprawie, stosuje się współrzędne przybliżone, obliczone za pomocą niewyrównanych przyrostów współrzędnych (w tym przypadku przewyższeń), natomiast rozwiązaniem układu równań są przyrosty  $dX$  do współrzędnych przybliżonych.

$$v_i = a_{i1}dX_1 + a_{i2}dX_2 + \dots + a_{iu}dX_u + l_i^0 - l_i^{obs} \quad [6.7]$$

gdzie:

$a_{iu}$  – liniowe parametry funkcji poprawki od wartości przyrostów współrzędnych;

$l_i^0$  – wartość obserwacji obliczona ze współrzędnych przybliżonych.

Układ  $n$  równań zapisuje się w ujęciu macierzowym:

$$\mathbf{V} = \mathbf{A}d\mathbf{X} + \mathbf{L} \quad [6.8]$$

gdzie:

$\mathbf{V}$  – macierz poprawek do obserwacji o wymiarach  $n$  wierszy, 1 kolumna;

$\mathbf{A}$  – macierz liniowych współczynników funkcji  $F(d\mathbf{X})$  o wymiarach  $n$  wierszy i  $u$  kolumn;

$d\mathbf{X}$  – jednokolumnowa macierz przyrostów do współrzędnych przybliżonych o  $u$  wierszach;

$L$  – jednokolumnowa macierz obserwacji  $l_i^0 - l_i^{obs}$  o wymiarach  $n$  wierszy.

Układ  $n$  równań z  $u$  niewiadomymi rozwiązuje się metodą najmniejszych kwadratów z warunkiem, aby suma kwadratów poprawek przyjmowała wartość minimalną:

$$\sum_{i=1}^n p_i v_i^2 = \min. \quad [6.9]$$

gdzie:

$p_i$  – waga  $i$ -tej obserwacji;

$v_i$  – poprawka dla  $i$ -tej obserwacji.

Wagi są odwrotnie proporcjonalne do kwadratów błędów średnich obserwacji:

$$p_i = \frac{1}{m_{dh}^2} \quad [6.10]$$

W przypadku niwelacji geometrycznej waga jest odwrotnością kwadratu błędu średniego pojedynczego przewyższenia (typowego spostrzeżenia). Wartości tych błędów umieszczono w tabelach 6.1 i 6.2 i wykorzystano je w analizach numerycznych.

Warunek minimalnej wartości sumy kwadratów poprawek [6.9] w ujęciu macierzowym zapisujemy w postaci:

$$\sum_{i=1}^n p_i v_i^2 = [v_1, v_2, \dots, v_n] \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & p_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_n \end{bmatrix} = \mathbf{V}^T \mathbf{P} \mathbf{V} = \min. \quad [6.11]$$

Rozwiązaniem układu równań z narzuconym warunkiem na minimum funkcji [6.11] jest (Wiśniewski, 2005):

$$d\hat{\mathbf{X}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{L}) \quad [6.12]$$

gdzie:

$d\hat{\mathbf{X}}$  – estymator wektor niewiadomych (przyrostów do współrzędnych przybliżonych).

Oszacowane wartości przyrostów dodaje się do współrzędnych przybliżonych, otrzymując współrzędne wyrównane. Przemieszczenia można wyznaczyć jako różnice współrzędnych obliczonych osobno w dwóch wyrównaniach, lub bezpośrednio, gdzie w wektorze  $\mathbf{L}$  znajdują się różnice przewyższeń z pomiaru wyjściowego i aktualnego. Wszystkie analizy numeryczne wykonane na potrzeby niniejszej rozprawy zostały wykonane w środowisku MS Excel oraz Matlab.

### 6.3. Identyfikacja reperów odniesienia

Identyfikacja bazy odniesienia to określenie grupy punktów wzajemnie nieprzemieszczonych (Kwaśniak i Prószyński, 2015). Względem tej grupy wyznacza się przemieszczenia pozostałych punktów sieci. Punkty odniesienia powinny być zlokalizowane poza zasięgiem oddziaływania czynników powodujących przemieszczenia, jednak spełnienie tego warunku nie gwarantuje stałości znaków w czasie. Stałość reperów odniesienia w czasie musi być zachowana, w innym przypadku reper nie może znaleźć się w zbiorze punktów względem których przemieszczenia są wyznaczone. Struktura obserwacji wykonanych przy pomiarze sieci musi pozwalać na właściwą identyfikację punktów, które powinny zostać zidentyfikowane jako baza odniesienia. Układ odniesienia może być zmienny dla kolejnych epok pomiarowych, ponieważ po upływie pewnego czasu punkty bazy mogą zmienić swoje położenie względem siebie (Kwaśniak i Prószyński, 2015). Rozróżnia się układy odniesienia sztywne i elastyczne. W sztywnym układzie odniesienia narzuca się warunek zerowych przemieszczeń dla punktów należących do bazy odniesienia, układ elastyczny dopuszcza wystąpienie szczątkowych przemieszczeń dla punktów bazy (Kwaśniak i Prószyński, 2015).

Obliczenia przemieszczeń pozornych służące identyfikacji bazy odniesienia poprzedza wykonanie testu globalnego współczynnika wariancji i testów lokalnych poprawek zunifikowanych, pozwalające przyjąć aprioryczną wartość błędu typowego spostrzeżenia a także wykryć ewentualne błędy grube w zbiorze obserwacji. Test globalny współczynnika wariancji określa się wzorem (Kwaśniak i Prószyński, 2015):

$$(\sigma_0)^2 \leq (\sigma_0)_{kryt}^2 \quad [6.13]$$

gdzie:

$(\sigma_0)^2$  – estymator współczynnika wariancji;

$(\sigma_0)^2_{kryt}$  – wartość krytyczna współczynnika wariancji, definiowana jako:

$$(\sigma_0)^2_{kryt} = \frac{\chi_{f,\alpha}^2}{f} \quad [6.14]$$

gdzie:

$\chi_{f,\alpha}^2$  – wartość przyjęta z rozkładu  $\chi^2$  o stopniach swobody  $f$  dla poziomu istotności  $\alpha$  (Kwaśniak i Prószyński, 2015). W analizach numerycznych przyjęto  $\alpha = 0,95$ . Wartość  $f$  jest określona jako:

$$f = n - u + d \quad [6.15]$$

gdzie:

$n$  – liczba obserwacji w sieci;

$u$  – liczba niewiadomych w układzie równań obserwacyjnych;

$d$  – defekt sieci, w tym przypadku  $d = 0$ . Defekt sieci występuje wówczas, gdy w zbiorze obserwacji wykonanych w danej sieci, bądź ogólniej w zbiorze danych do wyrównania obserwacji tejże sieci, brakuje pewnej liczby wielkości geometrycznych niezbędnych do wyznaczenia położenia jej punktów w przyjętym układzie współrzędnych (Kwaśniak i Prószyński, 2015). W sieci niwelacyjnej defekt dotyczy możliwości przesunięcia układu punktów wzdłuż osi pionowej  $Z$ . Test globalny współczynnika wariancji ma na celu sprawdzenie zgodności wyników obserwacji z przyjętym modelem zadania (Kwaśniak i Prószyński, 2015).

Test lokalny poprawki zunifikowanej pozwala wyrzucić i zlokalizować ewentualne błędy grube w wartościach obserwowanych. Test przeprowadza się poprzez porównanie stosunku wartości poprawki  $v_i$  oraz błędu danej poprawki  $m_{v,i}$  po wyrównaniu z wartością krytyczną:

$$\frac{v_i}{m_{v,i}} \leq W_{i,kryt} \quad [6.16]$$



gdzie:

$w_{i,kryt}$  – wartość przyjęta z rozkładu normalnego o średniej 0 i odchyleniu standardowym 1 dla poziomu istotności  $\alpha$ ;

$m_{v,i}$  – błąd średni wyznaczenia  $i$ -tej poprawki, obliczany z macierzy kowariancji wektora  $\mathbf{V}$  (Wiśniewski, 2005):

$$\hat{\mathbf{C}}_{\mathbf{V}} = \sigma_0^2 [\mathbf{P}^{-1} - \mathbf{A}(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T] \quad [6.17]$$

Kwadrat błędu średniego  $i$ -tej poprawki znajduje się na przekątnej macierzy diagonalnej  $\hat{\mathbf{C}}_{\mathbf{V}}$  w  $i$ -tym wierszu i  $i$ -tej kolumnie.

Niespełnienie kryterium [6.16] wskazywałoby na wystąpienie błędu grubego dla  $i$ -tej obserwacji. W takiej sytuacji pomiar należy powtórzyć (o ile jest taka możliwość) lub wyeliminować ze zbioru danych.

W analizach numerycznych wykonanych na potrzeby niniejszej rozprawy posłużono się metodą identyfikacji bazy odniesienia proponowaną przez Kwaśniaka i Prószyńskiego (2015) polegającą na zastosowaniu metody kolejnych wyrównań przy założeniu elementarnego układu odniesienia, ze sztywnym właściwym układem odniesienia. Metoda ta polega na dokonywaniu kolejnych wyrównań dla każdego z pomiarów okresowych przy zmienianej minimalnej bazie odniesienia, następnie obliczaniu przemieszczeń reperów nienależących do tej bazy oraz sprawdzaniu istotności tych przemieszczeń, przy zastosowaniu kryteriów cząstkowych o postaci (Kwaśniak i Prószyński, 2015):

$$|\Delta H_i| \leq k m_{\Delta H_i} \quad [6.18]$$

gdzie:

$\Delta H_i$  – przemieszczenie potencjalnego repera odniesienia względem przyjętej elementarnej bazy odniesienia;

$m_{\Delta H_i}$  – błąd średni wyznaczenia przemieszczenia  $\Delta H_i$ ;

$k$  – współczynnik przejścia od błędu średniego do błędu granicznego, decydujący o ostrości kryterium.

W analizach numerycznych przyjęto wartość  $k = 2$ , co oznacza, że za przemieszczenie istotne uznaje się przemieszczenie którego wartość jest nie mniejsza niż dwukrotność wartości błędu jego wyznaczenia. Jako elementarną bazę odniesienia przyjmuje się jeden z reperów znajdujący się w potencjalnej bazie odniesienia. Jeśli wyniki wyrównania wykazują niespełnienie kryteriów cząstkowych [6.18], należy przeprowadzić kolejne wyrównanie przy zmienionej bazie elementarnej. Gdy kryteria cząstkowe zostaną spełnione, jako ostateczną bazę odniesienia należy przyjąć te repery, dla których zostało spełnione kryterium cząstkowe oraz punkt przyjęty jako elementarna baza odniesienia. W analizach numerycznych wykonanych na potrzeby pacy przyjęto minimalną bazę odniesienia jako reper nr 7. Ostateczne obliczenie przemieszczeń odbyło się metodą różnic współrzędnych przy sztywnej bazie odniesienia zidentyfikowanej metodą wyżej opisaną.

#### 6.4. Obliczenie przemieszczeń oraz oszacowanie ich dokładności

Wszystkie pomiary wykonane we wszystkich epokach pomiarowych miały tę samą strukturę – mierzone były te same różnice wysokości, z zachowaniem stałej liczby stanowisk dla danego przewyższenia. Obliczenie przemieszczeń zostało wykonane w oparciu o różnice współrzędnych. W przypadku gdy współrzędne przybliżone są identyczne dla obu wyrównań (pomiar wyjściowy i aktualny), przemieszczenia punktów obliczane są za pomocą różnicy wartości z wektorów niewiadomych [6.12]:

$$\Delta \mathbf{H} = d\hat{\mathbf{H}}' - d\hat{\mathbf{H}} \quad [6.19]$$

gdzie  $d\hat{\mathbf{H}}'$  i  $d\hat{\mathbf{H}}$  to odpowiednio wartości estymatora wektora niewiadomych z pomiaru aktualnego i wyjściowego.

Czynnością równie ważną jak obliczenie wartości przemieszczeń jest estymacja ich dokładności. Sama wartość przemieszczenia może nie mieć znaczenia, jeśli nie zostanie zdefiniowana jako istotna, a istotność z kolei definiuje się poprzez dokładność wyznaczenia przemieszczenia [6.19]. Podstawową wartością pozwalającą oszacować dokładność pomiaru w sieci jest estymator wariancji typowego spostrzeżenia, zdefiniowany macierzowo jako (Kwaśniak i Prószyński, 2015):

$$\sigma_0^2 = \frac{\hat{\mathbf{V}}^T \mathbf{P} \hat{\mathbf{V}}}{f} \quad [6.20]$$

gdzie:

$\sigma_0^2$  – estymator wariancji typowego spostrzeżenia, w dalszych rozważaniach wprowadzono określenie  $m_0 = \sigma_0$ ;

$\hat{\mathbf{V}}$  – wektor wartości poprawek do obserwacji;

$\mathbf{P}$  – diagonalna macierz wag obserwacyjnych;

$f$  – liczba stopni swobody, zgodnie z [6.15].

Kolejnymi wskaźnikami dokładności pomiaru są błąd średni  $i$ -tej obserwacji oraz błąd średni wyznaczonego przemieszczenia. Błąd średni  $i$ -tej obserwacji obliczany jest na podstawie macierzy kowariancji wyrównanych wyników pomiaru (Osada, 1998; Wiśniewski, 2005):

$$\hat{\mathbf{C}}_1 = \sigma_0^2 \mathbf{A}(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \quad [6.21]$$

Macierz ta ma postać:

$$\hat{\mathbf{C}}_1 = \begin{bmatrix} m_{l_1}^2 & cov(l_1, l_2) & \cdots & cov(l_1, l_n) \\ cov(l_2, l_1) & m_{l_2}^2 & \cdots & cov(l_2, l_n) \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ cov(l_n, l_1) & cov(l_n, l_2) & \cdots & m_{l_n}^2 \end{bmatrix} \quad [6.22]$$

Wobec czego błąd  $i$ -tej obserwacji można wyznaczyć jako:

$$m_{l_i} = \sigma_0 \sqrt{[\mathbf{A}(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T]_{ii}} \quad [6.23]$$

Błędy przemieszczeń należy obliczyć na podstawie macierzy kowariancji wektora niewiadomych (Kwaśniak i Prószyński):

$$\hat{\mathbf{C}}_{dH} = \sigma_0^2 (\mathbf{A}_r^T \mathbf{P} \mathbf{A}_r)^{-1} \quad [6.24]$$

gdzie:

$\mathbf{A}_r$  – macierz liniowych współczynników funkcji  $F(dX)$ , zredukowana przez uwzględnienie w układzie równań warunków na niewiadome, o wymiarach  $n$  wierszy i  $u-b$  kolumn, gdzie  $b$  – liczba punktów w bazie odniesienia.

Macierz ta ma postać:

$$\hat{\mathbf{C}}_{d\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} m_{dH_1}^2 & cov(dH_1, dH_2) & \dots & cov(dH_1, dH_{u-b}) \\ cov(dH_2, dH_1) & m_{dH_2}^2 & \dots & cov(dH_2, dH_{u-b}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ cov(dH_{u-b}, dH_1) & cov(dH_{u-b}, dH_2) & \dots & m_{dH_{u-b}}^2 \end{bmatrix} \quad [6.25]$$

Wobec czego błąd  $i$ -tego przyrostu  $dH$  można wyznaczyć jako:

$$m_{dH_i} = \sigma_0 \sqrt{(\mathbf{A}_r^T \mathbf{P} \mathbf{A}_r)^{-1}_{ii}} \quad [6.26]$$

Wzór [6.26] dotyczy określenia błędu przyrostu współrzędnych dla jednego wyrównania. W przypadku wyznaczania błędności przemieszczenia, będącego różnicą przyrostów pomiaru aktualnego i wyjściowego [6.19], przy założeniu niezależności obu pomiarów oraz że w obu wyrównaniach przyjęte zostały identyczne rzędne przybliżone, to wektor przemieszczeń oraz jego macierz kowariancji można obliczyć ze wzorów (Kwaśniak i Prószyński, 2015):

$$\hat{\mathbf{C}}_{\Delta H} = \hat{\mathbf{C}}_{dH} + \hat{\mathbf{C}}_{dH'} \quad [6.27]$$

gdzie:

$\hat{\mathbf{C}}_{\Delta H}$  – macierz kowariancji przemieszczeń;

$\hat{\mathbf{C}}_{dH}$  – macierz kowariancji wektora niewiadomych dla pomiaru wyjściowego;

$\hat{\mathbf{C}}_{dH'}$  – macierz kowariancji wektora niewiadomych dla pomiaru aktualnego.

Na głównej przekątnej macierzy  $\hat{\mathbf{C}}_{\Delta H}$  znajdują się kwadraty błędów średnich wyznaczonych przemieszczeń. W takim wypadku ostateczna wartość błędu określenia przemieszczenia wyraża się zależnością:

$$m_{\Delta H_i} = \sqrt{m_{dH_i}^2 + m_{dH'_i}^2} \quad [6.28]$$

gdzie:

$m_{\Delta H_i}$  – błąd wyznaczenia  $i$ -tego przemieszczenia punktu;

$m_{dH_i}$  – błąd wyznaczenia  $i$ -tego przyrostu wysokości w pomiarze wyjściowym;

$m_{dH,i}$  – błąd wyznaczenia  $i$ -tego przyrostu wysokości w pomiarze aktualnym.

Wartości te są miarą dokładności uzyskanych przemieszczeń, którą posłużono się w dalszych opracowaniach omówionych w rozdziale 7 niniejszej rozprawy. Oprócz błędów średnich uzyskanych przemieszczeń, przeanalizowano wiarygodność uzyskanych wyników, porównując wartości przemieszczeń otrzymanych z pomiaru z przemieszczeniami symulowanymi omówionymi w rozdziale 4.5.

#### 6.5. Problem stałości punktów kontrolowanych w czasie

Porównanie pomierzonych przemieszczeń w wyniku pomiarów sieci z przemieszczeniami symulowanymi jest zasadne w przypadku, gdy badane znaki są stałe w czasie, a wykazane przemieszczenie jest efektem jedynie regulacji reperów. Kampania pomiarowa przeprowadzona na potrzeby niniejszej rozprawy trwała ponad trzy lata, a w takim okresie mogą wystąpić naturalne niepożądane ruchy obiektów na których zlokalizowano repery. Przeprowadzono szereg pomiarów sprawdzających stałość punktów w sieci niezależnie od przemieszczeń symulowanych. Dla wszystkich trzech epok pomiarowych A, B i C wykonywano pomiary sieci w warunkach stabilnych, bez generowania wibracji w modelowanej strefie drgań. Dla każdej epoki wykonano dwa takie pomiary: jeden na początku pomiarów, drugi po pomiarze w warunkach drgań dla wszystkich konfiguracji, przed zmianą symulowanych przemieszczeń. Pomiar wykonano tylko instrumentem Trimble DiNi 03, jako że był to pomiar sprawdzający stałość punktów a nie wpływ drgań.

Wprowadzono oznaczenia:

$A_0$  – pomiar bez drgań, epoka A, przed pomiarami z generowanymi drganiami w epoce A, wykonano na początku kampanii pomiarowej;

$A_0'$  – pomiar bez drgań, epoka A, po pomiarach z generowanymi drganiami, wykonano przed pierwszą regulacją reperów;

$B_0$  – pomiar bez drgań, epoka B, przed pomiarami z generowanymi drganiami w epoce B, wykonano po pierwszej regulacji reperów;

$B_0'$  – pomiar bez drgań, epoka B, po pomiarach z generowanymi drganiami w epoce B, wykonano przed drugą regulacją reperów;

$C_0$  – pomiar bez drgań, epoka C, przed pomiarami z generowanymi drganiami w epoce C, wykonano po drugiej regulacji reperów;

$C_0'$  – pomiar bez drgań, epoka C, po pomiarach z generowanymi drganiami w epoce C, wykonano na końcu kampanii pomiarowej.

Pary pomiarów  $A_0'$  i  $B_0$  oraz  $B_0'$  i  $C_0$  zostały wykonane w krótkich, kilkunastodniowych odstępach czasu. Przeszacowania względne obliczone na podstawie tych pomiarów powinny pokrywać się z wartościami przemieszczeń symulowanych. Przy poprawności modelu zakładającego stałość wszystkich punktów w ciągu całej kampanii pomiarowej przemieszczenia uzyskane w wyniku porównania par pomiarów  $A_0$  i  $A_0'$ ;  $B_0$  i  $B_0'$  oraz  $C_0$  i  $C_0'$  powinny przyjmować wartość 0, lub zostać zakwalifikowane jako nieistotne. Założenie to jest nieco uproszczone, jako że wartość przemieszczenia identyfikuje wektor przemieszczenia między dwoma momentami, nie zaś trajektorię ruchu punktów w tym okresie. Tabela 6.3 przedstawia przemieszczenia obliczone na podstawie pomiarów wykonanych przed pomiarami z wymuszonymi drganiami oraz po wykonaniu tych pomiarów, w celu sprawdzenia stałości badanych znaków w okresach kiedy przeprowadzano kampanie pomiarowe dla danej epoki. Przeszacowania są podane wraz z ich oceną istotności oszacowaną na podstawie [6.20], [6.28].

**Tab. 6.3.** Wartości przemieszczeń pomiędzy pomiarami nieobciążonymi drganiami wykonanymi w celu kontroli stałości reperów w sieci

Nr repera	$\Delta H$ [mm]	$2m_{\Delta H}$ [mm]	$\Delta H$ [mm]	$2m_{\Delta H}$ [mm]	$\Delta H$ [mm]	$2m_{\Delta H}$ [mm]
	$A_0'-A_0$	$A_0'-A_0$	$B_0'-B_0$	$B_0'-B_0$	$C_0'-C_0$	$C_0'-C_0$
1	-0,04	0,07	0,06	0,07	0,02	0,07
2	-0,01	0,06	-0,01	0,05	0,02	0,06
4	0,01	0,06	0,00	0,05	0,01	0,06
6	-0,01	0,08	-0,01	0,08	0,00	0,09
8	0,00	0,05	0,02	0,05	-0,03	0,06
9	-0,04	0,06	0,03	0,06	-0,05	0,06
10	-0,02	0,06	0,02	0,06	-0,02	0,07
12	-0,02	0,07	0,03	0,07	0,00	0,07
13	0,00	0,07	0,02	0,07	0,02	0,07
14	-0,01	0,06	0,02	0,06	-0,03	0,07
15	-0,03	0,06	0,04	0,06	-0,04	0,06
16	-0,01	0,07	0,00	0,07	-0,05	0,07

Wyrównanie zostało przeprowadzone przy sztywnej bazie odniesienia opartej na punktach: 3, 5, 7, 11 i 17. Jest to maksymalna baza punktów dla których warunki testu globalnego [6.13] i testu lokalnego [6.16] zostały spełnione. Żaden z pozostałych punktów nie wykazał przemieszczenia istotnego, czyli wartość przemieszczenia nie przekroczyła dwukrotności wartości błędu średniego tego przemieszczenia. Na tej podstawie można założyć, że w trakcie wykonywania pomiarów dla danej epoki repery się nie przemieszczały.

Tabela 6.4 zawiera przemieszczenia zmierzone bez drgań po regulacjach reperów, wykonanych pomiędzy pomiarami  $B_0'$  i  $A_0$  oraz między  $C_0$  i  $B_0'$ . Wartości przemieszczeń powinny pokrywać się z wartościami z tab. 4.1, czyli z wartościami przemieszczeń symulowanych, natomiast dla reperów stałych przemieszczenia powinny być zerowe lub nieistotne. Wartości w tabeli 6.4 zostały obliczone na podstawie tej samej bazy, czyli punktów 3, 5, 7, 11 i 17.

**Tab. 6.4.** Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań po regulacjach reperów, pomiędzy pomiarami  $B_0'$  i  $A_0$  oraz między  $C_0$  i  $B_0'$

Nr repera	$\Delta H_{\text{pom. } B_0-A_0'}$ [mm]	$2m_{\Delta H}$ [mm]	$\Delta H_{\text{sym.}}$ [mm]	$\Delta H_{\text{pom.}} - \Delta H_{\text{sym.}}$ [mm]	$\Delta H_{\text{pom. } C_0-B_0'}$ [mm]	$2m_{\Delta H}$ [mm]	$\Delta H_{\text{sym.}}$ [mm]	$\Delta H_{\text{pom.}} - \Delta H_{\text{sym.}}$ [mm]
1	0,02	0,06	0,00	0,02	-0,08	0,07	0,00	-0,08
2	0,71	0,05	0,71	0,00	-0,86	0,06	-0,81	-0,05
4	-0,13	0,05	-0,10	-0,03	0,40	0,06	0,40	0,00
6	0,66	0,08	0,72	-0,06	-0,80	0,08	-0,81	0,01
8	-0,10	0,05	-0,10	0,00	0,28	0,06	0,31	-0,03
9	0,34	0,06	0,30	0,04	-0,51	0,06	-0,49	-0,02
10	-0,15	0,06	-0,19	0,04	0,56	0,06	0,59	-0,03
12	-0,22	0,06	-0,19	-0,03	0,51	0,07	0,49	0,02
13	0,02	0,07	0,00	0,02	0,07	0,07	0,00	0,07
14	0,03	0,06	0,10	-0,07	-0,26	0,07	-0,30	0,04
15	0,05	0,06	0,00	0,05	-0,02	0,06	0,00	-0,02
16	0,40	0,07	0,40	0,00	-0,64	0,07	-0,60	-0,04

W tabeli należy zwrócić uwagę na trzy wartości. Repery nr 1 oraz 13 przemieściły się istotnie pomiędzy pomiarami  $C_0$  i  $B_0'$ , reper nr 1 najprawdopodobniej na skutek prac budowlanych przy remoncie posadzki w hali. Są to jednak repery dla których nie są badane przemieszczenia, ponieważ nie są to repery regulowane, skutkiem ich przemieszczeń jest nieujmowanie ich w bazie odniesienia. Wartości dotyczące ww. reperów zaznaczano w tabeli kolorem czerwonym. Dla repera 14 natomiast pomiar niwelacyjny nie wykazał przemieszczenia o wartości symulowanej – różnica między wartością pomierzoną a symulowaną przekracza

dwukrotność błędu oszacowania przemieszczenia. Może to oznaczać przemieszczenie znaku między pomiarami  $A_0'$  i  $B_0$ . Wartości dotyczące repera nr 14 zaznaczono kolorem niebieskim. Pozostałe wartości przemieszczeń wykazane pomiarem niwelacyjnym nie różnią się istotnie od wartości symulowanych. Najbardziej prawdopodobną interpretacją tych danych jest stałość w czasie kampanii pomiarowej elementów konstrukcyjnych, do których były mocowane repery regulowane.



## 7. Ocena istotności przemieszczeń i odporności instrumentów

Wykorzystując metody obliczeniowe oraz założenia dotyczące stałości sieci opisane w poprzednim rozdziale wykonano obliczenia przemieszczeń punktów w sieci wraz z oceną dokładności. Obliczenia przemieszczeń zostały wykonane przy następujących wariantach:

- przy użyciu **czterech** rodzajów niwelatorów, podwójnie został potraktowany niwelator cyfrowy DiNi03, dla którego wykonano pomiar pojedynczy i potrójny;
- przy **trzech** ciężarkach generatora drgań;
- w **czterech** ustawieniach nóg statywu przy pomiarze przewyższeń: trzech zgodnie z ryc. 4.11, czwarte wykorzystuje przewyższenia obliczone jako średnie z trzech podstawowych ustawień;
- w **trzech** kombinacjach epok pomiarowych: B – A, C – A oraz B – C;
- we **wszystkich** możliwych do pomiaru częstotliwościach (liczba zmienna w zależności od ciężarka i typu niwelatora, zgodnie z tab. 6.2);
- w **dwóch** wariantach struktury sieci: przy pełnym zestawie danych obserwacyjnych (41 obserwacji w sieci) oraz przy zredukowanym zestawie danych obserwacyjnych, z założeniem trzech pomierzonych przewyższeń do każdego repera w sieci (26 obserwacji) – zgodnie z tab. 5.2.

Kombinacja przytoczonych powyżej warunków w połączeniu z zasobem danych pomiarowych uzyskanych podczas badań daje ogromną liczbą wyników, których nie sposób przytoczyć w pełnym zakresie w jednej rozprawie. Wykonano obliczenia dla wszystkich kombinacji, jednak z uwagi na objętość danych, w dalszej części rozprawy zostały omówione tylko te przypadki, dla których wprowadzenie drgań w danej konfiguracji miało znaczenie dla uzyskanych dokładności. Omówiono też trendy dotyczące zmian parametrów dokładnościowych zaobserwowane przy wprowadzaniu zmian parametrów drgań. Wyniki przeanalizowano w sposób umożliwiający wprowadzenie zaleceń pomiarowych dla prac geodezyjnych wykonywanych w warunkach drgań, w szczególności pod kątem:

- uzyskanych dokładności wyznaczenia przemieszczenia, zgodnie z [6.28];
- istotności uzyskanych przemieszczeń, zgodnie z warunkiem [6.18];
- zgodności wartości oszacowanych przemieszczeń z wartościami przemieszczeń symulowanych.

Warunkiem koniecznym obliczenia przemieszczeń było spełnienie kryteriów dla testów globalnych i lokalnych, opisanych w rozdziale 6.3. Z uwagi jednak na dużą liczbę pomiarów każdego przewyższenia (20) i znaczny w niektórych przypadkach rozrzut wyników pomiaru w próbie, przyjęto założenie, że maksymalnie 10 % wartości  $\sigma_0$  może przekraczać kryterium testu globalnego [6.14], co dla sieci daje maksymalnie 4 przekroczenia, jako że dla jednego wyrównania wykonano 40 pomiarów: 20 w pomiarze wyjściowym i 20 w pomiarze aktualnym. Przy takiej liczebności próby pojawiają się obserwacje odstające, nawet w przypadku gdy wpływ drgań jest znikomy. Nie jest więc zasadne dążenie, aby wszystkie wartości  $\sigma_0$  nie przekraczały kryterium testu globalnego, ponieważ wymaga to sztucznego zwiększania wartości błędu pojedynczego spostrzeżenia do momentu aż wartości ze wszystkich 20 pomiarów znajdą się w dopuszczalnych granicach. Skutkowałoby to sztucznym zwiększeniem wartości błędu oszacowanego przemieszczenia dla wszystkich 20 przypadków w wyniku występowania kilku obserwacji odstających.

Podczas obliczania przemieszczeń kluczową czynnością jest właściwe wagowanie obserwacji. Od przyjętych błędów *a priori* zależy zgodność z testami globalnymi i lokalnymi, a także docelowo dokładność wyznaczonych przemieszczeń. W sieci występują dwa typy przewyższeń – mierzone w strefie drgań i poza nią. Dla przewyższeń mierzonych poza strefą przyjęto wartości błędów zgodnie z tabelą 6.1, dla pomiarów wykonywanych w strefie drgań przyjęto wartości z tabeli 6.2. Uśrednienie tych wartości nie jest zasadne, jako że obserwator w trakcie wykonywania pomiaru ma świadomość panujących warunków i powinien właściwie wskazać przewyższenia obarczone dodatkowymi błędami. Uśrednianie błędów obserwacji skutkuje także błędnym szacowaniem dokładności przemieszczeń reperów (zwiększenie błędów estymowanych wartości), dla których wykonano pomiary przewyższeń poza strefą drgań. Ponadto przyjęcie takiego wariantu skutkuje niespełnieniem warunków testów globalnych i lokalnych.

Wskazanie bezpośredniego wpływu amplitudy na dokładność przemieszczenia jest mocno utrudnione, ponieważ przewyższenia wykorzystane do wyznaczenia przemieszczenia danego repera są mierzone między różnymi reperami, a zatem na różnych stanowiskach, gdzie celowe do obu łat są na każdym stanowisku realizowane pod innym kątem. W takim przypadku składowe amplitudy dla trzech ustawień nóg statywu rozkładają się inaczej wzdłuż realizowanych celowych. Wobec powyższego amplituda na każdym stanowisku jest nieznacznie inna, dlatego zdecydowano się uśrednić wartości amplitudy dla danej

częstotliwości i przyjąć trzy wartości dla wszystkich celowych na stanowisku w strefie drgań o danej częstotliwości: wzdłuż osi celowej, prostopadle do niej w płaszczyźnie poziomej oraz w linii pionu. Wartości amplitudy przyjęte do analiz zaprezentowano w załączniku 7.

#### 7.1. Obliczenia przemieszczeń i ich błędów dla niwelatora Zeiss Ni 002

Niwelator analogowy Zeiss Ni002 wykazuje podatność na występowanie drgań w niektórych zakresach częstotliwości. Zakresy te można określić analizując tabelę 6.2. Dla ciężarka o najmniejszej masie (4 g) zakresy częstotliwości przy których był niemożliwy to 18 – 24 Hz oraz częstotliwości większe niż 44 Hz. Dla ciężarka 8 g dodatkowo zostaje wyłączony zakres 26 – 28 Hz, a dla 12 g dochodzi 30 Hz i 44 Hz. W załączniku 7 zostały zestawione amplitudy drgań dla danych częstotliwości, po analizie których można wskazać, który z parametrów jest decydujący w aspekcie możliwości wykonania pomiarów. Przy częstotliwościach rezonansowych, przy których pomiar nie jest możliwy zaobserwowano znaczny wzrost wartości amplitudy we wszystkich osiach, jednak dane te nie wskazują na to, która oś jest decydująca w kontekście uniemożliwienia pomiaru. Dla ciężarka 4 g we wszystkich zakresach, w których pomiar był niemożliwy, maksymalne wartości amplitudy dla wszystkich ustawień i wszystkich osi wynoszą 20  $\mu\text{m}$ . Poniżej tej wartości pomiar jest możliwy. Jednak dla ciężarka 12 g dla częstotliwości 30 Hz i 44 Hz występują wartości amplitudy mniejsze niż 20  $\mu\text{m}$ , a mimo to pomiar nie był możliwy. Może to znaczyć, że parametrem decydującym o możliwości wykonania pomiaru jest nie amplituda, tylko energia drgań, która zgodnie z [4.9] jest wprost proporcjonalna do kwadratu amplitudy i kwadratu częstotliwości drgań. Dla ciężarka 12 g podobne wartości amplitudy można zaobserwować zarówno dla częstotliwości 16 Hz jak i dla 30 Hz, jednak w pierwszym przypadku pomiar jest możliwy, a w drugim nie. Dla częstotliwości 44 Hz wartości amplitudy są relatywnie niewielkie, jednak pomiar nie jest możliwy. Analizując dane można też zauważyć, że wychylenia w osi Y nie mają kluczowego znaczenia dla efektów obserwowanej łąty. Dla częstotliwości 26 Hz (4 g) wychylenia w tej osi przekraczają 40  $\mu\text{m}$ , a mimo to pomiar jest wykonalny.

Dla niwelatora Ni 002 wykonano analizy numeryczne w celu obliczenia przemieszczeń i ich dokładności we wszystkich omówionych konfiguracjach. Dla pomiarów tym niwelatorem podczas wszystkich analiz została zdefiniowana ta sama docelowa baza odniesienia. W jej skład wchodzi punkty: 3, 5, 7, 11, 15 i 17. Dla tej grupy reperów przyjętych jako sztywne baza

odniesienia zarówno testy globalne współczynnika wariancji, jak i lokalne poprawki zunifikowane są spełnione dla co najmniej 90% pomiarów.

### 7.1.1. Analiza wyników pomiarów nieobarczonych wpływem drgań dla Ni 002

Tabela 7.1 przedstawia wyniki przemieszczeń i ich dokładności uzyskane na podstawie pomiarów nieobarczonych drganiami w wariancie zredukowanym do 26 obserwacji. Wyniki wyrównania dla niezredukowanej sieci przedstawia tabela 7.2. Obie tabele zawierają także wartości przemieszczeń symulowanych. Jako wartość a priori błędu typowego spostrzeżenia w sieci przyjęto w obu przypadkach 0,046 mm (Tab. 6.1). Do tych wartości należy porównywać wszelkie inne wyniki tego niwelatora, jako że przedstawiają one nominalną dokładność instrumentu.

**Tab. 7.1.** Wartości przemieszczeń wyznaczonych na podstawie pomiarów bez drgań w sieci zredukowanej do 26 obserwacji przy użyciu niwelatora Zeiss Ni 002. Przemieszczenia wyznaczone w epokach A, B i C

epoka B -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	0,02	0,70	-0,09	0,66	-0,09	0,28	-0,21	-0,27	0,02	0,07	0,37
$m\Delta H$ [mm]	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,40

epoka C -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,03	-0,16	0,34	-0,15	0,17	-0,20	0,32	0,28	0,10	-0,22	-0,27
$m\Delta H$ [mm]	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,07	-0,20	-0,20

epoka C -epoka B	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,05	-0,87	0,43	-0,81	0,26	-0,48	0,53	0,54	0,08	-0,29	-0,64
$m\Delta H$ [mm]	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,81	0,40	-0,81	0,31	-0,49	0,59	0,49	0,07	-0,30	-0,60

$m_0A$  1,10     $m_0B$  0,90     $m_0C$  0,99

**Tab. 7.2.** Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci złożonej z pełnej bazy obserwacji (41) niwelatorem Zeiss Ni 002. Przemieszczenia wyznaczone w epokach A, B i C

epoka B -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,03	0,70	-0,12	0,64	-0,11	0,28	-0,18	-0,24	0,02	0,02	0,38
$m\Delta H$ [mm]	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,40

epoka C -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,08	-0,18	0,28	-0,18	0,19	-0,19	0,38	0,29	0,11	-0,23	-0,25
$m\Delta H$ [mm]	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,07	-0,20	-0,20

epoka C -epoka B	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,04	-0,88	0,40	-0,82	0,29	-0,48	0,56	0,54	0,09	-0,25	-0,64
$m\Delta H$ [mm]	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,81	0,40	-0,81	0,31	-0,49	0,59	0,49	0,07	-0,30	-0,60

$$m_0A \quad 0,98 \quad m_0B \quad 0,87 \quad m_0C \quad 0,94$$

Analizując dane z tabel 7.1 i 7.2 zwraca uwagę fakt, że przemieszczenia w pełnej sieci mają nieco wyższą dokładność oszacowania niż w przypadku sieci zredukowanej. Dla pełnej sieci błędy wyznaczenia przemieszczenia wahają się w granicach 0,03 – 0,04 mm, dla sieci zredukowanej 0,04 – 0,06 mm. Należy podkreślić, że w obu przypadkach są to dokładności bardzo wysokie. Różnica między wartościami błędów różnicuje wyniki pod jednym względem – zmienia się istotność wyznaczenia przemieszczeń niewielkich, rzędu 0,1 mm. Przykładem jest reper 13, gdzie przy zredukowanej bazie nie zostało wykryte przemieszczenie, a przy bazie pełnej zostało ono zakwalifikowane jako istotne. Wartości przemieszczeń są do siebie zbliżone i z niewielkimi wyjątkami pokrywają się z wartościami przemieszczeń symulowanych.

### 7.1.2. Analiza wyników pomiarów obarczonych wpływem drgań dla N i002

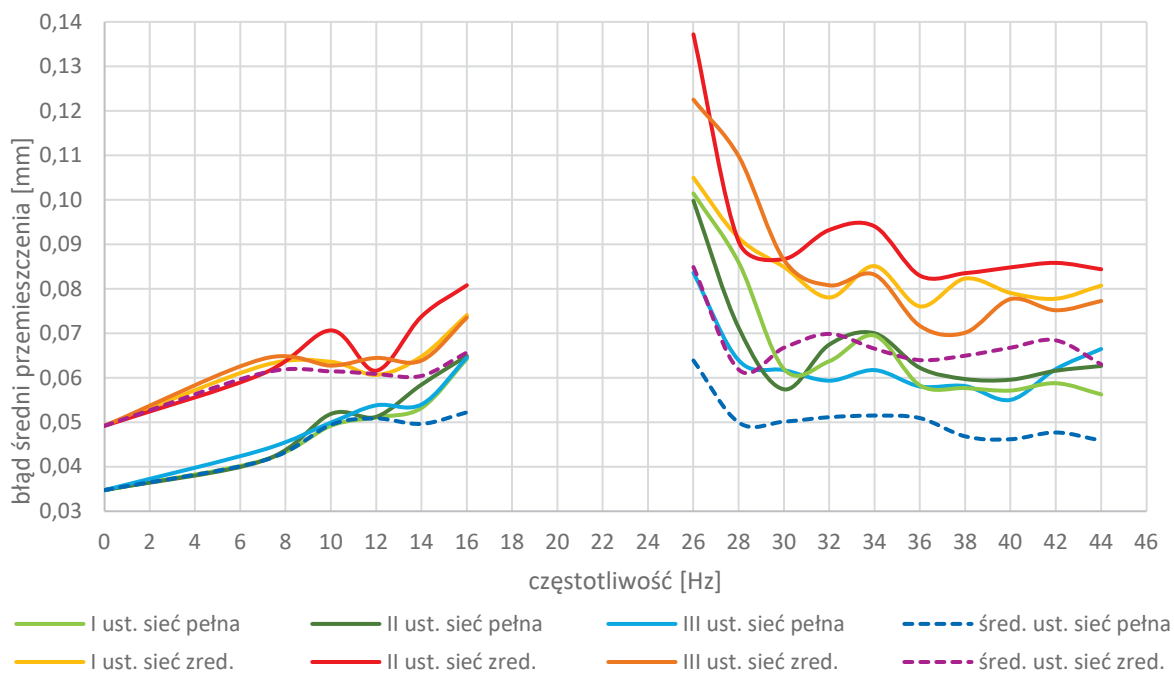
Wprowadzenie drgań do układu sieci w większości przypadków nie wpłynęło na istotny wzrost błędów średnich wyznaczenia przemieszczeń. Dotyczy to oczywiście sytuacji w których pomiar w ogóle był możliwy do wykonania. Spadek dokładności wyznaczenia przemieszczeń jest zauważalny, jednak dla wszystkich przebadanych kombinacji amplitudy i częstotliwości

wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia mieści się w granicach dokładnościowych niwelacji precyzyjnej. Dokonując oceny wyników, oprócz wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia, należy wziąć także pod uwagę zgodność oszacowanych wartości przemieszczeń z wartościami symulowanymi oraz schemat pomiaru przewyższeń do danego repera, zgodnie z tab. 5.2.

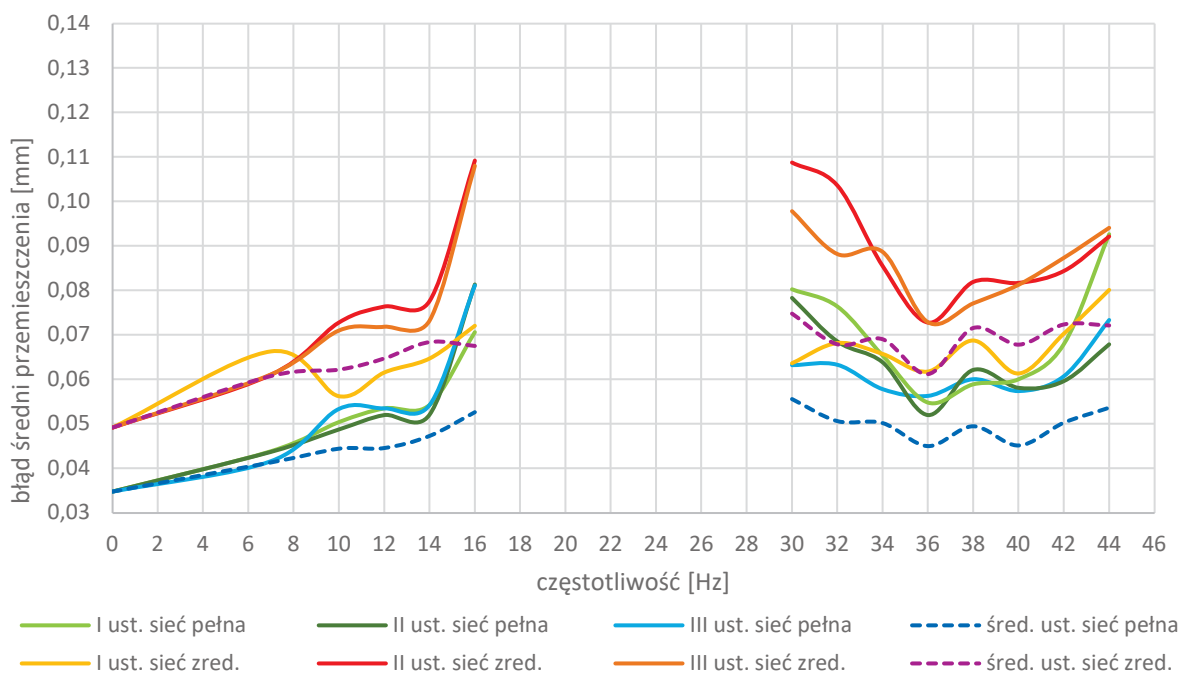
Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że na dokładność wyznaczenia przemieszczenia wpływają:

- liczba obserwacji w sieci;
- wartości parametrów drgań;
- dokładność nominalna instrumentu;
- liczba przewyższeń do danego repera zmierzona w strefie drgań lub poza nią.

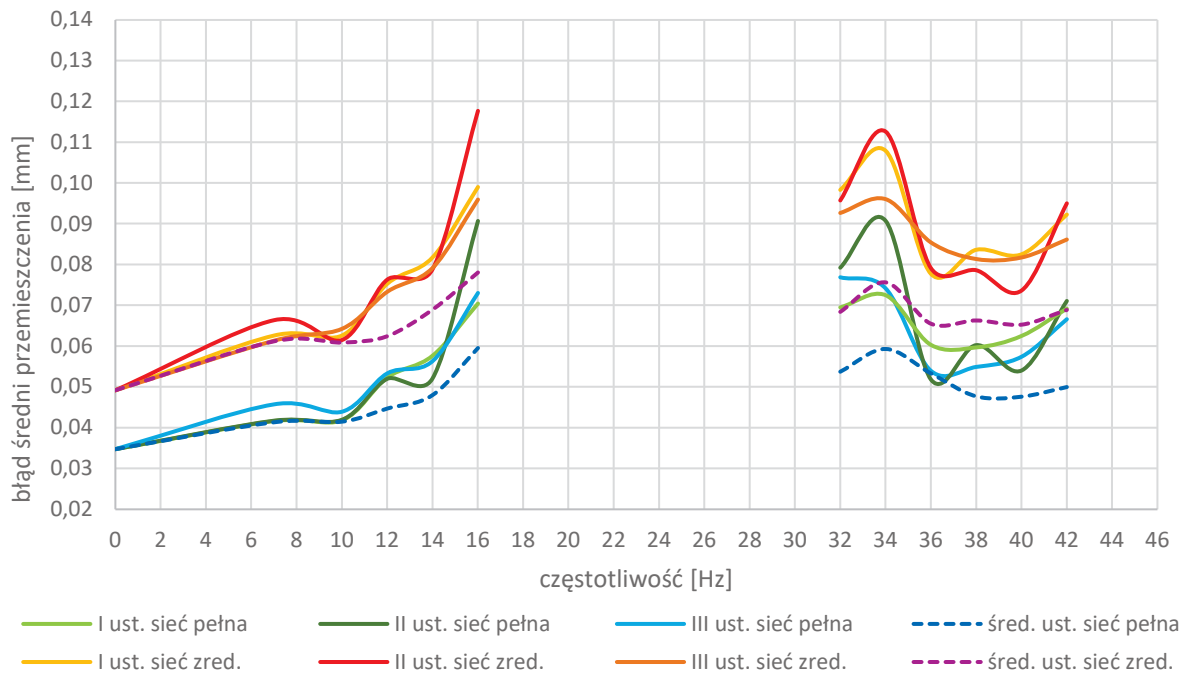
Do graficznej prezentacji wyników wybrano repery nr 1, 8 oraz 9. Cechuje je odmienna od siebie charakterystyka dokładnościowa, która pozwala odnieść uzyskane wyniki do pozostałych reperów, które są zbliżone do wybranych punktów. Zgodnie z tab. 5.2, wszystkie mierzone przewyższenia do repera nr 1 znajdują się w strefie drgań, zarówno w wariancie sieci pełnej (41 obserwacji), jak i zredukowanej (26 obserwacji). W przypadku przewyższeń mierzonych do repera nr 8 jedno przewyższenie jest mierzone poza strefą, pozostałe w strefie, dla obu wariantów wyrównania. Dla repera nr 9 w wariancie pełnym dwa przewyższenia są mierzone poza strefą, w wariancie zredukowanym tylko jedno. Ryc. 7.1 – 7.9 przedstawiają wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczeń analizowanych reperów w zależności od częstotliwości dla trzech mas ciężarka na generatorze. Na jednym wykresie przedstawiono wyniki zarówno dla sieci pełnej (41 obserwacji w sieci) jak i zredukowanej (26 obserwacji) dla każdego z trzech ustawień nóg statywu (na rycinach 4.11 opisano jako: I ust., II ust., III ust.) oraz dla średniej z tych trzech ustawień.



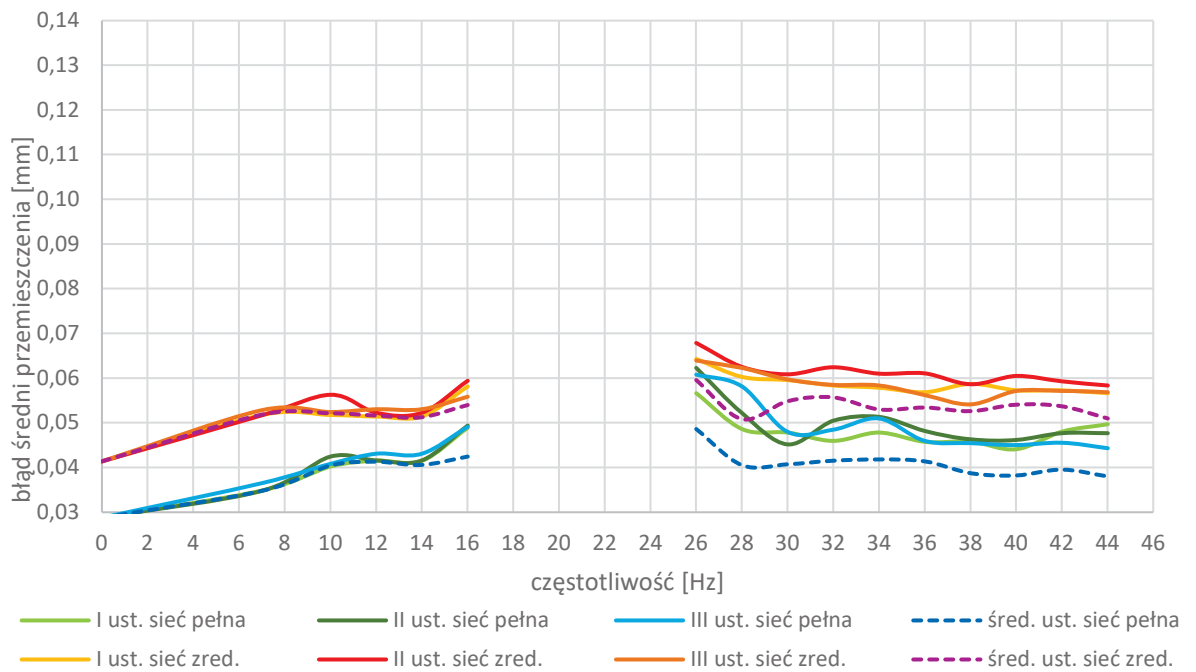
**Ryc. 7.1.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni002, ciężar 4 g



**Ryc. 7.2.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni002, ciężar 8 g

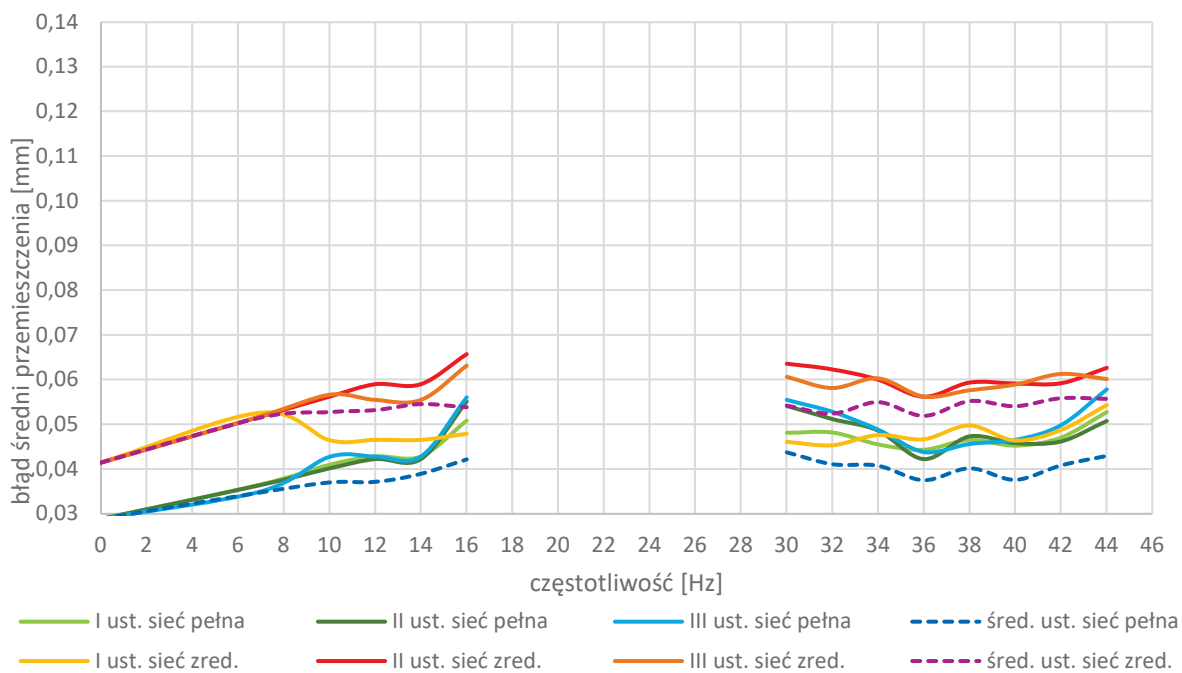


**Ryc. 7.3.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni002, ciężar 12 g

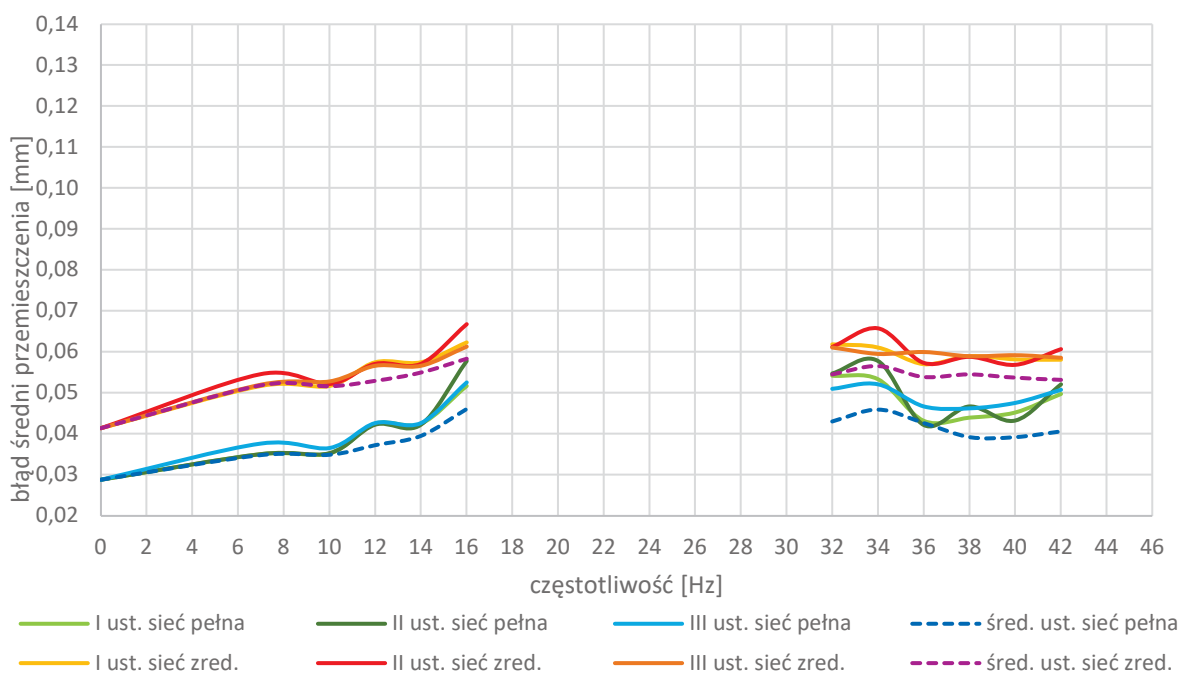


**Ryc. 7.4.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni002, ciężar 4 g

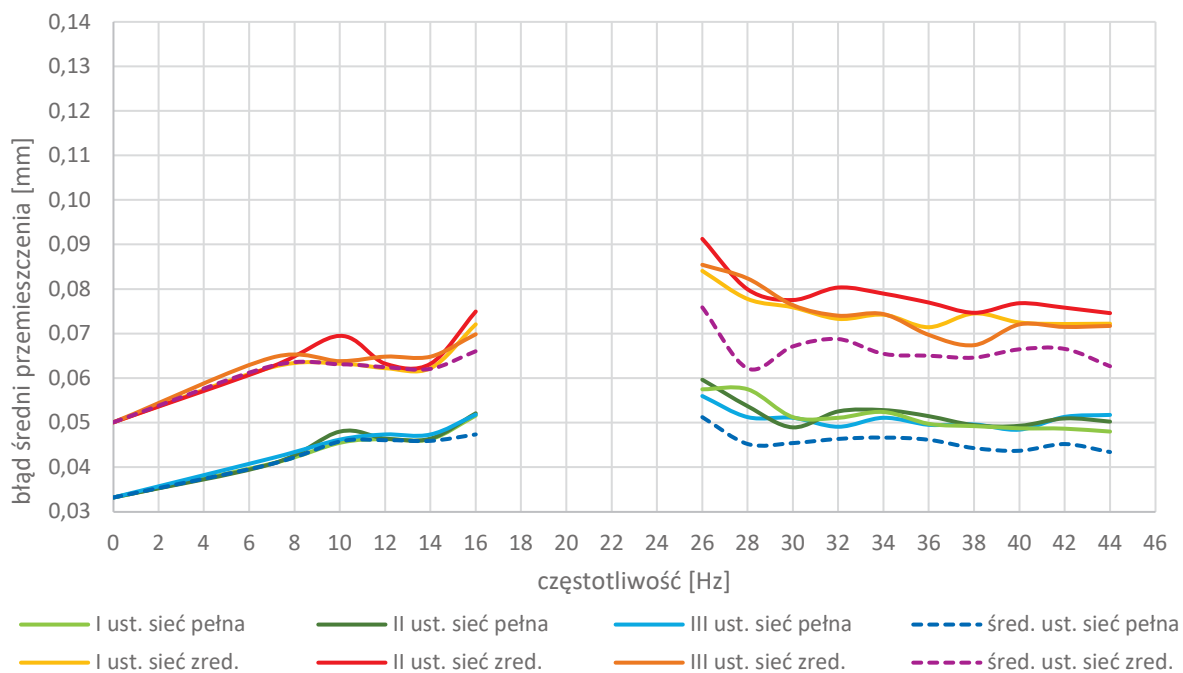




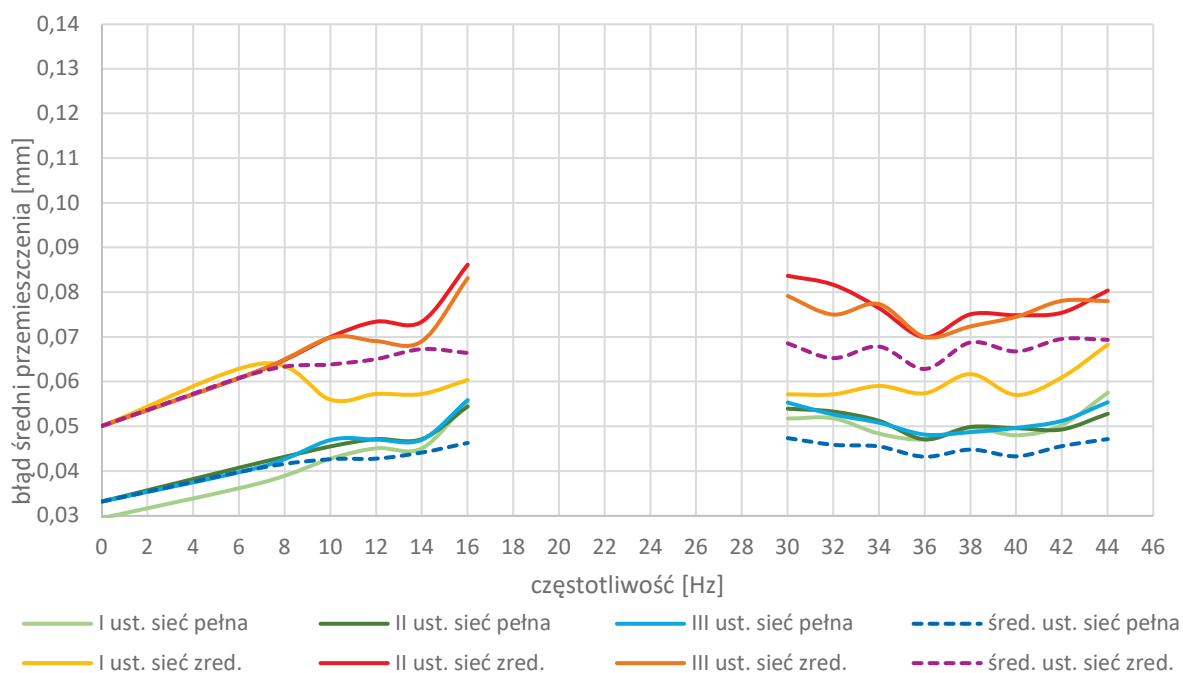
**Ryc. 7.5.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni002, ciężar 8 g



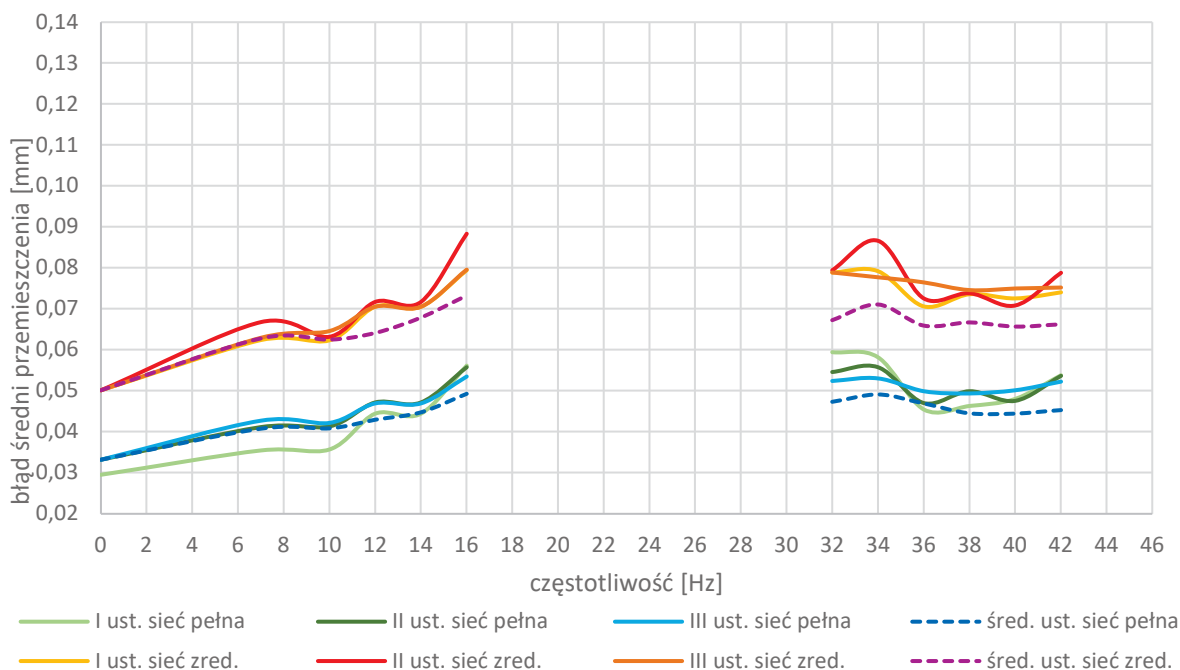
**Ryc. 7.6.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni002, ciężar 12 g



**Ryc. 7.7.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od czężotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni002, ciężar 4 g



**Ryc. 7.8.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od czężotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni002, ciężar 8 g



**Ryc. 7.9.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni002, ciężar 12 g

Przedstawione wartości błędów średnich są wartościami uśrednionymi z trzech epok pomiarowych, z 20 pomiarów z każdej epoki. Należy tu podkreślić, że w większości przypadków wartości błędów dla 20 pomiarów są do siebie zbliżone we wszystkich epokach pomiarowych (A-B, A-C i B-C). Analizując wyniki przedstawione na powyższych wykresach należy zwrócić uwagę na następujące właściwości:

- wyrównanie w wariancie sieci pełnej charakteryzuje się mniejszym błędem wyznaczenia przemieszczenia niż w przypadku wariantu zredukowanego;
- błąd wyznaczenia przemieszczeń dla obserwacji określonych jako średnia z trzech ustawień nóg statywu względem źródła drgań jest mniejszy niż ten błąd oszacowany na podstawie obserwacji uzyskanych przy dowolnym ustawieniu nóg statywu. Dowodzi to negatywnego wpływu kierunkowości drgań;
- niezależnie od wariantu, maksymalna wartość błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia wynosi około 0,14 mm. Taka wartość uprawnia do wykrywania istotnych przemieszczeń rzędu 0,3 mm i większych;
- zmiana amplitudy drgań poprzez zwiększenie masy ciężarka nie wpływa znacząco na zmianę wartości błędu dla danej wartości częstotliwości;

- najwyższe błędy oszacowania przemieszczenia wystąpiły dla repera nr 1, dla którego wszystkie przemieszczenia zostały zmierzone w strefie drgań;
- wartości błędów przemieszczeń reperów nr 8 i 9 są porównywalne i wyraźnie niższe niż w przypadku repera 1. Uzasadnieniem takiego zjawiska jest wykorzystanie w obliczeniach przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań, wagi wagi inaczej niż przewyższenia mierzone w strefie.

Nie we wszystkich przypadkach wagowanie obserwacji wykonanych w strefie zgodnie z tab. 6.2 było wystarczające do spełnienia warunków testów globalnych i lokalnych. Dla częstotliwości o największym wpływie na dokładność do obliczeń należało przyjmować wartości błędów obserwacji większe nawet o 0,03 mm niż podane w tabeli 6.2. Należy także zauważyć, że maksymalna wartość błędu przemieszczenia (0,14 mm) jest wartością pozwalającą wykryć przemieszczenia rzędu 0,3 mm, co jest sytuacją akceptowalną dla większości inżynierskich zadań. Wobec relatywnie niskich wartości błędów przemieszczeń należy także rozważyć zasadność zwiększania liczby obserwacji w sieci z uwagi na uwarunkowania ekonomiczne i czasowe, pamiętając, że przedstawione w tej pracy wyniki są uzyskane w warunkach laboratoryjnych a nie w warunkach rzeczywistych.

Wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia obliczona dla pomiaru w warunkach drgań może być niewystarczająca do prawidłowej oceny przydatności niwelatora w tych warunkach. Należy skonfrontować uzyskane wartości z wielkością odchylenia obliczonego przemieszczenia z przemieszczeniem symulowanym. Sporządzono wykresy obrazujące zgodność uzyskanych wartości przemieszczeń z wartością symulowaną. Na wykresach przedstawiono maksymalne i minimalne odchylenia od wartości symulowanych, wybrane z grupy 20 pomiarów i trzech epok pomiarowych. Na pojedynczym wykresie umieszczono wartości skrajnych odchylen dla obserwacji pozyskanych ze wszystkich trzech ustawień nóg statywu oraz dla obserwacji będącej średnią z trzech ustawień. Pojedynczy wykres dotyczy jednego repera i podobnie jak w poprzednim przypadku przedstawiono wyniki dla reperów nr 1, 8 i 9. Skrajne wartości są liczone następująco:

$$y_{max} = \max (\Delta H_i^{pom} - \Delta H^{symul}) \quad [7.1]$$

$$y_{min} = \min (\Delta H_i^{pom} - \Delta H^{symul}) \quad [7.2]$$

gdzie:

$y_{max}, y_{min}$  – wartości skrajne odchyłeń przedstawione na wykresach;

$\Delta H_i^{pom}$  –  $i$ -ta wartość przemieszczenia repera spośród wszystkich pomiarów w trzech epokach pomiarowych;

$\Delta H^{symul}$  – wartość przemieszczenia symulowanego dla danego repera w danej epoce

Wykresy przedstawiające skrajne odchylenia obliczonych wartości przemieszczeń zawierają załączniki 8 – 10. Przedstawiono w nich wyniki dla reperów 1 (zał. 8), 8 (zał. 9) i 9 (zał. 10) dla trzech ustawień nóg statywu oraz średniej z tych ustawień, dla wariantu pełnego zestawu obserwacji oraz zredukowanego. Dla repera nr 1 uwzględniono wykazane w tabeli 7.2 niezamierzone przemieszczenie między epokami A i C. Struktura danych w załącznikach jest następująca:

- ciężar 4 g: odchylenia przy sieci pełnej, odchylenia przy sieci zredukowanej;
- ciężar 8 g: odchylenia przy sieci pełnej, odchylenia przy sieci zredukowanej;
- ciężar 12 g: odchylenia przy sieci pełnej, odchylenia przy sieci zredukowanej.

Analizując dane z załączników 8 – 10 należy zwrócić uwagę na następujące własności:

- najmniejszy rozrzut wokół wartości symulowanych charakteryzuje reper nr 8, największy zaś reper nr 1;
- w przypadku repera nr 8 niezależnie od kombinacji parametrów drgań rozrzut wokół wartości symulowanych jest podobny. Zarówno zmiana masy ciężarka generatora, jak i wariantu wyrównania nie wpływa znacząco na skrajne wartości odchyłeń. Wartości maksymalne nie przekraczają +0,11 mm a minimalne -0,12 mm. Najlepsze rezultaty dają dane z ustawienia średniego z trzech ustawień nóg statywu;
- w przypadku repera nr 1 rozrzuty są zdeterminowane przez częstotliwość, wariant wyrównania oraz ustawienie nóg statywu. Zmiana masy ciężarka w większości przypadków nie wpływa znacząco na skrajne wartości odchyłeń. Większe wartości bezwzględne skrajnych odchyłeń można zaobserwować dla zredukowanego wariantu wyrównania, podczas gdy dla wariantu pełnego można zaobserwować pewną niesymetryczność wyników względem wartości symulowanych. Wartości

bezwzględne odchylen są dla tego wariantu zdecydowanie większe dla wartości minimalnych;

- dla repera nr 1 częstotliwości, dla których występuje największy rozrzut to 26 Hz dla ciężarka 4 g (wartości od +0,26 mm do -0,23 mm dla sieci zredukowanej i od +0,16 mm do -0,27 mm dla sieci pełnej), 44 Hz dla ciężarka 8 g (od +0,25 mm do -0,24 mm dla sieci zredukowanej i od +0,14 mm do -0,25 mm dla sieci pełnej) oraz 34 Hz dla ciężarka 12 g (od +0,25 mm do -0,19 mm dla sieci zredukowanej i od +0,10 mm do -0,23 mm dla sieci pełnej). Należy zwrócić uwagę, że częstotliwość 26 Hz uniemożliwia pomiar przy masie ciężarka 8 oraz 12 g, podobnie częstotliwość 44 Hz nie daje możliwości pomiaru dla ciężarka o masie 12 g;
- dla repera nr 9 zauważalne jest zwiększenie rozrzutu wartości skrajnych przy zastosowaniu wariantu zredukowanego. Dla wariantu pełnego można zauważyć podobną niesymetryczność względem wartości symulowanych jak w przypadku repera 1, jednak dysproporcje są mniejsze;
- największe rozrzuty zauważalne są dla tych samych częstotliwości co w przypadku poprzednich przypadków – 26 Hz dla ciężarka 4 g (wartości od +0,18 mm do -0,15 mm dla sieci zredukowanej i od +0,09 mm do -0,12 mm dla sieci pełnej), 44 Hz dla ciężarka 8 g (od +0,14 mm do -0,15 mm dla sieci zredukowanej i od +0,07 mm do -0,12 mm dla sieci pełnej) oraz 34 Hz dla ciężarka 12 g (od +0,19 mm do -0,16 mm dla sieci zredukowanej i od +0,12 mm do -0,15 mm dla sieci pełnej).

Analizując rozrzut skrajnych wartości odchylen od wartości symulowanych należy odnieść te wartości do błędów wyznaczenia tych wartości. Jak wiadomo, prawdopodobieństwo nieprzekroczenia wartości błędu średniego wynosi 0,68, zaś podwójnego błędu średniego 0,95. Gdy zatem stosunek wartości bezwzględnej badanego odchylenia do błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia przekracza 2, oznacza to, że w wyniku drgań pojawia się błąd gruby powodujący niewłaściwe oszacowanie wartości przemieszczeń, pomimo relatywnie akceptowalnej wyznaczonej dokładności. Tabele 7.3 – 7.5 obrazują stosunki odchylen do błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia dla następujących konfiguracji: ciężar 4g, 26 Hz; ciężar 8g, 44 Hz; ciężar 12g, 34 Hz.

**Tab. 7.3.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni002, ciężar 4g, 26 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,14	0,05	0,06	-0,03	0,06	0,07	0,07	0,03	0,08	0,04	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,14	-0,14	-0,08	-0,12	-0,10	-0,11	-0,18	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/m $\Delta H$	1,62	0,84	1,39	-0,51	1,15	1,33	0,96	0,64	1,74	0,86	0,21
	min/m $\Delta H$	1,71	2,28	1,92	2,10	1,76	2,04	2,26	1,78	0,40	1,58	1,40
II ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,16	0,08	0,06	-0,01	0,11	0,08	0,19	0,03	0,08	0,03	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,18	-0,14	-0,08	-0,13	-0,09	-0,12	-0,23	-0,08	-0,01	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/m $\Delta H$	1,56	1,14	1,53	-0,15	1,71	1,33	2,11	0,62	1,67	0,71	0,25
	min/m $\Delta H$	1,77	1,97	1,99	2,10	1,51	2,00	2,53	1,73	0,29	1,50	1,31
III ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,13	0,08	0,06	-0,02	0,07	0,09	0,08	0,03	0,08	0,04	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,27	-0,13	-0,08	-0,12	-0,11	-0,11	-0,17	-0,08	-0,01	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/m $\Delta H$	1,26	1,12	1,57	-0,37	1,15	1,56	0,95	0,64	1,70	0,78	0,21
	min/m $\Delta H$	2,62	1,85	2,05	2,06	1,89	1,85	1,92	1,79	0,30	1,53	1,38
śr. ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,07	0,04	0,05	-0,03	0,06	0,08	0,07	0,03	0,09	0,03	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,14	-0,14	-0,08	-0,11	-0,09	-0,11	-0,12	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05
	max/m $\Delta H$	1,10	0,83	1,36	-0,52	1,26	1,59	1,12	0,55	1,80	0,61	0,20
	min/m $\Delta H$	2,16	2,68	1,99	1,94	1,85	2,09	1,95	1,75	0,39	1,52	1,35
I ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,22	0,20	0,10	-0,02	0,08	0,16	0,16	0,03	0,16	0,09	0,02
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,22	-0,24	-0,08	-0,10	-0,10	-0,14	-0,20	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	2,10	2,05	1,86	-0,28	1,20	1,90	1,61	0,69	2,59	1,51	0,31
	min/m $\Delta H$	2,05	2,53	1,51	1,36	1,48	1,72	1,98	1,47	1,28	1,38	1,61
II ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,26	0,23	0,10	-0,02	0,08	0,18	0,29	0,03	0,16	0,09	0,02
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,19	-0,25	-0,08	-0,10	-0,10	-0,13	-0,31	-0,07	-0,06	-0,05	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	1,92	1,75	1,88	-0,28	1,17	1,97	2,23	0,64	2,59	1,46	0,31
	min/m $\Delta H$	1,38	1,90	1,53	1,38	1,48	1,44	2,36	1,48	1,07	0,91	1,57
III ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,26	0,22	0,10	-0,02	0,06	0,17	0,23	0,03	0,15	0,08	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,23	-0,24	-0,08	-0,10	-0,10	-0,15	-0,31	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	2,15	1,93	1,97	-0,29	0,88	2,01	1,96	0,69	2,64	1,38	0,30
	min/m $\Delta H$	1,88	2,11	1,60	1,44	1,63	1,81	2,69	1,57	1,16	1,04	1,66
śr. ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,19	0,13	0,10	-0,02	0,07	0,14	0,10	0,03	0,16	0,10	0,02
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,10	-0,16	-0,08	-0,10	-0,09	-0,14	-0,12	-0,07	-0,07	-0,07	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	2,28	1,68	1,87	-0,28	1,25	1,86	1,21	0,63	2,66	1,64	0,32
	min/m $\Delta H$	1,20	2,17	1,52	1,37	1,49	1,84	1,52	1,47	1,21	1,23	1,60

**Tab. 7.4.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: NI002, ciężar 8g, 44 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,13	0,04	0,05	-0,04	0,10	0,06	0,06	0,02	0,08	0,03	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,18	-0,16	-0,08	-0,14	-0,08	-0,12	-0,17	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/m $\Delta H$	1,51	0,66	1,37	-0,77	1,73	1,04	0,82	0,54	1,72	0,64	0,19
	min/m $\Delta H$	2,17	2,52	2,07	2,42	1,47	2,19	2,16	1,79	0,33	1,62	1,47
II ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,14	0,02	0,05	-0,04	0,07	0,07	0,06	0,02	0,08	0,02	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,25	-0,17	-0,07	-0,15	-0,11	-0,10	-0,20	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05
	max/m $\Delta H$	2,16	0,47	1,25	-0,74	1,53	1,44	0,98	0,48	1,74	0,56	0,16
	min/m $\Delta H$	3,86	3,16	1,91	2,57	2,25	1,93	3,28	1,73	0,35	1,55	1,43
III ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,12	0,01	0,05	-0,04	0,05	0,06	0,08	0,03	0,08	0,03	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,19	-0,09	-0,07	-0,13	-0,11	-0,09	-0,16	-0,08	-0,01	-0,06	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/m $\Delta H$	1,16	0,22	1,20	-0,75	0,76	1,12	0,89	0,58	1,75	0,68	0,20
	min/m $\Delta H$	1,90	1,38	1,64	2,21	1,73	1,63	1,85	1,71	0,28	1,41	1,43
śr. ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,09	0,00	0,05	-0,05	0,06	0,06	0,06	0,02	0,08	0,02	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,19	-0,13	-0,07	-0,13	-0,10	-0,08	-0,10	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05
	max/m $\Delta H$	1,35	0,05	1,17	-0,80	1,26	1,15	0,90	0,51	1,73	0,50	0,27
	min/m $\Delta H$	3,05	2,57	1,84	2,25	1,96	1,63	1,65	1,77	0,41	1,57	1,45
I ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,24	0,07	0,04	0,00	0,08	0,08	0,10	0,06	0,02	0,06	-0,03
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,18	-0,27	0,01	-0,06	-0,08	-0,14	-0,25	-0,08	-0,01	-0,08	-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	2,29	0,73	0,70	0,01	1,24	1,00	1,01	1,21	0,36	1,08	-0,55
	min/m $\Delta H$	1,69	2,75	0,18	0,79	1,25	1,69	2,58	1,68	0,17	1,28	1,49
II ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,25	0,07	0,10	-0,02	0,06	0,12	0,15	0,03	0,15	0,08	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,24	-0,22	-0,08	-0,10	-0,07	-0,15	-0,25	-0,07	-0,07	-0,07	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	2,78	0,92	1,76	-0,26	0,96	1,54	1,81	0,58	2,36	1,25	0,27
	min/m $\Delta H$	2,61	2,66	1,43	1,29	1,16	1,81	2,98	1,41	1,12	1,13	1,50
III ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,24	0,24	0,10	-0,02	0,07	0,14	0,12	0,03	0,16	0,10	0,02
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,18	-0,15	-0,08	-0,10	-0,08	-0,13	-0,17	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	1,98	2,04	1,97	-0,29	1,16	1,68	1,06	0,71	2,83	1,76	0,35
	min/m $\Delta H$	1,50	1,27	1,60	1,44	1,25	1,51	1,49	1,61	1,16	1,03	1,66
śr. ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	0,19	0,04	0,10	-0,02	0,08	0,11	0,03	0,03	0,15	0,08	0,01
	min( $\Delta H_i - \Delta H_{sym.}$ )	-0,09	-0,17	-0,08	-0,10	-0,07	-0,10	-0,13	-0,07	-0,07	-0,07	-0,08
	m $\Delta H$ [mm]	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta H$	2,29	0,53	1,87	-0,28	1,27	1,50	0,39	0,65	2,51	1,31	0,28
	min/m $\Delta H$	1,08	2,27	1,52	1,37	1,21	1,38	1,62	1,48	1,18	1,17	1,60



**Tab. 7.5.** Wartości skrajnych odchyżeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni002, ciężar 12g, 34 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,07	0,07	0,06	-0,05	0,04	0,11	0,05	0,03	0,08	0,03	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,13	-0,16	-0,07	-0,14	-0,07	-0,12	-0,19	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/m $\Delta$ H	0,95	1,19	1,52	-0,80	0,82	1,95	0,77	0,62	1,68	0,69	0,18
	min/m $\Delta$ H	1,78	2,71	1,84	2,41	1,36	2,22	2,64	1,80	0,33	1,65	1,46
II ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,08	0,06	0,06	-0,04	0,07	0,06	0,09	0,02	0,08	0,03	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,19	-0,09	-0,07	-0,13	-0,08	-0,11	-0,17	-0,08	-0,02	-0,08	-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,04	0,05
	max/m $\Delta$ H	0,85	0,88	1,48	-0,66	1,13	1,04	1,12	0,52	1,74	0,56	0,20
	min/m $\Delta$ H	2,12	1,41	1,74	2,35	1,41	1,89	2,05	1,88	0,32	1,71	1,46
III ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,10	0,01	0,05	-0,04	0,05	0,12	0,08	0,03	0,08	0,04	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,23	-0,15	-0,07	-0,14	-0,12	-0,15	-0,19	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05
	max/m $\Delta$ H	1,34	0,25	1,23	-0,65	0,93	2,20	1,23	0,67	1,75	0,86	0,20
	min/m $\Delta$ H	3,20	2,57	1,77	2,48	2,37	2,91	2,75	1,79	0,36	1,59	1,47
śr. ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,02	0,03	0,05	-0,05	0,04	0,08	0,03	0,03	0,08	0,03	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,12	-0,13	-0,07	-0,13	-0,08	-0,12	-0,13	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,05
	max/m $\Delta$ H	0,28	0,53	1,35	-0,86	0,89	1,61	0,58	0,59	1,77	0,66	0,21
	min/m $\Delta$ H	2,01	2,57	1,75	2,36	1,66	2,38	2,25	1,78	0,36	1,54	1,44
I ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,20	0,16	0,10	-0,02	0,05	0,17	0,09	0,03	0,15	0,07	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,17	-0,17	-0,08	-0,10	-0,09	-0,15	-0,23	-0,07	-0,06	-0,05	-0,08
	m $\Delta$ H [mm]	0,11	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta$ H	1,88	1,71	1,96	-0,29	0,76	2,17	0,94	0,67	2,54	1,20	0,28
	min/m $\Delta$ H	1,59	1,90	1,59	1,44	1,53	1,91	2,53	1,53	1,06	0,84	1,63
II ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,25	0,27	0,10	-0,02	0,04	0,13	0,13	0,03	0,15	0,08	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,19	-0,16	-0,08	-0,10	-0,07	-0,13	-0,21	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08
	m $\Delta$ H [mm]	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,11	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta$ H	2,24	2,57	1,85	-0,28	0,64	1,46	1,18	0,65	2,51	1,36	0,29
	min/m $\Delta$ H	1,70	1,49	1,50	1,36	1,02	1,50	1,97	1,47	1,11	1,02	1,56
III ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,19	0,12	0,10	-0,02	0,03	0,19	0,16	0,03	0,15	0,08	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,16	-0,24	-0,08	-0,10	-0,11	-0,16	-0,20	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08
	m $\Delta$ H [mm]	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta$ H	1,96	1,39	2,00	-0,30	0,50	2,41	1,77	0,74	2,67	1,39	0,31
	min/m $\Delta$ H	1,69	2,73	1,62	1,46	1,88	2,03	2,21	1,59	1,20	1,11	1,69
śr. ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,13	0,09	0,10	-0,02	0,02	0,13	0,06	0,03	0,15	0,08	0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,11	-0,09	-0,08	-0,10	-0,07	-0,14	-0,14	-0,07	-0,07	-0,06	-0,08
	m $\Delta$ H [mm]	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/m $\Delta$ H	1,75	1,30	1,88	-0,28	0,34	1,86	0,80	0,66	2,54	1,36	0,29
	min/m $\Delta$ H	1,48	1,40	1,53	1,38	1,24	1,97	2,00	1,51	1,13	1,05	1,59

Kolorem czerwonym zaznaczono w tabelach przypadki, gdy stosunek odchylenia do błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia jest większy niż 2. Spośród reperów, których przemieszczenia były wyznaczone za pomocą przewyższeń mierzonych w strefie drgań zwraca uwagę reper nr 8 – w jego przypadku odchylenie jest większe od podwójnej wartości błędu tylko w dwóch przypadkach, pomimo relatywnie najmniejszych wartości błędów wyznaczenia przemieszczenia. Zjawisko to częściej dotyczy pozostałych reperów, których przemieszczenie wyznacza się bez udziału przewyższeń położonych poza strefą drgań. Oznacza to, że dla tych reperów odchylenia od wartości symulowanych są skutkiem grubych błędów odczytów skutkujących niewłaściwym oszacowaniem przemieszczeń, a nie dokładności pomiaru. Powodem występowania błędów grubych są drgania instrumentu.

Dla reperów położonych poza strefą zwraca uwagę reper nr 13. W jego przypadku widać przewagę wariantu pełnego nad zredukowanym, jako że dla wariantu zredukowanego odchylenie przyjmuje wartość większą niż podwójna wartość błędu wyznaczenia. Dla tego repera także uwzględniono wykryte przemieszczenie między epokami pomiarowymi C i A oraz C i B, zgodnie z tabelą 7.2.

Tabele 7.3 – 7.5 obrazują zgodność uzyskanych wartości przemieszczeń z ich wartościami prawdziwymi, w tym przypadku definiowanymi jako przemieszczenia symulowane. Z punktu widzenia zadania inżynierskiego bardziej niebezpieczną sytuacją niż wysoka wartość błędu określenia przemieszczenia jest niska wartość tego błędu, połączona ze znacznym odchyleniem wartości oszacowanego przemieszczenia od wartości prawdziwej. Sytuacja taka daje złudne przekonanie o poprawności wykonanych pomiarów z uwagi na niską wartość błędu średniego, podczas gdy w rzeczywistości obliczone przemieszczenia są dalekie od prawdziwych. Im zatem większy jest stosunek odchyłek [7.1], [7.2] do błędu wyznaczenia przemieszczenia, tym bardziej wyniki pomiaru są zafałszowane. Z tabel 7.3 – 7.5 wynika, że pod tym względem konfiguracja parametrów drgań 4 g, 26 Hz jest mniej niebezpieczna, ponieważ w tej konfiguracji z tytułu większych wartości błędów, wartości stosunków odchyłek do tych błędów są mniejsze niż w przypadkach innych konfiguracji parametrów drgań. Z punktu widzenia zgodności obliczonych wartości przemieszczeń z ich wartościami prawdziwymi zwiększanie liczby obserwacji w sieci nie jest korzystne – zmniejsza się błąd wyznaczenia przemieszczenia, lecz odchyłka otrzymanego przemieszczenia od wartości prawdziwej nie jest do końca zredukowana – odchyłki ze znakiem "-" są na podobnym poziomie co w przypadku wariantu zredukowanego, co ze zmniejszoną wartością błędu

wyznaczenia przemieszczenia daje złudne poczucie poprawności wykonanych pomiarów. Z tabel 7.3 – 7.5 wynika, że w skrajnych przypadkach stosunek odchyłki do błędu  $m_{\Delta H}$  przyjmuje wartość 3,9, co oznacza, że różnica między wyznaczonym a prawdziwym przemieszczeniem może wynieść blisko czterokrotność wartości błędu wyznaczenia tego przemieszczenia.

W dalszej części rozprawy omówiono szczegółowo wyniki pomiarów dla tych częstotliwości drgań, przy których dla danej masy ciężarka generatora wyniki były najmniej korzystne pod względem wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń. Dla ciężarka o masie 4 g najgorsze wyniki zaobserwowano dla częstotliwości 26 Hz, dla masy 8 g najbardziej wrażliwą częstotliwością było 16 i 30 Hz, a dla masy 12 g – 16 i 34 Hz. Należy zwrócić uwagę, że częstotliwość 26 Hz daje możliwość wykonania pomiaru tylko dla masy 4 g. Częstotliwości 16 i 34 Hz są wartościami na granicy przedziału w którym pomiar jest możliwy do wykonania. Tabele z oszacowanymi przemieszczeniami wraz z oceną dokładności dla konfiguracji 4 g, 26 Hz zawierają załączniki nr 11 i 12. W nagłówkach tabel, znajdujących się w ww. załącznikach, umieszczono informacje o:

- typie niwelatora i wariancie wyrównania (obserwacje zredukowane lub pełne);
- ustawieniu nóg statywu (zgodnie z ryc. 4.11);
- konfiguracji drgań (częstotliwość, ciężar);
- maksymalnej wartości  $\sigma_0$  spośród 40 pomiarów właściwych dla danej konfiguracji (20 wyjściowych i 20 aktualnych);
- o procencie przekroczenia wartości krytycznej testu globalnego współczynnika wariancji dla wszystkich 40 pomiarów;
- o apriorycznej wartości błędu typowego spostrzeżenia dla stanowisk znajdujących się w strefie drgań (wartości z tabeli 6.2);
- o wartości błędu typowego spostrzeżenia zastosowanego w danym wyrównaniu tak, aby spełnione były testy globalne i lokalne.

Załącznik nr 11 zawiera wyniki wyrównań w zredukowanym wariancie obserwacji, natomiast 12 w pełnym. W tabelach znajdujących się w załącznikach nie podawano danych dotyczących liczby przekroczeń dopuszczalnych wartości wynikających z testu lokalnego poprawki zunifikowanej, jednak dla wszystkich omawianych przypadków odsetek przekroczenia tej wartości oscyluje w granicach 2 %. Wartości w części głównej tabel to wartości przemieszczeń

( $\Delta H_i$ ) dla danej konfiguracji drgań dla wszystkich 20 pomiarów oraz błędy średnie określenia tych przemieszczeń ( $m\Delta H_i$ ). Kolorem zaznaczono te wartości, które zostały zidentyfikowane jako istotne. W środkowej części tabeli znajdują się wartości przemieszczeń symulowanych ( $\Delta H_{symul.}$ ) właściwych dla danego repera. Poniżej wartości symulowanych umieszczono wartości różnic między maksymalną wartością przemieszczenia dla danego repera (spośród 20 pomiarów) a wartością jego przemieszczenia symulowanego ( $max-sym.$ ), a także analogicznie – między wartościami minimalnymi i symulowanymi ( $min-sym.$ ). Kolejność tabel przedstawia się następująco:

- I ustawienie przemieszczenia B-A;
- I ustawienie przemieszczenia C-A;
- I ustawienie przemieszczenia C-B;
- II ustawienie przemieszczenia B-A;
- II ustawienie przemieszczenia C-A;
- II ustawienie przemieszczenia C-B;
- III ustawienie przemieszczenia B-A;
- III ustawienie przemieszczenia C-A;
- III ustawienie przemieszczenia C-B;
- średnie ustawienie przemieszczenia B-A;
- średnie ustawienie przemieszczenia C-A;
- średnie ustawienie przemieszczenia C-B.

Częstotliwość 26 Hz dała wyniki obarczone największymi błędami spośród wszystkich możliwych pomiarów przy ciężarze 4 g na generatorze. Analizując dane zawarte w załącznikach nr 11 i 12 pod kątem uzyskanych dokładności należy zwrócić w pierwszej kolejności uwagę na to, że wykorzystując wartości błędów a priori z tabeli 6.2 uzyskuje się prawidłowo zrównoważony układ. W przypadku II ustawienia dla obu wariantów zachodziła konieczność zwiększenia błędu typowego spostrzeżenia z 0,12 mm do 0,14 mm i była to największa rozbieżność między wartościami z tabeli 6.2 a wartościami wykorzystanymi w wyrównaniu. Tabela 7.6 przedstawia wartości błędów  $m_0$  dla poszczególnych pomiarów w trzech ustawieniach dla tej konfiguracji drgań. Kolorem jasnoczerwonym zaznaczono te wartości, które przekraczają dopuszczalną wartość  $m_0$  wynikającą z testu globalnego współczynnika wariancji, w tym przypadku  $m_{0max} = 1,211$ . Nieliczne przekroczenia tej wartości

można uznać za nieistotne w tak dużej grupie pomiarów, stąd wcześniejsze założenie, że dopuszcza się 10 % wartości przekraczających wartość krytyczną testu globalnego. Wprowadzono także wartości minimalne, maksymalne i średnie dla pomiarów w danej epoce i ustawieniu nóg – wartości te zaznaczono niebieską czcionką.

**Tab. 7.6.** Wartości  $m_0$  dla poszczególnych pomiarów w trzech ustawieniach dla konfiguracji Ni002, 4 g 26 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji

nr pomiaru	I ustawienie			II ustawienie			III ustawienie		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	1,20	1,14	1,25	1,11	1,29	1,15	1,05	1,05	1,14
2	1,03	1,04	1,13	1,01	1,13	1,22	1,13	0,93	1,10
3	1,23	0,99	1,13	1,17	0,98	1,15	0,99	1,20	1,27
4	1,12	0,96	1,14	1,09	0,97	1,18	1,06	0,91	0,99
5	1,12	0,96	1,07	1,16	1,04	1,15	1,03	1,00	1,05
6	1,08	1,02	1,06	1,19	0,97	1,01	1,04	0,97	1,08
7	1,05	1,12	1,03	1,22	0,93	1,13	1,01	1,07	1,10
8	1,10	1,01	1,02	1,26	1,02	1,20	0,96	1,15	1,25
9	1,20	1,30	0,98	1,00	1,06	1,12	1,04	0,98	1,06
10	1,13	1,10	1,01	1,14	1,06	1,05	1,12	1,12	1,02
11	0,99	1,20	1,13	1,10	1,13	1,12	0,98	0,95	1,07
12	1,04	1,07	1,08	0,98	1,07	1,09	1,06	0,98	1,16
13	0,99	1,17	1,16	1,16	0,96	1,15	1,10	0,99	1,11
14	1,01	1,08	1,14	1,12	1,08	1,12	1,01	1,03	1,10
15	1,04	1,13	1,11	1,09	1,08	1,11	0,98	0,97	1,05
16	1,01	1,21	0,99	1,18	1,00	1,14	1,07	1,13	1,10
17	1,04	1,05	1,13	1,05	1,00	1,06	1,05	1,00	1,11
18	1,07	1,02	1,03	1,14	1,09	1,23	1,06	0,92	1,10
19	1,07	1,03	1,08	1,08	1,08	1,20	1,06	1,12	1,31
20	1,00	1,12	1,05	1,13	1,16	1,12	1,19	1,07	1,20
max	1,23	1,30	1,25	1,26	1,29	1,23	1,19	1,20	1,31
min	0,99	0,96	0,98	0,98	0,93	1,01	0,96	0,91	0,99
średnia	1,08	1,09	1,09	1,12	1,05	1,13	1,05	1,03	1,12

Skróconą wersję załącznika 11 i 12 prezentują odpowiednio tabele 7.7 oraz 7.8. Tabele zawierają maksymalne i minimalne wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia spośród 60 pomiarów (20 dla trzech epok) oraz wartości ekstremalnych odchylenia wartości wyznaczonego przemieszczenia od wartości symulowanej, zgodnie z [7.1] i [7.2]. Wprowadzono podział na ustawienie nóg statywu oraz wariant wyrównania – dane z wyrównania w wariacie zredukowanym zawiera tabela 7.7, wariant pełny przedstawia tabela 7.8. Wartości w tabelach podano w milimetrach.

**Tab. 7.7.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłek obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 002, 4 g, 26 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,14	0,13	0,07	0,09	0,08	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08
	min $m_{\Delta H}$	0,08	0,07	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04
	max odch.	0,22	0,20	0,10	-0,10	-0,02	0,08	0,16	0,16	0,03	0,16	0,09
	min odch.	-0,22	-0,24	-0,08	-0,10	-0,08	-0,10	-0,14	-0,20	-0,07	-0,08	-0,08
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,18	0,17	0,07	0,09	0,08	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08
	min $m_{\Delta H}$	0,11	0,10	0,04	0,07	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05
	max odch.	0,26	0,23	0,10	-0,10	-0,02	0,08	0,18	0,29	0,03	0,16	0,09
	min odch.	-0,19	-0,25	-0,08	-0,10	-0,08	-0,10	-0,13	-0,31	-0,07	-0,06	-0,05
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,16	0,15	0,06	0,09	0,08	0,08	0,11	0,15	0,06	0,08	0,08
	min $m_{\Delta H}$	0,10	0,09	0,04	0,07	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,04	0,04
	max odch.	0,26	0,22	0,10	-0,10	-0,02	0,06	0,17	0,23	0,03	0,15	0,08
	min odch.	-0,23	-0,24	-0,08	-0,10	-0,08	-0,10	-0,15	-0,31	-0,07	-0,07	-0,06
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,11	0,09	0,06	0,09	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07
	min $m_{\Delta H}$	0,07	0,07	0,04	0,07	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05
	max odch.	0,19	0,13	0,10	-0,10	-0,02	0,07	0,14	0,10	0,03	0,16	0,10
	min odch.	-0,10	-0,16	-0,08	-0,10	-0,08	-0,09	-0,14	-0,12	-0,07	-0,07	-0,07

**Tab. 7.8.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłek obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 002, 4 g, 26 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,10	0,07	0,05	0,07	0,07	0,06	0,09	0,05	0,06	0,05	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,05
	max odch.	0,14	0,05	0,06	-0,03	0,06	0,07	0,07	0,03	0,08	0,04	0,01
	min odch.	-0,14	-0,14	-0,08	-0,12	-0,10	-0,11	-0,18	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,06	0,05	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05
	max odch.	0,16	0,08	0,06	-0,01	0,10	0,08	0,19	0,03	0,08	0,03	0,01
	min odch.	-0,18	-0,13	-0,08	-0,13	-0,09	-0,12	-0,22	-0,08	-0,01	-0,07	-0,07
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,09	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04
	max odch.	0,13	0,08	0,06	-0,02	0,07	0,09	0,08	0,03	0,08	0,04	0,01
	min odch.	-0,27	-0,13	-0,08	-0,12	-0,11	-0,11	-0,17	-0,08	-0,01	-0,07	-0,07
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
	min $m_{\Delta H}$	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05
	max odch.	0,07	0,04	0,05	-0,03	0,06	0,08	0,07	0,03	0,09	0,03	0,01
	min odch.	-0,14	-0,14	-0,08	-0,11	-0,09	-0,11	-0,12	-0,08	-0,02	-0,07	-0,07

Analizując dane zawarte w ww. opisanych załącznikach i tabelach pod kątem dokładności należy rozpatrzyć które z przemieszczeń zostały wyznaczone na podstawie przewyższeń znajdujących się w strefie drgań, a które z wykorzystaniem przewyższeń zmierzonych poza

nią. W wariancie zredukowanym 3 repery są zmierzone całkowicie w strefie drgań (grupa 1). Dla nich w wariancie zredukowanym odnotowano najwyższe wartości błędów  $m_{\Delta H}$ :

- reper nr 1: od **0,08** do **0,18** mm;
- reper nr 2: od **0,07** do **0,17** mm;
- reper nr 10: od **0,06** do **0,12** mm.

Powyższe wartości nie uwzględniają wyników z ustawienia średniego, którego w warunkach rzeczywistych nie pomierzono. Błędy przemieszczeń reperów, których przemieszczenie wyznaczono z wykorzystaniem zarówno przewyższeń w strefie jak i poza nią kształtują się następująco (grupa 2):

- reper nr 8: od **0,05** do **0,08** mm;
- reper nr 9: od **0,05** do **0,09** mm;
- reper nr 14: od **0,04** do **0,08** mm.

Wartości błędów dla reperów znajdujących się w całości poza strefą drgań (grupa 3):

- reper nr 4: od **0,04** do **0,07** mm;
- reper nr 6: od **0,07** do **0,09** mm;
- reper nr 12: od **0,07** do **0,17** mm.
- reper nr 13: od **0,04** do **0,06** mm.
- reper nr 16: od **0,04** do **0,08** mm.

Należy podkreślić, że wartości te są właściwe dla najmniej korzystnej dla dokładności konfiguracji drgań – dla pozostałych konfiguracji wartości błędów są niższe. Oznacza to, że w przypadku wystąpienia możliwości pomiaru w badanych zakresach parametrów drgań, niezależnie od wariantu wyrównania sieci, należy się spodziewać przemieszczeń wyznaczonych z błędem nie większym niż 0,17 mm. Błąd taki umożliwia wykrywanie przemieszczeń rzędu 0,4 mm i większych, co dla wielu zadań inżynierskich jest wystarczającą dokładnością. Należy zauważyć, że repery z grupy 2 charakteryzują się podobną dokładnością wyznaczenia przemieszczeń jak repery z grupy 3, z wyjątkiem repera nr 12, dla którego dokładność jest podobna do wartości reperów z grupy 1. Wprowadzenie do obliczeń przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań w znacznym stopniu redukuje zatem niekorzystny wpływ drgań na dokładność wyznaczenia przemieszczenia. Kolejnym zabiegiem

podwyższającym dokładność jest zwiększenie liczby obserwacji w sieci. Analogicznie, dla pełnego wariantu obserwacji błędy w poszczególnych grupach kształtują się następująco:

- reper nr 1: od **0,08** do **0,12** mm;

dla grupy 2:

- reper nr 2: od **0,06** do **0,08** mm;
- reper nr 8: od **0,05** do **0,07** mm;
- reper nr 9: od **0,05** do **0,07** mm;
- reper nr 10: od **0,07** do **0,10** mm;
- reper nr 14: od **0,04** do **0,06** mm.

W tym wariantcie wyrównania zarówno reper 2 jak i 10 znalazły się w grupie 2, wśród reperów których przemieszczenie zostało wyznaczone w strefie i poza nią. Dla grupy 3 wartości błędów  $m_{\Delta H}$  kształtują się następująco:

- reper nr 4: od **0,04** do **0,05** mm;
- reper nr 6: od **0,05** do **0,07** mm;
- reper nr 12: od **0,04** do **0,05** mm.
- reper nr 13: od **0,04** do **0,06** mm.
- reper nr 16: od **0,04** do **0,06** mm.

Podobnie jak w przypadku wariantu zredukowanego wartości błędów w grupach 2 i 3 są do siebie zbliżone. Zmiana wariantu wyrównania poprawiła dokładności dla prawie wszystkich reperów, zwłaszcza dla repera nr 12 oraz 1. Reper 1 jako jedyny należący w tym wariantcie do grupy pierwszej charakteryzuje się wyraźnie niższą dokładnością wyznaczenia przemieszczenia niż repery z innych grup. W tym wariantcie wyrównania także wprowadzenie przewyższenia spoza strefy drgań zmniejsza błąd wyznaczenia przemieszczenia. Porównanie dokładności dla tej konfiguracji parametrów drgań z nominalnymi dokładnościami otrzymanymi bez narzuconych drgań prezentują tabele 7.9 – 7.10:



**Tab. 7.9.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 002, wariant zredukowany

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,14	0,13	0,07	0,09	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07
	min $m_{\Delta H}$	0,08	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,8	3,3	1,8	1,5	2,0	2,2	2,6	1,5	1,6	1,6	1,8
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,6	1,8	1,0	0,8	1,3	1,2	1,4	1,0	0,8	0,8	1,0
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,11	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	3,6	4,3	1,8	1,5	2,3	2,4	3,4	1,5	1,6	1,6	1,5
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,2	2,5	1,0	1,0	1,3	1,4	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,16	0,15	0,06	0,09	0,08	0,11	0,15	0,06	0,08	0,08	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,10	0,09	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	3,2	3,8	1,5	1,5	2,0	2,2	3,0	1,5	1,6	1,6	1,5
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,0	2,3	1,0	0,8	1,3	1,4	1,8	1,0	0,8	0,8	1,0
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,11	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,2	2,3	1,5	1,5	1,8	1,8	2,0	1,5	1,4	1,4	1,5
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,4	1,8	1,0	1,0	1,3	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0
	$m_{\Delta H}$ bez drgań	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04

**Tab. 7.10.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 002, wariant pełny

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,10	0,07	0,05	0,07	0,07	0,06	0,09	0,05	0,06	0,05	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,0	1,8	1,3	1,2	1,8	1,2	1,8	1,3	1,2	1,0	1,5
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,6	1,5	1,0	0,8	1,3	1,0	1,4	1,0	0,8	0,8	1,3
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,06	0,05	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,4	2,0	1,3	1,2	1,8	1,4	2,0	1,3	1,2	1,0	1,5
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,8	1,5	1,0	0,8	1,5	1,0	1,6	1,0	0,8	0,8	1,3
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,09	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,4	2,0	1,3	1,2	1,8	1,4	2,0	1,3	1,0	1,0	1,5
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,8	1,5	1,0	0,8	1,3	1,0	1,6	1,0	0,8	0,8	1,0
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
	min $m_{\Delta H}$	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,4	1,5	1,0	1,0	1,3	1,2	1,4	1,3	1,0	1,0	1,3
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	1,2	1,3	1,0	0,8	1,3	1,0	1,2	1,0	0,8	0,8	1,3
	$m_{\Delta H}$ bez drgań	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04

Różowym kolorem zaznaczono przypadki, gdy stosunek błędu z pomiaru obarczonego drganiami przekracza dwukrotność błędu uzyskanego bez udziału drgań. Według danych z tabel 7.9 – 7.10 należy się spodziewać w skrajnie niekorzystnym przypadku:

- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 4,3-krotnego dla wariantu zredukowanego dla reperów z grupy pierwszej;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 2,4-krotnego dla wariantu pełnego dla reperów z grupy pierwszej;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 2,4-krotnego dla wariantu zredukowanego dla reperów z pozostałych grup;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 1,8-krotnego dla wariantu pełnego dla reperów z pozostałych grup;

Dane z załączników 11 i 12 należy też przeanalizować pod kątem istotności, zakresu uzyskanych wartości przemieszczeń oraz ich zgodności z wartością przemieszczenia prawdziwego, w tym przypadku – symulowanego. W przypadku omawianej częstotliwości algorytm w obu wariantach prawidłowo rozpoznał jako istotne przemieszczenia co do wartości bezwzględnej rzędu 0,30 mm i większe. W tych przypadkach 100% wartości przemieszczeń zostało zdefiniowanych jako istotne. Problemy z właściwym określeniem istotności wystąpiły dla przemieszczeń rzędu 0,10 i 0,20 mm oraz dla punktów teoretycznie stałych. W niektórych przypadkach algorytm wskazywał dla części pomiarów istotność przemieszczeń, podczas gdy dla pozostałej grupy definiował je jako nieistotne.

Analizując zakres wartości przemieszczeń dla poszczególnych reperów wokół ich wartości symulowanej można zauważyć, że redukcja sieci rozrzut ten powiększa. Dla sieci zredukowanej maksymalne rozrzuty, liczone jako różnica najmniejszej i największej wartości tego samego przemieszczenia wśród 20 pomiarów w danych warunkach, wynoszą maksymalnie dla reperów 1 grupy:

- dla repera nr 1: **0,43** mm;
- dla repera nr 2: **0,45** mm;
- dla repera nr 10: **0,60** mm.

Dla reperów 2 grupy:

- dla repera nr 8: **0,10** mm;

- dla repera nr 9: **0,21** mm;
- dla repera nr 14: **0,07** mm.

Dla wariantu wyrównania z pełnym zestawem obserwacji w grupie 1 znajduje się tylko reper nr 1. Pozostałe, z racji wystąpienia przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań są przypisane do grupy 2. Rozrzuty w tym wariantcie kształtują się następująco:

- dla repera nr 1: **0,40** mm;

Dla reperów 2 grupy:

- dla repera nr 2: **0,19** mm;
- dla repera nr 8: **0,14** mm;
- dla repera nr 9: **0,09** mm.
- dla repera nr 10: **0,36** mm;
- dla repera nr 14: **0,04** mm.

Na podstawie tych wyników wyraźnie widać przewagę wariantu z co najmniej jednym przewyższeniem do repera zmierzonym poza strefą drgań. Ponownie widać, że przewaga wariantu pełnego wynika nie z liczby obserwacji, ale z tytułu uwzględnienia dla danego repera przewyższenia nieobarczonego błędem z tytułu drgań – spadek rozrzutu w przypadku repera nr 1 jest niewielki w stosunku do bazy zredukowanej, dla reperów 2 i 10 poprawa ta już jest znaczna. Pozostałe repery, których przemieszczenia są wyznaczone z udziałem przewyższeń wolnych od wpływu drgań charakteryzują się mniejszymi rozrzutami. Mniejszy rozrzut jest pożądanym o tyle, że przypadkowość uzyskanego wyniku jest mniejsza. W warunkach inżynierskich każda epoka jest mierzona jednokrotnie i istnieje ryzyko, że przemieszczenie obliczone na podstawie jednego pomiaru przyjmie wartość skrajną z rozpatrywanych przedziałów. Im mniejszy jest rozrzut, tym wiarygodniej określa się przemieszczenie w jednokrotnym pomiarze epoki.

Najlepsze wyniki w zakresie zgodności i dokładności daje wariant z uśrednionymi wartościami przewyższeń z trzech ustawień nóg statywu względem źródła drgań. Dowodzi to, że kierunek drgań ma znaczenie w kontekście dokładności i wiarygodności otrzymanych wyników pomiaru przemieszczeń. W tym wariantcie uzyskano mniejsze wartości błędów przemieszczeń, mniejsze rozrzuty wartości przemieszczeń wokół wartości symulowanych oraz wykorzystano mniejsze wartości aprioryczne błędów do wagowania obserwacji. Przekłada się to między

innymi na niższe błędy oszacowania przemieszczeń, które dla wariantu pełnego wyniosły maksymalnie 0,07 mm, a dla wariantu zredukowanego 0,11 mm. Analizując dokładności między poszczególnymi ustawieniami nóg statywu widać na przykładzie częstotliwości 26 Hz, że najbardziej wiarygodne wyniki daje ustawienie I. Jest to ustawienie, gdzie kierunek drgań pokrywa się z dwusieczną kąta tworzonego przez celowe do łąt na stanowisku. Należy przypuszczać, że największa wiarygodność w tym przypadku jest wynikiem najbardziej równomiernego rozłożenia składowych błędów z tytułu drgań na celową wstecz i w przód. Przy obliczeniu przewyższenia jako różnicy odczytów obarczonych w podobnym stopniu błędem z tytułu drgań dla najbardziej symetrycznego kierunku drgań redukuje się w największym stopniu.

Pozostałe konfiguracje parametrów drgań dla niwelatora Ni 002 dają wyniki podobne lub lepsze niż w przypadku opisanej powyżej konfiguracji, dlatego nie załączano do rozprawy wyników z ich wyrównania. Dla wszystkich przypadków powielają się poprzednie spostrzeżenia. Podstawowym wnioskiem dotyczącym przydatności tego modelu niwelatora do pomiaru w warunkach drgań jest to, że niwelator ten w każdej konfiguracji w której obserwator jest w stanie oszacować odczyt z łąty zapewnia dokładność oszacowania przemieszczeń na poziomie właściwym dla niwelacji precyzyjnej. Rozbieżność z wartościami prawdziwymi przemieszczeń wynosi maksymalnie 0,3 mm, w zależności od przyjętego wariantu sieci, jednak prawdopodobieństwo uzyskania lepszej zbieżności jest wysokie. W celu równoważenia obserwacji w sieci można posługiwać się wartościami zebranymi w tabeli 6.2, dla tych wartości zarówno testy globalne współczynnika wariancji, jak i testy lokalne poprawek zunifikowanych są spełnione. Należy podkreślić, że przemieszczenia reperów, do których mierzono przewyższenia poza strefą drgań są nieobarczone wpływem błędów wynikających z wprowadzenia wibracji, a uwzględnienie w wyrównaniu chociaż jednego przewyższenia zmierzonego poza strefą znacząco obniża wartość błędów przemieszczeń reperów między którymi przewyższenie to zostało zmierzone.

## 7.2. Obliczenia przemieszczeń i ich błędów dla niwelatora Zeiss Ni 004

Niwelator Zeiss Ni 004 z racji braku kompensatora jest polecany jako sprzęt przydatny do pracy w warunkach drgań (Baran i inni, 1993). Analizując dane z załącznika nr 7 widoczna jest przewaga tego modelu nad pozostałymi w aspekcie pomiaru przy niskich częstotliwościach rezonansowych, w przedziale 18 – 22 Hz. Pozostałe analizowane niwelatory w tym zakresie

częstotliwości nie były w stanie wykonać pomiaru, z wyjątkiem niwelatora cyfrowego przy najmniejszym ciężarze generatora. Zakres ten obejmuje częstotliwości rezonansowe dla układu statyw-niwelator, a obserwowane wychylenia ze stanu równowagi dla niwelatorów w trzech osiach są wielokrotnie większe niż w przypadku innych częstotliwości. Różnica w obrazie łąty obserwowanej przez niwelator samopoziomujący i libellowy w tych warunkach jest zasadnicza – dla niwelatorów samopoziomujących obraz jest całkowicie rozmazany, obserwator nie jest w stanie nawet odróżnić pojedynczej kreski podziału łąty. W przypadku niwelatora Ni 004 celowanie na pojedyncze kreski jest możliwe, obraz nie jest całkowicie stabilny, jednak wyniki badań wskazują na możliwość wykonania pomiarów z wysoką dokładnością, pomimo dużych wychyleń niwelatora. Wartości tych wychyleń sięgają 0,2 mm, a mimo to niwelator nadaje się do pracy w takich warunkach, zapewniając wysoką dokładność i zgodność z prawdziwymi wartościami przewyższeń. Problem z odczytem pojawia się przy wyższych częstotliwościach. O ile do ciężarka 4 g niwelator mierzy w pełnym zakresie badanych częstotliwości, to dla ciężaru 8 g instrument nie jest w stanie wykonać pomiaru przy częstotliwości 38 Hz, a dla ciężaru 12 g najwyższą częstotliwością pozwalającą na pomiar jest 32 Hz. Przy wyższych częstotliwościach najczęstszą przyczyną braku możliwości wykonania odczytu była niestabilność libelli głównej instrumentu – przy wysokiej energii drgań libella nie była w stanie utrzymać się w stanie górowania, co uniemożliwia pomiar. Przyczyn ograniczenia możliwości pomiarowych należy szukać w wartościach wychyleń dla tych częstotliwości wykluczających pomiar. Dla tych samych wartości częstotliwości wychylenia niwelatora Ni 004 są wielokrotnie większe niż w przypadku samopoziomującego Ni 002. Interesującym zjawiskiem wydaje się być brak możliwości pomiaru dla częstotliwości 38 Hz przy ciężarze 8 g. Wychylenia dla tej częstotliwości są mniejsze niż w przypadku częstotliwości 36 Hz, jednak pomiar w niższej częstotliwości jest możliwy, a w wyższej nie. Przy wyższych częstotliwościach, 40 – 44 Hz powraca możliwość pomiaru, jednak wartości wychyleń są niższe niż w dwóch poprzednich przypadkach. Można przypuszczać, że energia drgań dla częstotliwości 38 Hz jest wartością powyżej której pomiar tym niwelatorem nie jest możliwy. Niwelatory libellowe nie posiadają systemu kompensacyjnego osi celowej, który stabilizowałby ją w przypadku wychyleń w płaszczyźnie pionowej. Z tego względu wychylenia wzdłuż linii pionu (oś Z) wydają się być kluczowe w aspekcie możliwości wykonania pomiaru sprzętem tego typu. Niwelator Zeiss Ni 004 jest wyposażony w długą lunetę, co przy relatywnie niewielkich wychyleniach występujących na spodarce skutkuje zwielokrotnieniem

tych wychyleń na punktach końcowych lunety. Niwelator Ni 004 charakteryzuje się największymi wychyleniami w osi Z spośród wszystkich badanych instrumentów. Analizując wyniki dla częstotliwości 32 i 34 Hz można oszacować, że graniczną wartością wychyleń w osi Z powyżej której pomiar jest niewykonalny jest wartość około 30  $\mu\text{m}$ . Dla częstotliwości większych niż 32 Hz przy ciężarze 12 g pomiar jest niemożliwy, pomimo wychyleń mniejszych niż w przypadku częstotliwości 18 Hz. To może ponownie wskazywać, że nie pojedyncza wartość częstotliwości lub amplitudy jest decydująca o możliwości wykonania pomiaru, a energia drgań będąca wprost proporcjonalna do kwadratów obu tych parametrów.

Dla niwelatora Ni 004, podobnie jak w przypadku modelu Ni 002, wykonano analizy numeryczne w celu obliczenia przemieszczeń i ich dokładności dla wszystkich kombinacji parametrów drgań. W przypadku analiz dla sieci zredukowanej została zdefiniowana ta sama docelowa baza odniesienia jak w przypadku niwelatora Ni 002, czyli punkty: 3, 5, 7, 11, 15 i 17. Dla sieci w wariacie pełnym obserwacji z bazy punktów odniesienia został wyłączony punkt nr 15. Dla tej grupy reperów przyjętych jako sztywne bazy odniesienia, podobnie jak w przypadku niwelatora Ni 002, zarówno testy globalne współczynnika wariacji, jak i lokalne poprawki zunifikowane są spełnione dla co najmniej 90% pomiarów.

#### *7.2.1. Analiza wyników pomiarów nieobciążonych wpływem drgań dla Ni 004*

Tabele 7.11 i 7.12 przedstawiają wyniki przemieszczeń i ich dokładności uzyskane na podstawie pomiarów nieobciążonych drganiami w zredukowanym i pełnym wariacie obserwacji. Jako wartość a priori błędu typowego spostrzeżenia w sieci przyjęto w obu przypadkach 0,061 mm (Tab. 6.1). Do tych wartości należy porównywać wszelkie inne wyniki właściwe dla tego niwelatora, jako że przedstawiają one nominalną dokładność instrumentu.

**Tab. 7.11.** Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci zredukowanej do 26 obserwacji przy użyciu niwelatora Zeiss Ni 004. Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C

epoka B -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,02	0,74	-0,04	0,71	-0,17	0,26	-0,26	-0,26	0,13	0,09	0,34
$m\Delta H$ [mm]	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,40

epoka C -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	0,01	-0,16	0,28	-0,06	0,16	-0,18	0,39	0,21	0,19	-0,20	-0,20
$m\Delta H$ [mm]	0,07	0,06	0,06	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,07	-0,20	-0,20

epoka C -epoka B	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	0,03	-0,90	0,32	-0,77	0,33	-0,45	0,64	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$m\Delta H$ [mm]	0,07	0,06	0,06	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,81	0,40	-0,81	0,31	-0,49	0,59	0,49	0,07	-0,30	-0,60

$$m_0A \quad 1,03 \quad m_0B \quad 1,04 \quad m_0C \quad 1,16$$

**Tab. 7.12.** Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci złożonej z pełnej bazy obserwacji (41) niwelatorem Zeiss Ni 004. Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C

epoka B -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H$ [mm]	-0,04	0,71	-0,06	0,69	-0,16	0,26	-0,24	-0,25	0,09	0,02	0,01	0,36
$m\Delta H$ [mm]	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,00	0,40

epoka C -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H$ [mm]	-0,04	-0,18	0,30	-0,05	0,14	-0,22	0,41	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$m\Delta H$ [mm]	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,07	-0,20	0,00	-0,20

epoka C -epoka B	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H$ [mm]	0,00	-0,90	0,36	-0,74	0,31	-0,48	0,66	0,46	0,08	-0,27	-0,01	-0,55
$m\Delta H$ [mm]	0,05	0,04	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,81	0,40	-0,81	0,31	-0,49	0,59	0,49	0,07	-0,30	0,00	-0,60

$$m_0A \quad 1,02 \quad m_0B \quad 1,00 \quad m_0C \quad 1,01$$

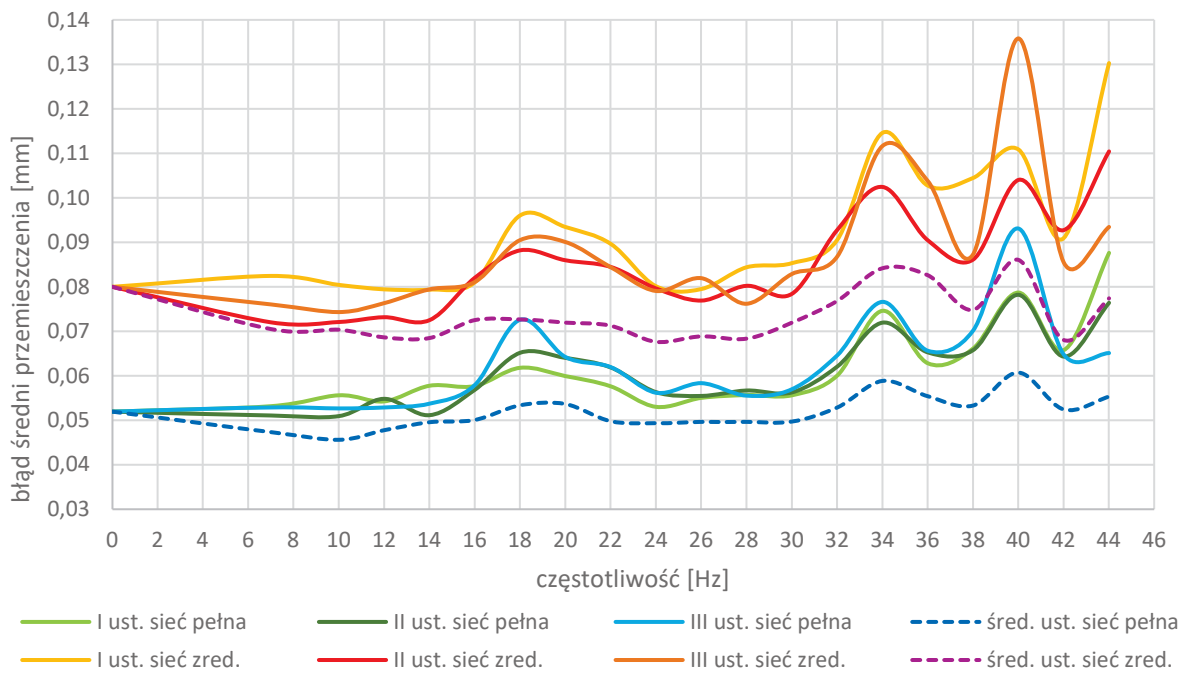
Podobnie jak w przypadku Ni 002 analizując powyższe tabele można zauważyć spadek dokładności wyznaczenia przemieszczeń przy pomiarze w zredukowanym wariancie obserwacji, co jest spodziewanym zjawiskiem przy prawidłowo pomierzonej i zrównoważonej sieci. Wartości błędów średnich wyznaczonych przemieszczeń znajdują się w granicach 0,04 – 0,06 mm dla sieci w wariancie pełnym i 0,06 – 0,09 mm dla sieci zredukowanej. Są to wartości większe niż w przypadku niwelatora Ni 002, co także jest oczekiwanym wynikiem z uwagi na niższą nominalną dokładność modelu Ni 004. Dokładności te są zbyt niskie by wykryć istotność przemieszczenia rzędu 0,10 mm, natomiast wszystkie przemieszczenia rzędu 0,20 mm i większe zostały prawidłowo zidentyfikowane jako istotne w obu wariantach wyrównania.

#### *7.2.2. Analiza wyników pomiarów obarczonych wpływem drgań*

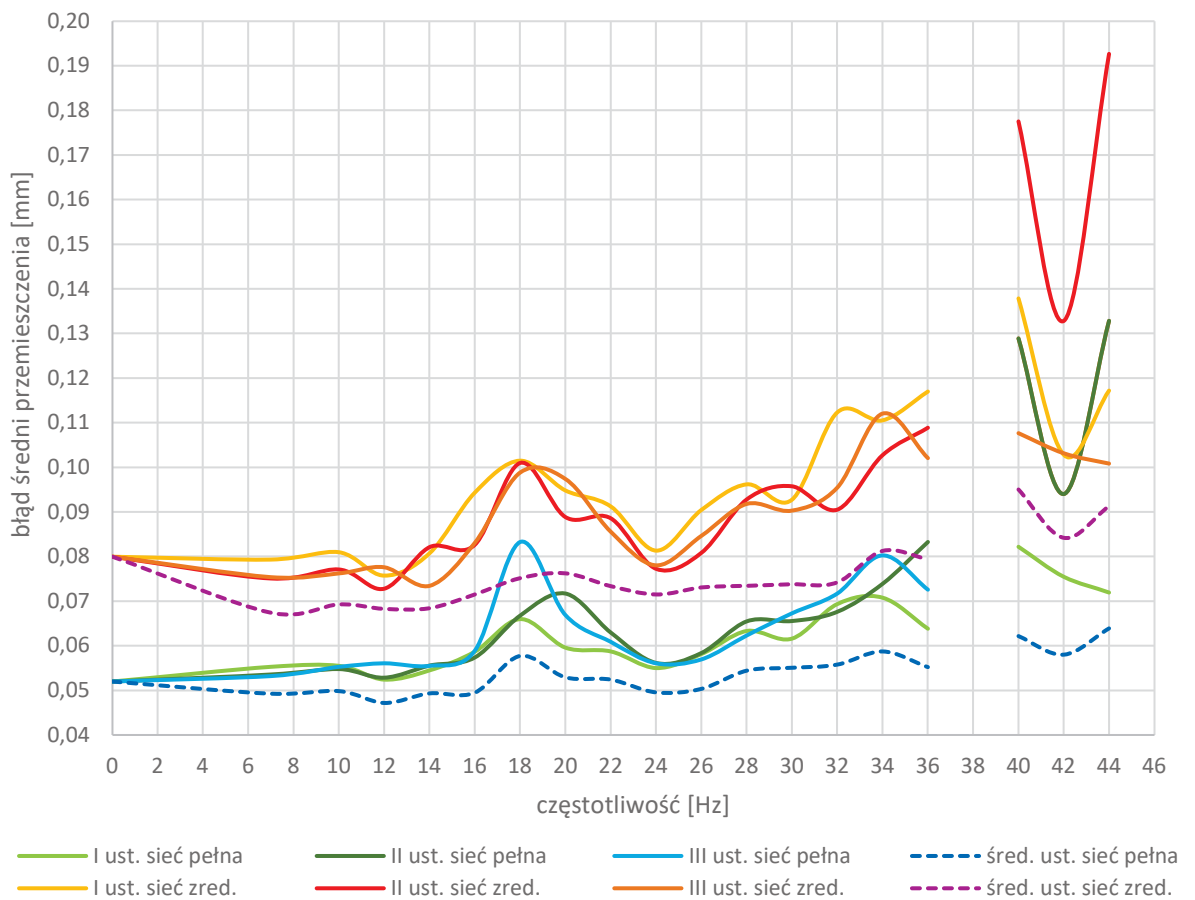
Przeprowadzone badania potwierdziły tezy o większej odporności tego typu niwelator na drgania. W zależności od wariantu wyrównania, wyboru repera oraz parametrów drgań odnotowano spadek dokładności wyznaczenia przemieszczeń, jednak dla wszystkich przebadanych kombinacji amplitudy i częstotliwości wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia mieści się w granicach dokładnościowych niwelacji precyzyjnej. Podobnie jak w przypadku Ni 002, dokonując oceny wyników, oprócz wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia, należy wziąć także pod uwagę zgodność oszacowanych wartości przemieszczeń z wartościami symulowanymi oraz schemat pomiaru przewyższeń do danego repera, zgodnie z tab. 5.2.

Do graficznej prezentacji wyników wybrano te same repery, co w przypadku analiz dla niwelatora Ni 002, czyli nr 1, 8 oraz 9. Opis ich cech znajduje się w rozdziale 7.1.2. Ryc. 7.10 – 7.18 przedstawiają wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczeń analizowanych reperów w zależności od częstotliwości dla trzech mas ciężarka na generatorze. Na jednym wykresie przedstawiono wyniki zarówno dla sieci pełnej (41 obserwacji w sieci) jak i zredukowanej (26 obserwacji) dla każdego z trzech ustawień nóg statywu (na ryc. 4.11 opisano jako: I ust., II ust., III ust.) oraz dla średniej z tych trzech ustawień.

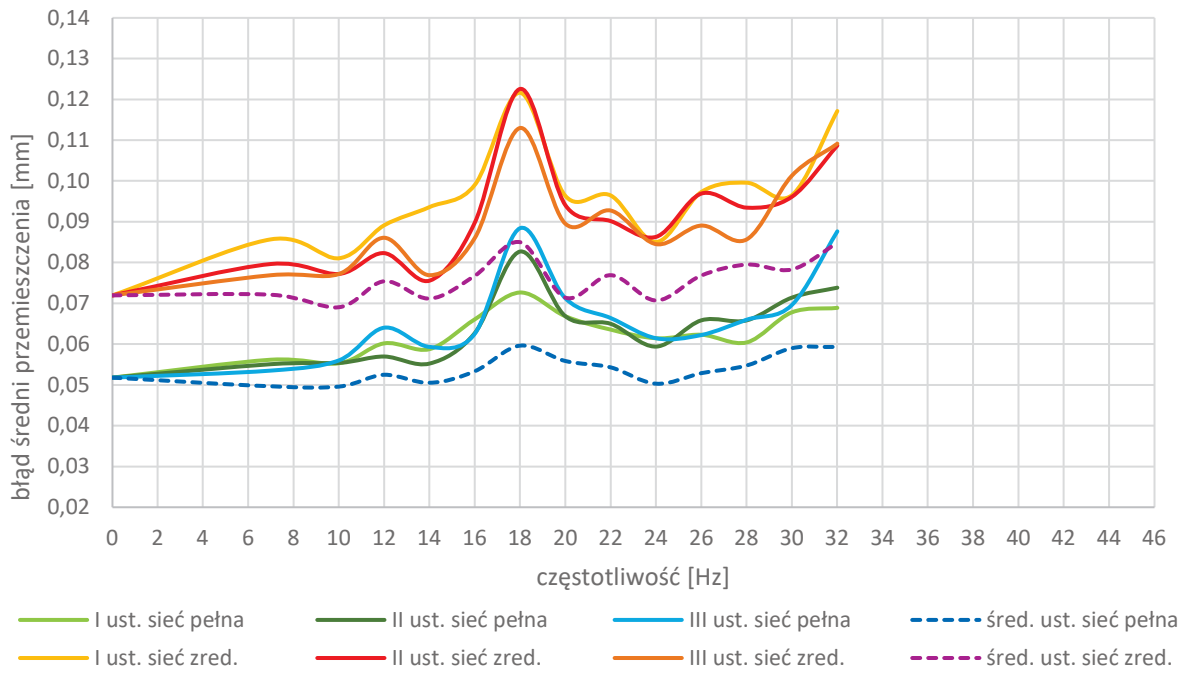




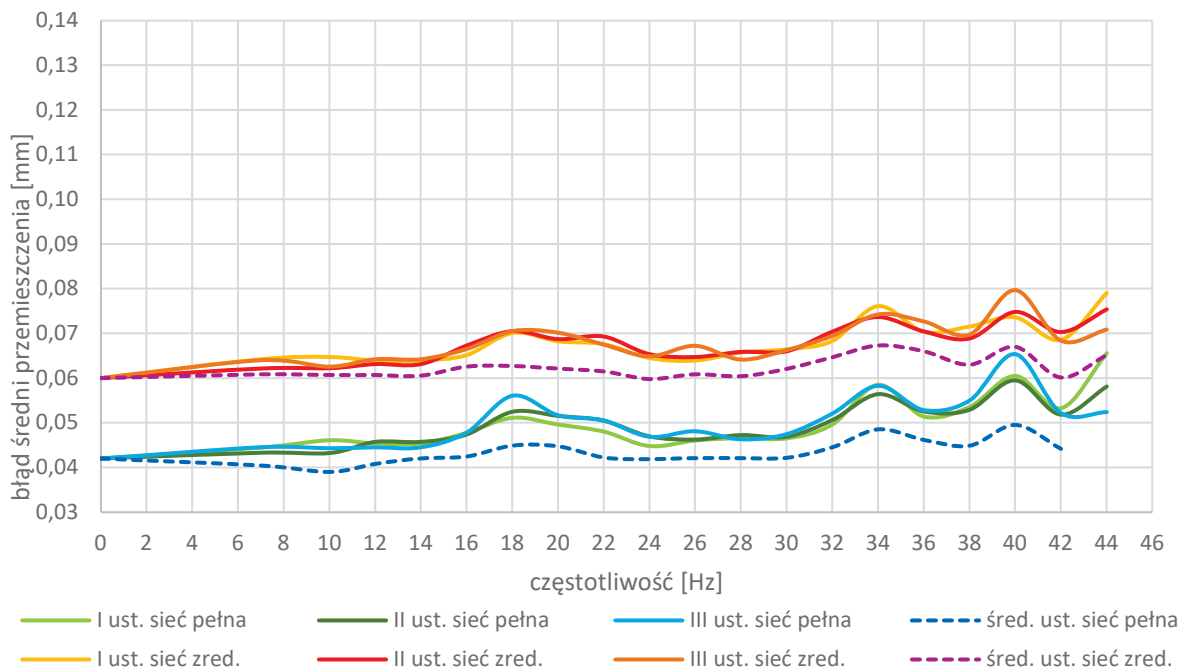
**Ryc. 7.10.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni 004, ciężar 4 g



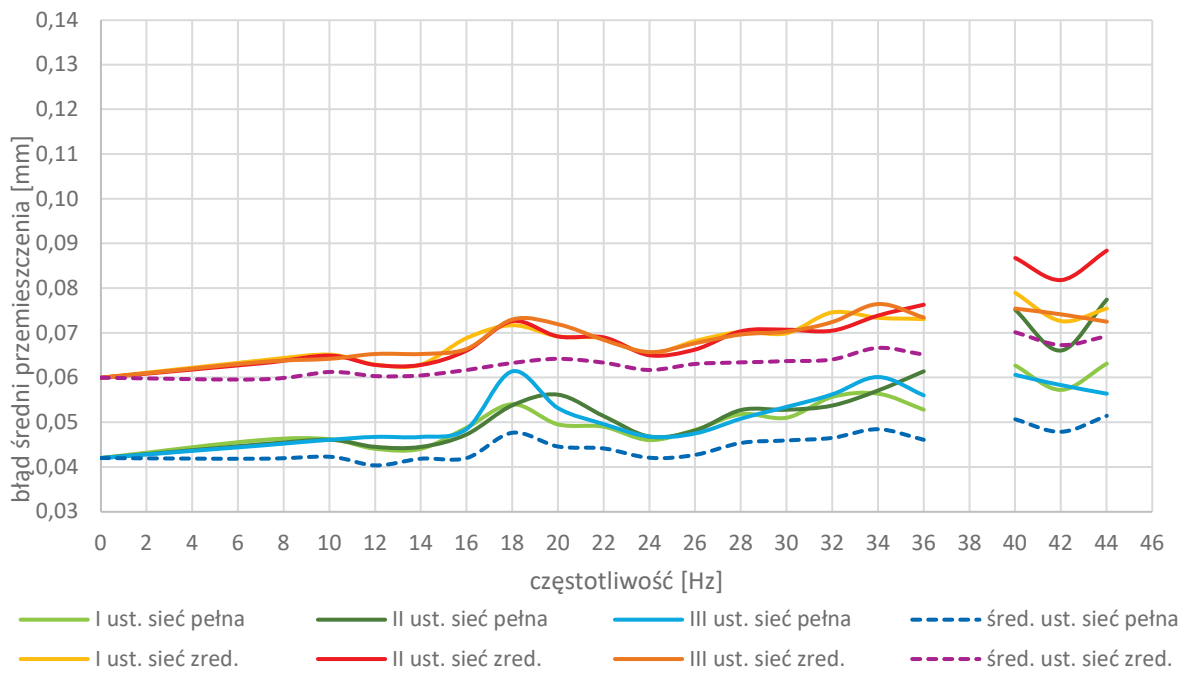
**Ryc. 7.11.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni 004, ciężar 8 g



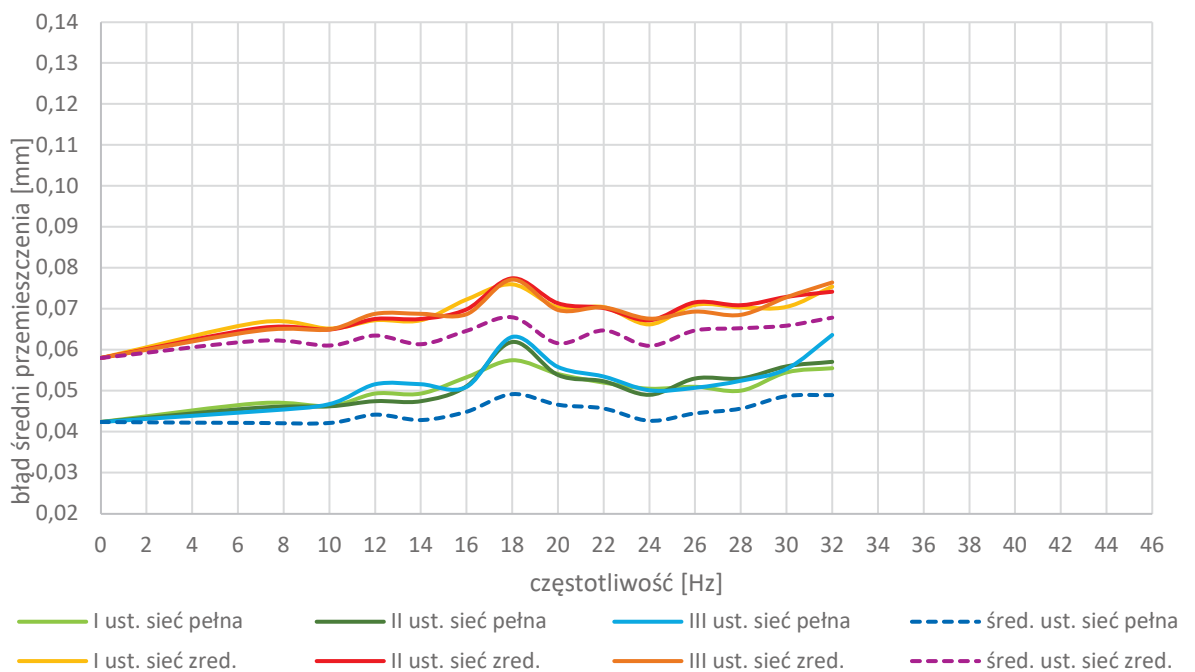
**Ryc. 7.12.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni 004, ciężar 12 g



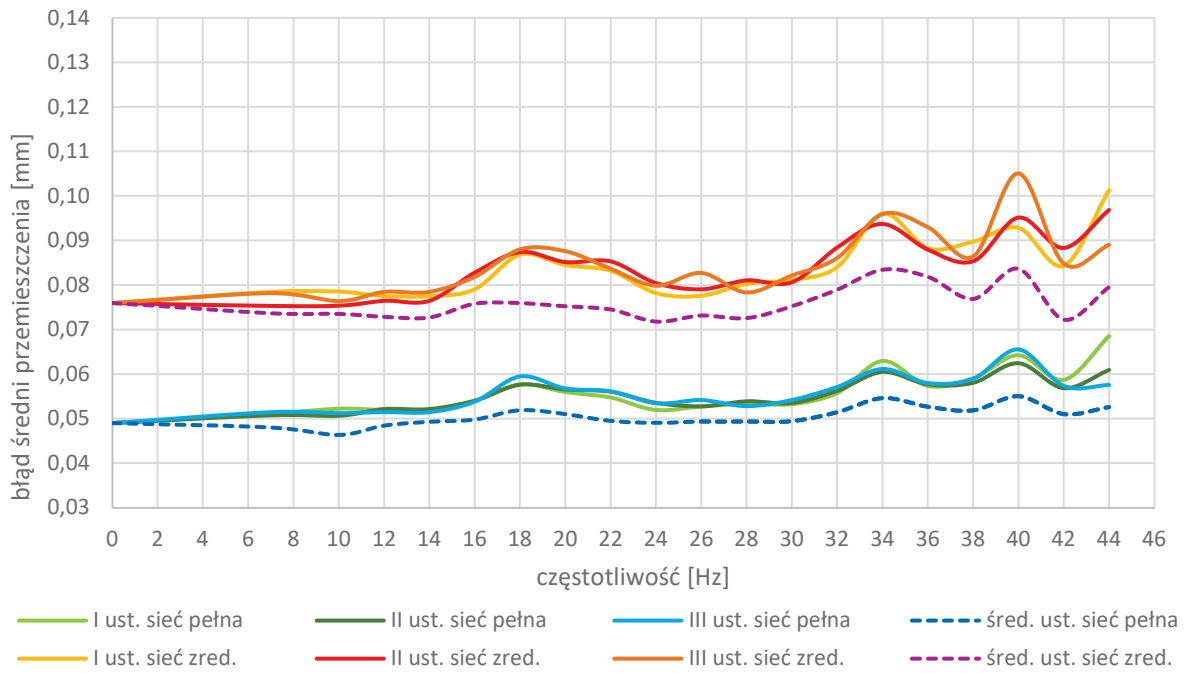
**Ryc. 7.13.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni 004, ciężar 4 g



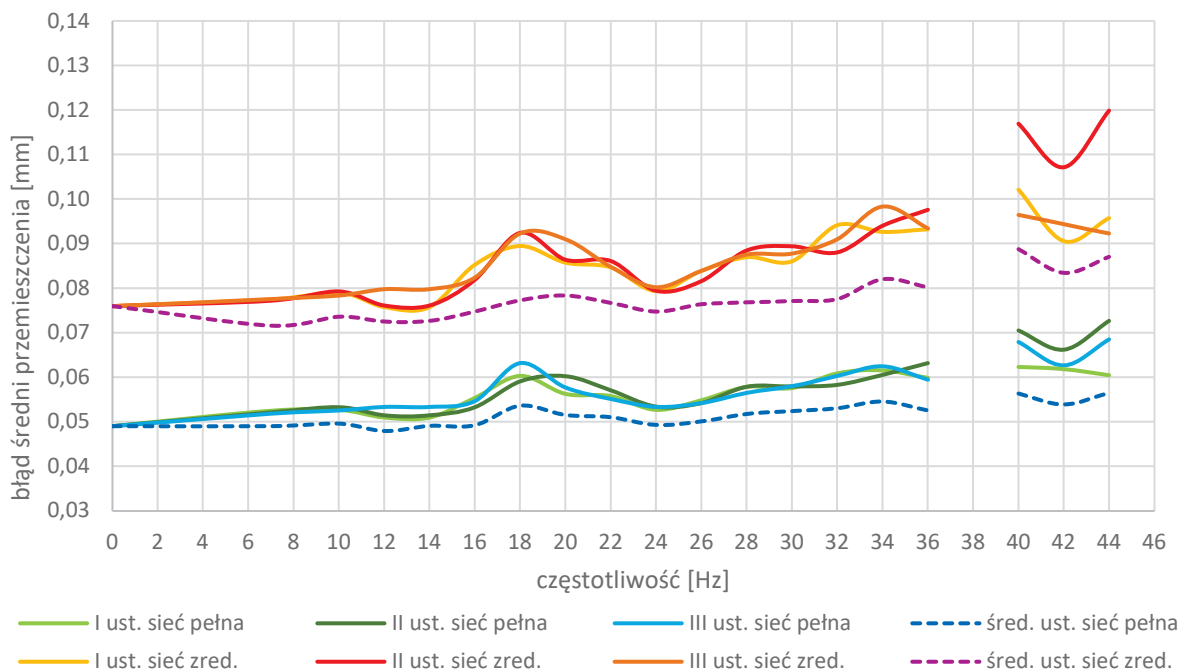
**Ryc. 7.14.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni 004, ciężar 8 g



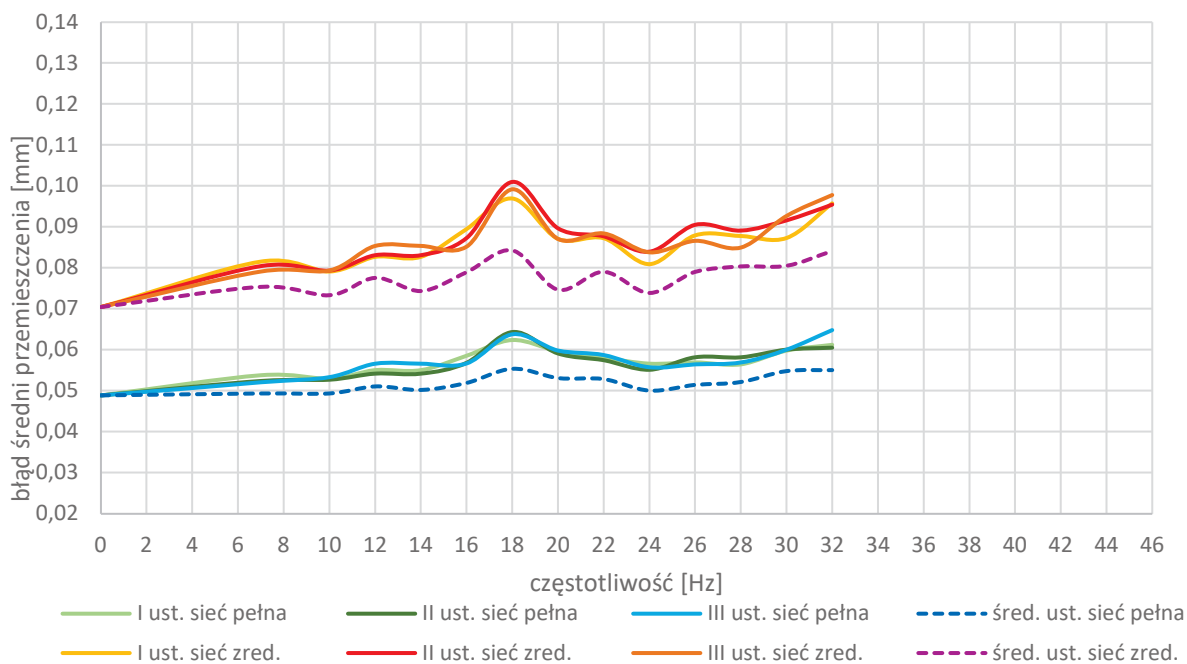
**Ryc. 7.15.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni 004, ciężar 12 g



**Ryc. 7.16.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni 004, ciężar 4 g



**Ryc. 7.17.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni 004, ciężar 8 g



**Ryc. 7.18.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni 004, ciężar 12 g

Podobnie jak w przypadku Ni 002 przedstawione wartości błędów średnich są wartościami średnimi z trzech epok pomiarowych, z 20 pomiarów z każdej epoki, a w większości przypadków wartości błędów dla 20 pomiarów są do siebie zbliżone we wszystkich epokach pomiarowych (A-B, A-C i B-C). Analizując wyniki przedstawione na powyższych wykresach, zaobserwowane właściwości są podobne jak w przypadku Ni 002:

- wyrównanie w wariancie sieci pełnej charakteryzuje się mniejszym błędem wyznaczenia przemieszczenia niż w przypadku wariantu zredukowanego;
- błąd wyznaczenia przemieszczeń dla obserwacji określonych jako średnia z trzech ustawień nóg statywu względem źródła drgań jest mniejszy niż ten błąd oszacowany na podstawie obserwacji uzyskanych przy dowolnym ustawieniu nóg statywu. Zjawisko to dotyczy przede wszystkim przypadków, w których błąd wyznaczenia przemieszczenia jest zauważalnie wyższy niż w przypadku pomiaru bez narzuconych drgań. Dowodzi to negatywnego wpływu kierunkowości drgań tam, gdzie drgania mają jakikolwiek wpływ na obliczony błąd średni. Dla repera nr 8, dla którego dokładności wyznaczenia przemieszczenia są najwyższe, różnice między wartościami błędów uzyskiwanych przy dowolnym ustawieniu nóg statywu a wartościami z

ustawienia średniego nie przekraczają wartości 0,01 mm – można więc założyć, że różnice te są statystycznie nieistotne;

- wyłączając wariant 8 g dla repera nr 1, maksymalna wartość błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia wynosi około 0,14 mm. Taka wartość uprawnia do wykrywania istotnych przemieszczeń rzędu 0,3 mm i większych. Dla repera nr 1 i masy ciężarka 8 g dla częstotliwości 40 – 44 Hz odnotowano wzrost błędu wyznaczenia przemieszczenia repera nr 1 do 0,19 mm – wartość ta pozwala wykrywać istotne przemieszczenia rzędu 0,40 mm i większe;
- zmiana amplitudy drgań poprzez zwiększenie masy ciężarka nie wpływa znacząco na zmianę wartości błędu dla danej wartości częstotliwości;
- najwyższe błędy oszacowania przemieszczenia wystąpiły dla repera nr 1, dla którego wszystkie przemieszczenia zostały zmierzone w strefie drgań;
- wartości błędów przemieszczeń reperów nr 8 i 9 są porównywalne i wyraźnie niższe niż w przypadku repera 1. Uzasadnieniem takiego zjawiska jest wykorzystanie w obliczeniach przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań, wagi wagowanego inaczej niż przewyższenia mierzone w strefie;
- dla częstotliwości rezonansowych 18 – 22 Hz, dla których pomiar niwelatorami samopoziomującymi jest niemożliwy, wzrost błędu wyznaczenia przemieszczenia jest zauważalny, jednak w większości przypadków błąd ten nie osiąga wartości maksymalnych dla danego wariantu.

Wartości błędów średnich pojedynczego spostrzeżenia ujęte w tab. 6.2 nie zawsze były właściwe do poprawnego zrównoważenia układu. W skrajnym przypadku należało zwiększyć błąd ponad dwukrotnie w stosunku do wartości z tabeli 6.2 aby uzyskać zakładane 90% przypadków spełniających kryteria globalne i lokalne. Sytuacja ta dotyczy częstotliwości 40 i 44 Hz dla ciężaru 8 g. Analizując tabelę 6.2 w tym miejscu należy jednak zauważyć znaczącą odchyłkę w wartościach przewyższeń obserwowanych podczas wymuszonych drgań w stosunku do wartości przewyższeń nieobarczonych wpływem wibracji. Pojawiający się skutek wprowadzenia drgań błąd grubo w odczytach skutkuje niespełnieniem kryteriów globalnych i lokalnych, wskazujących na występowanie błędów grubych w sieci. Aby spełnić kryteria należy obniżyć wartość  $m_0$  poprzez zwiększenie wartości błędu pojedynczego spostrzeżenia, który z kolei podwyższa wartość błędów wyznaczonych przemieszczeń.

Dla niwelatora Ni 004 wykonano analogiczne analizy zgodności wartości przemieszczeń otrzymanych z pomiaru z wartościami symulowanymi jak w przypadku niwelatora Ni 002, dla którego reguły porównania opisano szczegółowo w rozdziale 7.1.2. Wykresy przedstawiające skrajne odchylenia obliczonych wartości przemieszczeń dla niwelatora Ni 004 zawierają załączniki 13 – 15. Przedstawiono w nich wyniki dla reperów 1 (zał. 13), 8 (zał. 14) i 9 (zał. 15) dla trzech ustawień nóg statywu oraz średniej z tych ustawień, dla wariantu pełnego zestawu obserwacji oraz zredukowanego. Dla repera nr 1 uwzględniono wykazane w tabeli 7.2 niezamierzone przemieszczenie między epokami A i C. Analizując wykresy z załączników 13 – 15 należy zauważyć następujące własności:

- najmniejszy rozrzut wokół wartości symulowanych charakteryzuje reper nr 8, największy zaś reper nr 1. Jest to własność analogiczna jak w przypadku niwelatora Ni 002;
- w przypadku repera nr 8 (załącznik nr 14) niezależnie od kombinacji parametrów drgań rozrzut wokół wartości symulowanych jest podobny, analogicznie jak w przypadku niwelatora Ni 002. Zarówno zmiana masy ciężarka generatora, jak i wariantu wyrównania nie wpływa znacząco na skrajne wartości odchylenia. Wartości maksymalne w większości przypadków nie przekraczają +0,11 mm a minimalne -0,16 mm. Zakres ten zwiększa się nieznacznie dla parametrów 40 – 44 Hz dla ciężaru 8 g. Najlepsze rezultaty dają dane z ustawienia średniego z trzech ustawień nóg statywu;
- podobnie jak w przypadku niwelatora Ni 002, dla repera nr 1 (załącznik 13) rozrzuty są zdeterminowane przez częstotliwość, wariant wyrównania oraz ustawienie nóg statywu. Zmiana masy ciężarka ponownie w większości przypadków nie wpływa znacząco na skrajne wartości odchylenia. Większe wartości bezwzględne skrajnych odchylenia można zaobserwować dla zredukowanego wariantu wyrównania. Niesymetryczność wyników względem wartości symulowanych, obserwowana dla Ni 002 dla pełnego wariantu wyrównania, objawia się tutaj przy wariancie zredukowanym: wartości bezwzględne odchylenia są dla tego wariantu większe dla wartości maksymalnych – odwrotnie niż w przypadku Ni 002;
- dla repera nr 1 częstotliwości, dla których występuje największy rozrzut to 40 Hz dla ciężarka 4 g (wartości od +0,27 mm do -0,27 mm dla sieci zredukowanej i od +0,20 mm do -0,22 mm dla sieci pełnej), 40 Hz dla ciężarka 8 g (od +0,37 mm do -0,25 mm

dla sieci zredukowanej i od +0,22 mm do -0,19 mm dla sieci pełnej) oraz 32 Hz dla ciężarka 12 g (od +0,30 mm do -0,27 mm dla sieci zredukowanej i od +0,21 mm do -0,20 mm dla sieci pełnej). Należy zwrócić uwagę, że częstotliwość 40 Hz uniemożliwia pomiar przy masie ciężarka 12 g;

- dla repera nr 9 zauważalne jest zwiększenie rozrzutu wartości skrajnych przy zastosowaniu wariantu zredukowanego. Dla tego wariantu można także zauważyć podobną niesymetryczność względem wartości symulowanych jak w przypadku repera 1, jednak dysproporcje są mniejsze. Dla tego repera trudno wskazać jednoznacznie zakresy częstotliwości najbardziej oddziałujące na dokładność rozrzut wokół wartości symulowanych, ponieważ są one zbliżone do siebie dla wszystkich badanych zakresów częstotliwości.

Podobnie jak w przypadku niwelatora Ni 002 dla Ni 004 przeanalizowano odchylenia skrajnych wartości przemieszczeń od wartości symulowanych pod kątem stosunku ich wartości do błędu średniego ich oszacowania. Tabele 7.13 – 7.15 obrazują stosunki odchyień do błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji drgań najbardziej wpływających na wyniki pomiarów dla niwelatora Ni 004, czyli dla konfiguracji: ciężar 4 g, 40 Hz; 8 g, 40 Hz, 12 g, 32 Hz.



**Tab. 7.13.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni 004, ciężar 4 g, 40 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,18	0,06	0,05	0,09	0,10	0,09	0,17	-0,02	0,11	0,07	0,02	0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,12	-0,17	-0,06	-0,05	-0,16	-0,08	-0,16	-0,10	-0,03	-0,10	-0,03	-0,04
	m $\Delta$ H [mm]	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	max/m $\Delta$ H	2,24	0,93	1,02	1,29	1,59	1,36	2,20	0,29	1,72	1,16	0,29	0,96
	min/m $\Delta$ H	1,48	2,56	1,13	0,72	2,64	1,21	2,12	1,63	0,48	1,83	0,48	0,68
II ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,20	0,12	0,06	0,10	0,07	0,06	0,22	-0,02	0,11	0,05	0,02	0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,22	-0,17	-0,06	-0,06	-0,13	-0,09	-0,19	-0,10	-0,01	-0,10	-0,02	-0,04
	m $\Delta$ H [mm]	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta$ H	2,53	1,89	1,36	1,46	1,20	0,91	2,95	0,42	1,84	0,98	0,38	0,98
	min/m $\Delta$ H	2,80	2,66	1,22	0,80	2,17	1,50	2,51	1,78	0,25	1,88	0,29	0,73
III ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,17	0,08	0,05	0,08	0,07	0,11	0,11	-0,02	0,10	0,06	0,01	0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,14	-0,17	-0,05	-0,05	-0,12	-0,09	-0,17	-0,10	-0,01	-0,10	-0,01	-0,04
	m $\Delta$ H [mm]	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta$ H	1,87	1,08	1,16	1,20	1,11	1,70	1,23	0,38	1,80	1,17	0,28	0,98
	min/m $\Delta$ H	1,54	2,43	1,05	0,75	1,87	1,39	1,94	1,75	0,15	1,81	0,16	0,73
śr. ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,11	0,06	0,05	0,09	0,05	0,08	0,16	-0,03	0,11	0,05	0,02	0,05
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,12	-0,14	-0,05	-0,05	-0,10	-0,08	-0,14	-0,10	-0,02	-0,10	-0,02	-0,04
	m $\Delta$ H [mm]	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta$ H	1,75	1,22	1,13	1,35	0,93	1,51	2,61	0,47	1,95	0,97	0,38	0,95
	min/m $\Delta$ H	2,03	2,71	1,12	0,68	2,00	1,47	2,30	1,78	0,32	1,91	0,32	0,75
I ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,26	0,15	0,06	0,04	0,09	0,11	0,19	-0,01	0,15	0,04		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,15	-0,19	-0,08	-0,01	-0,13	-0,12	-0,22	-0,09	-0,03	-0,03		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,11	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	2,34	1,61	1,01	0,47	1,17	1,17	2,00	-0,13	1,99	0,57		0,91
	min/m $\Delta$ H	1,37	2,10	1,34	0,07	1,73	1,27	2,25	1,44	0,38	0,38		0,94
II ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,27	0,27	0,06	0,04	0,09	0,13	0,20	-0,01	0,15	0,05		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,21	-0,27	-0,08	-0,01	-0,13	-0,16	-0,21	-0,09	-0,04	-0,07		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	2,61	2,92	0,99	0,46	1,24	1,37	2,05	-0,12	1,94	0,63		0,89
	min/m $\Delta$ H	2,00	2,89	1,31	0,07	1,78	1,66	2,13	1,46	0,53	0,93		0,98
III ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,23	0,18	0,06	0,04	0,05	0,19	0,15	-0,01	0,14	0,05		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,27	-0,24	-0,08	-0,01	-0,10	-0,15	-0,23	-0,09	-0,03	-0,03		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,14	0,13	0,06	0,09	0,08	0,11	0,13	0,06	0,07	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	1,68	1,42	1,02	0,48	0,57	1,85	1,19	-0,10	1,90	0,74		0,93
	min/m $\Delta$ H	2,00	1,85	1,35	0,07	1,23	1,38	1,77	1,48	0,37	0,41		0,95
śr. ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,22	0,13	0,06	0,04	0,05	0,15	0,11	-0,01	0,14	0,05		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,20	-0,18	-0,08	-0,01	-0,12	-0,11	-0,17	-0,09	-0,04	-0,04		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	2,52	1,76	1,04	0,48	0,81	1,80	1,38	-0,10	1,99	0,80		0,95
	min/m $\Delta$ H	2,33	2,39	1,38	0,07	1,85	1,29	2,12	1,53	0,51	0,53		0,98

**Tab. 7.14.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni 004, ciężar 8 g, 40 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,22	0,07	0,05	0,10	0,11	0,13	0,19	0,00	0,10	0,09	0,03	0,07
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,19	-0,23	-0,07	-0,05	-0,10	-0,11	-0,16	-0,10	-0,06	-0,11	-0,05	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,08	0,07	0,06	0,09	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,08
	max/m $\Delta$ H	2,72	1,13	0,91	1,10	1,78	1,94	2,40	0,06	1,38	1,42	0,39	0,92
	min/m $\Delta$ H	2,27	3,51	1,21	0,58	1,66	1,64	1,97	1,39	0,83	1,68	0,75	0,63
II ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,21	0,04	0,05	0,09	0,05	0,07	0,15	-0,03	0,10	0,05	0,01	0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,19	-0,14	-0,04	-0,06	-0,10	-0,07	-0,21	-0,09	-0,01	-0,10	0,00	-0,04
	m $\Delta$ H [mm]	0,13	0,08	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta$ H	1,59	0,51	0,97	1,31	0,62	1,00	1,35	0,48	1,72	0,83	0,17	0,96
	min/m $\Delta$ H	1,47	1,68	0,91	0,87	1,36	1,01	1,88	1,69	0,09	1,75	0,07	0,76
III ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,15	0,11	0,06	0,09	0,13	0,10	0,17	-0,02	0,10	0,06	0,01	0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,17	-0,16	-0,05	-0,05	-0,18	-0,08	-0,18	-0,10	-0,01	-0,11	-0,01	-0,04
	m $\Delta$ H [mm]	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta$ H	1,84	1,63	1,36	1,38	2,07	1,54	2,20	0,43	1,85	1,08	0,24	0,97
	min/m $\Delta$ H	2,02	2,47	1,15	0,81	2,95	1,29	2,31	1,81	0,15	2,06	0,24	0,75
śr. ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,12	0,07	0,05	0,09	0,07	0,08	0,16	-0,03	0,10	0,05	0,01	0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,14	-0,14	-0,05	-0,04	-0,12	-0,10	-0,13	-0,10	-0,01	-0,11	-0,01	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta$ H	1,92	1,32	1,15	1,31	1,44	1,41	2,55	0,47	1,75	0,90	0,16	0,99
	min/m $\Delta$ H	2,29	2,70	1,00	0,64	2,27	1,78	2,13	1,80	0,20	2,05	0,19	0,76
I ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,31	0,15	0,06	0,04	0,08	0,14	0,26	-0,01	0,14	0,04		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,25	-0,25	-0,08	-0,01	-0,12	-0,12	-0,23	-0,09	-0,02	-0,03		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	2,23	1,30	1,01	0,47	0,97	1,36	2,18	-0,15	1,81	0,48		0,89
	min/m $\Delta$ H	1,79	2,13	1,34	0,07	1,53	1,14	1,98	1,44	0,33	0,38		0,94
II ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,37	0,21	0,06	0,04	0,03	0,14	0,23	-0,01	0,13	0,03		0,05
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,25	-0,23	-0,08	-0,01	-0,09	-0,14	-0,28	-0,09	-0,03	-0,03		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08		0,06
	max/m $\Delta$ H	2,09	1,23	0,99	0,46	0,36	1,19	1,38	-0,16	1,74	0,40		0,87
	min/m $\Delta$ H	1,39	1,36	1,31	0,07	1,04	1,20	1,68	1,42	0,34	0,38		0,92
III ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,22	0,28	0,06	0,04	0,13	0,15	0,22	-0,01	0,14	0,05		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,20	-0,23	-0,08	-0,01	-0,16	-0,14	-0,22	-0,09	-0,03	-0,06		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,11	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	2,03	2,85	0,99	0,46	1,79	1,58	2,19	-0,12	1,90	0,65		0,90
	min/m $\Delta$ H	1,85	2,34	1,32	0,07	2,11	1,50	2,20	1,47	0,35	0,80		0,98
śr. ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,17	0,15	0,06	0,04	0,08	0,15	0,21	-0,01	0,13	0,04		0,06
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,14	-0,18	-0,08	-0,01	-0,09	-0,13	-0,16	-0,09	-0,03	-0,04		-0,06
	m $\Delta$ H [mm]	0,10	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07		0,06
	max/m $\Delta$ H	1,84	1,75	1,03	0,48	1,12	1,64	2,32	-0,14	1,85	0,55		0,92
	min/m $\Delta$ H	1,48	2,17	1,37	0,07	1,32	1,47	1,79	1,53	0,40	0,64		0,99

**Tab. 7.15.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni 004, ciężar 12 g, 32 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,12	0,04	0,04	0,08	0,06	0,10	0,13	-0,01	0,10	0,09	0,02	0,07
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,17	-0,18	-0,06	-0,06	-0,13	-0,10	-0,21	-0,10	-0,02	-0,12	-0,03	-0,05
	m $\Delta H$ [mm]	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	max/m $\Delta H$	1,70	0,60	0,89	1,13	1,13	1,69	1,92	0,09	1,59	1,55	0,44	1,04
	min/m $\Delta H$	2,50	3,15	1,19	0,85	2,42	1,64	3,12	1,63	0,33	2,06	0,49	0,75
II ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,21	0,08	0,06	0,09	0,08	0,08	0,15	-0,02	0,11	0,06	0,02	0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,20	-0,19	-0,06	-0,05	-0,11	-0,07	-0,15	-0,10	-0,01	-0,10	-0,02	-0,04
	m $\Delta H$ [mm]	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta H$	2,81	1,32	1,25	1,30	1,34	1,38	2,14	0,42	1,86	1,04	0,37	0,97
	min/m $\Delta H$	2,67	3,13	1,20	0,74	1,95	1,10	2,09	1,84	0,23	1,88	0,37	0,75
III ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,16	0,08	0,06	0,09	0,08	0,06	0,17	-0,02	0,10	0,06	0,01	0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,16	-0,16	-0,05	-0,04	-0,16	-0,10	-0,11	-0,10	-0,01	-0,11	-0,01	-0,04
	m $\Delta H$ [mm]	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta H$	1,77	1,16	1,20	1,33	1,19	0,85	2,03	0,33	1,71	1,15	0,25	0,98
	min/m $\Delta H$	1,79	2,34	1,07	0,59	2,54	1,49	1,34	1,71	0,10	2,00	0,15	0,75
śr. ust pełna	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,14	0,03	0,04	0,08	0,04	0,07	0,13	-0,02	0,10	0,06	0,01	0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,11	-0,14	-0,05	-0,04	-0,12	-0,08	-0,11	-0,10	-0,01	-0,11	-0,02	-0,05
	m $\Delta H$ [mm]	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
	max/m $\Delta H$	2,34	0,68	0,97	1,22	0,86	1,24	2,21	0,32	1,79	1,21	0,27	0,99
	min/m $\Delta H$	1,92	2,83	1,11	0,59	2,43	1,40	1,80	1,75	0,21	2,07	0,34	0,76
I ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,19	0,10	0,06	0,04	0,05	0,15	0,17	-0,01	0,13	0,04		0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,27	-0,31	-0,08	-0,01	-0,12	-0,13	-0,24	-0,09	-0,02	-0,03		-0,06
	m $\Delta H$ [mm]	0,12	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07		0,06
	max/m $\Delta H$	1,62	1,05	1,00	0,47	0,67	1,56	1,67	-0,13	1,75	0,58		0,90
	min/m $\Delta H$	2,28	3,12	1,33	0,07	1,54	1,39	2,41	1,42	0,28	0,46		0,95
II ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,30	0,16	0,06	0,04	0,08	0,16	0,17	-0,01	0,14	0,04		0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,22	-0,29	-0,08	-0,01	-0,15	-0,19	-0,25	-0,09	-0,03	-0,04		-0,06
	m $\Delta H$ [mm]	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,10	0,10	0,06	0,07	0,07		0,06
	max/m $\Delta H$	2,76	1,66	1,03	0,48	1,09	1,64	1,62	-0,13	1,95	0,62		0,92
	min/m $\Delta H$	1,98	2,93	1,36	0,07	1,96	1,96	2,45	1,52	0,39	0,49		0,97
III ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,30	0,22	0,06	0,04	0,08	0,12	0,19	0,00	0,15	0,06		0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,20	-0,28	-0,08	-0,01	-0,15	-0,15	-0,15	-0,09	-0,03	-0,04		-0,06
	m $\Delta H$ [mm]	0,11	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07		0,06
	max/m $\Delta H$	2,79	2,22	0,98	0,46	1,11	1,19	1,87	-0,07	1,91	0,85		0,91
	min/m $\Delta H$	1,83	2,78	1,30	0,07	2,01	1,56	1,41	1,40	0,40	0,50		0,93
śr. ust zredukowana	max( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	0,21	0,09	0,06	0,04	0,08	0,10	0,15	-0,01	0,14	0,06		0,06
	min( $\Delta H_i - \Delta H$ sym.)	-0,10	-0,23	-0,08	-0,01	-0,12	-0,14	-0,18	-0,09	-0,03	-0,04		-0,06
	m $\Delta H$ [mm]	0,08	0,07	0,06	0,09	0,07	0,08	0,08	0,06	0,07	0,07		0,06
	max/m $\Delta H$	2,50	1,18	1,00	0,47	1,17	1,20	1,82	-0,09	1,88	0,81		0,92
	min/m $\Delta H$	1,19	3,07	1,33	0,07	1,70	1,66	2,22	1,46	0,41	0,55		0,95

Ponownie kolorem czerwonym zaznaczono w powyższych tabelach przypadki, gdy stosunek odchylenia do błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia jest większy niż 2. Wartość ta jest najczęściej przekroczona dla reperów 1, 2 i 10, a więc dla tych, których przemieszczenia zostały wyznaczone przede wszystkim za pomocą przewyższeń zmierzonych w strefie drgań. Zjawisko to nie występuje dla reperów leżących poza strefą oraz dla repera nr 9. Jest to kolejny dowód na tezę, że zwiększone odchylenia od wartości symulowanych są skutkiem grubych błędów odczytów skutkujących niewłaściwym oszacowaniem przemieszczeń, a nie dokładności pomiaru.

W dalszej części rozprawy omówiono szczegółowo wyniki pomiarów dla tych częstotliwości drgań, przy których dla danej masy ciężarka generatora wyniki były najmniej korzystne pod względem wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń. Dla ciężarka o masie 4 g najmniej korzystne wyniki zaobserwowano dla częstotliwości 40 Hz, dla masy 8 g najbardziej wrażliwą częstotliwością było 40 i 44 Hz, a dla masy 12 g – 32 Hz. Należy zwrócić uwagę, że częstotliwość 40 i 44 Hz daje możliwość wykonania pomiaru tylko dla mas 4 i 8 g. Tabele z oszacowanymi przemieszczeniami wraz z oceną dokładności dla konfiguracji 8 g, 44 Hz zawierają załączniki nr 16 i 17. Tabele zostały zorganizowane w sposób opisany w rozdziale 7.1.2, tak jak załączniki 11 i 12. Analizując załączniki 16 i 17 zwraca uwagę fakt nieprawidłowej wartości błędu pojedynczego spostrzeżenia dla drugiego ustawienia nóg statywu. Według tabeli 6.2 błąd ten powinien wynosić 0,10 mm, jednak prawidłowe zrównoważenie układu następuje dopiero przy zwiększeniu tej wartości do 0,18 mm. W pozostałych ustawieniach wartości błędu a priori są w miarę prawidłowe. Dane z tabeli 6.2 pozwalają wyjaśnić to zjawisko, ponieważ dla tej konfiguracji wykryto dużą odchyłkę między przewyższeniem zmierzonym przy wprowadzonych drganiach a przewyższeniem zmierzonym bez ich udziału. Odchyłka ta wg tabeli 6.2 wynosi 0,17 mm. Pomiary sieci są więc obarczone błędem grubym o średniej wartości 0,17 mm, co wpływa na zwiększenie  $m_0$ , którego wartość należy korygować zwiększając wartość błędu pojedynczego spostrzeżenia dla obserwacji wykonanych w strefie drgań. Dla niwelatora Ni 004 nie przedstawiono odpowiednika tabeli 7.6, przedstawiającego wszystkie wartości  $m_0$  dla omawianej konfiguracji, ponieważ wartości te są podobne jak w przypadku Ni 002, a ponadto przekroczenie dopuszczalnej wartości  $m_0$  wynikającej z testu globalnego współczynnika wariancji (w tym przypadku  $m_{0\ max} = 1,211$ ) dotyczy mniej niż 10% przypadków.

**Tab. 7.16.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 004, 8 g, 40 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max bł.	0,17	0,14	0,08	0,11	0,10	0,12	0,14	0,07	0,09	0,09	0,08
	min bł.	0,12	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
	max odch.	0,31	0,15	0,06	0,04	0,08	0,14	0,26	-0,01	0,14	0,04	0,06
	min odch.	-0,25	-0,25	-0,08	-0,01	-0,12	-0,12	-0,23	-0,09	-0,02	-0,03	-0,06
II ust.	max bł.	0,21	0,20	0,08	0,11	0,10	0,14	0,20	0,07	0,09	0,09	0,07
	min bł.	0,15	0,15	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05
	max odch.	0,37	0,21	0,06	0,04	0,03	0,14	0,23	-0,01	0,13	0,03	0,05
	min odch.	-0,25	-0,23	-0,08	-0,01	-0,09	-0,14	-0,28	-0,09	-0,03	-0,03	-0,06
III ust.	max bł.	0,13	0,12	0,08	0,11	0,09	0,11	0,12	0,07	0,09	0,09	0,07
	min bł.	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
	max odch.	0,22	0,28	0,06	0,04	0,13	0,15	0,22	-0,01	0,14	0,05	0,06
	min odch.	-0,20	-0,23	-0,08	-0,01	-0,16	-0,14	-0,22	-0,09	-0,03	-0,06	-0,06
śr ust.	max bł.	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07
	min bł.	0,08	0,07	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
	max odch.	0,17	0,15	0,06	0,04	0,08	0,15	0,21	-0,01	0,13	0,04	0,06
	min odch.	-0,14	-0,18	-0,08	-0,01	-0,09	-0,13	-0,16	-0,09	-0,03	-0,04	-0,06

**Tab. 7.17.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 004, 8 g, 40 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust.	max bł.	0,10	0,08	0,10	0,15	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,10	0,12	0,13
	min bł.	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max odch.	0,22	0,07	0,05	0,10	0,11	0,13	0,19	0,00	0,10	0,09	0,03	0,07
	min odch.	-0,19	-0,23	-0,07	-0,05	-0,10	-0,11	-0,16	-0,10	-0,06	-0,11	-0,05	-0,05
II ust.	max bł.	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	min bł.	0,12	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max odch.	0,21	0,04	0,05	0,09	0,05	0,07	0,15	-0,03	0,10	0,05	0,01	0,06
	min odch.	-0,19	-0,14	-0,04	-0,06	-0,10	-0,07	-0,21	-0,09	-0,01	-0,10	0,00	-0,04
III ust.	max bł.	0,09	0,07	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	min bł.	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max odch.	0,15	0,11	0,06	0,09	0,13	0,10	0,17	-0,02	0,10	0,06	0,01	0,06
	min odch.	-0,17	-0,16	-0,05	-0,05	-0,18	-0,08	-0,18	-0,10	-0,01	-0,11	-0,01	-0,04
śr ust.	max bł.	0,07	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
	min bł.	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max odch.	0,12	0,07	0,05	0,09	0,07	0,08	0,16	-0,03	0,10	0,05	0,01	0,06
	min odch.	-0,14	-0,14	-0,05	-0,04	-0,12	-0,10	-0,13	-0,10	-0,01	-0,11	-0,01	-0,05

Podobnie jak w przypadku Ni 002, zaprezentowano skróconą wersję załącznika 16 i 17 w postaci tabel 7.16 i 7.17. Analogicznie, tabele zawierają maksymalne i minimalne wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia spośród 60 pomiarów (20 dla trzech epok)

oraz wartości ekstremalnych odchyłeń wartości wyznaczonego przemieszczenia od wartości symulowanej, zgodnie z [7.1] i [7.2]. Wprowadzono podział na ustawienie nóg statywu oraz wariant wyrównania – dane z wyrównania w wariancie zredukowanym zawiera tabela 7.16, wariant pełny przedstawia tabela 7.17. Wartości w tabelach podano w milimetrach.

Przeprowadzono analogiczną jak w przypadku niwelatora Ni 002 analizę danych zawartych w ww. opisanych załącznikach i tabelach pod kątem dokładności. W wariancie zredukowanym 3 repery są zmierzone całkowicie w strefie drgań (grupa 1). Dla nich w wariancie zredukowanym odnotowano najwyższe wartości błędów  $m_{\Delta H}$ :

- reper nr 1: od **0,09** do **0,21** mm;
- reper nr 2: od **0,08** do **0,20** mm;
- reper nr 10: od **0,09** do **0,20** mm.

Błędy przemieszczeń reperów, których przemieszczenie wyznaczono z wykorzystaniem zarówno przewyższeń w strefie jak i poza nią kształtują się następująco (grupa 2):

- reper nr 8: od **0,06** do **0,10** mm;
- reper nr 9: od **0,08** do **0,14** mm;
- reper nr 14: od **0,06** do **0,09** mm.

Wartości błędów dla reperów znajdujących się w całości poza strefą drgań (grupa 3):

- reper nr 4: od **0,05** do **0,08** mm;
- reper nr 6: od **0,08** do **0,11** mm;
- reper nr 12: od **0,05** do **0,07** mm;
- reper nr 13: od **0,06** do **0,09** mm;
- reper nr 16: od **0,05** do **0,08** mm.

Należy ponownie podkreślić, że wartości te są uzyskane dla najmniej korzystnej dla dokładności konfiguracji drgań – dla pozostałych konfiguracji wartości błędów są niższe. Oznacza to, że maksymalna wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia wynosi około 0,20 mm, niezależnie od wariantu wyrównania sieci. Błąd taki jest porównywalny do wartości uzyskanych niwelatorem Ni 002 i umożliwia wykrywanie przemieszczeń rzędu 0,4 mm i większych. Podobnie jak w przypadku Ni 002, repery z grupy 2 charakteryzują się zbliżoną dokładnością wyznaczenia przemieszczeń jak repery z grupy 3. Zwiększone wartości błędów

w stosunku do Ni 002 są wynikiem niższej nominalnej dokładności sprzętu, nie zaś gorszej odporności na drgania. Dla Ni 004 wprowadzenie do obliczeń przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań także redukuje niekorzystny wpływ drgań na dokładność wyznaczenia przemieszczenia. Dla pełnego wariantu obserwacji błędy w poszczególnych grupach kształtują się następująco:

- reper nr 1: od **0,05** do **0,14** mm;

dla grupy 2:

- reper nr 2: od **0,05** do **0,09** mm;
- reper nr 8: od **0,05** do **0,08** mm;
- reper nr 9: od **0,06** do **0,09** mm;
- reper nr 10: od **0,05** do **0,12** mm;
- reper nr 14: od **0,05** do **0,10** mm.

Dla grupy 3 wartości błędów  $m_{\Delta H}$  kształtują się następująco:

- reper nr 4: od **0,04** do **0,10** mm;
- reper nr 6: od **0,06** do **0,15** mm;
- reper nr 12: od **0,05** do **0,12** mm;
- reper nr 13: od **0,05** do **0,13** mm;
- reper nr 15: od **0,05** do **0,12** mm;
- reper nr 16: od **0,05** do **0,13** mm.

Należy zauważyć, że zwiększenie liczby obserwacji zwiększa znacznie dokładność niwelacji tylko dla reperów z grupy 1. Repery z grupy 2 mają tylko nieznacznie wyższą dokładność wyznaczenia przemieszczenia w stosunku do zredukowanego wariantu, natomiast repery leżące całkowicie poza strefą drgań charakteryzują się wzrostem górnej wartości granicznej przedziału otrzymanego błędu. Przyczyną takiego zjawiska mogą być niedokładności przy pomiarach przewyższeń nieuwzględnianych w wariancie zredukowanym w obszarze reperów z grupy 3. Podobnie jak w przypadku niwelatora Ni 002 sporządzono porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań. Porównanie to prezentują tabele 7.18 i 7.19.

**Tab. 7.18.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 004, wariant zredukowany

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,17	0,14	0,08	0,11	0,10	0,12	0,14	0,07	0,09	0,09	0,08
	min $m_{\Delta H}$	0,12	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>2,4</b>	<b>2,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>2,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,21	0,20	0,08	0,11	0,10	0,14	0,20	0,07	0,09	0,09	0,07
	min $m_{\Delta H}$	0,15	0,15	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>3,0</b>	<b>3,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>2,1</b>	<b>2,5</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>2,3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,13	0,12	0,08	0,11	0,09	0,11	0,12	0,07	0,09	0,09	0,07
	min $m_{\Delta H}$	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,9</b>	<b>2,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>2,0</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07
	min $m_{\Delta H}$	0,08	0,07	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
	$m_{\Delta H}$ bez drgań	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>

**Tab. 7.19.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 004, wariant pełny

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,10	0,08	0,10	0,15	0,07	0,09	0,10	0,12	0,13	0,10	0,12	0,13
	min $m_{\Delta H}$	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,5</b>	<b>2,5</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>	<b>2,0</b>	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,12	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>2,8</b>	<b>2,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>2,0</b>	<b>1,6</b>	<b>2,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>2,4</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>2,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,09	0,07	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	min $m_{\Delta H}$	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,0</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,07	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
	min $m_{\Delta H}$	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>
	$m_{\Delta H}$ bez drgań	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>



Różowym kolorem zaznaczono przypadki, gdy stosunek błędu z pomiaru obarczonego drganiami przekracza dwukrotność błędu uzyskanego bez udziału drgań. Według danych z tabel 7.18 – 7.19 należy się spodziewać w skrajnie niekorzystnym przypadku:

- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 3,3-krotnego dla wariantu zredukowanego dla reperów z grupy pierwszej. Należy zwrócić uwagę, że wartości błędów jedynie reperów z grupy pierwszej przekraczają dwukrotność wyznaczenia tego przemieszczenia zmierzonego bez udziału drgań;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 2,8-krotnego dla wariantu pełnego dla reperów z grupy pierwszej. Wariant pełny pod względem dokładnościowym jest więc lepszy niż zredukowany;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 1,7-krotnego dla wariantu zredukowanego dla reperów z pozostałych grup. Oznacza to, że dla skrajnie niekorzystnej konfiguracji drgań błąd wyznaczenia przemieszczenia rośnie mniej niż dwukrotnie w przypadku wprowadzenia do obliczeń co najmniej jednego przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań, co w praktyce może oznaczać, że błędy z tytułu wprowadzenia drgań w bardzo niewielkim stopniu rzutują na dokładność wyznaczenia przemieszczenia pod warunkiem wykorzystania przewyższeń nieobciążonych wpływem drgań do sieci;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 2,6-krotnego dla wariantu pełnego dla reperów z pozostałych grup. Uwagę tutaj zwracają maksymalne wartości błędów przy pierwszym ustawieniu nóg statywu, gdzie dla prawie wszystkich reperów błąd wyznaczenia przemieszczenia wzrasta ponad dwukrotnie, niezależnie od przynależności reperów do grup 1 – 3. Ponieważ takie zjawisko nie występuje dla wariantu zredukowanego może to oznaczać, że do tego wariantu wykorzystano przewyższenia obciążone innymi błędami grubymi niż wynikającymi z wprowadzenia drgań.

Podobnie jak w przypadku niwelatora Ni 002 dane z załączników 16 i 17 należy też przeanalizować pod kątem istotności, zakresu uzyskanych wartości przemieszczeń oraz ich zgodności z wartością przemieszczenia prawdziwego, w tym przypadku – symulowanego. W przypadku omawianej konfiguracji drgań algorytm w wariacie zredukowanym prawidłowo rozpoznał jako istotne przemieszczenia co do wartości bezwzględnej rzędu

0,30 mm i większe, natomiast dla wariantu pełnego, prawie wszystkie przemieszczenia o wartości bezwzględnej 0,20 mm zostały prawidłowo rozpoznane jako istotne. Niższe wartości bezwzględne przemieszczeń zostały z reguły zakwalifikowane jako nieistotne, głównie z uwagi na wyższą wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia.

Analizując zakres wartości przemieszczeń dla poszczególnych reperów wokół ich wartości symulowanej można ponownie zauważyć, że redukcja sieci rozrzut ten powiększa, podobnie jak w przypadku Ni 002. Dla sieci zredukowanej maksymalne rozrzuty, liczone jako różnica najmniejszej i największej wartości tego samego przemieszczenia wśród 20 pomiarów w danych warunkach, wynoszą maksymalnie dla reperów 1 grupy:

- dla repera nr 1: **0,52** mm;
- dla repera nr 2: **0,42** mm;
- dla repera nr 10: **0,41** mm.

Dla reperów 2 grupy:

- dla repera nr 8: **0,19** mm;
- dla repera nr 9: **0,24** mm;
- dla repera nr 14: **0,08** mm.

Dla wariantu wyrównania z pełnym zestawem obserwacji w grupie 1 znajduje się tylko reper nr 1. Pozostałe, z racji wystąpienia przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań są przypisane do grupy 2. Rozrzuty w tym wariantcie kształtują się następująco:

- dla repera nr 1: **0,38** mm;

Dla reperów 2 grupy:

- dla repera nr 2: **0,24** mm;
- dla repera nr 8: **0,20** mm;
- dla repera nr 9: **0,24** mm.
- dla repera nr 10: **0,28** mm;
- dla repera nr 14: **0,19** mm.

Porównanie powyższych wartości z wynikami dla innych typów niwelatorów znajduje się w rozdziale 7.4 niniejszej rozprawy. Na podstawie tych wyników ponownie wyraźnie widać przewagę wariantu z co najmniej jednym przewyższeniem do repera zmierzonym poza strefą

drgań. Zwiększenie liczby obserwacji w sieci zawęża rozrzut wokół wartości symulowanej tylko dla reperów z grupy 1, dla grupy 2 zakresy te są podobne jak w przypadku wariantu zredukowanego. Podobnie jak w przypadku Ni 002 pozostałe repery, których przemieszczenia są wyznaczone z udziałem przewyższeń wolnych od wpływu drgań charakteryzują się mniejszymi rozrzutami.

Podobnie jak w przypadku Ni 002 najlepsze wyniki w zakresie zgodności i dokładności zostały uzyskane z zastosowaniem wariantu z uśrednionymi wartościami przewyższeń z trzech ustawień nóg statywu względem źródła drgań, co ponownie dowodzi wpływu kierunku drgań na dokładność i wiarygodność oszacowania przemieszczeń. Dla wariantu pełnego maksymalne wartości błędów wyznaczonych przemieszczeń wyniosły 0,08 mm, a dla wariantu zredukowanego 0,11 mm, a zatem osiągnięto wartości bardzo zbliżone do uzyskanych w tym wariantcie dla niwelatora Ni 002.

Pozostałe konfiguracje parametrów drgań dla niwelatora Ni 004 dają wyniki podobne lub lepsze niż w przypadku opisanej powyżej konfiguracji, dlatego nie załączano do rozprawy wyników z ich wyrównania, tak jak w przypadku Ni 002. Niwelator ten, podobnie jak Ni 002, w każdej konfiguracji, w której obserwator jest w stanie oszacować odczyt z łaty zapewnia dokładność oszacowania przemieszczeń na poziomie właściwym dla niwelacji precyzyjnej. Dodatkowo, dla częstotliwości rezonansowych, przy których niwelator Ni 002 nie jest w stanie wykonać odczytów, spadek dokładności jest tylko nieznaczny. Rozbieżność z wartościami prawdziwymi przemieszczeń wynosi maksymalnie 0,3 mm, czyli tyle samo, ile w przypadku niwelatora Ni 002. W celu równoważenia obserwacji w sieci można posługiwać się wartościami zebranymi w tabeli 6.2, jednak dla wybranych konfiguracji, dla których występują znaczne odchyłki prawdziwych wartości przewyższeń od wartości zmierzonych, należy zwiększyć wartość błędu a priori nawet dwukrotnie. Niwelator ten dla niektórych częstotliwości charakteryzuje się bowiem wysoką podatnością na występowanie błędów grubych. Analiza wyników pomiaru niwelatorem Ni 004 potwierdziła, że uwzględnienie w wyrównaniu chociaż jednego przewyższenia zmierzonego poza strefą znacząco obniża wartość błędów przemieszczeń reperów między którymi przewyższenie to zostało zmierzone. Ponadto zabieg ten zapewnia jednakowe rozrzuty wartości wyznaczonych przemieszczeń wokół wartości prawdziwych tych przemieszczeń dla całego zakresu badanych częstotliwości, co obrazują wykresy dla reperów 8 i 9 w załącznikach 14 i 15.

### 7.3. Obliczenia przemieszczeń i ich błędów dla niwelatora DiNi 03.

Określenie stopnia odporności na drgania niwelatorów cyfrowych jest istotne o tyle, że rynek instrumentów geodezyjnych jest całkowicie zdominowany przez ten typ sprzętu. Przedsiębiorstwa chcąc inwestować w nowy sprzęt muszą decydować się na zakup niwelatorów cyfrowych. Instrumentów analogowych będzie z biegiem czasu ubywać, a produkcja starszych modeli nie będzie wznawiana. Obecnie praktycznie każda praca związana z pomiarem przemieszczeń jest realizowana za pomocą precyzyjnych niwelatorów cyfrowych. Mają one oczywiście wiele zalet w porównaniu do instrumentów analogowych, jednak w kontekście pomiarów w warunkach drgań automatyczny odczyt nie musi być atutem. Człowiek wykonujący odczyt w niwelatorach analogowych jest w stanie zauważyć zmienność położenia osi celowej i w niektórych przypadkach wychwycić odczyt uśredniony. Kamera CCD w niwelatorach cyfrowych analizuje jedynie sygnał odbity od łąty trafiający do matrycy – procesor analizujący sygnał nie ma informacji, że obraz jest zdeformowany przez drgania kompensatora i poda odczyt, jeśli jest w stanie porównać zarejestrowany obraz ze wzorcem. Analizując tabelę 6.2 można wyraźnie zauważyć, że istnieją przedziały częstotliwości przy których wyniki mają znaczny rozrzut wokół średniej, o czym świadczą wysokie wartości błędów średnich pomierzonego przewyższenia a także średnia ta jest daleka od wartości prawdziwych. W przypadku niwelatorów analogowych zjawisko to nie występowało na tak dużą skalę. Zakresy częstotliwości w których pomiar jest wykonalny dla niwelatora Dini03 są szersze niż w przypadku jego analogowego odpowiednika – Ni002. Ni002 wykonuje pomiar przy częstotliwości 44 Hz, lecz gorzej sobie radzi przy częstotliwościach 24 – 30 Hz, gdzie Dini daje bardzo dobre wyniki, niezależnie od masy ciężarka. Przewagą niwelatora cyfrowego jest także możliwość wykonania pomiaru dla częstotliwości 18 – 22 Hz, przy których model Zeissa nie jest w stanie wykonać odczytu dla żadnej konfiguracji.

Analizując możliwości pomiarowe badanego modelu w kontekście wartości wychyleń ze stanu równowagi można zauważyć znaczną przewagę tego modelu w porównaniu do Ni002. Przy zakresie częstotliwości 18 Hz dla ciężarka 4 g wychyleń od stanu równowagi przyjmują wartości powyżej 60  $\mu\text{m}$ , jednak dla takich warunków pomiar jest wykonalny, przy relatywnie niewielkich wartościach odchylenia średnich przewyższeń od wartości prawdziwych. Dla ciężarków 8 i 12 g i przedziale częstotliwości 20 – 22 Hz wychyleń nie przekraczają wartości odpowiednio 40 i 50  $\mu\text{m}$ , a mimo to pomiar nie jest możliwy do zrealizowania. Ponownie

można założyć, że decydujące znaczenie dla określenia możliwości wykonania pomiaru ma kombinacja częstotliwość – amplituda, czyli energia drgań. Niwelator Dini03 wykazuje lepszą odporność na drgania niż swój analogowy odpowiednik, Dowodem na to jest fakt, że dla danych warunków drgań, pomimo większych wartości wychyleń ze stanu równowagi dla Dini03 niż dla Ni002, niwelator cyfrowy jest w stanie wykonać pomiar, a analogowy nie. Analizę dokładności i prawidłowości tego pomiaru w warunkach pomiaru testowanej sieci omówiono w kolejnym rozdziale rozprawy.

Dla niwelatora Dini03 przeprowadzono pomiary w dwóch wariantach – dla pomiaru pojedynczego oraz dla potrójnego. Producent zaleca, aby w warunkach drgań zwiększać liczbę pojedynczych pomiarów, aby wyniki były bardziej wiarygodne (Trimble Inc.). Tabela 6.2 wskazuje, że pomiary przy potrójnym odczycie są w przeważającym stopniu dokładniejsze niż przy pojedynczym, jednak zmiana liczby odczytów nie wpływa na możliwość wykonania pomiarów dla danej konfiguracji drgań.

#### *7.3.1. Analiza wyników pomiarów obarczonych wpływem drgań dla Dini03*

Podobnie jak w przypadku modeli analogowych, dla niwelatora Dini03 obliczono wartości przemieszczeń i ich błędy na podstawie pomiarów nieobarczonych drganiami w zredukowanym i pełnym wariancie obserwacji i przedstawiono je w tabelach 7.20 i 7.21. Jako wartość a priori błędu typowego spostrzeżenia w sieci przyjęto, zgodnie z wartościami z tabeli 6.1, 0,035 mm dla potrójnego odczytu i 0,037 mm dla odczytu pojedynczego. Z uwagi na znikome różnice między pomiarem pojedynczym i potrójnym, tabele przedstawiają tylko wyniki uzyskane z pomiaru potrójnego.

**Tab. 7.20.** Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci zredukowanej do 26 obserwacji przy użyciu niwelatora Dini 03 (pomiar potrójny). Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C

epoka B -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	0,01	0,72	-0,09	0,66	-0,10	0,31	-0,16	-0,27	0,02	0,05	0,37
$m\Delta H$ [mm]	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,40

epoka C -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,02	-0,15	0,34	-0,15	0,20	-0,15	0,42	0,28	0,10	-0,21	-0,27
$m\Delta H$ [mm]	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,07	-0,20	-0,20

epoka C -epoka B	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H$ [mm]	-0,03	-0,88	0,43	-0,81	0,30	-0,46	0,58	0,55	0,09	-0,26	-0,64
$m\Delta H$ [mm]	0,04	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,81	0,40	-0,81	0,31	-0,49	0,59	0,49	0,07	-0,30	-0,60

$m_0A$  1,06    $m_0B$  1,02    $m_0C$  1,15

**Tab. 7.21.** Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci złożonej z pełnej bazy obserwacji (41) niwelatorem Dini03 (pomiar potrójny). Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C

epoka B -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H$ [mm]	-0,01	0,70	-0,11	0,65	-0,09	0,31	-0,17	-0,24	0,02	0,02	0,03	0,39
$m\Delta H$ [mm]	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,00	0,40

epoka C -epoka A	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H$ [mm]	-0,03	-0,17	0,29	-0,17	0,20	-0,17	0,41	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
$m\Delta H$ [mm]	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,07	-0,20	0,00	-0,20

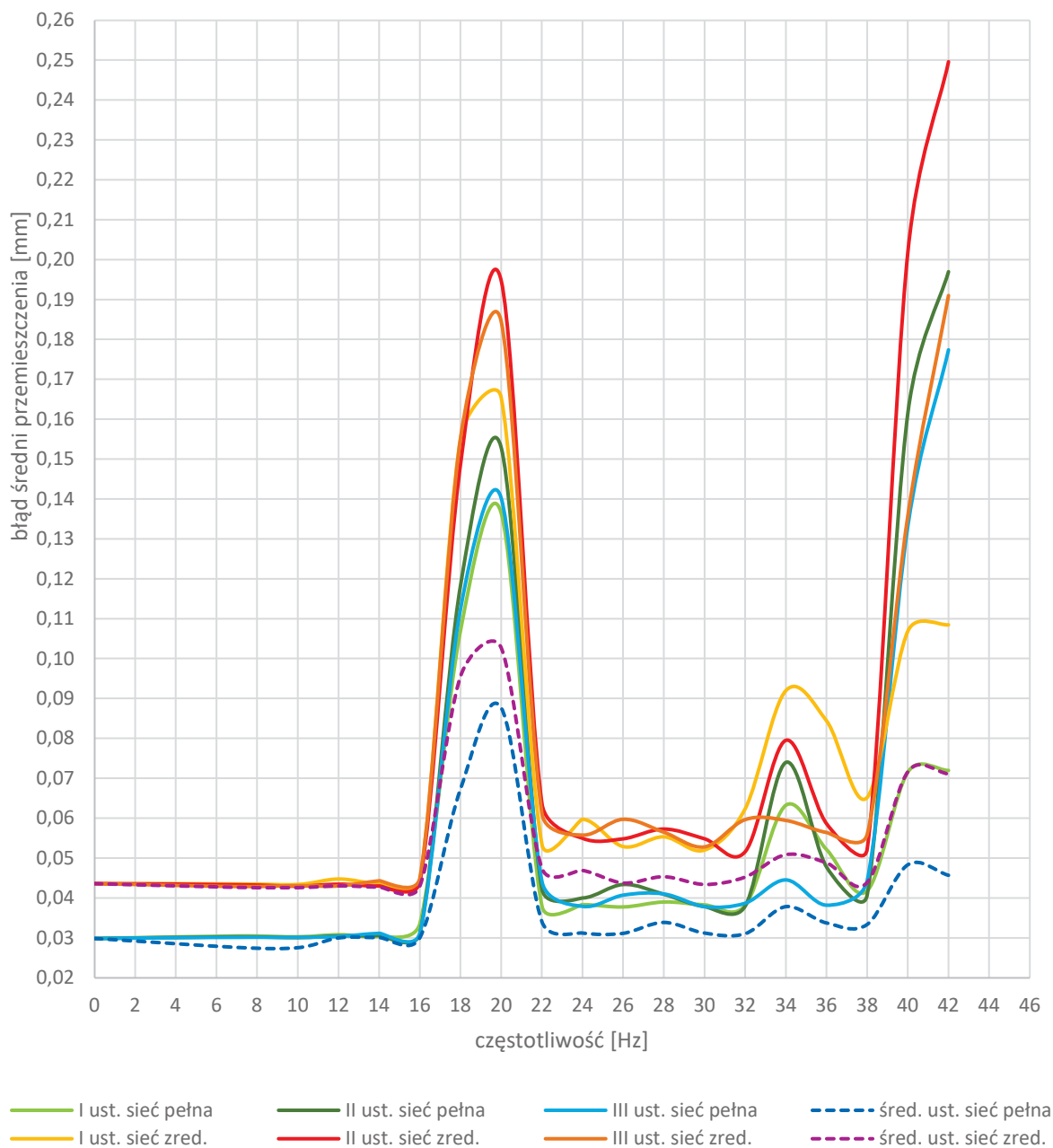
epoka C -epoka B	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H$ [mm]	-0,02	-0,87	0,40	-0,81	0,30	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,24	0,01	-0,64
$m\Delta H$ [mm]	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
istotność: tak jeśli $\Delta H > 2m\Delta H$	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak
$\Delta H$ symul. [mm]	0,00	-0,81	0,40	-0,81	0,31	-0,49	0,59	0,49	0,07	-0,30	0,00	-0,60

$m_0A$  1,10    $m_0B$  0,90    $m_0C$  0,98

Zgodnie z oczekiwaniami przemieszczenia wyznaczone za pomocą niwelatora cyfrowego charakteryzują się najwyższą dokładnością spośród badanych modeli. Podobnie, jak w przypadku niwelatorów analogowych, redukcja liczby wykorzystanych obserwacji powoduje nieznaczny spadek dokładności. Niezależnie jednak od wariantu wyrównania wszystkie przemieszczenia, nawet te o najmniejszych wartościach bezwzględnych zostały wykryte i zidentyfikowane jako istotne. Istotność przemieszczenia rzędu 0,10 mm została wykryta przede wszystkim dzięki niskim wartościom błędów wyznaczenia przemieszczeń, które są możliwe do uzyskania przy pomiarze niwelatorem Dini 03. Obliczenia potwierdziły, że opisane własności są zachowane także dla pomiaru w wariacie pojedynczego odczytu.

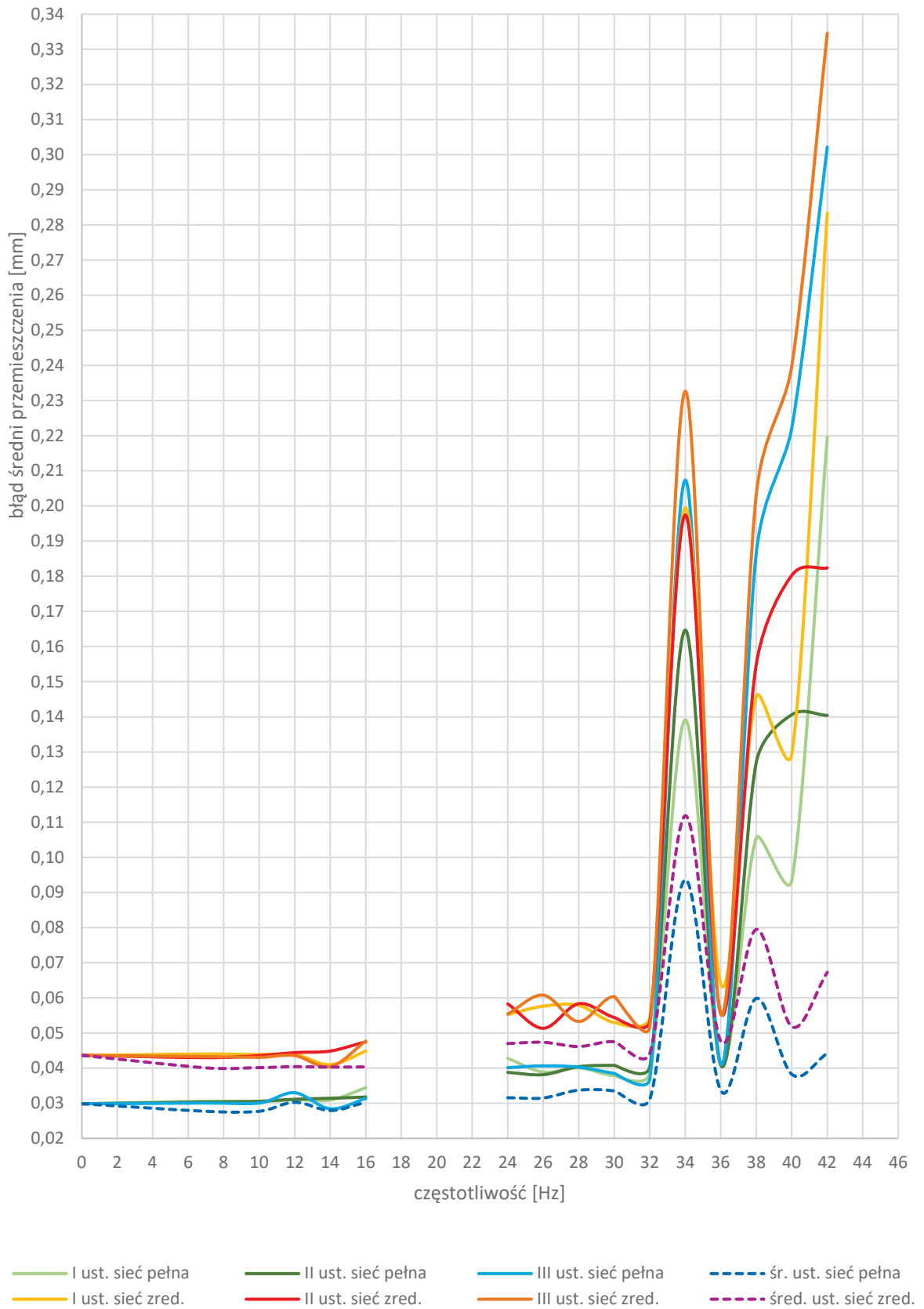
### *7.3.2. Analiza wyników pomiarów obarczonych wpływem drgań dla Dini 03*

Dla niwelatora Dini 03 przeprowadzono te same analizy co w przypadku modeli analogowych. Nie dla wszystkich kombinacji badanych parametrów drgań wyniki mieszczą się w granicach dokładnościowych niwelacji precyzyjnej. Do graficznej prezentacji wyników wybrano te same repery, co w przypadku analiz dla niwelatorów analogowych, czyli nr 1, 8 oraz 9. Opis ich cech znajduje się w rozdziale 7.1.2. Ryc. 7.19 – 7.27 przedstawiają wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczeń analizowanych reperów w zależności od częstotliwości dla trzech mas ciężarka na generatorze dla wariantu odczytów pojedynczych, natomiast ryc. 7.28 – 7.36 prezentują te wartości dla wariantu odczytów potrójnych. Na jednym wykresie przedstawiono wyniki zarówno dla sieci pełnej (41 obserwacji w sieci) jak i zredukowanej (26 obserwacji) dla każdego z trzech ustawień nóg statywu (na rycinach 4.11 opisano jako: I ust., II ust., III ust.) oraz dla średniej z tych trzech ustawień. Wykresy zostały podzielone na warianty pomierzone przy pojedynczym i potrójnym odczycie. Z uwagi na duże wartości błędów nie we wszystkich przypadkach zachowano jednakową pionową skalę wykresów.

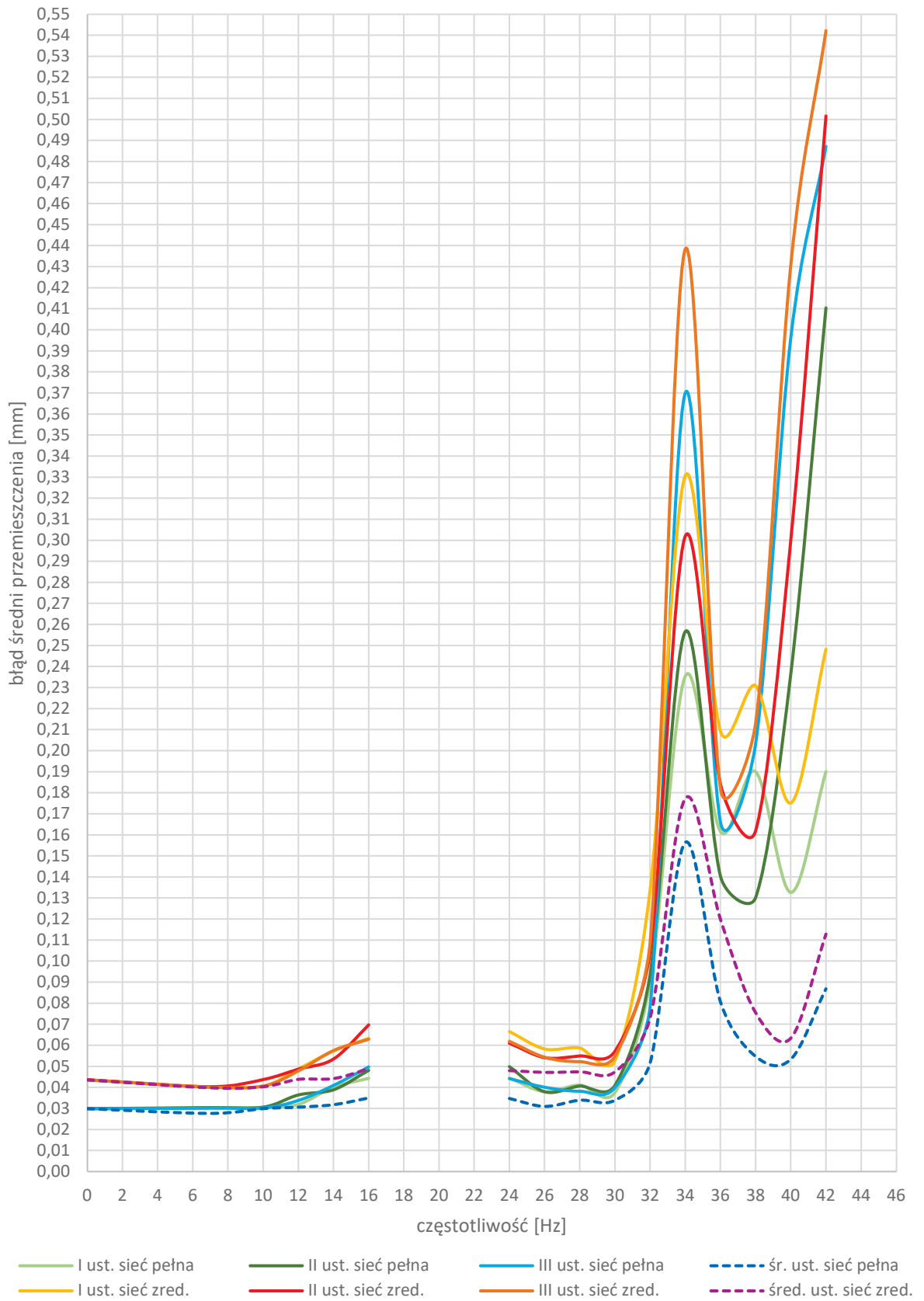


**Ryc. 7.19.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 4 g

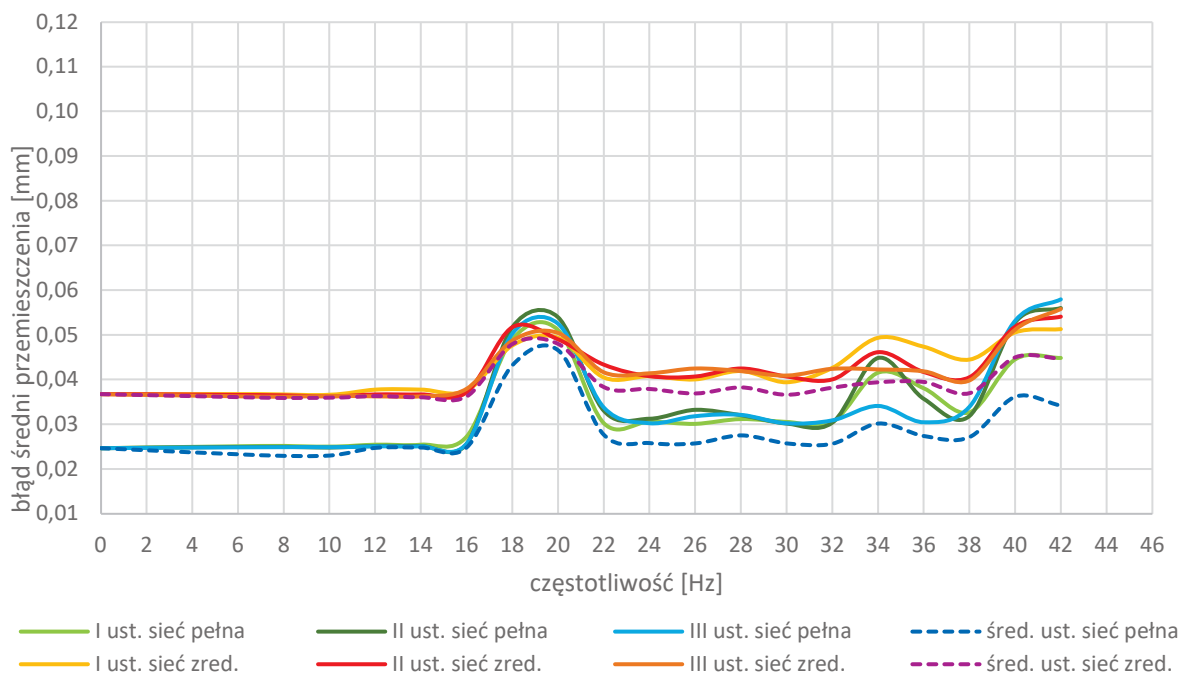




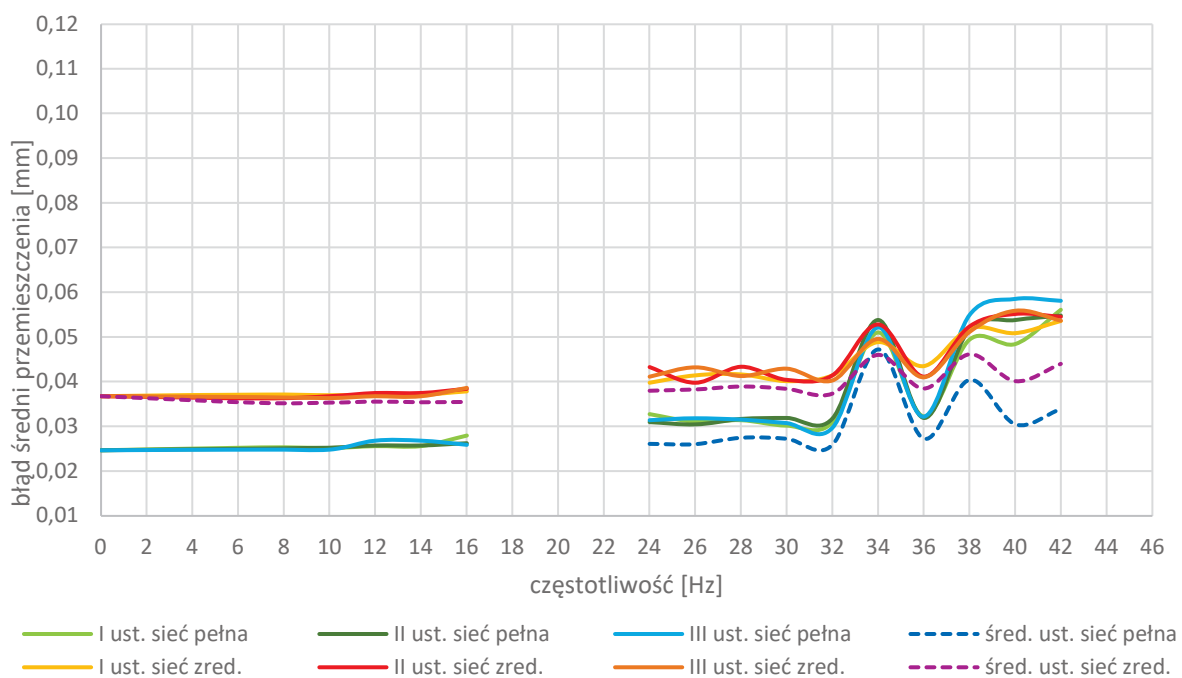
**Ryc. 7.20.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 8 g



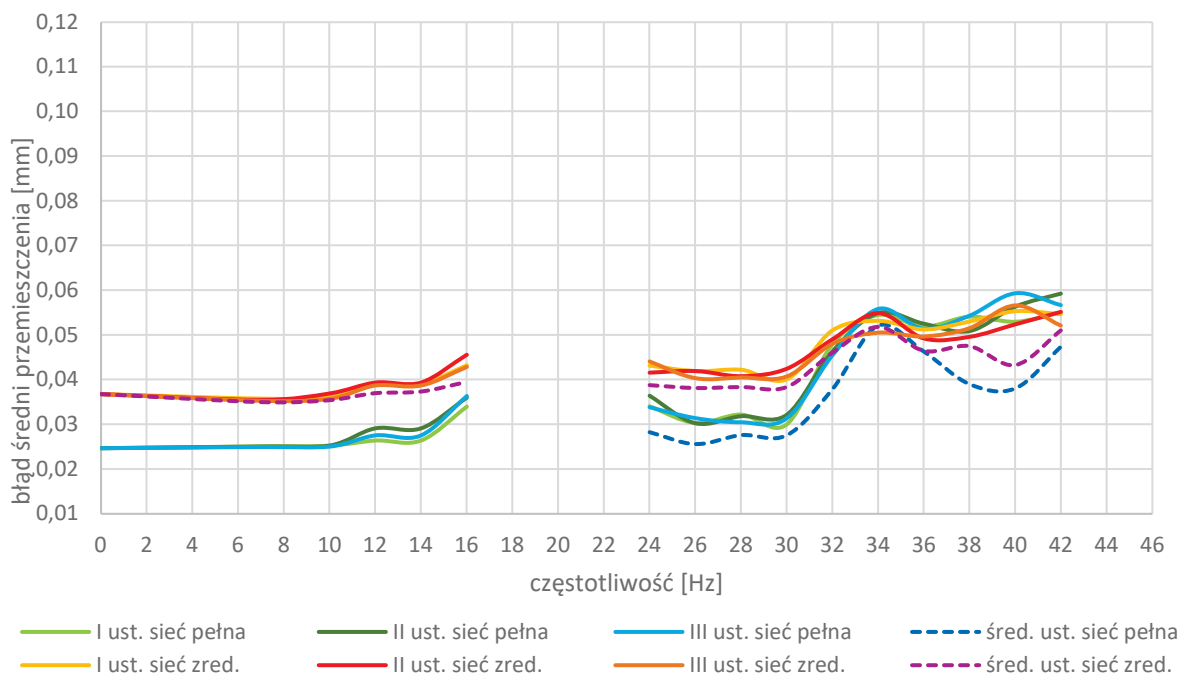
**Ryc. 7.21.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 12 g



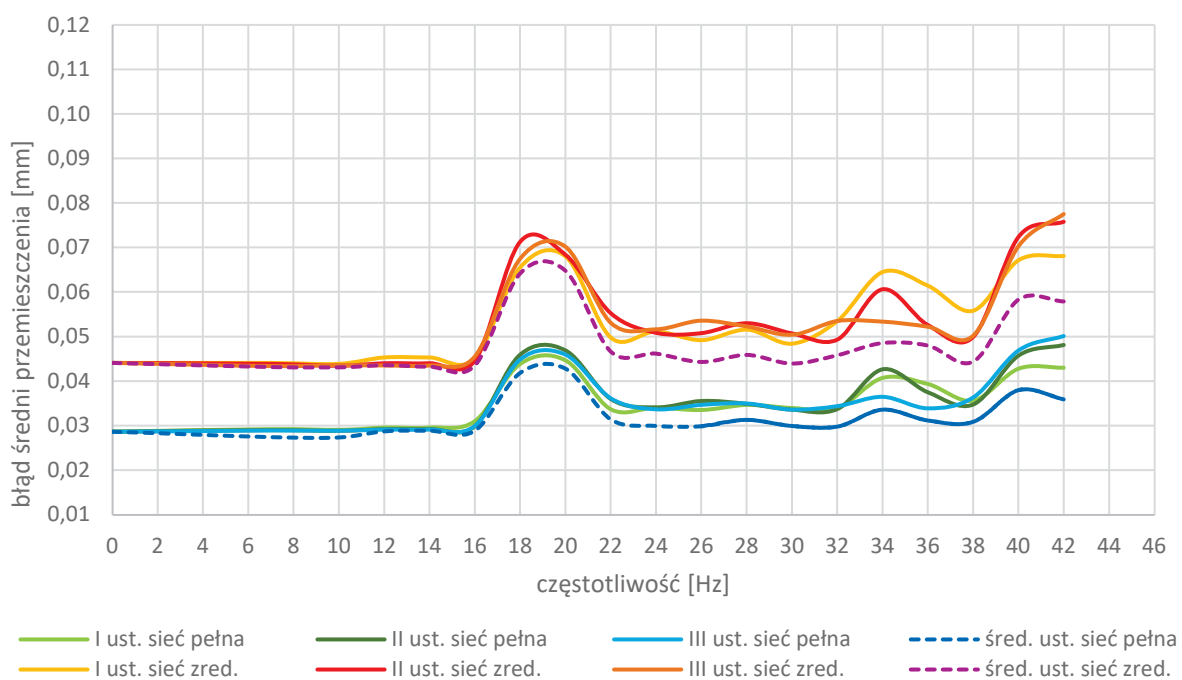
**Ryc. 7.22.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 4 g



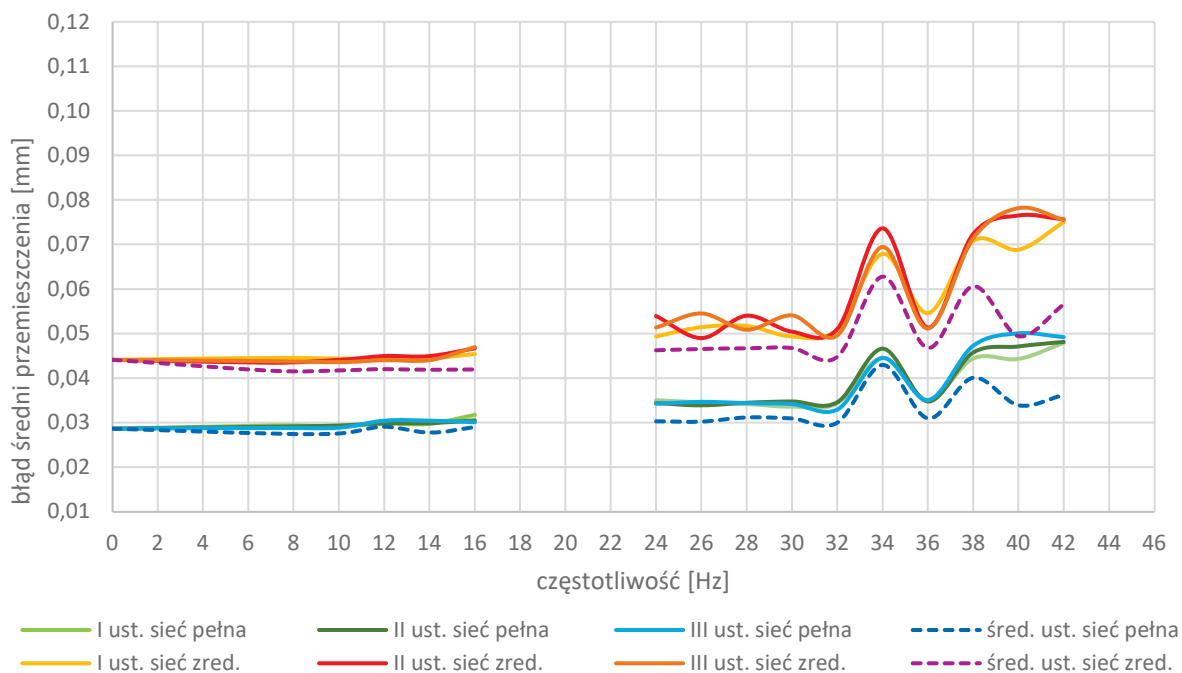
**Ryc. 7.23.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 8 g



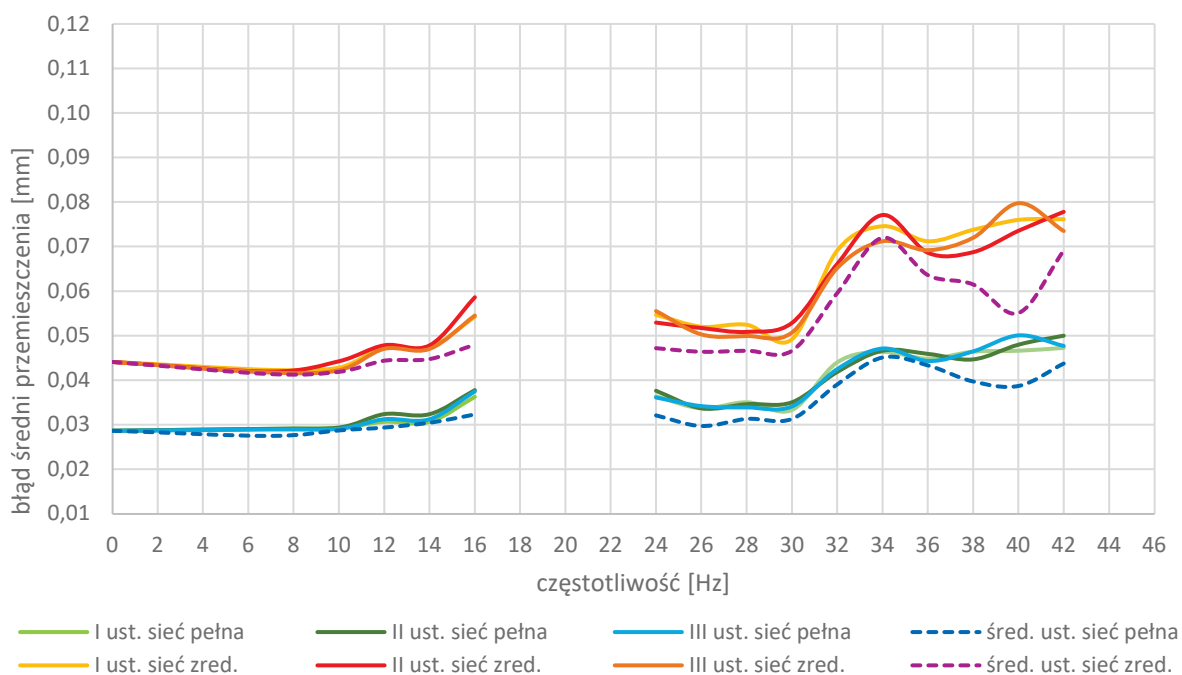
**Ryc. 7.24.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 12 g



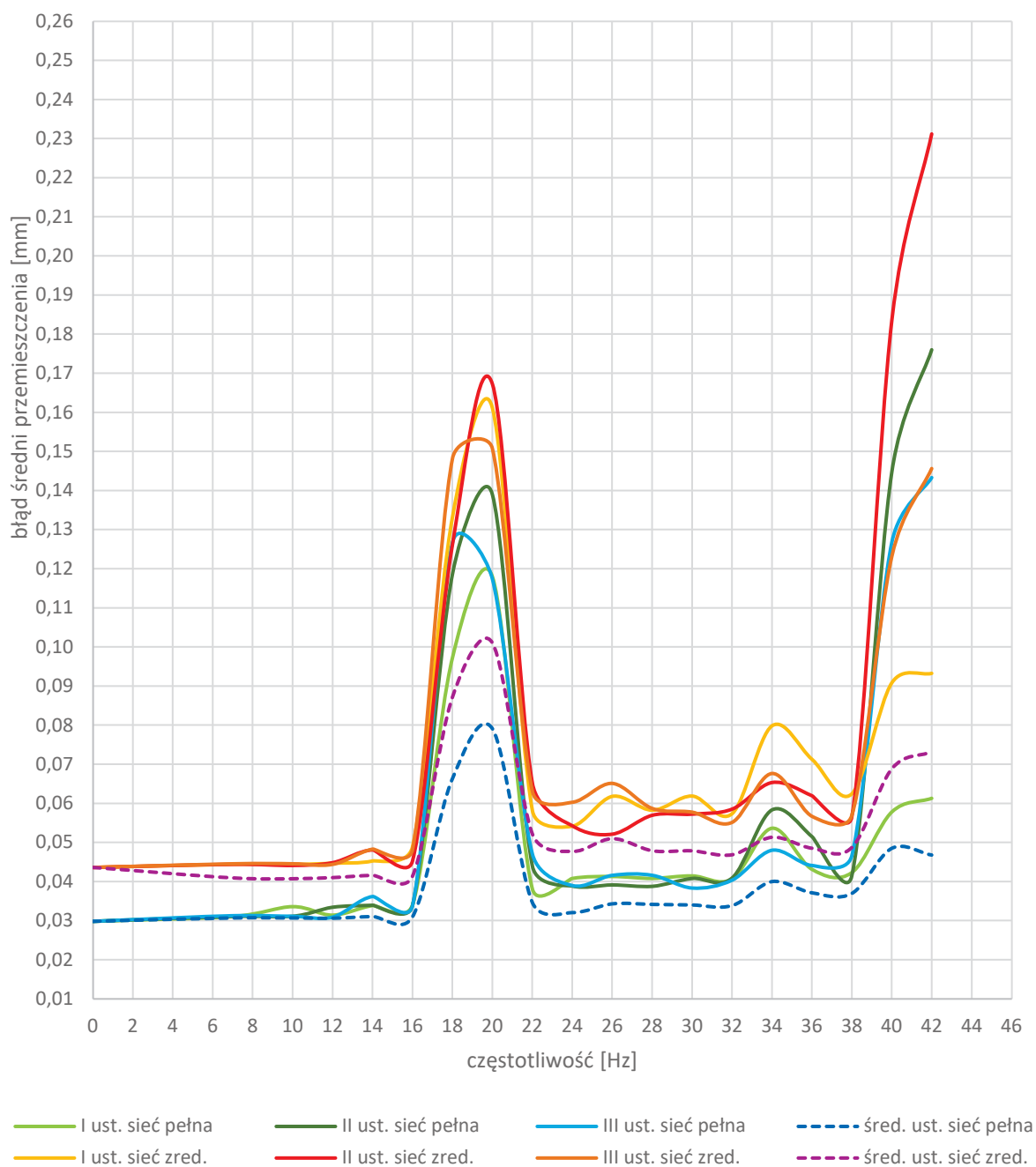
**Ryc. 7.25.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 4 g



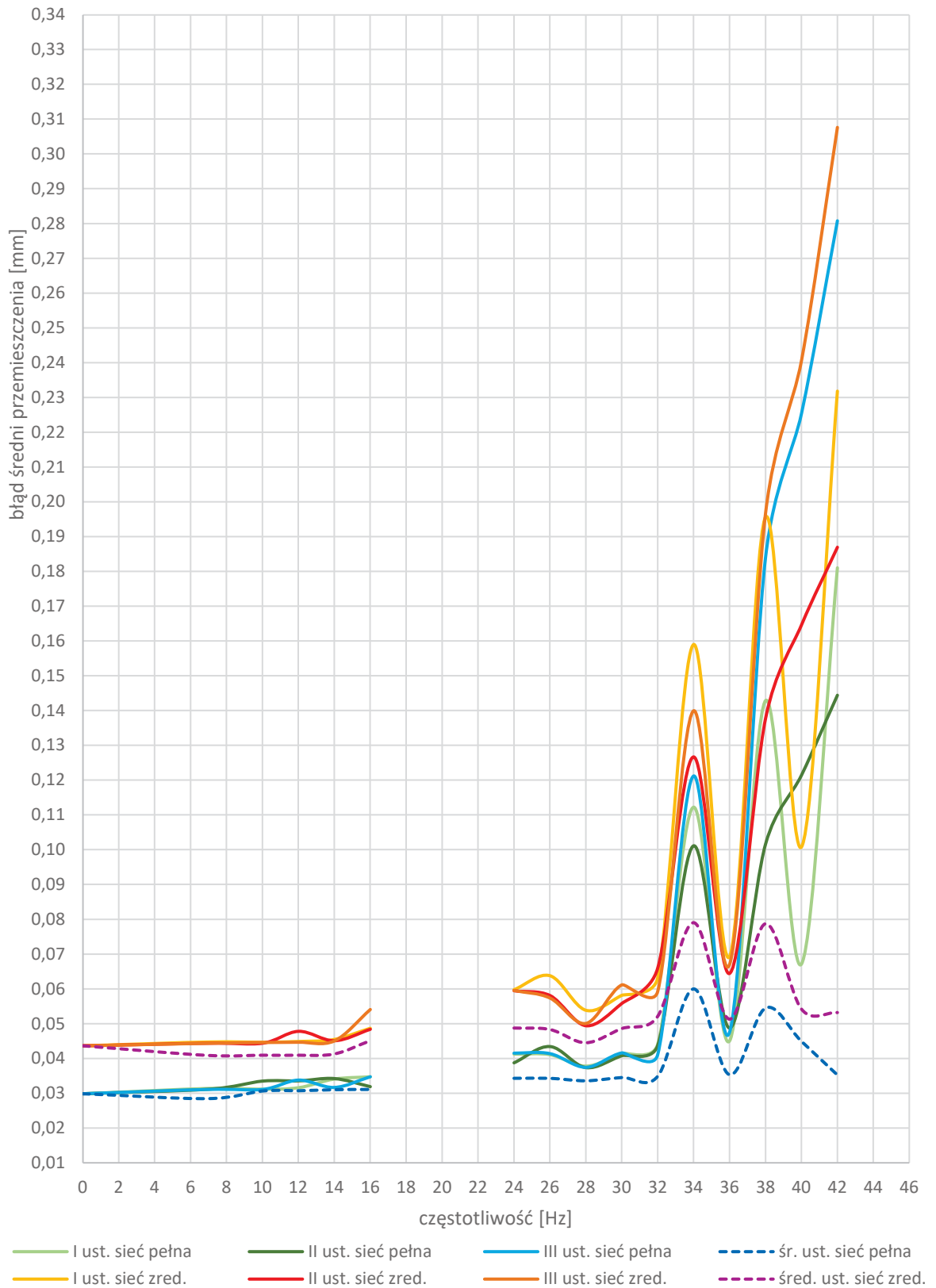
**Ryc. 7.26.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 8 g



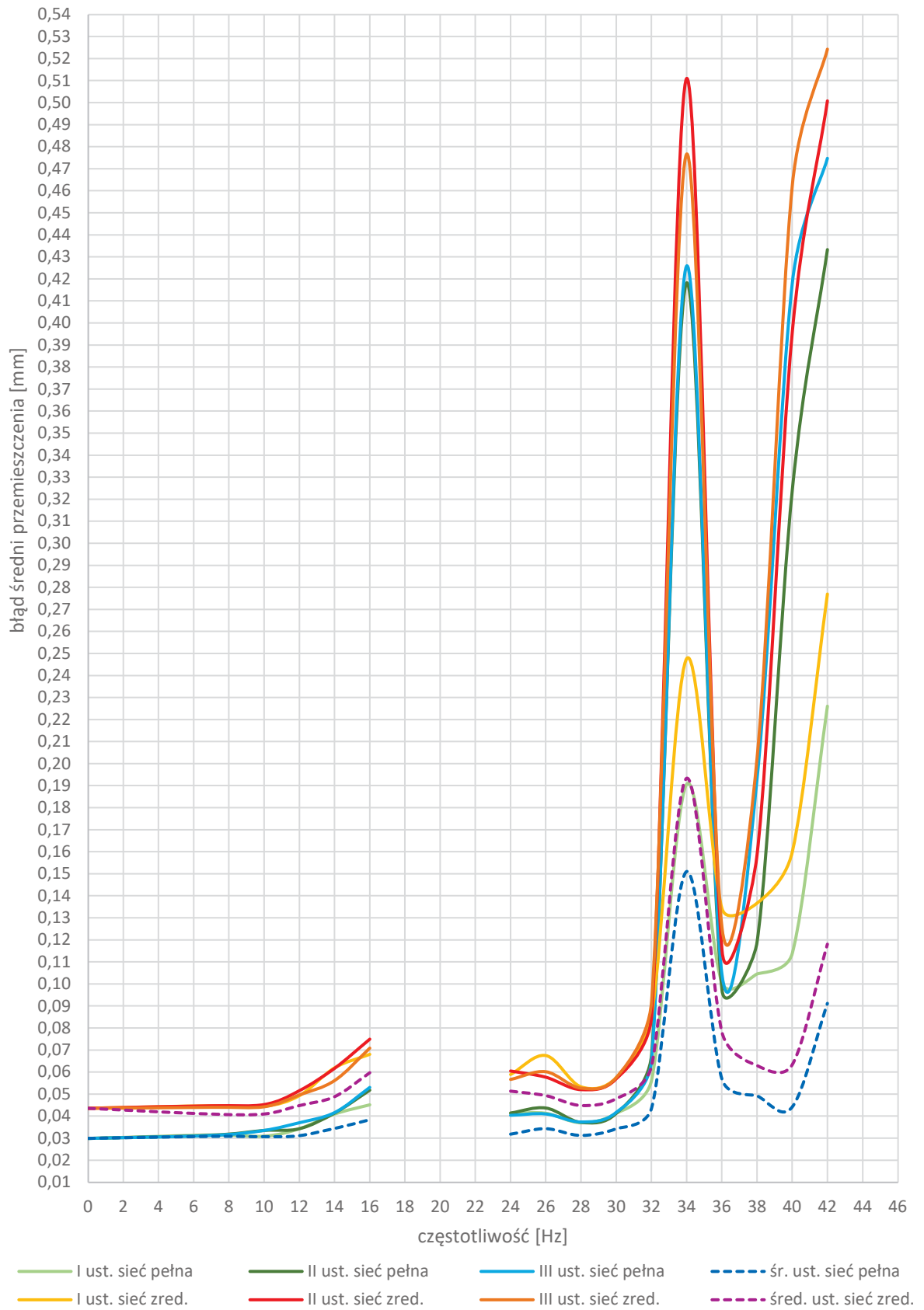
**Ryc. 7.27.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 12 g



**Ryc. 7.28.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 4 g

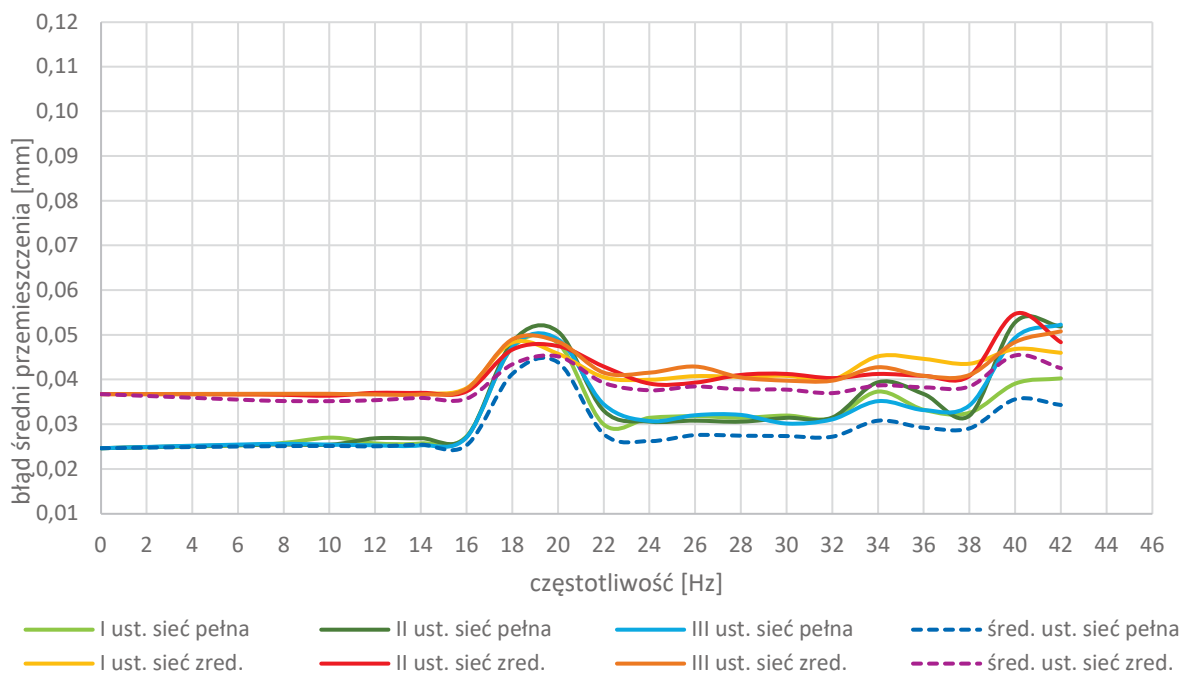


**Ryc. 7.29.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 8 g

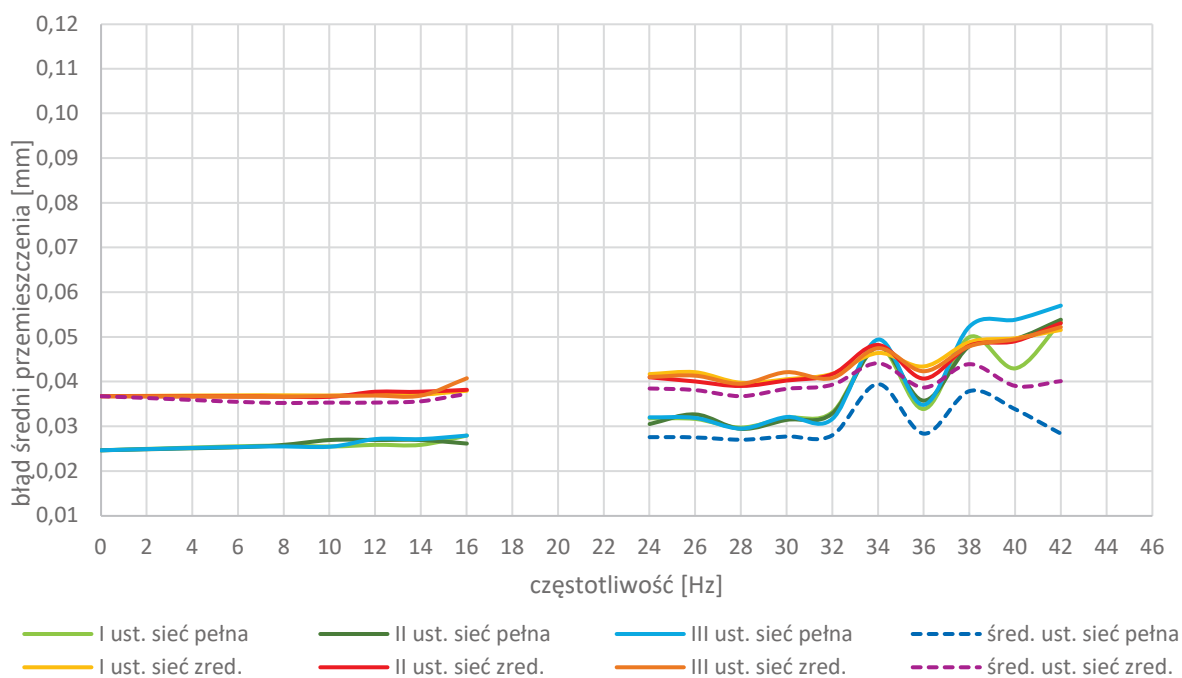


**Ryc. 7.30.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 12 g

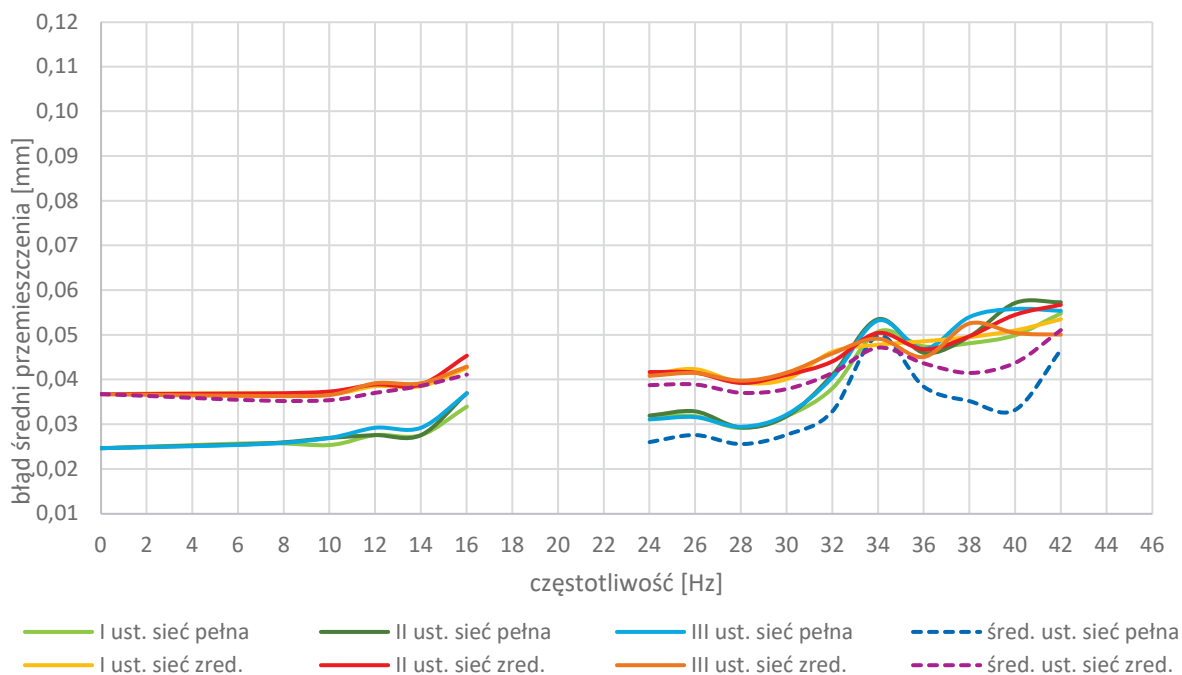




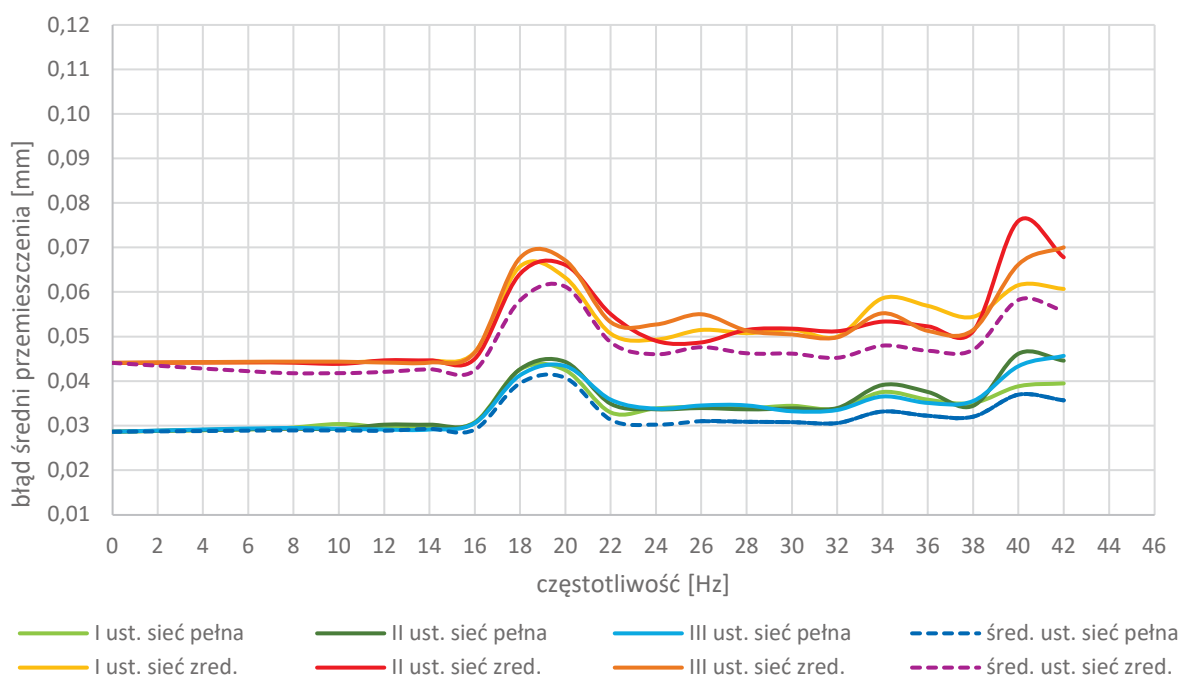
**Ryc. 7.31.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 4 g



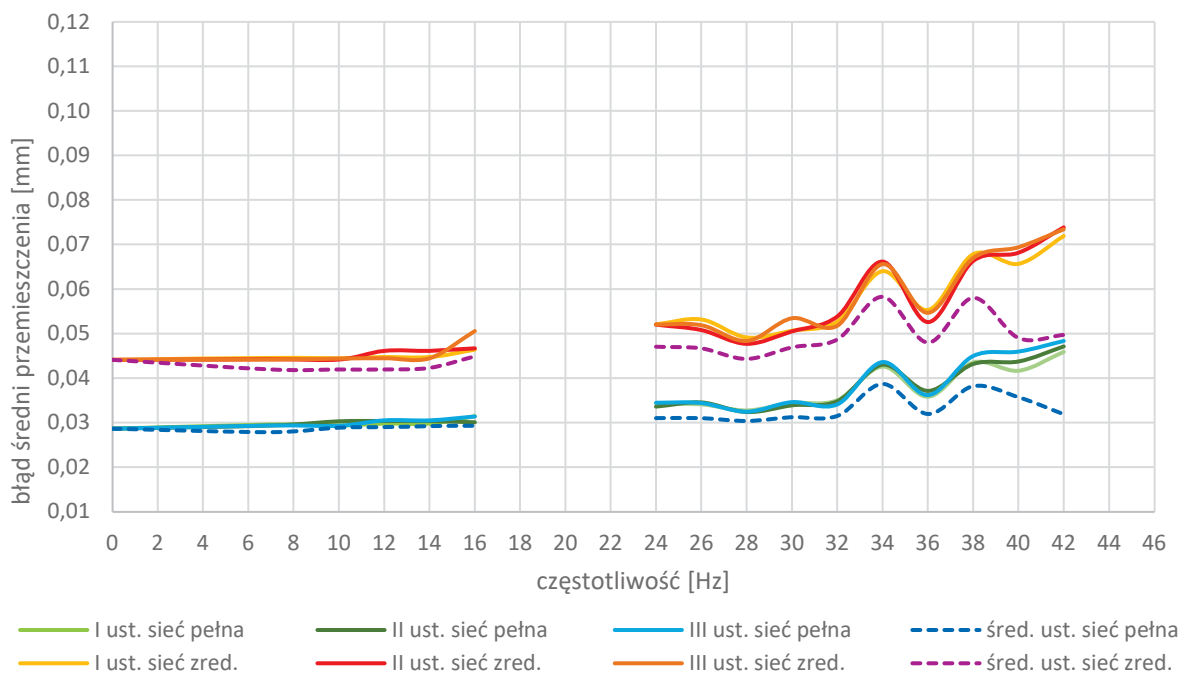
**Ryc. 7.32.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 8 g



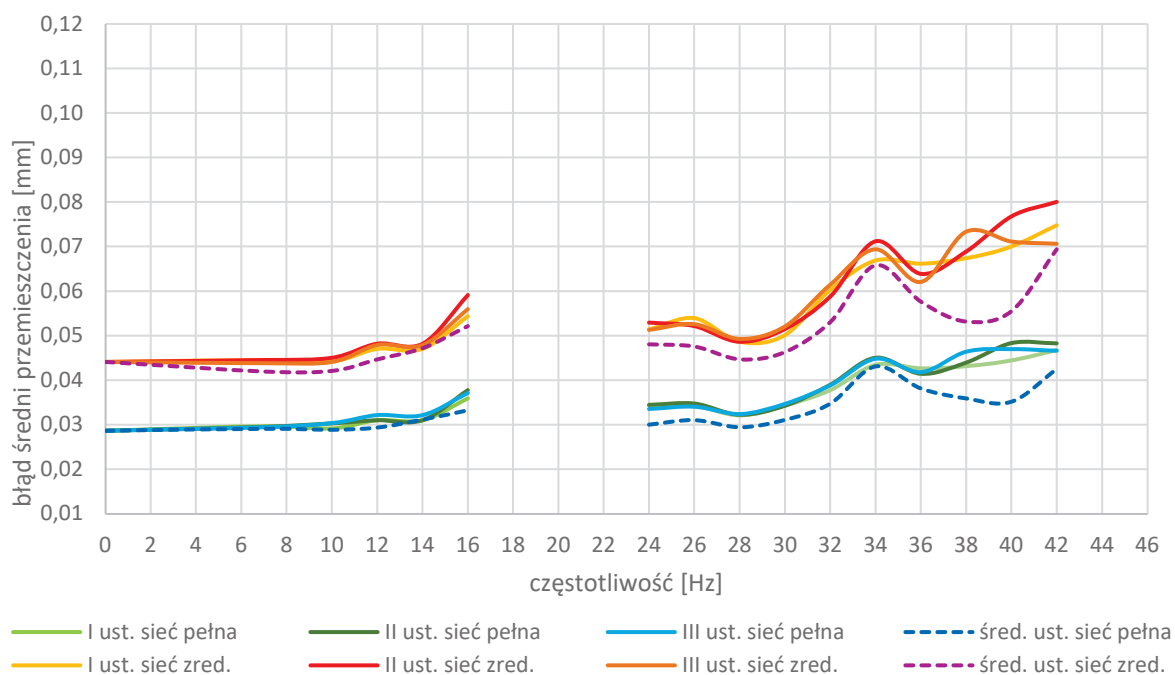
**Ryc. 7.33.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 12 g



**Ryc. 7.34.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 4 g



**Ryc. 7.35.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 8 g



**Ryc. 7.36.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 12 g

Podobnie jak w przypadku niwelatorów analogowych, przedstawione wartości błędów średnich są wartościami średnimi z trzech epok pomiarowych, z 20 pomiarów z każdej epoki. Wartości te są do siebie zbliżone, porównując odpowiednie wyniki dla pomiarów w epokach

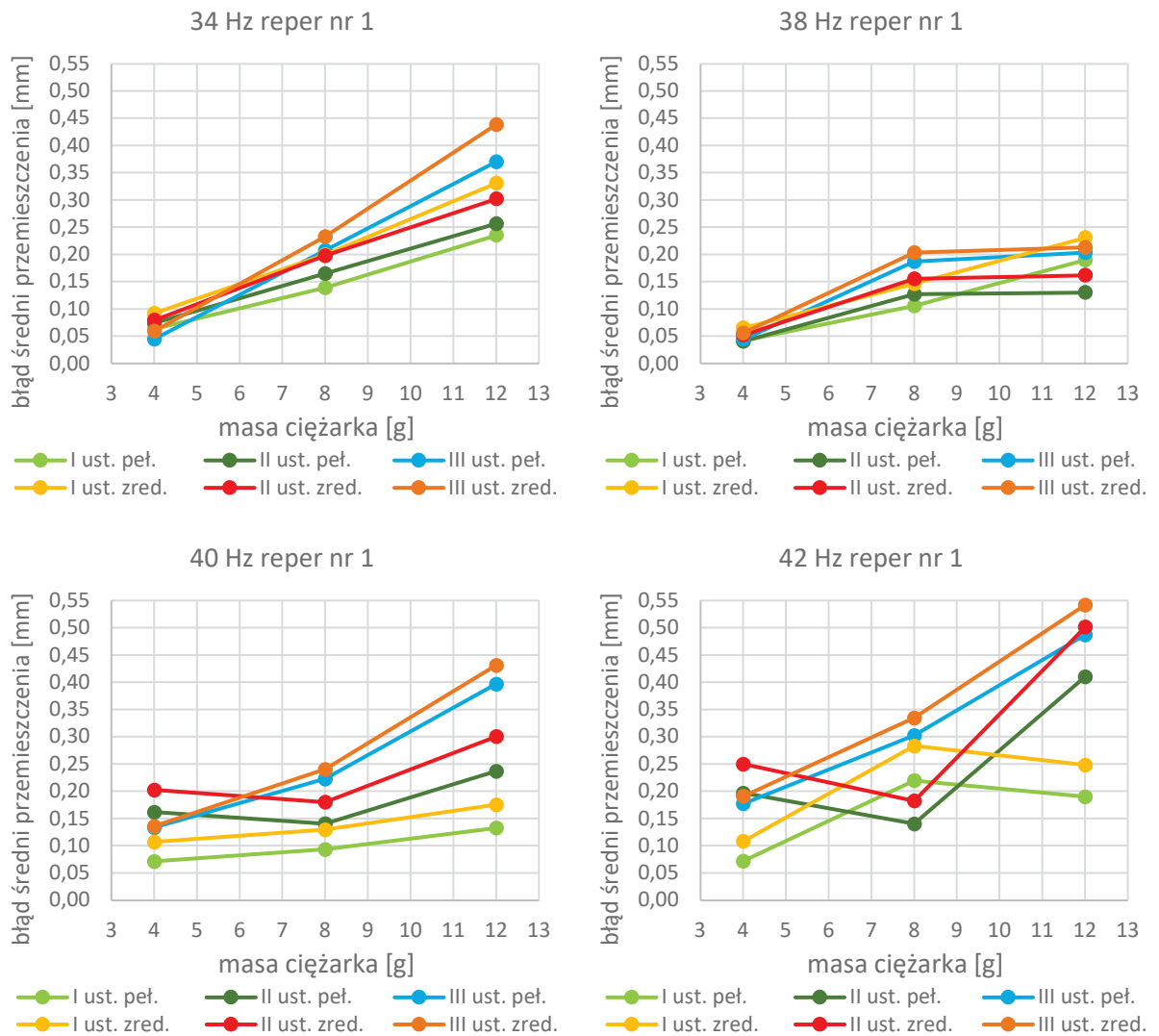
A-B, A-C i B-C. Analizując wyniki przedstawione na powyższych wykresach, można zaobserwować następujące właściwości:

- wyrównanie w wariancie sieci pełnej charakteryzuje się mniejszym błędem wyznaczenia przemieszczenia niż w przypadku wariantu zredukowanego, podobnie jak w przypadku pozostałym badanych modeli niwelatorów. Zjawisko to nie dotyczy repera nr 8 dla wyższych częstotliwości, powyżej 32 Hz, w tych przypadkach błędy przemieszczeń z wariantu pełnego jak i zredukowanego przyjmują bardzo podobne wartości;
- pomiar w wariancie potrójnego odczytu nie zawsze charakteryzuje się wyższą dokładnością wyznaczenia przemieszczenia niż w przypadku pomiaru pojedynczego. Pod tym względem uzyskane wyniki dość dobrze korespondują z wartościami w tabeli 6.2. W przypadkach, gdy w tabeli dla pomiaru trzykrotnego wartości błędów średnich i odchyłeń od wartości prawdziwych są większe niż w przypadku pomiaru jednokrotnego, różnica ta przekłada się na niższe dokładności wyznaczenia przemieszczeń w wyrównaniu;
- dla zakresu częstotliwości 0 – 16 Hz i od 24 – 32 Hz, niezależnie od masy ciężarka, wariantu wyrównania i liczby odczytów wpływ drgań na wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń jest znikomy. Zróżnicowanie pojawia się w zależności od położenia w strefie drgań, chociaż są to zmiany nieznaczne. Dla repera nr 1, którego przemieszczenie wyznaczone zostało z wykorzystaniem tylko przewyższeń w strefie drgań wartość błędu w ww. częstotliwościach rośnie maksymalnie z 0,04 mm do 0,07 mm, co jest co prawda wzrostem ponad 1,7 razy, jednak wartość 0,07 mm jest wynikiem świadczącym o uzyskaniu bardzo zadowalającej dokładności pomiaru;
- w zakresie częstotliwości 18 – 22 Hz, niedostępnym do pomiaru dla analogowego niwelatora samopoziomującego, pomiar jest możliwy tylko przy najmniejszej masie ciężarka. W skrajnie niekorzystnym przypadku wartości błędów wyznaczenia przemieszczenia osiągają w tym przedziale około 0,20 mm, co jest wzrostem wartości tych błędów około 5,7 krotnym w stosunku do pomiarów bez udziału drgań;
- podobnie jak w przypadkach niwelatorów analogowych, błąd wyznaczenia przemieszczeń dla obserwacji określonych jako średnia z trzech ustawień nóg statywu względem źródła drgań jest mniejszy niż ten błąd oszacowany na podstawie

obserwacji uzyskanych przy dowolnym ustawieniu nóg statywu. Zjawisko to jest najbardziej zauważalne dla częstotliwości, dla których zaobserwowano znaczący wzrost błędu oszacowania przemieszczeń. Niezależnie od konfiguracji czynników pomiaru, wartość błędu dla średniej z trzech ustawień nóg statywu nie przekracza 0,20 mm;

- zmiana amplitudy drgań poprzez zwiększenie masy ciężarka nie wpływa znacząco na zmianę wartości błędu tylko dla tych przedziałów częstotliwości, dla których wpływ wprowadzenia drgań na dokładność oszacowania przemieszczenia jest znikomy. Dla częstotliwości rezonansowych 18 – 22 Hz oraz 34 – 42 Hz wraz ze wzrostem masy ciężarka najczęściej wzrasta wartość błędów oszacowania przemieszczenia, jednak nie jest to regułą. Wybrane zależności między wzrostem wartości błędu średniego przemieszczenia a wzrostem masy ciężarka generatora prezentują ryc. 7.37 – 7.39;
- maksymalna wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia dla niwelatora cyfrowego jest znacznie wyższa niż w przypadkach niwelatorów analogowych. Wartość błędu przemieszczenia repera nr 1 wyniosła 0,54 mm dla konfiguracji: 12g, 42 Hz, III ustawianie, wariant zredukowany obserwacji, pomiar pojedynczy. Jest to wartość ponad 13 krotnie większa od wartości błędu uzyskanej bez udziału drgań, 3,9 razy większa niż największy oszacowany błąd dla Ni002 oraz 2,8 razy większa niż największy oszacowany błąd dla Ni004. Taka wartość błędu skutkuje brakiem możliwości wykrycia przemieszczeń poniżej 1 mm.
- podobnie jak w przypadkach niwelatorów analogowych, najwyższe błędy oszacowania przemieszczenia wystąpiły dla repera nr 1, dla którego wszystkie przemieszczenia zostały zmierzone w strefie drgań. Dla reperów których przemieszczenie zostało wyznaczone za pomocą przewyższeń zmierzonych poza strefą wartości błędów szacowania przemieszczeń są znacząco niższe – dla repera nr 9 maksymalna wartość oszacowania przemieszczenia wynosi 0,09 mm, co jest dokładnością właściwą dla niwelacji precyzyjnej;
- wartości błędów przemieszczeń reperów nr 8 i 9 są porównywalne i wyraźnie niższe niż w przypadku repera 1. Jest to zjawisko zaobserwowane przy analizach niwelatorów analogowych, jednak w przypadku niwelatora cyfrowego różnice te są dużo większe niż dla niwelatorów analogowych. Występowanie stref drgań ma bardziej negatywny wpływ na pomiary niwelacyjne wykonywane niwelatorem cyfrowym.

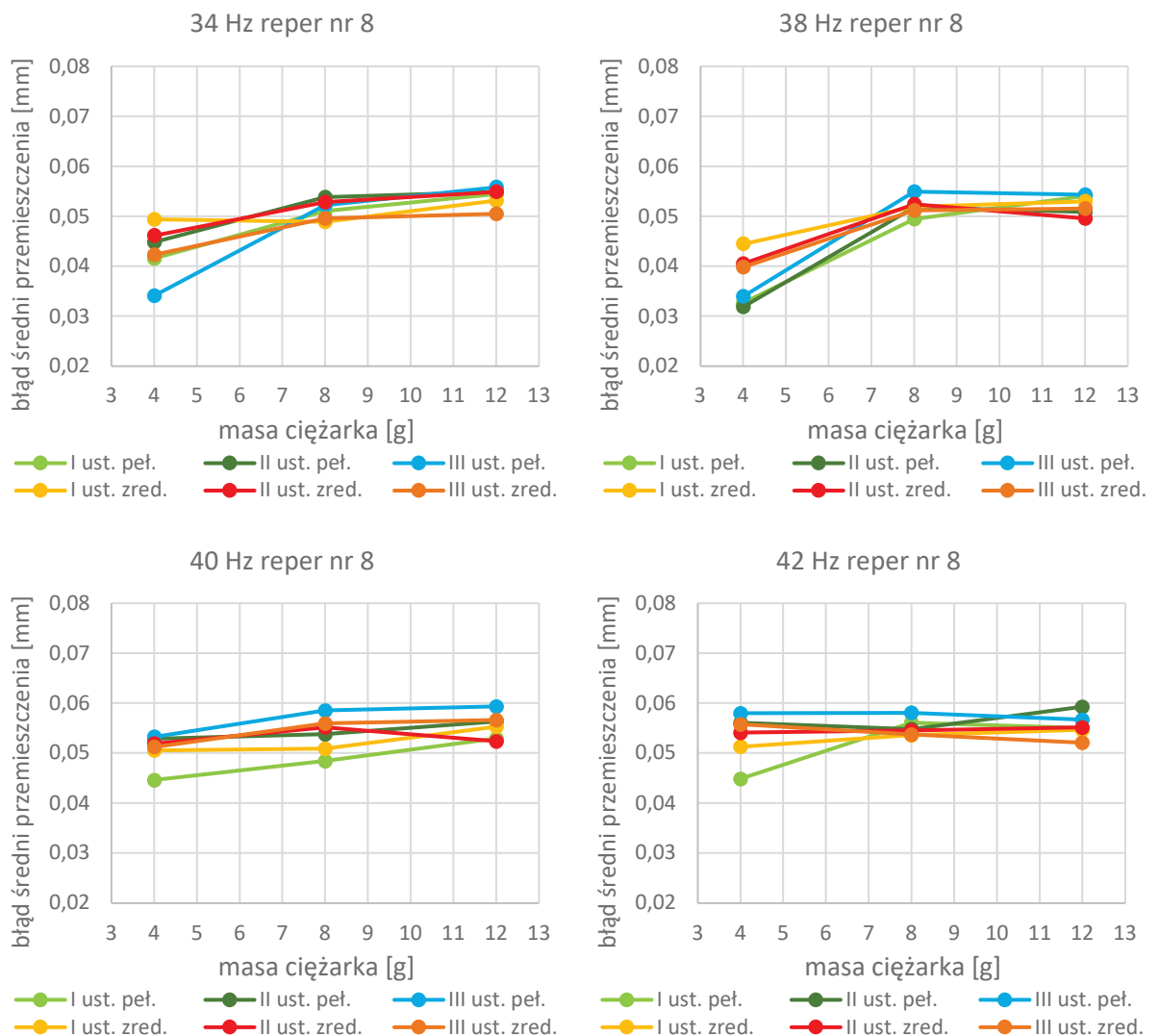
Ryc. 7.37 – 7.38 przedstawiają zależności wartości błędów przemieszczeń od masy ciężarka generatora drgań, dla wybranych konfiguracji parametrów drgań oraz reperów. Spośród badanych częstotliwości wybrano te, dla których dokładności wyznaczenia przemieszczeń są relatywnie niskie.



**Ryc. 7.37.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia repera nr 1 dla wybranych częstotliwości drgań w zależności od masy ciężarka – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy

Reper nr 1 wykazuje największe zróżnicowanie wartości błędów przemieszczenia, a błąd ten zazwyczaj rośnie wraz ze wzrostem masy ciężarka, nie jest to jednak regułą. Zależność między błędem a masą ma też często charakter liniowy lub bliki liniowego, jednak od tej zasady również zdarzają się wyjątki. Wykresy zaprezentowane na ryc. 7.37 pokazują, że wychylenie niwelatora ze stanu równowagi, które następuje na skutek zwiększenia masy ciężarka ma istotny wpływ na określenie dokładności oszacowania przemieszczeń. Stosując metodę

ekstrapolacji należy przypuszczać, że dla większych wartości wychyleń niwelatora wartości błędów będą jeszcze większe, lub pomiar będzie niemożliwy do wykonania.



**Ryc. 7.38.** Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia repera nr 8 dla wybranych częstotliwości drgań w zależności od masy ciężarka – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy

Rozpiętość wartości błędu wyznaczenia przemieszczenia repera nr 8 w zależności od amplitudy wynosi maksymalnie 0,025 mm. Jest to wartość z punktu widzenia zadań inżynierskich tak mała że można uznać, że dla zadań inżynierskich repera nr 8 praktycznie nie wykazuje wrażliwości na zmiany masy ciężarka. Należy zauważyć, że w żadnej konfiguracji parametrów drgań wartość błędu przemieszczenia repera nr 8 nie przekracza 0,06 mm, co jest bardzo pożądaną wartością w codziennych pomiarach inżynierskich.

Dla konfiguracji parametrów drgań, dla których występują największe błędy oszacowania przemieszczeń wartości błędów średnich pojedynczego spostrzeżenia ujęte w tab. 6.2 nie są

właściwe do równoważenia układu. Aby uzyskać założone 90% przypadków nieprzekroczenia kryteriów globalnych i lokalnych należało w skrajnych przypadkach zwiększyć założony błąd a priori prawie pięciokrotnie (z 0,12 mm do 0,60 mm) dla wariantu pomiaru potrójnego 42 Hz 12 g i ponad trzykrotnie (z 0,20 mm do 0,62 mm) dla wariantu pomiaru pojedynczego 42 Hz, 12 g. Sytuacja taka dotyczy tych kombinacji parametrów drgań, dla których istnieje duża rozbieżność między średnią uzyskaną z pomiarów obarczonych wpływem drgań a wartościami z pomiarów bez tych obciążeń. Tabela 6.2 wykazuje, że w skrajnych przypadkach rozbieżności te osiągały wartość prawie 0,8 mm, dlatego algorytm wykrył te obserwacje jako obciążone dużym błędem. Dowodzi to wysokiej niezawodności sieci testowej, ale także istotnego wypaczenia wartości mierzonych przewyższeń dla tych parametrów drgań w stosunku do ich wartości prawdziwych. Dzieje się tak pomimo ich niewielkiego rozrzutu wokół średniej, o czym którym świadczą relatywnie niskie wartości błędów średnich zawartych w tabeli 6.2. Dla parametrów niewpływających znacząco na zwiększenie błędów wyznaczenia przemieszczeń, głównie dla zakresów 0 – 16 i 24 – 32 Hz wartości błędów pojedynczego spostrzeżenia zastosowane w wyrównaniu nie różnią się więcej niż 0,02 mm od błędów wykazanych w tabeli 6.2. Można więc uznać, że wartości te są właściwe do równoważenia układu dla tych częstotliwości.

Dla niwelatora Dini 03 wykonano analogiczne analizy zgodności wartości przemieszczeń otrzymanych z pomiaru z wartościami symulowanymi jak w przypadku niwelatorów analogowych. Szczegółowy opis sposobu porównania znajduje się w rozdziale 7.1.2 niniejszej rozprawy. Wykresy przedstawiające skrajne odchylenia obliczonych wartości przemieszczeń dla niwelatora Dini 03 zawierają załączniki 18 – 20. Przedstawiono w nich wyniki dla reperów 1 (zał. 18), 8 (zał. 19) i 9 (zał. 20) dla trzech ustawień nóg statywu oraz średniej z tych ustawień, dla wariantu pełnego zestawu obserwacji oraz zredukowanego. W pierwszej kolejności zaprezentowano wyniki z pomiaru pojedynczego (Dini03 1x) a następnie z pomiaru potrójnego (Dini03 3x). Dla repera nr 1 uwzględniono wykazane w tabeli 7.2 niezamierzone przemieszczenie między epokami A i C. Analizując wykresy z załączników 18 – 20 należy zauważyć następujące własności:

- najmniejszy rozrzut wokół wartości symulowanych charakteryzuje reper nr 8, największy zaś reper nr 1. Jest to własność analogiczna jak w przypadku niwelatorów analogowych;



- w przypadku repera nr 8 (załącznik nr 19) rozrzut wokół wartości symulowanych jest bardzo niewielki, niezależnie od konfiguracji parametrów drgań. Zmiana masy ciężarka generatora, wariantu wyrównania, ułożenia nóg statywu czy liczby pomiarów nie wpływa znacząco na skrajne wartości odchyień. Wartości maksymalne w większości przypadków nie przekraczają  $+0,08$  mm a minimalne  $-0,12$  mm. Krzywe przedstawiające zależności odchyień od częstotliwości są bardzo wypłaszczone, a warianty dla poszczególnych ustawień nóg statywu się w większości pokrywają. Nieznaczne rozszerzenie zakresu rozrzutu można zaobserwować dla częstotliwości rezonansowych 18 – 22 Hz oraz 34 Hz, jednak jest to zjawisko prawie niezauważalne. Z uwagi na bardzo zbliżone wartości odchyień dla poszczególnych ustawień nóg statywu wartości z ustawienia średniego nie zawsze dają najlepsze rezultaty;
- dla repera nr 9 zauważalne jest zwiększenie rozrzutu wartości skrajnych przy zastosowaniu wariantu zredukowanego w porównaniu do wariantu pełnego. W wariacie zredukowanym skrajne wartości odchyień wahają się w granicach od  $-0,11$  mm do  $+0,15$  mm, dla wariantu pełnego od  $-0,07$  mm do  $+0,07$  mm. Podobnie jak w przypadku repera nr 8, krzywe obrazujące zależności odchyień od częstotliwości są bardzo płaskie i nie dają podstaw do wnioskowania, że zmiana parametrów drgań wpływa jakkolwiek na rozrzut uzyskanych wyników wokół wartości symulowanych. Na rozrzut nie wpływa też ustawienie nóg statywu. Należy pamiętać, że zgodnie z tab. 5.2 wariant pełny dla tego repera zakładał 3 przewyższenia zmierzone w strefie drgań i 2 poza nią dla wariantu pełnego oraz 2 przewyższenia w strefie i 1 poza nią dla wariantu zredukowanego;
- reper nr 1 wykazuje największe zróżnicowanie pod kątem zgodności otrzymanych wartości przemieszczeń z wartościami symulowanymi. Dla częstotliwości nie będących częstotliwościami rezonansowymi 0 – 16 Hz, 24 – 32 Hz istnieje duża korelacja między niskimi wartościami błędu oszacowania przemieszczenia a niewielką rozpiętością wyników wokół wartości symulowanej. Dla tych częstotliwości rozrzut zwiększa się nieznacznie wraz ze wzrostem ciężarka oraz wariantu wyrównania, przyjmując skrajne wartości w zakresach:
  - dla ciężarka 4 g: od  $-0,11$  mm do  $+0,09$  mm dla sieci pełnej i od  $-0,13$  mm do  $+0,16$  mm dla sieci zredukowanej,

- dla ciężarka 8 g: od **-0,10** mm do **+0,14** mm dla sieci pełnej i od **-0,13** mm do **+0,18** mm dla sieci zredukowanej,
- dla ciężarka 12 g: od **-0,12** mm do **+0,15** mm dla sieci pełnej i od **-0,19** mm do **+0,20** mm dla sieci zredukowanej. Dla ciężarka 12 g rozważano zakres częstotliwości do 30 Hz, jako że częstotliwość 32 Hz dla tej masy ciężarka była początkiem zakresu częstotliwości rezonansowych;
- dla repera 1, dla wszystkich wariantów mas ciężarka w zakresach częstotliwości wymienionych powyżej najmniejszy rozrzut dają wyniki uśrednione z trzech ustawień statywu, przyjmując odpowiednio wartości w zakresach:
  - dla ciężarka 4 g: od **-0,06** mm do **+0,09** mm dla sieci pełnej i od **-0,09** mm do **+0,11** mm dla sieci zredukowanej,
  - dla ciężarka 8 g: od **-0,07** mm do **+0,09** mm dla sieci pełnej i od **-0,09** mm do **+0,11** mm dla sieci zredukowanej,
  - dla ciężarka 12 g: od **-0,10** mm do **+0,09** mm dla sieci pełnej i od **-0,09** mm do **+0,11** mm dla sieci zredukowanej. Dla ciężarka 12 g rozważano także zakres częstotliwości do 30 Hz. Rozrzuty wartości przemieszczeń uzyskanych z wartości średnich z trzech ustawień nóg statywu wokół wartości symulowanych nie wykazują wrażliwości na wzrost amplitudy drgań;
- dla repera 1, dla częstotliwości rezonansowych 18 – 22 Hz i 34 – 42 Hz rozpiętość wyników wokół wartości symulowanych jest duża i zależna od wariantu wyrównania i masy ciężarka. Największy rozrzut został zaobserwowany dla częstotliwości 18, 20 i 34 Hz, przy czym dwie pierwsze wartości dotyczą tylko ciężarka 4 g, dla większych mas pomiar przy tych częstotliwościach był niemożliwy. W tych zakresach częstotliwości rozrzut zwiększa się wraz ze wzrostem ciężarka oraz wariantu wyrównania, przyjmując skrajne wartości w zakresach:
  - dla ciężarka 4 g: od **-0,28** mm do **+0,39** mm dla sieci pełnej i od **-0,48** mm do **+0,54** mm dla sieci zredukowanej (częstotliwości 18 i 20 Hz)
  - dla ciężarka 8 g: od **-0,42** mm do **+0,34** mm dla sieci pełnej i od **-0,56** mm do **+0,52** mm dla sieci zredukowanej, (częstotliwość 34 Hz)
  - dla ciężarka 12 g: od **-0,52** mm do **+0,69** mm dla sieci pełnej i od **-0,92** mm do **+1,11** mm dla sieci zredukowanej (częstotliwość 34 Hz);

- dla repera 1, dla wszystkich wariantów mas ciężarka w zakresach częstotliwości rezonansowych najmniejszy rozrzut także dają wyniki uśrednione z trzech ustawień statywu. Wartości te są niższe w stosunku do odchyłek uzyskanych przy kierunkowych ustawienia nóg statywu od około 30 do 65%. Wyniki uzyskane ze średniego ustawienia nóg przyjmują odpowiednio wartości w zakresach:
  - dla ciężarka 4 g: od **-0,17** mm do **+0,17** mm dla sieci pełnej i od **-0,21** mm do **+0,38** mm dla sieci zredukowanej,
  - dla ciężarka 8 g: od **-0,26** mm do **+0,22** mm dla sieci pełnej i od **-0,26** mm do **+0,22** mm dla sieci zredukowanej,
  - dla ciężarka 12 g: od **-0,29** mm do **+0,26** mm dla sieci pełnej i od **-0,29** mm do **+0,44** mm dla sieci zredukowanej;
- dla repera nr 1 rozpiętość otrzymanych wyników pomiaru wokół wartości symulowanych w częstotliwościach rezonansowych jest znacznie większa niż w przypadku niwelatorów analogowych. Dla częstotliwości rezonansowych skrajne wartości odchyłeń od wartości symulowanych także dobrze korelują z uzyskanymi wartościami błędów oszacowania tych przemieszczeń, jednak uzyskane odchyłki i błędy nie są właściwe dla wymogów dokładnościowych niwelacji precyzyjnej.

Podobnie jak w przypadku niwelatorów analogowych przeanalizowano odchylenia skrajnych wartości przemieszczeń od wartości symulowanych pod kątem stosunku ich wartości do błędu średniego ich oszacowania. Tabele 7.22 – 7.24 obrazują stosunki odchyłeń do błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji drgań najbardziej wpływających na wyniki pomiarów dla niwelatora Dini 03 dla poszczególnych ciężarków generatora. Do tabelarycznej prezentacji wybrano konfiguracje: 4 g, 20 Hz; 8 g, 34 Hz, 12 g 34 Hz.

**Tab. 7.22.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Dini03, pomiar poj., ciężar 4 g, 20 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,32	0,02	0,01	0,02	0,07	0,04	0,08	0,05	0,02	0,07	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,23	-0,06	-0,02	-0,10	-0,08	-0,05	-0,13	-0,06	0,00	-0,09	0,01	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,14	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	2,37	0,29	0,50	0,36	1,28	0,91	0,92	1,62	0,44	2,24	1,29	0,38
	min/m $\Delta$ H	1,66	1,04	0,83	2,21	1,59	1,06	1,44	1,76	0,08	2,84	0,42	1,50
II ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,33	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,15	0,06	0,02	0,08	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,24	-0,07	-0,02	-0,09	-0,08	-0,05	-0,10	-0,06	0,00	-0,10	0,02	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,15	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,09	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	2,19	0,43	0,60	0,35	0,53	0,99	1,59	1,58	0,45	2,21	1,26	0,33
	min/m $\Delta$ H	1,58	1,06	0,70	2,04	1,57	1,06	1,04	1,71	0,07	2,77	0,46	1,44
III ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,32	0,03	0,02	0,01	0,05	0,04	0,09	0,05	0,02	0,08	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,28	-0,07	-0,02	-0,10	-0,09	-0,06	-0,12	-0,06	0,00	-0,10	0,01	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,14	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	2,31	0,50	0,57	0,34	1,01	0,93	0,97	1,58	0,44	2,21	1,31	0,38
	min/m $\Delta$ H	1,97	1,13	0,78	2,22	1,76	1,30	1,31	1,73	0,03	2,80	0,46	1,45
śr. ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,16	0,03	0,02	0,01	0,04	0,06	0,09	0,05	0,02	0,08	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,16	-0,09	-0,03	-0,10	-0,09	-0,05	-0,14	-0,06	0,00	-0,09	0,01	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	1,82	0,65	0,59	0,30	0,86	1,38	1,22	1,65	0,51	2,29	1,38	0,37
	min/m $\Delta$ H	1,79	1,73	0,92	2,31	1,90	1,17	1,90	1,73	0,09	2,83	0,41	1,51
I ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,38	0,29	0,04	0,00	0,05	0,12	0,32	0,06	0,01	0,05		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,48	-0,37	0,01	-0,06	-0,08	-0,11	-0,28	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,17	0,14	0,03	0,05	0,05	0,07	0,14	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta$ H	2,32	1,99	1,04	0,02	1,03	1,79	2,35	1,74	0,31	1,28		0,87
	min/m $\Delta$ H	2,92	2,57	0,27	1,17	1,69	1,65	2,06	2,41	0,14	1,48		2,18
II ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,52	0,67	0,04	0,00	0,03	0,12	0,48	0,06	0,02	0,06		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,35	-0,46	0,01	-0,06	-0,09	-0,08	-0,48	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,19	0,19	0,03	0,05	0,05	0,07	0,18	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta$ H	2,68	3,51	1,07	0,02	0,52	1,73	2,64	1,81	0,38	1,43		0,88
	min/m $\Delta$ H	1,80	2,38	0,27	1,21	1,75	1,16	2,64	2,49	0,16	1,55		2,25
III ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,54	0,34	0,04	0,00	0,04	0,12	0,35	0,06	0,02	0,06		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,48	-0,50	0,01	-0,06	-0,08	-0,09	-0,35	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,18	0,18	0,03	0,05	0,05	0,07	0,17	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta$ H	2,92	1,86	1,03	0,02	0,76	1,68	2,02	1,74	0,37	1,34		0,85
	min/m $\Delta$ H	2,60	2,74	0,26	1,17	1,65	1,28	2,01	2,41	0,21	1,54		2,19
śr. ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,38	0,26	0,04	0,00	0,04	0,15	0,20	0,06	0,02	0,06		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,21	-0,26	0,01	-0,06	-0,10	-0,11	-0,29	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,10	0,10	0,04	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta$ H	3,73	2,68	1,01	0,02	0,90	2,26	2,07	1,71	0,52	1,35		0,80
	min/m $\Delta$ H	2,07	2,70	0,26	1,15	2,18	1,74	3,04	2,35	0,21	1,42		2,15

**Tab. 7.23.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Dini03, pomiar poj., ciężar 8 g, 34 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,26	0,02	0,01	0,02	0,04	0,04	0,11	0,05	0,02	0,07	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,26	-0,08	-0,02	-0,09	-0,08	-0,05	-0,07	-0,06	0,00	-0,10	0,02	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,31	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	0,85	0,30	0,41	0,34	0,60	0,74	1,00	1,48	0,41	2,03	1,17	0,38
	min/m $\Delta$ H	0,84	1,13	0,65	1,89	1,43	1,03	0,65	1,63	0,08	2,64	0,46	1,34
II ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,34	0,04	0,02	0,01	0,05	0,04	0,10	0,05	0,02	0,08	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,42	-0,07	-0,02	-0,09	-0,09	-0,05	-0,10	-0,06	0,00	-0,10	0,02	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,16	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	2,04	0,60	0,55	0,30	0,87	0,86	1,05	1,59	0,45	2,22	1,26	0,37
	min/m $\Delta$ H	2,57	1,18	0,69	2,04	1,69	1,09	1,04	1,71	0,10	2,81	0,47	1,43
III ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,31	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,02
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,40	-0,05	-0,02	-0,09	-0,08	-0,04	-0,06	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,21	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/m $\Delta$ H	1,51	0,33	0,48	0,16	0,37	0,60	0,44	1,63	0,44	2,26	1,27	0,46
	min/m $\Delta$ H	1,92	0,86	0,65	2,01	1,44	0,98	0,68	1,79	0,12	2,89	0,54	1,47
śr. ust pełna	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,19	0,03	0,02	0,01	0,04	0,04	0,08	0,06	0,02	0,08	0,04	-0,01
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,26	-0,10	-0,03	-0,09	-0,07	-0,05	-0,08	-0,06	0,00	-0,10	0,02	-0,05
	m $\Delta$ H [mm]	0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta$ H	2,06	0,60	0,74	0,16	0,76	0,93	1,05	1,67	0,49	2,37	1,32	0,42
	min/m $\Delta$ H	2,73	1,81	0,92	2,16	1,56	1,23	1,02	1,78	0,07	2,94	0,49	1,49
I ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,40	0,27	0,04	0,00	0,03	0,10	0,31	0,06	0,01	0,05		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,30	-0,37	0,01	-0,06	-0,08	-0,08	-0,27	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,36	0,36	0,04	0,05	0,06	0,08	0,34	0,04	0,05	0,05		0,04
	max/m $\Delta$ H	1,13	0,75	0,93	0,02	0,50	1,30	0,93	1,55	0,25	1,12		0,79
	min/m $\Delta$ H	0,84	1,03	0,24	1,05	1,40	0,98	0,81	2,16	0,11	1,33		1,95
II ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,52	0,58	0,04	0,00	0,03	0,14	0,43	0,06	0,02	0,06		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,47	-0,42	0,01	-0,06	-0,10	-0,09	-0,43	-0,08	-0,01	-0,07		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,20	0,19	0,04	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04		0,04
	max/m $\Delta$ H	2,65	2,99	0,99	0,02	0,60	1,89	2,30	1,68	0,36	1,35		0,81
	min/m $\Delta$ H	2,39	2,17	0,25	1,12	1,93	1,27	2,33	2,35	0,17	1,68		2,09
III ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,33	0,45	0,04	0,00	0,02	0,10	0,33	0,06	0,01	0,05		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,56	-0,69	0,01	-0,06	-0,07	-0,07	-0,62	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,23	0,23	0,03	0,05	0,05	0,07	0,22	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta$ H	1,40	1,95	1,06	0,02	0,37	1,42	1,50	1,79	0,31	1,34		0,89
	min/m $\Delta$ H	2,39	3,01	0,27	1,20	1,42	1,00	2,81	2,48	0,19	1,57		2,25
śr. ust zredukowana	max( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	0,22	0,25	0,04	0,00	0,03	0,11	0,21	0,06	0,01	0,06		-0,03
	min( $\Delta$ Hi- $\Delta$ H sym.)	-0,26	-0,29	0,01	-0,06	-0,08	-0,07	-0,22	-0,08	-0,01	-0,07		-0,07
	m $\Delta$ H [mm]	0,11	0,11	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta$ H	1,99	2,30	1,08	0,02	0,56	1,76	2,04	1,84	0,36	1,47		0,90
	min/m $\Delta$ H	2,30	2,69	0,28	1,22	1,66	1,12	2,07	2,56	0,24	1,76		2,30

**Tab. 7.24.** Wartości skrajnych odchyień od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Dini03, pomiar poj., ciężar 12 g, 34 Hz

	nr rep.	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust pełna	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,68	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,08	0,05	0,02	0,07	0,04	-0,02
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,52	-0,07	-0,02	-0,10	-0,08	-0,04	-0,10	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
	m $\Delta H$ [mm]	0,24	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta H$	2,90	0,23	0,43	0,30	0,59	0,56	0,85	1,58	0,43	2,20	1,23	0,42
	min/m $\Delta H$	2,23	1,14	0,58	2,19	1,46	0,87	1,05	1,71	0,11	2,77	0,52	1,47
II ust pełna	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,57	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,10	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,01
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,43	-0,05	-0,02	-0,08	-0,08	-0,05	-0,09	-0,06	0,00	-0,09	0,01	-0,05
	m $\Delta H$ [mm]	0,26	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta H$	2,24	0,39	0,43	0,15	0,63	0,64	0,96	1,56	0,41	2,15	1,21	-0,39
	min/m $\Delta H$	1,66	0,75	0,49	1,88	1,45	1,04	0,91	1,73	0,08	2,79	0,47	1,44
III ust pełna	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,69	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,02
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,46	-0,05	-0,02	-0,08	-0,07	-0,04	-0,04	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
	m $\Delta H$ [mm]	0,37	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta H$	1,87	0,19	0,41	0,13	0,47	0,56	0,33	1,53	0,39	2,10	1,19	0,43
	min/m $\Delta H$	1,23	0,73	0,60	1,82	1,34	0,88	0,43	1,67	0,12	2,69	0,52	1,40
śr. ust pełna	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,26	0,04	0,01	0,01	0,04	0,04	0,11	0,05	0,02	0,07	0,04	-0,01
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,29	-0,08	-0,02	-0,09	-0,08	-0,05	-0,09	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
	m $\Delta H$ [mm]	0,16	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
	max/m $\Delta H$	1,68	0,64	0,38	0,32	0,76	0,78	1,25	1,60	0,43	2,25	1,27	0,39
	min/m $\Delta H$	1,85	1,41	0,72	2,17	1,63	1,07	0,99	1,73	0,08	2,78	0,52	1,51
I ust zredukowana	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,72	0,59	0,04	0,00	0,03	0,09	0,65	0,06	0,01	0,05		-0,03
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,77	-0,78	0,01	-0,06	-0,07	-0,07	-0,66	-0,08	0,00	-0,06		-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,33	0,29	0,04	0,05	0,05	0,07	0,27	0,03	0,04	0,04		0,04
	max/m $\Delta H$	2,18	2,02	1,00	0,02	0,47	1,22	2,39	1,67	0,28	1,23		0,84
	min/m $\Delta H$	2,34	2,67	0,26	1,13	1,33	1,00	2,45	2,31	0,10	1,40		2,09
II ust zredukowana	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	1,11	0,76	0,04	0,00	0,03	0,10	0,78	0,06	0,01	0,05		-0,03
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,78	-0,67	0,01	-0,06	-0,08	-0,07	-0,83	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,30	0,30	0,04	0,05	0,05	0,08	0,28	0,04	0,04	0,05		0,04
	max/m $\Delta H$	3,66	2,52	0,96	0,02	0,62	1,23	2,75	1,62	0,28	1,19		0,81
	min/m $\Delta H$	2,59	2,22	0,25	1,09	1,52	0,96	2,90	2,24	0,20	1,37		2,05
III ust zredukowana	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,91	1,07	0,04	0,00	0,02	0,09	0,41	0,06	0,01	0,05		-0,03
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,91	-0,96	0,01	-0,06	-0,07	-0,06	-0,68	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,44	0,44	0,03	0,05	0,05	0,07	0,41	0,03	0,04	0,04		0,03
	max/m $\Delta H$	2,07	2,45	1,06	0,02	0,38	1,33	0,99	1,76	0,28	1,26		0,90
	min/m $\Delta H$	2,09	2,19	0,27	1,20	1,42	0,87	1,65	2,45	0,13	1,46		2,23
śr. ust zredukowana	max( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	0,44	0,40	0,04	0,00	0,04	0,11	0,40	0,06	0,02	0,06		-0,03
	min( $\Delta Hi - \Delta H$ sym.)	-0,29	-0,54	0,01	-0,06	-0,07	-0,10	-0,42	-0,08	-0,01	-0,06		-0,07
	m $\Delta H$ [mm]	0,18	0,17	0,04	0,05	0,05	0,07	0,17	0,03	0,04	0,04		0,04
	max/m $\Delta H$	2,49	2,27	1,00	0,02	0,69	1,48	2,39	1,70	0,38	1,35		0,82
	min/m $\Delta H$	1,63	3,10	0,26	1,13	1,40	1,37	2,49	2,32	0,22	1,43		2,12

Podobnie jak w przypadku niwelatorów analogowych kolorem czerwonym zaznaczono w powyższych tabelach przypadki, gdy stosunek odchylenia do błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia jest większy niż 2. Wartość ta jest najczęściej przekroczona dla reperów 1, 6 i 14, dla wariantu pełnego oraz dla reperów 1, 2, 10, 12 i 16 dla wariantu zredukowanego. Dla wariantu zredukowanego jednokrotnie występuje nieznaczne przekroczenie dla reperów 8 i 9. Zjawisko to jest spodziewane dla reperów nr 1, 2 i 10 w wariacie zredukowanym z uwagi na położenie tych reperów w strefie drgań i potwierdza tezę, że zwiększone odchylenia od wartości symulowanych są skutkiem grubych błędów odczytów skutkujących niewłaściwym oszacowaniem przemieszczeń, a nie dokładności pomiaru. Zaskakujące jest jednak przekroczenie dwukrotności błędu wyznaczenia przemieszczenia dla repera nr 14 dla wariantu pełnego. Częściowym wytłumaczeniem może być niższa wartość błędu wyznaczenia przemieszczenia w wariacie pełnym, co wpływa na zwiększenie wartości stosunku przemieszczenia i błędu jego wyznaczenia. Pozostałe repery przekraczają dwukrotność błędu sporadycznie i nieznacznie. Zwraca uwagę ogromna różnica w wartościach odchylen od przemieszczeń symulowanych między wariantami pełnym i zredukowanym dla repera nr 2. Należy tu podkreślić, że dla wariantu zredukowanego wybrano przewyższenia do repera 2 leżące wyłącznie w strefie drgań, a w wariacie pełnym jedno przewyższenie jest zmierzone poza strefą. Z tego względu w wariacie zredukowanym reper nr 2 charakteryzuje się podobnymi własnościami dokładnościowymi jak reper nr 1.

W dalszej części rozprawy, analogicznie jak w przypadku niwelatorów Ni 002 i Ni 004 omówiono szczegółowo wyniki pomiarów dla tych częstotliwości drgań, przy których dla danej masy ciężarka generatora wyniki były najmniej korzystne pod względem wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń. Dla masy 4 g najmniej korzystna konfiguracja drgań to 20 Hz. Dla mas 8 i 12 g największe błędy oszacowania przemieszczeń otrzymano dla częstotliwości 42 Hz, natomiast w kontekście rozrzutu wartości uzyskanych przemieszczeń wokół wartości symulowanej dla wyższych mas ciężarka najgorzej prezentuje się częstotliwość 34 Hz. Tabele z oszacowanymi przemieszczeniami wraz z oceną dokładności dla konfiguracji 12 g, 42 Hz, pomiar pojedynczy zawierają załączniki nr 21 i 22. Tabele zostały zorganizowane w sposób opisany w rozdziale 7.1.2, tak jak załączniki 11 i 12 dla niwelatora Ni 002 i jak załączniki 16 i 17 dla Ni 004. Analizując załączniki 21 – 22 należy zwrócić uwagę na następujące zjawiska:

- dla 42 Hz zaobserwowano dużą różnicę między wartościami a priori błędu pojedynczego spostrzeżenia a wartościami tego błędu przyjętymi do obliczeń. Zastosowanie wartości błędów zawartych w tabeli 6.2 nie daje prawidłowego zrównoważenia układu równań. W skrajnym przypadku (III ustawienie nóg, sieć pełna) należało zwiększyć zakładane 0,20 mm błędu do ponad 0,70 mm, aby prawidłowo zrównoważyć układ. To wzrost ponad 3,5 krotny w stosunku do zakładanego błędu a priori i prawie 19 krotny w stosunku do błędu pojedynczego spostrzeżenia właściwego dla pomiaru bez udziału drgań. Błąd pojedynczego przewyższenia o wartości 0,70 mm jest właściwy dla niwelacji technicznej, nie precyzyjnej, a jego skala wielkości wynika z dużej odchyłki wartości średniej zmierzonych przewyższeń od wartości prawdziwej dla tej konfiguracji parametrów drgań;
- dla 34 Hz zwiększenie wartości błędu pojedynczego spostrzeżenia nastąpiło tylko dla III ustawienia nóg statywu. Dla I ustawienia wartość błędu była porównywalna z wartością z tabeli 6.2, dla II ustawienia do obliczeń przyjęto wartość mniejszą niż pierwotnie zakładano;
- dla obu częstotliwości zaobserwowano ogromny wzrost błędu oszacowania przemieszczenia dla wariantu zredukowanego względem pełnego dla tych reperów, które w wyniku redukcji obserwacji znalazły się w grupie reperów, których przemieszczenia wyznacza się wyłącznie za pomocą obserwacji wykonanych w strefie drgań. Zjawisko to dotyczy reperów 2 i 10. Dla wariantu zredukowanego wykazują one cechy repera nr 1, który pod względem dokładnościowym wykazuje najlepsze wyniki. Błędy reperów nr 1, 2 i 10 w wariacie zredukowanym osiągają wartości powyżej 0,50 mm dla częstotliwości 42 Hz, co uniemożliwia wykrycie przemieszczeń istotny o wartościach bezwzględnych większych niż 1,0 mm;
- dokładności oszacowania przemieszczeń dla danych uzyskanych jako średnia z trzech ustawień nóg statywu są znacznie wyższe niż w przypadku jakiegokolwiek ustawienia nóg statywu i osiągają wartości nieprzekraczające 0,14 mm dla 42 Hz i 0,21 mm dla 34 Hz, niezależnie od repera i epoki pomiarowej. Jest to dokładność akceptowalna dla wielu pomiarów inżynierskich, pozwalająca zaliczyć jako istotne przemieszczenia rzędu 0,3 – 0,4 mm;



- w skrajnie niekorzystnym przypadku nie zostało wykryte przemieszczenie symulowane o wartości 0,60 mm. Przypadek taki miał miejsce dla repera nr 10 w epoce C-B dla II i III ustawienie nóg statywu dla obu częstotliwości. Zjawisko to jest spowodowane wysoką wartością błędu oszacowania tego przemieszczenia, przez którą algorytm zakwalifikował takie przemieszczenie jako nieistotne;
- rozrzut wokół wartości symulowanej, rozumiany jako maksymalna co do modułu różnica między wartością oszacowaną przemieszczenia a symulowaną jest największy spośród wszystkich analizowanych niwelatorów. Maksymalna odchyłka dla skrajnie niekorzystnej pod tym względem konfiguracji drgań wynosi +1,11 mm, zaś minimalna – 0,96 mm.

Podobnie jak w przypadku Ni002 i Ni004, zaprezentowano skróconą wersję załączników 21 i 22 (dla częstotliwości 42 Hz) w postaci tabel 7.25 i 7.26. Dodatkowo sporządzono tabele 7.27 i 7.28 prezentujące te same dane dla częstotliwości 34 Hz. Analogicznie, tabele zawierają maksymalne i minimalne wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia spośród 60 pomiarów (20 dla trzech epok) oraz wartości ekstremalnych odchylenia wartości wyznaczonego przemieszczenia od wartości symulowanej, zgodnie z [7.1] i [7.2]. Wprowadzono podział na ustawienie nóg statywu oraz wariant wyrównania – dane z wyrównania w wariacie zredukowanym zawierają tabele 7.15 i 7.17, wariant pełny przedstawiają tabele 7.16 i 7.18. Wartości w tabelach podano w milimetrach, warianty dotyczą pomiaru pojedynczego.

**Tab. 7.25.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 42 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max bł.	0,32	0,28	0,05	0,07	0,07	0,10	0,26	0,05	0,06	0,06	0,05
	min bł.	0,20	0,18	0,03	0,04	0,04	0,06	0,16	0,03	0,04	0,04	0,03
	max odch.	0,33	0,26	0,04	0,00	0,03	0,09	0,35	0,06	0,01	0,05	-0,03
	min odch.	-0,39	-0,31	0,01	-0,06	-0,07	-0,07	-0,28	-0,08	0,00	-0,06	-0,07
II ust.	max bł.	0,57	0,57	0,04	0,06	0,06	0,09	0,54	0,04	0,05	0,05	0,04
	min bł.	0,41	0,41	0,03	0,04	0,05	0,06	0,39	0,03	0,04	0,04	0,03
	max odch.	0,41	0,37	0,04	0,00	0,02	0,08	0,29	0,06	0,01	0,05	-0,03
	min odch.	-0,34	-0,60	0,01	-0,06	-0,07	-0,05	-0,38	-0,08	0,00	-0,06	-0,07
III ust.	max bł.	0,65	0,64	0,04	0,06	0,06	0,09	0,61	0,04	0,05	0,05	0,04
	min bł.	0,41	0,41	0,03	0,04	0,04	0,06	0,39	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,37	0,27	0,04	0,00	0,02	0,08	0,41	0,06	0,01	0,05	-0,03
	min odch.	-0,46	-0,44	0,01	-0,06	-0,07	-0,05	-0,93	-0,08	0,00	-0,06	-0,07
śr ust.	max bł.	0,14	0,13	0,05	0,07	0,06	0,09	0,13	0,04	0,06	0,06	0,05
	min bł.	0,08	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,22	0,15	0,04	0,00	0,04	0,09	0,22	0,06	0,01	0,06	-0,03
	min odch.	-0,29	-0,34	0,01	-0,06	-0,08	-0,06	-0,34	-0,08	-0,01	-0,07	-0,07

**Tab. 7.26.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 42 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust.	max bł.	0,22	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,17	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,25	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,02
	min odch.	-0,34	-0,05	-0,02	-0,08	-0,07	-0,04	-0,07	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
II ust.	max bł.	0,44	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
	max odch.	0,20	0,00	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,02
	min odch.	-0,30	-0,03	-0,01	-0,08	-0,07	-0,04	-0,03	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
III ust.	max bł.	0,53	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,45	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,31	-0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,02
	min odch.	-0,36	-0,03	-0,02	-0,08	-0,07	-0,04	-0,04	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,05
śr ust.	max bł.	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,15	0,03	0,02	0,01	0,05	0,04	0,11	0,05	0,02	0,08	0,04	-0,01
	min odch.	-0,21	-0,11	-0,03	-0,10	-0,09	-0,05	-0,15	-0,06	0,00	-0,10	0,01	-0,05

**Tab. 7.27.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 34 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max bł.	0,45	0,39	0,05	0,07	0,07	0,10	0,36	0,05	0,06	0,06	0,05
	min bł.	0,21	0,19	0,02	0,03	0,03	0,05	0,18	0,02	0,03	0,03	0,02
	max odch.	0,72	0,59	0,04	0,00	0,03	0,09	0,65	0,06	0,01	0,05	-0,03
	min odch.	-0,77	-0,78	0,01	-0,06	-0,07	-0,07	-0,66	-0,08	0,00	-0,06	-0,07
II ust.	max bł.	0,40	0,40	0,05	0,07	0,07	0,10	0,38	0,05	0,06	0,06	0,05
	min bł.	0,23	0,23	0,03	0,04	0,04	0,06	0,22	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	1,11	0,76	0,04	0,00	0,03	0,10	0,78	0,06	0,01	0,05	-0,03
	min odch.	-0,78	-0,67	0,01	-0,06	-0,08	-0,07	-0,83	-0,08	-0,01	-0,06	-0,07
III ust.	max bł.	0,54	0,54	0,04	0,06	0,06	0,09	0,51	0,04	0,05	0,05	0,04
	min bł.	0,31	0,31	0,02	0,03	0,04	0,05	0,29	0,02	0,03	0,03	0,02
	max odch.	0,91	1,07	0,04	0,00	0,02	0,09	0,41	0,06	0,01	0,05	-0,03
	min odch.	-0,91	-0,96	0,01	-0,06	-0,07	-0,06	-0,68	-0,08	-0,01	-0,06	-0,07
śr ust.	max bł.	0,22	0,22	0,04	0,06	0,06	0,09	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04
	min bł.	0,13	0,13	0,03	0,04	0,04	0,05	0,12	0,02	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,44	0,40	0,04	0,00	0,04	0,11	0,40	0,06	0,02	0,06	-0,03
	min odch.	-0,29	-0,54	0,01	-0,06	-0,07	-0,10	-0,42	-0,08	-0,01	-0,06	-0,07

**Tab. 7.28.** Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 34 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust.	max bł.	0,28	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,21	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,68	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,08	0,05	0,02	0,07	0,04	-0,02
	min odch.	-0,52	-0,07	-0,02	-0,10	-0,08	-0,04	-0,10	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
II ust.	max bł.	0,29	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,23	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,57	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,10	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,01
	min odch.	-0,43	-0,05	-0,02	-0,08	-0,08	-0,05	-0,09	-0,06	0,00	-0,09	0,01	-0,05
III ust.	max bł.	0,44	0,08	0,04	0,05	0,07	0,06	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,31	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,69	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,05	0,01	0,07	0,04	-0,02
	min odch.	-0,46	-0,05	-0,02	-0,08	-0,07	-0,04	-0,04	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05
śr ust.	max bł.	0,18	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min bł.	0,14	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max odch.	0,26	0,04	0,01	0,01	0,04	0,04	0,11	0,05	0,02	0,07	0,04	-0,01
	min odch.	-0,29	-0,08	-0,02	-0,09	-0,08	-0,05	-0,09	-0,06	0,00	-0,09	0,02	-0,05

Podobnie jak w przypadku niwelatorów analogowych przeprowadzono analizę danych zawartych w ww. opisanych załącznikach i tabelach pod kątem dokładności. W wariancie zredukowanym 3 repery są zmierzone całkowicie w strefie drgań (grupa 1). Dla nich w wariancie zredukowanym odnotowano najwyższe wartości błędów  $m_{\Delta H}$ :

- reper nr 1: od **0,20** do **0,65** mm dla 42 Hz i od **0,21** do **0,54** mm dla 34 Hz;
- reper nr 2: od **0,18** do **0,64** mm dla 42 Hz i od **0,19** do **0,54** mm dla 34 Hz;
- reper nr 10: od **0,16** do **0,61** mm dla 42 Hz i od **0,18** do **0,51** mm dla 34 Hz;

Błędy przemieszczeń reperów, których przemieszczenie wyznaczono z wykorzystaniem zarówno przewyższeń w strefie jak i poza nią kształtują się następująco (grupa 2):

- reper nr 8: od **0,04** do **0,07** mm dla 42 Hz i od **0,03** do **0,07** mm dla 34 Hz;
- reper nr 9: od **0,06** do **0,10** mm dla 42 Hz i od **0,05** do **0,10** mm dla 34 Hz;
- reper nr 14: od **0,03** do **0,06** mm dla 42 Hz i 34 Hz;

Wartości błędów dla reperów znajdujących się w całości poza strefą drgań (grupa 3):

- reper nr 4: od **0,03** do **0,05** mm dla 42 Hz i od **0,02** do **0,05** mm dla 34 Hz;
- reper nr 6: od **0,04** do **0,07** mm dla 42 Hz i od **0,03** do **0,07** mm dla 34 Hz;
- reper nr 12: od **0,03** do **0,05** mm dla 42 Hz i od **0,02** do **0,05** mm dla 34 Hz;
- reper nr 13: od **0,03** do **0,06** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 16: od **0,03** do **0,05** mm dla 42 Hz i od **0,02** do **0,05** mm dla 34 Hz;

W załącznikach ani tabelach nie podawano wyników z pomiarów potrójnych, ponieważ ich charakterystyka dokładnościowa jest podobna do wyników z pomiarów pojedynczych. Różnice wartości błędów i rozrzutów w stosunku do wyników z pomiaru pojedynczego wynoszą kilka procent, zarówno na korzyść i niekorzyść pomiaru potrójnego. Spośród wszystkich reperów tylko grupa 1 przyjmuje wartości błędów nieodpowiednie dla niwelacji precyzyjnej. Występowanie błędów wyznaczenia przemieszczenia powyżej 0,5 mm skutkuje określeniem wszystkich przemieszczeń poniżej 1 mm jako nieistotne, co jest wynikiem niedopuszczalnym w precyzyjnych pomiarach inżynierskich. W skrajnych przypadkach niewykrywalne jest przemieszczenie rzędu 1,3 mm. Dla grup 2 i 3 wartości błędów są do siebie podobne i przyjmują wartości bardzo niskie nawet jak na standardy niwelacji precyzyjnej. Dla wariantu z pełną bazą obserwacji błędy reperów w grupie 1 kształtują się następująco:

- reper nr 1: od **0,17** do **0,53** mm dla 42 Hz i od **0,21** do **0,44** mm dla 34 Hz;

Błędy przemieszczeń reperów, których przemieszczenie wyznaczono z wykorzystaniem zarówno przewyższeń w strefie jak i poza nią dla wariantu pełnego kształtują się następująco (grupa 2):

- reper nr 2: od **0,06** do **0,07** mm dla 42 Hz i od **0,05** do **0,08** mm dla 34 Hz;
- reper nr 8: od **0,05** do **0,06** mm dla 42 Hz i od **0,05** do **0,07** mm dla 34 Hz;
- reper nr 9: od **0,04** do **0,05** mm dla 42 Hz i od **0,04** do **0,06** mm dla 34 Hz;
- reper nr 10: od **0,09** do **0,12** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 14: od **0,03** do **0,04** mm dla 42 Hz i 34 Hz;

Dla grupy 3 wartości błędów  $m_{\Delta H}$  kształtują się następująco:

- reper nr 4: od **0,03** do **0,04** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 6: od **0,04** do **0,05** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 12: od **0,03** do **0,04** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 13: od **0,03** do **0,04** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 15: od **0,03** do **0,04** mm dla 42 Hz i 34 Hz;
- reper nr 16: od **0,03** do **0,04** mm dla 42 Hz i 34 Hz;

Ponownie tylko grupa 1 charakteryzuje się najniższą dokładnością wyznaczenia przemieszczenia. Repery znajdujące się w pozostałych grupach cechują się podobnymi, niskimi wartościami błędu wyznaczenia przemieszczenia. Redukowanie liczby obserwacji w sieci zmniejsza dokładność tylko nieznacznie. Przemieszczenia reperów znajdujących się w grupie 1 nadal nie spełniają założeń dokładnościowych niwelacji precyzyjnej, chociaż w wariantie pełnym dokładność wyznaczenia jest nieco wyższa niż w przypadku wariantu zredukowanego. Repery przynależne do pozostałych grup osiągają bardzo niskie wartości błędów wyznaczenia. Zwiększanie liczby obserwacji ma więc sens tylko wtedy, gdy dodana obserwacja zmienia przynależność repera z grupy 1 do grupy 2. Należy też zauważyć, że bez względu na wariant wyrównania przedział w jakim znajdują się wartości błędów dla reperów 1 grupy jest dość szeroki – pomiar w warunkach drgań o takich parametrach jest więc dosyć przypadkowy. Niższe wartości błędów występują przede wszystkim dla I ustawienia nóg statywu, więc kierunkowość drgań ma w przypadku tych częstotliwości kolosalne znaczenie.

Warte podkreślenia są także relatywnie niskie wartości błędów uzyskanych ze średnich wartości z trzech ustawień nóg. Dla częstotliwości 42 Hz błąd wyznaczenie przemieszczenia reperów z grupy 1 nie przekracza 0,18 mm niezależnie od wariantu wyrównania, dla częstotliwości 34 Hz wartość ta nie przekracza 0,22 mm.

Podobnie jak w przypadku niwelatorów analogowych sporządzono porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań (42 Hz) z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań. Porównanie to prezentują tabele 7.29 i 7.30.

**Tab. 7.29.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań (42 Hz) z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Dini03, wariant zredukowany

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,32	0,28	0,05	0,07	0,07	0,10	0,26	0,05	0,06	0,06	0,05
	min $m_{\Delta H}$	0,20	0,18	0,03	0,04	0,04	0,06	0,16	0,03	0,04	0,04	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	7,9	9,3	1,2	1,4	2,3	2,4	6,5	1,5	1,4	1,5	1,2
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	5,0	5,8	0,8	0,9	1,5	1,5	4,1	1,0	0,9	0,9	0,7
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,57	0,57	0,04	0,06	0,06	0,09	0,54	0,04	0,05	0,05	0,04
	min $m_{\Delta H}$	0,41	0,41	0,03	0,04	0,05	0,06	0,39	0,03	0,04	0,04	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	14,4	19,1	1,1	1,2	2,1	2,2	13,5	1,3	1,3	1,3	1,0
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	10,3	13,6	0,8	0,9	1,5	1,6	9,7	1,0	0,9	0,9	0,7
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,65	0,64	0,04	0,06	0,06	0,09	0,61	0,04	0,05	0,05	0,04
	min $m_{\Delta H}$	0,41	0,41	0,03	0,04	0,04	0,06	0,39	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	16,2	21,5	1,0	1,2	2,1	2,2	15,2	1,3	1,2	1,3	1,0
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	10,2	13,6	0,7	0,7	1,3	1,4	9,6	0,8	0,8	0,8	0,6
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,14	0,13	0,05	0,07	0,06	0,09	0,13	0,04	0,06	0,06	0,05
	min $m_{\Delta H}$	0,08	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	3,5	4,5	1,2	1,3	2,1	2,2	3,3	1,5	1,4	1,4	1,1
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	2,1	2,6	0,7	0,8	1,3	1,3	1,9	0,9	0,8	0,8	0,7
	$m_{\Delta H}$ bez drgań	0,04	0,03	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04

**Tab. 7.30.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań (42 Hz) z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Dini03, wariant pełny

	nr Rp	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
I ust.	max $m_{\Delta H}$	0,28	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min $m_{\Delta H}$	0,21	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	9,2	2,4	1,2	1,3	2,1	1,8	3,9	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	7,0	1,8	0,9	1,0	1,6	1,4	2,9	1,0	1,0	1,0	0,9	1,1
II ust.	max $m_{\Delta H}$	0,29	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min $m_{\Delta H}$	0,23	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	9,7	2,4	1,2	1,3	2,1	1,8	3,8	1,3	1,3	1,3	1,2	1,4
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	7,8	1,9	0,9	1,0	1,7	1,4	3,1	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1
III ust.	max $m_{\Delta H}$	0,44	0,08	0,04	0,05	0,07	0,06	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min $m_{\Delta H}$	0,31	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	14,7	2,5	1,2	1,3	2,2	1,9	4,1	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	10,5	1,8	0,9	1,0	1,6	1,3	3,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
śr ust.	max $m_{\Delta H}$	0,18	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
	min $m_{\Delta H}$	0,14	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	max/ $m_{\Delta H}$ bez dr	6,0	2,3	1,2	1,2	2,0	1,7	3,5	1,3	1,3	1,3	1,2	-0,01
	min/ $m_{\Delta H}$ bez dr	4,6	1,7	0,9	1,0	1,5	1,3	2,6	1,0	1,0	1,0	0,9	-0,05
	$m_{\Delta H}$ bez drgań	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Różowym kolorem zaznaczono przypadki, gdy stosunek błędu z pomiaru obciążonego drganiami przekracza dwukrotność błędu uzyskanego bez udziału drgań. Według danych z tabel 7.29 – 7.30 należy się spodziewać w skrajnie niekorzystnym przypadku:

- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia 21,5-krotnego dla wariantu zredukowanego dla reperów z grupy pierwszej. Należy zwrócić uwagę, że wartości błędów jedynie reperów z grupy 1 i 2 przekraczają dwukrotność wyznaczenia tego przemieszczenia zmierzonego bez udziału drgań, przy czym repery z grupy 2 przekraczają wspomnianą dwukrotność nieznacznie;
- wzrostu błędu wyznaczenia przemieszczenia prawie 15-krotnego dla wariantu pełnego dla reperów z grupy 1 oraz maksymalnie 4,1-krotnego dla reperów z grupy 2. Większa krotność błędu dla grupy 2 dotyczy repera 10, który w wariantie zredukowanym jest w grupie 1. Porównując poszczególne repery, dokładność wyznaczenia przemieszczenia każdego z nich wzrasta wraz ze zwiększeniem liczby obserwacji. Wariant pełny pod względem dokładnościowym jest więc lepszy niż zredukowany, lecz nadal niezadowolający z punktu widzenia wymaganej dokładności;

- maksymalna krotność błędu wynosi 1,5 dla reperów z grupy 3, niezależnie od wariantu wyrównania.

Jako ostatnią analizę przeprowadzono interpretację danych z załączników 21 – 22 pod kątem istotności, zakresu uzyskanych wartości przemieszczeń oraz ich zgodności z wartością przemieszczenia prawdziwego, w tym przypadku – symulowanego. W przypadku najgorszych pod tym względem konfiguracji drgań (12 g, 34 i 42 Hz, reper nr 1) algorytm w wariacie zredukowanym nie jest w stanie wykryć przemieszczeń mniejszych niż 1,3 mm jako istotnych z powodu wysokiej wartości błędu oszacowania przemieszczenia. Dla wariantu pełnego granica istotności przemieszczenia wynosi około 1,0 mm, z uwagi na maksymalny błąd wyznaczenia przemieszczenia o wartości około 0,5 mm. Zakres wartości przemieszczeń dla poszczególnych reperów wokół ich wartości symulowanej jest szerszy dla sieci zredukowanej w porównaniu do sieci pełnej, podobnie jak w przypadku niwelatorów analogowych. Dla sieci zredukowanej maksymalne rozrzuty, liczone jako różnica najmniejszej i największej wartości tego samego przemieszczenia wśród 20 pomiarów w danych warunkach, wynoszą maksymalnie dla reperów 1 grupy:

- reper nr 1: **1,44** mm (12 g, 34 Hz, I i II ustawienie);
- reper nr 2: **2,03** mm (12 g, 34 Hz, III ustawienie);
- reper nr 10: **1,25** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie).

Dla reperów 2 grupy zestawienie to przedstawia się następująco:

- reper nr 8: **0,04** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie);
- reper nr 9: **0,06** mm (12 g, 34 Hz, I i II ustawienie);
- reper nr 14: **0,02** mm (12 g, 34 Hz, II ustawienie).

Repery należące do 3 grupy wykazują pod tym względem cechy podobne do reperów grupy 2. Dla wariantu wyrównania z pełnym zestawem obserwacji rozrzuty te dla repera 1 grupy kształtują się następująco:

- reper nr 1: **1,20** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie).

Dla reperów 2 grupy rozrzuty w przypadku wyrównania pełnego wynoszą:

- reper nr 2: **0,06** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie);



- reper nr 8: **0,05** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie);
- reper nr 9: **0,03** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie);
- reper nr 10: **0,16** mm (12 g, 34 Hz, I ustawienie);
- reper nr 14: **0,01** mm (12 g, 34 Hz, II ustawienie).

Biorąc pod uwagę skrajne rozbieżności otrzymanych wartości przemieszczeń w stosunku do wartości symulowanych, liczonych jako różnica obliczonej wartości przemieszczenia i wartości symulowanej otrzymano następujące wartości dla reperów 1 grupy (12 g, 34 Hz, wariant zredukowany):

- reper nr 1: max **+1,11** mm, min. – **0,91** mm;
- reper nr 2: max **+1,07** mm, min. – **0,96** mm;
- reper nr 10: max **+0,78** mm, min. – **0,83** mm.

W przypadku niwelatora cyfrowego, gdzie wykonano pomiar w częstotliwościach powodujących znaczny wzrost błędu średniego wyznaczenia przemieszczenia przynależność do grupy 1, 2 lub 3 ma kluczowe znaczenie. Wartości uzyskanych przemieszczeń wraz z ich błędami średnimi nie są wiarygodne dla reperów znajdujących się w grupie 1 przy pomiarze w warunkach rezonansowych. Szczególnie niebezpieczne są częstotliwości 18 – 22 Hz oraz 34 – 42 Hz, spośród których najmniej korzystne wyniki uzyskuje się przy częstotliwościach 34 i 42 Hz. Częstotliwość 34 Hz cechuje się niższymi wartościami błędu wyznaczenia przemieszczenia niż 42 Hz, lecz większym rozrzutem wyników wokół wartości symulowanej. Z punktu widzenia pomiarów inżynierskich jest to sytuacja mniej wiarygodna, ponieważ nie dość że uzyskiwane wartości przemieszczeń są bardziej oddalone od wartości prawdziwych, to jeszcze mniejszy błąd ich wyznaczenia może wprowadzać w błąd co do ich wiarygodności. Konfrontując te zakresy z danymi z załącznika 7, gdzie między innymi podano wartości liniowe wychyleń korpusu niwelatora dla danych częstotliwości można zauważyć, że dla częstotliwości najbardziej wrażliwych, tj. 34 i 42 Hz wychylenia liniowe we wszystkich trzech osiach wcale nie są największe. Nie można więc podać bezpośredniej zależności występowania wysokich wartości błędów średnich ani odchyłek od wartości prawdziwych przemieszczeń w stosunku do amplitudy drgań. Niwelator Dini03 cechuje się lepszymi wynikami niż niwelatory analogowe w zakresach 0 – 16 Hz i od 24 – 32 Hz, jednak okazuje się być bardziej podatny na drgania w pozostałych zakresach częstotliwości.

#### 7.4. Podsumowanie analiz i porównanie właściwości niwelatorów

Wszystkie przebadane modele niwelatorów charakteryzują się zmienną podatnością na drgania. Dla niektórych warunków wpływ drgań jest znikomy, zaś wystąpienie innych parametrów skutkuje brakiem możliwości wykonaniu pomiaru lub wystąpieniem błędów grubych całkowicie wypaczających wartości oszacowanych przemieszczeń. Dla większości kombinacji parametrów drgań najdokładniejsze i najbardziej wiarygodne wyniki daje Dini 03, jednak nie jest to regułą i istnieją kombinacje, dla których inne niwelatory wypadają korzystniej. Tabele 7.31 – 7.36 prezentują wartości skrajnych wartości średnich błędów wyznaczenia przemieszczeń oraz skrajne wartości odchyłeń otrzymanych wartości przemieszczeń od wartości symulowanych dla 3 rodzajów niwelatorów, 3 mas ciężarka generatora drgań, dla grupy 1 i 2 reperów w wariancie zredukowanym. Ponieważ repery z grupy 3 nie wykazują podatności na wprowadzenie do sieci strefy drgań, wyniki dla nich pominięto.

**Tab. 7.31.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 4 g i pierwszej grupy reperów

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
7	0,07	0,05	0,08	-0,09	0,10	0,05	0,19	-0,16	0,05	0,03	0,09	-0,10
10	0,08	0,05	0,10	-0,13	0,09	0,05	0,18	-0,18	0,05	0,03	0,10	-0,11
12	0,07	0,04	0,10	-0,13	0,09	0,05	0,17	-0,18	0,05	0,03	0,09	-0,10
14	0,08	0,04	0,13	-0,15	0,09	0,05	0,18	-0,21	0,05	0,03	0,11	-0,10
16	0,10	0,05	0,16	-0,16	0,10	0,06	0,19	-0,22	0,05	0,03	0,11	-0,12
18	X	X	X	X	0,12	0,06	0,24	-0,23	0,21	0,08	0,48	-0,45
20	X	X	X	X	0,12	0,07	0,26	-0,23	0,26	0,10	0,67	-0,50
22	X	X	X	X	0,11	0,06	0,34	-0,23	0,08	0,03	0,16	-0,15
24	X	X	X	X	0,09	0,06	0,22	-0,21	0,07	0,03	0,10	-0,17
26	0,18	0,07	0,26	-0,31	0,10	0,05	0,20	-0,19	0,07	0,04	0,16	-0,14
28	0,14	0,07	0,26	-0,22	0,10	0,06	0,20	-0,19	0,07	0,04	0,12	-0,14
30	0,10	0,06	0,18	-0,23	0,10	0,06	0,23	-0,21	0,07	0,04	0,12	-0,13
32	0,09	0,05	0,14	-0,17	0,11	0,07	0,22	-0,22	0,08	0,03	0,13	-0,15
34	0,12	0,06	0,15	-0,19	0,14	0,08	0,28	-0,24	0,12	0,04	0,16	-0,23
36	0,10	0,05	0,20	-0,24	0,12	0,07	0,27	-0,29	0,10	0,04	0,15	-0,16
38	0,11	0,05	0,15	-0,18	0,13	0,06	0,23	-0,24	0,07	0,03	0,18	-0,19
40	0,09	0,06	0,16	-0,19	0,16	0,08	0,27	-0,27	0,23	0,07	0,26	-0,26
42	0,10	0,05	0,24	-0,24	0,11	0,06	0,25	-0,21	0,28	0,08	0,15	-0,18
44	0,11	0,05	0,14	-0,19	0,15	0,07	0,24	-0,32	X	X	X	X

**Tab. 7.32.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 4 g i drugiej grupy reperów

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
7	0,07	0,05	0,08	-0,08	0,10	0,05	0,09	-0,13	0,05	0,03	0,07	-0,05
10	0,08	0,05	0,11	-0,09	0,09	0,05	0,13	-0,12	0,05	0,03	0,07	-0,06
12	0,07	0,04	0,09	-0,09	0,09	0,06	0,11	-0,14	0,05	0,03	0,08	-0,06
14	0,08	0,04	0,11	-0,13	0,09	0,05	0,12	-0,12	0,05	0,03	0,08	-0,06
16	0,09	0,05	0,12	-0,11	0,10	0,06	0,15	-0,13	0,05	0,03	0,11	-0,06
18	X	X	X	X	0,11	0,06	0,13	-0,12	0,09	0,03	0,13	-0,11
20	X	X	X	X	0,10	0,06	0,15	-0,13	0,09	0,03	0,12	-0,11
22	X	X	X	X	0,10	0,06	0,15	-0,14	0,07	0,03	0,12	-0,07
24	X	X	X	X	0,09	0,05	0,14	-0,13	0,06	0,03	0,10	-0,07
26	0,12	0,04	0,17	-0,15	0,10	0,05	0,14	-0,14	0,07	0,03	0,10	-0,08
28	0,11	0,04	0,18	-0,13	0,09	0,06	0,14	-0,16	0,06	0,03	0,11	-0,10
30	0,09	0,05	0,14	-0,15	0,10	0,06	0,14	-0,15	0,06	0,03	0,12	-0,08
32	0,09	0,05	0,16	-0,11	0,10	0,06	0,14	-0,16	0,07	0,03	0,10	-0,08
34	0,10	0,04	0,16	-0,15	0,12	0,06	0,14	-0,16	0,08	0,03	0,10	-0,09
36	0,09	0,05	0,15	-0,14	0,11	0,06	0,14	-0,18	0,07	0,03	0,10	-0,08
38	0,09	0,04	0,12	-0,13	0,11	0,06	0,22	-0,18	0,06	0,03	0,09	-0,08
40	0,09	0,05	0,20	-0,13	0,12	0,06	0,19	-0,16	0,08	0,03	0,09	-0,10
42	0,09	0,05	0,13	-0,17	0,10	0,06	0,18	-0,13	0,09	0,04	0,09	-0,07
44	0,10	0,04	0,17	-0,15	0,12	0,06	0,17	-0,14	X	X	X	X

**Tab. 7.33.** Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 8 g i pierwszej grupy reperów

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
7	0,07	0,04	0,10	-0,10	0,10	0,05	0,19	-0,17	0,05	0,03	0,10	-0,10
10	0,08	0,03	0,14	-0,18	0,09	0,05	0,19	-0,19	0,05	0,03	0,09	-0,10
12	0,09	0,04	0,15	-0,16	0,10	0,05	0,18	-0,21	0,05	0,03	0,10	-0,11
14	0,08	0,04	0,11	-0,19	0,09	0,05	0,20	-0,16	0,05	0,03	0,10	-0,11
16	0,14	0,04	0,23	-0,31	0,11	0,06	0,20	-0,21	0,05	0,03	0,14	-0,13
18	X	X	X	X	0,12	0,07	0,28	-0,31	X	X	X	X
20	X	X	X	X	0,11	0,07	0,28	-0,21	X	X	X	X
22	X	X	X	X	0,11	0,07	0,19	-0,23	X	X	X	X
24	X	X	X	X	0,10	0,05	0,23	-0,20	0,07	0,03	0,18	-0,15
26	X	X	X	X	0,11	0,06	0,22	-0,20	0,07	0,03	0,17	-0,15
28	X	X	X	X	0,11	0,07	0,27	-0,22	0,07	0,04	0,14	-0,17
30	0,12	0,03	0,23	-0,26	0,12	0,07	0,24	-0,26	0,07	0,03	0,13	-0,16
32	0,13	0,04	0,25	-0,22	0,14	0,07	0,27	-0,30	0,06	0,03	0,14	-0,17
34	0,10	0,04	0,20	-0,26	0,14	0,08	0,30	-0,29	0,29	0,11	0,58	-0,69

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
36	0,09	0,04	0,16	-0,18	0,14	0,08	0,30	-0,28	0,08	0,04	0,20	-0,16
38	0,10	0,04	0,18	-0,21	X	X	X	X	0,25	0,08	0,40	-0,51
40	0,10	0,04	0,21	-0,22	0,21	0,08	0,37	-0,28	0,28	0,09	0,16	-0,19
42	0,10	0,04	0,28	-0,23	0,15	0,07	0,32	-0,34	0,38	0,14	0,22	-0,29
44	0,11	0,05	0,27	-0,68	0,22	0,08	0,29	-0,27	X	X	X	X

Tab. 7.34. Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 8 g i drugiej grupy reperów

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
7	0,07	0,04	0,09	-0,09	0,09	0,05	0,12	-0,12	0,05	0,03	0,07	-0,06
10	0,08	0,03	0,13	-0,15	0,09	0,05	0,12	-0,15	0,05	0,03	0,07	-0,06
12	0,08	0,04	0,12	-0,11	0,10	0,05	0,13	-0,13	0,05	0,03	0,07	-0,06
14	0,08	0,04	0,11	-0,11	0,09	0,06	0,13	-0,13	0,05	0,03	0,09	-0,06
16	0,11	0,04	0,17	-0,14	0,10	0,06	0,14	-0,15	0,05	0,03	0,08	-0,07
18	X	X	X	X	0,11	0,06	0,14	-0,13	X	X	X	X
20	X	X	X	X	0,10	0,06	0,15	-0,13	X	X	X	X
22	X	X	X	X	0,10	0,06	0,17	-0,13	X	X	X	X
24	X	X	X	X	0,10	0,05	0,13	-0,14	0,06	0,03	0,10	-0,08
26	X	X	X	X	0,10	0,06	0,15	-0,14	0,07	0,03	0,12	-0,07
28	X	X	X	X	0,11	0,06	0,16	-0,15	0,06	0,03	0,11	-0,08
30	0,10	0,03	0,15	-0,15	0,11	0,06	0,14	-0,16	0,06	0,03	0,10	-0,07
32	0,11	0,03	0,12	-0,16	0,12	0,06	0,16	-0,17	0,06	0,03	0,10	-0,08
34	0,09	0,04	0,11	-0,14	0,11	0,06	0,18	-0,15	0,09	0,03	0,14	-0,10
36	0,09	0,03	0,11	-0,13	0,11	0,06	0,16	-0,16	0,06	0,03	0,09	-0,08
38	0,09	0,04	0,13	-0,12	X	X	X	X	0,09	0,03	0,11	-0,08
40	0,09	0,03	0,12	-0,14	0,14	0,06	0,15	-0,16	0,09	0,04	0,08	-0,07
42	0,09	0,04	0,14	-0,14	0,12	0,06	0,13	-0,13	0,09	0,04	0,09	-0,07
44	0,09	0,04	0,27	-0,18	0,13	0,06	0,11	-0,12	X	X	X	X

Tab. 7.35. Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 12 g i pierwszej grupy reperów

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
7	0,07	0,05	0,09	-0,11	0,10	0,05	0,22	-0,19	0,05	0,03	0,10	-0,10
10	0,07	0,04	0,10	-0,11	0,10	0,05	0,22	-0,19	0,05	0,03	0,10	-0,09
12	0,09	0,05	0,18	-0,19	0,11	0,06	0,21	-0,20	0,06	0,03	0,11	-0,13
14	0,10	0,06	0,17	-0,19	0,11	0,05	0,22	-0,18	0,07	0,03	0,14	-0,16
16	0,14	0,07	0,25	-0,27	0,12	0,06	0,25	-0,25	0,08	0,04	0,20	-0,16
18	X	X	X	X	0,15	0,09	0,29	-0,34	X	X	X	X
20	X	X	X	X	0,11	0,07	0,27	-0,29	X	X	X	X

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
22	X	X	X	X	0,11	0,07	0,26	-0,26	X	X	X	X
24	X	X	X	X	0,10	0,06	0,25	-0,21	0,08	0,04	0,15	-0,19
26	X	X	X	X	0,12	0,07	0,26	-0,23	0,07	0,03	0,17	-0,15
28	X	X	X	X	0,12	0,06	0,21	-0,28	0,07	0,03	0,13	-0,15
30	X	X	X	X	0,12	0,07	0,28	-0,26	0,07	0,03	0,19	-0,19
32	0,13	0,06	0,26	-0,22	0,14	0,09	0,30	-0,31	0,17	0,07	0,28	-0,37
34	0,14	0,07	0,27	-0,24	X	X	X	X	0,54	0,18	1,11	-0,96
36	0,10	0,05	0,18	-0,19	X	X	X	X	0,27	0,12	0,45	-0,61
38	0,10	0,05	0,18	-0,19	X	X	X	X	0,27	0,10	0,41	-0,53
40	0,10	0,05	0,19	-0,23	X	X	X	X	0,49	0,12	0,29	-0,31
42	0,12	0,06	0,24	-0,26	X	X	X	X	0,65	0,16	0,41	-0,93
44	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tab. 7.36. Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 12 g i drugiej grupy reperów

f [Hz]	NI002				NI004				Dini03			
	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]	max mΔH [mm]	min mΔH [mm]	max odch. [mm]	min odch. [mm]
7	0,07	0,05	0,08	-0,09	0,10	0,05	0,14	-0,14	0,05	0,03	0,07	-0,06
10	0,07	0,04	0,08	-0,08	0,09	0,05	0,14	-0,13	0,05	0,03	0,08	-0,06
12	0,08	0,05	0,14	-0,16	0,10	0,06	0,17	-0,15	0,06	0,03	0,11	-0,06
14	0,09	0,05	0,13	-0,13	0,10	0,05	0,15	-0,16	0,06	0,03	0,11	-0,08
16	0,11	0,05	0,20	-0,17	0,11	0,06	0,21	-0,19	0,07	0,03	0,10	-0,08
18	X	X	X	X	0,12	0,06	0,16	-0,15	X	X	X	X
20	X	X	X	X	0,11	0,06	0,17	-0,17	X	X	X	X
22	X	X	X	X	0,11	0,06	0,15	-0,17	X	X	X	X
24	X	X	X	X	0,10	0,06	0,16	-0,14	0,07	0,03	0,12	-0,09
26	X	X	X	X	0,12	0,06	0,14	-0,15	0,06	0,03	0,11	-0,08
28	X	X	X	X	0,11	0,06	0,15	-0,15	0,06	0,03	0,09	-0,07
30	X	X	X	X	0,11	0,06	0,13	-0,14	0,06	0,03	0,10	-0,07
32	0,10	0,05	0,20	-0,15	0,12	0,06	0,16	-0,19	0,09	0,03	0,10	-0,09
34	0,11	0,05	0,19	-0,16	X	X	X	X	0,10	0,03	0,10	-0,08
36	0,09	0,05	0,13	-0,13	X	X	X	X	0,10	0,03	0,11	-0,08
38	0,09	0,05	0,15	-0,18	X	X	X	X	0,09	0,03	0,08	-0,07
40	0,09	0,05	0,13	-0,13	X	X	X	X	0,09	0,03	0,09	-0,07
42	0,10	0,04	0,15	-0,17	X	X	X	X	0,10	0,03	0,09	-0,07
44	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Kolorem zielonym zaznaczono najkorzystniejsze wartości błędów średnich wyznaczenia przemieszczenia dla danych częstotliwości, kolorem niebieskim zaznaczono najmniejsze odchyłki wartości przemieszczeń od wartości symulowanych. Na czerwono zaznaczono wartości przekraczające co do wartości bezwzględnej 0,30 mm. Wartości takie świadczą

o niskiej wiarygodności pomiaru w danej konfiguracji parametrów drgań. Analizując zestawienie dla reperów drugiej grupy praktycznie we wszystkich przypadkach najkorzystniej wypada niwelator cyfrowy. Ma na to wpływ przede wszystkim dokładność nominalna niwelatora, ale także konstrukcja sieci, w której występują obserwacje wolne od wpływu drgań. Niwelatory analogowe wypadają korzystniej tylko w zakresach, w których niwelator cyfrowy nie jest w stanie wykonać odczytu.

W przypadku reperów z pierwszej grupy sytuacja jest bardziej złożona. Wyniki dla tej grupy reprezentują rzeczywisty wpływ drgań na wyznaczenie przemieszczeń, ponieważ nie występują w sieci obserwacje dotyczące tej grupy wolne od wpływu drgań. Dla tej grupy niwelator Ni004 wypada najkorzystniej w częstotliwościach rezonansowych, w których niwelatory automatyczne nie są w stanie wykonać pomiaru. W zakresach 18 – 22 Hz widoczny jest tylko nieznaczny spadek dokładności. Interesującym wydaje się być fakt, że istnieją zakresy częstotliwości (32+ Hz), w których niwelator libellowy nie jest w stanie wykonać pomiaru, a niwelatory analogowe pomiar ten wykonują. Wbrew powszechnie panującej opinii o odporności niwelatorów libellowych na drgania (np. Baran i inni, 1993; Hermanowski 1993), w tych zakresach częstotliwości dla dużych mas ciężarka najkorzystniejszy okazał się niwelator Ni002. Brak możliwości pomiaru w niwelatorze Ni004 wynikał jednak nie z rozmazania obrazu w okularze, ale z ciągłego wyprowadzania pęcherzyka libelli głównej z równowagi. Kompensatory niwelatorów analogowych samopoziomujących są więc bardziej odporne na drgania w pewnych zakresach częstotliwości niż układy libelli niwelatorów libellowych. Niwelator Ni004 charakteryzuje się jednak dużą stabilnością dokładności pomiaru w zakresach możliwych do wykonania odczytu, maksymalne wartości błędów i odchyłeń przeważnie nie przekraczają dwukrotności wartości uzyskanych bez udziału drgań.

Porównując niwelatory pod kątem podatności na drgania należy także ocenić rząd wielkości przemieszczeń jaki jest w stanie wykryć dany niwelator w konkretnych warunkach pomiarowych. Tabela 7.37 prezentuje wartości przemieszczenia traktowane jako istotne w zależności od skrajnych wartości błędów wyznaczenia przemieszczenia oraz przy założeniu, że jako istotne przyjmuje się przemieszczenie równe lub większe niż podwójna wartość błędu średniego jego wyznaczenia. Dane z tabeli 7.26 dotyczą reperów pierwszej grupy przy wyrównaniu ze zredukowaną liczbą obserwacji. Zielonym kolorem oznaczono wartości najniższe, a więc najkorzystniejsze z punktu widzenia wykrywania przemieszczeń, największe

wartości, a więc najmniej korzystne oznaczono kolorem czerwonym, znakiem X oznaczono pola dla konfiguracji dla których pomiar danym instrumentem jest niemożliwy.

**Tab. 7.37.** Wartości przemieszczeń zdefiniowanych jako istotne na podstawie oszacowanego błędu określenia przemieszczenia na poszczególnych konfiguracji parametrów drgań i reperów pierwszej grupy

f [Hz]	4 g						8 g						12 g					
	NI002		NI004		Dini03		NI002		NI004		Dini03		NI002		NI004		Dini03	
	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]	max ΔH [mm]	min ΔH [mm]
7	0,14	0,09	0,21	0,10	0,10	0,06	0,14	0,09	0,19	0,11	0,10	0,06	0,14	0,09	0,21	0,11	0,09	0,06
10	0,16	0,09	0,18	0,10	0,10	0,06	0,17	0,07	0,19	0,11	0,10	0,06	0,14	0,09	0,19	0,11	0,10	0,05
12	0,15	0,09	0,18	0,11	0,10	0,06	0,17	0,08	0,19	0,10	0,10	0,06	0,18	0,10	0,22	0,12	0,12	0,06
14	0,17	0,09	0,19	0,10	0,10	0,06	0,16	0,08	0,19	0,11	0,11	0,05	0,21	0,11	0,22	0,11	0,14	0,06
16	0,19	0,11	0,20	0,11	0,10	0,06	0,27	0,09	0,21	0,13	0,11	0,06	0,28	0,13	0,24	0,12	0,17	0,08
18	X	X	0,24	0,13	0,42	0,16	X	X	0,24	0,14	X	X	X	X	0,30	0,18	X	X
20	X	X	0,23	0,13	0,51	0,20	X	X	0,22	0,13	X	X	X	X	0,23	0,14	X	X
22	X	X	0,21	0,13	0,16	0,07	X	X	0,21	0,13	X	X	X	X	0,22	0,14	X	X
24	X	X	0,19	0,11	0,14	0,07	X	X	0,21	0,11	0,14	0,07	X	X	0,20	0,12	0,17	0,08
26	0,36	0,14	0,19	0,11	0,15	0,07	X	X	0,21	0,12	0,15	0,06	X	X	0,24	0,13	0,14	0,07
28	0,28	0,13	0,19	0,11	0,14	0,07	X	X	0,23	0,14	0,14	0,08	X	X	0,24	0,13	0,14	0,07
30	0,20	0,12	0,19	0,11	0,13	0,07	0,25	0,06	0,24	0,13	0,14	0,07	X	X	0,24	0,14	0,13	0,07
32	0,19	0,09	0,22	0,13	0,15	0,07	0,26	0,08	0,29	0,14	0,13	0,07	0,25	0,13	0,28	0,17	0,33	0,14
34	0,23	0,12	0,28	0,15	0,23	0,08	0,21	0,08	0,27	0,16	0,58	0,23	0,29	0,14	X	X	1,08	0,35
36	0,19	0,10	0,24	0,14	0,20	0,08	0,18	0,07	0,27	0,16	0,15	0,07	0,20	0,11	X	X	0,54	0,24
38	0,21	0,10	0,25	0,12	0,15	0,07	0,19	0,09	X	X	0,49	0,17	0,20	0,11	X	X	0,55	0,20
40	0,19	0,11	0,31	0,16	0,47	0,13	0,20	0,07	0,42	0,16	0,55	0,17	0,19	0,10	X	X	0,97	0,23
42	0,21	0,10	0,22	0,13	0,57	0,16	0,21	0,09	0,31	0,15	0,76	0,29	0,24	0,11	X	X	1,29	0,33
44	0,22	0,11	0,31	0,14	X	X	0,21	0,11	0,43	0,15	X	X	X	X	X	X	X	X

W tabeli 7.37 widać wyraźnie przewagę niwelatora Dini 03 nad pozostałymi modelami w początkowych zakresach częstotliwości. Dla wyższej energii drgań niwelator Dini 03 jest najgorszym wyborem, a wyniki uzyskiwane przez niego są niewiarygodne.

## **8. Propozycja wytycznych do prac niwelacyjnych określonych na podstawie wyników badań**

Definiując propozycję wytycznych do prac niwelacyjnych w warunkach drgań o parametrach przebadanych w niniejszej rozprawie należy założyć, że prace takie będą wykonywane przede wszystkim z wykorzystaniem niwelatorów cyfrowych. Większość przedsiębiorstw nie posiada na wyposażeniu niwelatorów analogowych, a wyceny kosztów i czasu realizacji prac opierają się na założeniu, że pomiary są realizowane najszybszymi technikami, czyli niwelatorami cyfrowymi. Na rynku jest niewielka podaż niwelatorów analogowych, a inwestowanie w sprzęt tego typu tylko dla realizacji jednego zadania jest ekonomicznie nieuzasadnione. Projektując sieci pomiarowe do wykrywania przemieszczeń pionowych w warunkach drgań należy w pierwszej kolejności uzyskać informację o:

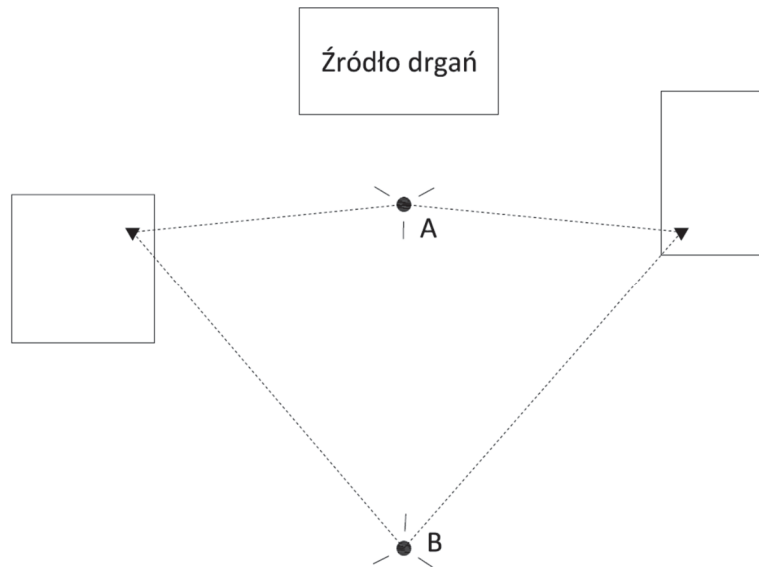
- lokalizacji urządzeń wywołujących drgania;
- częstotliwościach drgań generowanych przez ich źródła;
- rozmieszczeniu reperów kontrolowanych względem źródeł drgań.

W trakcie badań przedstawionych w rozprawie wykazano, że częstotliwości 0 – 16 Hz oraz 24 – 32 Hz są stosunkowo bezpieczne dla pomiarów niwelacyjnych, zarówno pod kątem zgodności uzyskiwanych wyników z wartościami prawdziwymi przemieszczeń, jak i wartości błędów średnich przemieszczeń szacowanych. W takich warunkach nie jest konieczne stosowanie dodatkowych zabiegów redukujących negatywny wpływ drgań, jednak należy zachować ostrożność z uwagi na fakt, że nie przebadano wpływu tych częstotliwości na dokładność niwelacji precyzyjnej przy silniejszej amplitudzie ani zmiennej długości nóg statywu. Dla pozostałych przebadanych częstotliwości i częstotliwości nieprzebadanych, mogących powodować negatywne skutki dla niwelacji precyzyjnej należy zastosować szereg zabiegów kompensujących negatywny wpływ drgań.

### **8.1. Wprowadzanie do sieci przewyższenia zmierzonego poza strefą drgań**

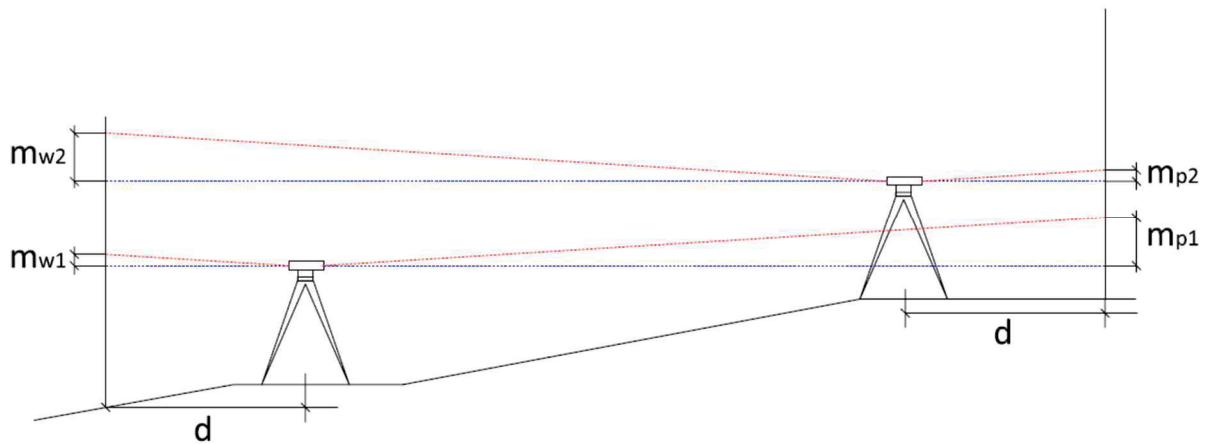
Zabiegiem rzutującym najlepiej na dokładność i wiarygodność wyznaczenia przemieszczeń w warunkach drgań jest pomiar przewyższeń do reperów znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie źródła drgań w taki sposób, aby stanowisko niwelatora znalazło się poza strefą oddziaływania źródła. Doświadczenia opisane w rozprawie dowodzą jednoznacznie, że dla sieci o wysokim poziomie niezawodności obserwacje takie będą miały największą wagę.





**Ryc. 8.1.** Przykładowe ustawienie stanowiska niwelatora oddalające instrument od źródła drgań

Wcześniejsze opracowania wykazały, że wpływ drgań na łatę jest znikomy w porównaniu z ich wpływem na niwelator (Schramm, 1986; Mąkolski i inni, 2008). Jeżeli istnieje możliwość odsunięcia stanowiska niwelatora od źródła drgań zapewniając jednocześnie równe odległości do łat, należy to zrobić. Sytuację taką obrazuje ryc. 8.1. Ustawienie stanowiska niwelatora „B” jest korzystniejsze niż „A”, z uwagi na większą odległość niwelatora od źródła drgań. Równe długości celowych są zachowane dla obu przypadków. Gdy odsunięcie od źródła drgań skutkuje niezachowaniem równych odległości do obu łat, należy przeanalizować czy skutek zróżnicowania długości celowych nie popełnia się większego błędu z tytułu nachylenia quasihoryzontu niż z tytułu wpływu drgań na odczyty. Przyjmuje się, że nachylenie quasihoryzontu nie przekracza 5” (Baran i inni, 1993), co skutkuje maksymalnym błędem oszacowania przewyższenia 0,024 mm dla każdego metra różnicy między długościami celowych. Odchyłkę tą, podobnie jak wpływ refrakcji można zniwelować wykonując ponowny pomiar tego samego przewyższenia przy odwróconych proporcjach długości celowych. Sytuację taką obrazuje ryc. 8.2.



**Ryc. 8.2.** Eliminacja wpływu błędu nachylenia quasihoryzontu na pomiar pojedynczego przewyższenia

Wpływ występowania błędów odczytów z tytułu nie poziomej osi celowej jest następujący:

$$\Delta h_1 = w1 - p1 + m_{w1} - m_{p1} \quad [8.1]$$

$$\Delta h_2 = w2 - p2 + m_{w2} - m_{p2} \quad [8.2]$$

Ponieważ:

$$m_{w1} = m_{p2} \text{ i } m_{w2} = m_{p1} \quad [8.3]$$

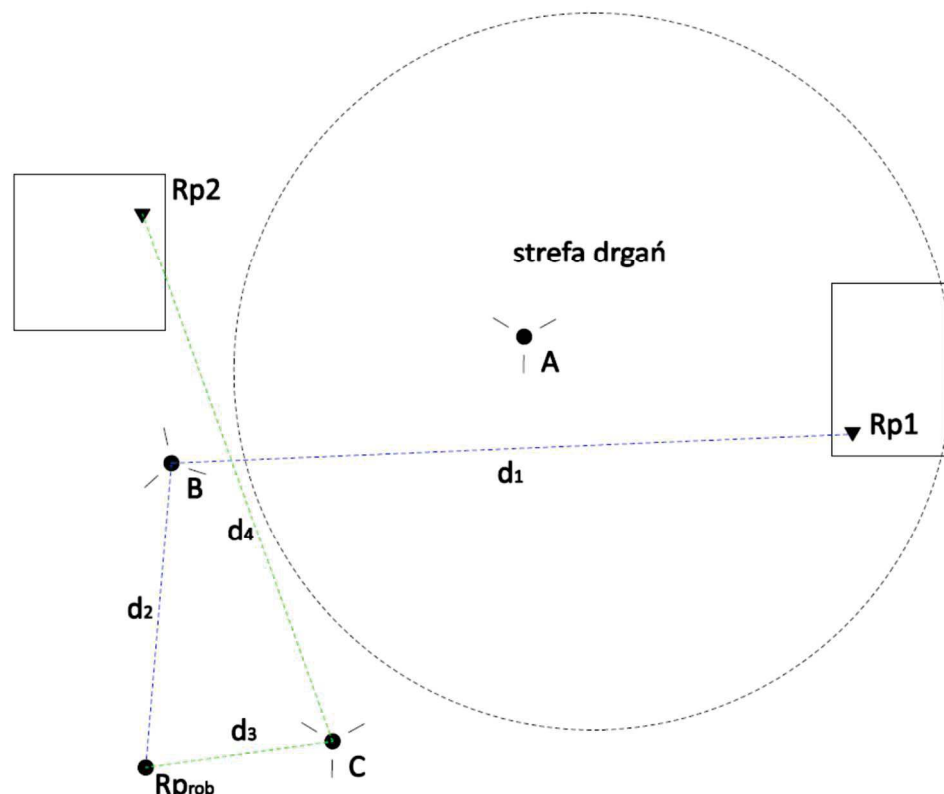
Średnia z przewyższeń pomierzonych w dwóch stanowiskach jest wolna od wpływu nachylenia quasihoryzontu i wynosi:

$$\Delta h_{sr} = \frac{1}{2}(w1 - p1 + w2 - p2) \quad [8.4]$$

Taka czynność będzie zasadna, gdy oba przewyższenia z obu stanowisk zostaną zmierzone z taką samą dokładnością. Jeśli w wyniku przestawienia stanowiska niwelator znajdzie się bliżej źródła drgań, zabieg taki będzie szkodliwy, ponieważ pomiar zilustrowany na ryc. 8.2 eliminuje jedynie wpływ nierównych celowych a nie drgań. Stosując ustawienie zaprezentowane na ryc. 8.2 należy mieć na uwadze, aby odległości od źródła drgań obu stanowisk niwelatora były podobne.

Nie zawsze istnieje możliwość pomiaru w dwóch symetrycznie mimośrodowych ustawieniach stanowiska niwelatora. Jeśli pomiar taki jest niemożliwy, a wszystkie obserwacje potrzebne do wyznaczenia przemieszczenia danego repera wykonuje się w strefie drgań, należy rozważyć konieczność podzielenie mierzonego przewyższenia na dwa mimośrodowo

ustawione stanowiska niwelatora, gdzie każde ze stanowisk znajduje się poza strefą drgań. Przykład takiego rozwiązania obrazuje ryc. 8.3. Naturalną lokalizacją stanowiska niwelatora przy pomiarze przewyższenia między reperami Rp1 i Rp2 jest punkt A. Stanowisko to znalazłoby się jednak w strefie drgań, a obserwacja wykonana w punkcie A obarczona byłaby błędami z tego tytułu. Można zastosować wobec tego dwa stanowiska B i C, oba zlokalizowane poza strefą drgań, jednak odbywa się to kosztem wprowadzenia mimośrodowych celowych. Jeżeli jednak stanowiska zostaną dobrane w takie sposób, że  $d_1 - d_2 = d_4 - d_3$ , to błąd quasihoryzontu wywołany wprowadzonym mimośrodem oraz wpływ refrakcji na przewyższenie między Rp1 i Rp2 jest redukowany na podstawie zależności analogicznych do opisanych w [8.1 – 8.4]. Dodatkowo odległości obu stanowisk od źródła drgań są podobne. Wysokość roboczego stanowiska Rp<sub>rob</sub> zostaje wyznaczona błędnie, ale przewyższenie między reperami Rp1 i Rp2 nie. Jedynym kosztem tego rozwiązania jest zwiększenie błędu wyznaczenia mierzonego przewyższenia o około 1,4 razy, jako że jest ono mierzone za pomocą dwóch, a nie jednego stanowiska.

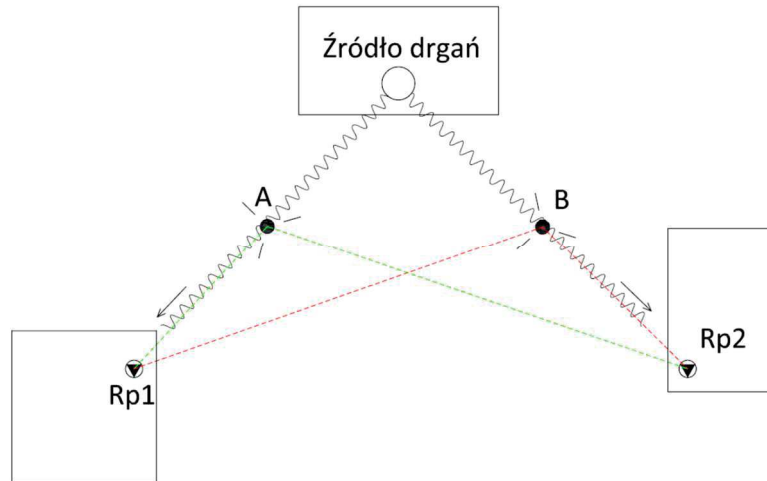


**Ryc. 8.3.** Eliminacja wpływu drgań na mierzone przewyższenie przez zastosowanie dwóch mimośrodowych stanowisk niwelatora

Należy więc dążyć do pomiaru jak największej liczby przewyższeń poza strefą drgań. Jeśli wymaga to wydłużenia celowych poza dopuszczalną wartość 40 m (Baran i inni, 1993), należałoby przeanalizować, czy błąd powstały w wyniku wydłużenia celowej nie przekracza błędu wyznaczenia przemieszczenia w wyniku występowania drgań. Temat ten nie został rozwinięty w niniejszej rozprawie, natomiast współczesne instrumenty cyfrowe dobrze radzą sobie z wykonywaniem odczytów przy długich celowych. Należałoby wykonać wielokrotny pomiar przewyższenia przy wydłużonych celowych w celu wyznaczenia błędu średniego pojedynczego spostrzeżenia dla danej odległości. Wyniki takiej analizy należy porównać z wartościami błędów pojedynczego spostrzeżenia wykorzystanymi w doświadczalnych wyrównaniach sieci wykonanych na potrzeby niniejszej pracy. Wydłużenie celowych można stosować, gdy dokładność wyznaczenia przewyższenia za pomocą długich celowych jest wyższa niż w przypadku lokalizacji stanowiska w strefie drgań. Dodatkowo, można różnicować długość celowych na stanowisku, pod warunkiem kompensacji błędów z tego tytułu kolejnym symetrycznym stanowiskiem mimośrodowym (ryc. 8.3).

## 8.2. Redukcja wpływu kierunkowości drgań

Badania opisane w niniejszej rozprawie wskazują na zmienny wpływ drgań przy zmianie kierunku drgań w stosunku do kierunku celowych. Zjawisko to zostało wykryte a podstawie wcześniejszych badań (Schramm, 1985). Obecne badania wykazały, że w przypadku wykonywania pomiarów w strefie drgań najkorzystniejsze wyniki dają wartości obserwacji uśrednione z różnych ustawień celowych względem źródła drgań. Jeżeli nie ma możliwości ustawienia stanowiska niwelatora poza strefą drgań, należy organizować pomiar przewyższenia między dwoma reperami z kilku stanowisk, zorganizowanych w sposób, gdzie kierunki celowych względem kierunku do źródła drgań będą zmienne. Ryc. 8.4 ilustruje przykładowe ustawienie stanowisk niwelatora względem źródła drgań i stanowisk łat. Długości celowych zostały dobrane tak jak w przypadku zaprezentowanym na ryc. 8.2, dzięki temu wpływ nachylenia quasihoryzontu i refrakcji powinien zostać zminimalizowany. Na stanowisku A celowa do łaty wstecz znajdującej się na punkcie Rp1 pokrywa się z kierunkiem fali generowanej przez źródło drgań, w przypadku stanowiska B, kierunek drgań pokrywa się z celową do łaty w przód.



**Ryc. 8.4.** Przykład redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia

Drgania generują na stanowisku A błąd odczytu na łacie wstecz  $mw_{drA}$ , a na łacie w przód  $mp_{drA}$ , a na stanowisku B na łacie wstecz  $mw_{drB}$ , a na łacie w przód  $mp_{drB}$ . Ponieważ kierunek drgań pokrywa się z celową wstecz na stanowisku A i z celową w przód na stanowisku B, to powinny zachodzić zależności:

$$mw_{drA} = mp_{drB} \text{ i } mp_{drA} = mw_{drB} \quad [8.5]$$

Układając równanie na średnią z dwóch ustawień statywu i uwzględniając zależności [8.3] otrzymujemy:

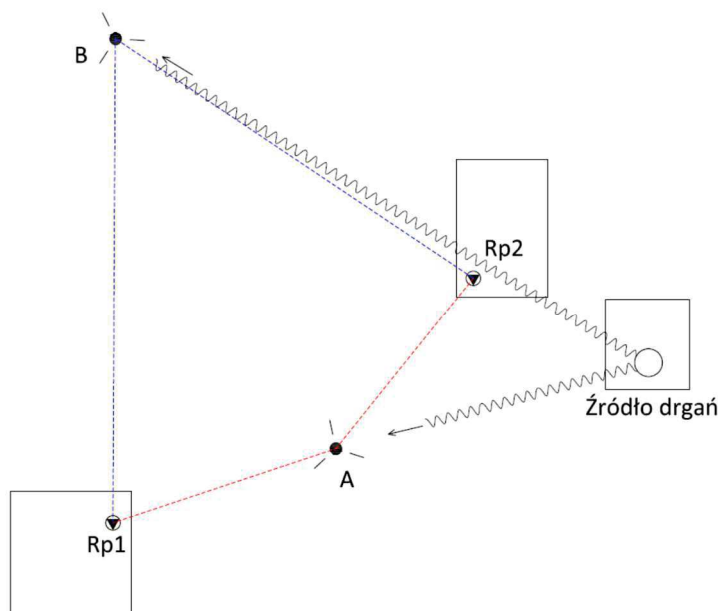
$$\Delta h_{sr} = \frac{1}{2} (w1 - p1 + w2 - p2 + mw_{drA} - mp_{drA} + mw_{drB} - mp_{drB}) \quad [8.6]$$

Podstawiając do [8.6] zależności z [8.5] otrzymamy zależność identyczną jak w przypadku [8.4], zatem wpływy drgań na odczyty z łat powinny się teoretycznie znieść. W praktyce dużo zależy od ośrodka w jakim rozchodzą się drgania a także rzadko zdarzy się sytuacja w której źródło drgań będzie ułożone symetrycznie względem reperów. W przypadku nieregularnych układów należy szukać takich ustawień stanowisk niwelatora, aby wpływ kierunkowości drgań był redukowany przynajmniej w pewnym stopniu. Aby to osiągnąć należy zapewnić:

- równą długość celowych do łat wstecz i w przód, lub ich różnicowanie zgodnie z ryc. 8.2;
- minimalne nachylenie quasihoryzontu przez odpowiednią rektyfikację instrumentu;
- maksymalne oddalenie stanowiska niwelatora od źródła drgań;

- zróżnicowanie kątów między kierunkiem drgań a kierunkami celowych;

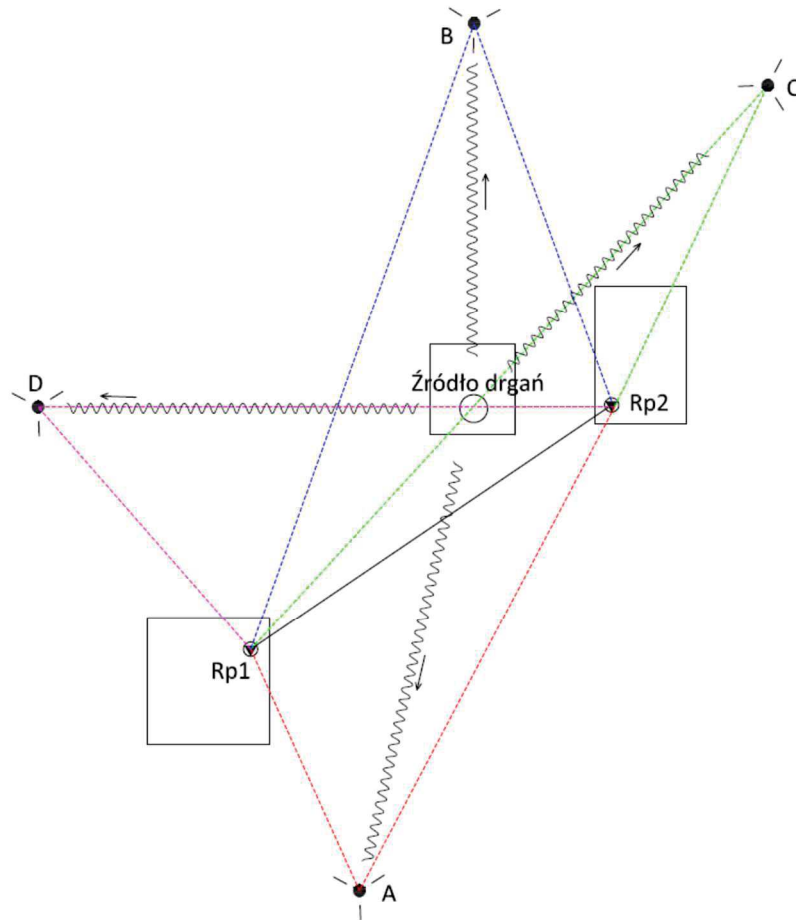
W przypadku braku możliwości różnicowania kątów należy dążyć do układu, w którym kierunek drgań od źródła pokrywa się z dwusieczną kąta utworzonego przez celowe do łąt wstecz i w przód. Jest to sytuacja symulowana I ustawieniem nóg statywu stosowanym w badaniach nad rozprawą. W zdecydowanej większości przypadków ustawienie to daje lepsze wyniki niż ustawienia II i III. Przykłady rozmieszczenia stanowisk względem reperów i źródła drgań obrazują ryc. 8.5 i 8.6. W przykładzie zaprezentowanym na ryc. 8.5 zachowano jednakowe długości celowych na każdym ze stanowisk, a kierunek drgań pokrywa się na stanowisku A z celową wstecz, natomiast na stanowisku B z celową w przód. Zgodnie z [8.6] niekorzystny wpływ drgań na pomiar przewyższenia powinien się redukować dla średniej z przewyższeń uzyskanych ze stanowiska A i B.



**Ryc. 8.5.** Przykład redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia

Ryc. 8.6 przedstawia sytuację, gdzie na stanowiskach A i B kierunek drgań jest zbliżony do dwusiecznej kąta tworzonego przez celowe. Długości celowych nie są jednakowe dla poszczególnych stanowisk, jednak powinny się w pewnym stopniu kompensować z tytułu zależności przedstawionych na ryc. 8.2. Ponadto, błędy przewyższeń pomierzonych na stanowiskach C i D także powinny się w pewnym stopniu zredukować, jako że różnice w proporcjach celowych są zbliżone do sytuacji z ryc. 8.2, a także kierunek drgań pokrywa się

na stanowisku C z celową na łąkę wstecz, a na stanowisku D z celową na łąkę w przód. Dodatkowo wszystkie stanowiska niwelatora zostały odsunięte od źródła drgań.



**Ryc. 8.6.** Przykład redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia

W praktyce trudno jest jednak dopełnić wszystkich wymienionych warunków, ponieważ układy geometryczne repery-statyw-źródło drgań są nieregularne, a w terenie występują przeszkody zasłaniające celowe. Rozstawienie stanowisk zaprezentowane na ryc. 8.6 jest możliwe do wykonania pod warunkiem, że źródło drgań nie przesłania celowej. Należy także zwracać uwagę na wysokość osi celowej nad przeszkodami, a także na uwarunkowania ekonomiczne. Pomiar jednego przewyższenia w 4 stanowiskach niwelatora jest sytuacją nietypową w codziennej praktyce inżynierskiej.

### 8.3. Zwiększenie liczby obserwacji w sieci

Analizy wykazują, że wariant wyrównania sieci z wykorzystaniem większej liczby obserwacji (sieć pełna) daje lepsze wyniki niż wariant z obserwacjami zredukowanymi. Zwiększenie liczby obserwacji będzie korzystnie wpływać na błędy oszacowania przemieszczeń a także na

niezawodność sieci. Warto podkreślić, że poziom niezawodności sieci jest tym wyższy, im wyższy jest stopień kontrolowalności obserwacji w sieci, bezpośrednio związany z występowaniem nadliczbowości obserwacji [Prószyński i Kwaśniak, 2004]. Dla sieci o wysokim poziomie niezawodności łatwo jest wykryć obserwacje odstające dokładnościowo od pozostałych, w przypadku wprowadzenia do sieci obserwacji o zróżnicowanej dokładności (obserwacje wykonane w strefie drgań i poza nią), co może mieć to kluczowe znaczenie w procesie wyrównania.

#### 8.4. Wyznaczenie błędu pojedynczego spostrzeżenia w terenie

Nie sposób przewidzieć wszystkich warunków terenowych na jakie można trafić podczas wykonywania pomiarów niwelacyjnych. W warunkach drgań o nieznanymi parametrach istnieje możliwość sprawdzenia w terenie dokładności pomiaru na podstawie wyznaczenia błędu pojedynczego spostrzeżenia. Należy w warunkach drgań wykonać co najmniej 20-krotny pomiar tego samego przewyższenia, najlepiej dla co najmniej dwóch różnych co do geometrii układu celowych i kierunku drgań stanowisk niwelatora. Rozrzut pojedynczych wyników wokół średniej na stanowisku pozwoli oszacować obliczyć błąd średni pojedynczego spostrzeżenia, zarówno pozwalającego prawidłowo zrównoważyć układ równań, a także ocenić pewną przypadkowość wyników. Zgodność średnich wartości przewyższeń z dwóch stanowisk może świadczyć o wiarygodności pomiarów. Im mniejszy rozrzut (mniejszy błąd średni) i większą zgodność średnich się uzyska, tym większa szansa, że drgania występujące w otoczeniu nie wpływają negatywnie na wyniki pomiarów niwelacyjnych. W przypadku występowania dużych rozbieżności należy wprowadzać zabiegi redukujące negatywny wpływ drgań.

#### 8.5. Podział sieci na dwa rzędy

Podział sieci niwelacyjnej na dwa rzędy dokładności jest proponowany dla sieci mierzonych częściowo w trudnych warunkach pomiarowych (Hermanowski, 1993). Dotyczy zatem także pomiarów częściowo wykonywanych w strefach drgań. Repery pierwszego rzędu są mierzone w warunkach wolnych od drgań, zaś te repery, których przemieszczenia wyznacza się za pomocą obserwacji pozyskanych w strefie drgań zalicza się do rzędu drugiego, a obserwacje te wyrównuje się osobno, w nawiązaniu do reperów pierwszego rzędu. Zabieg taki eliminuje ryzyko wpływu niekorzystnych warunków, w tym przypadku drgań na całość sieci. Zjawisko



takie może mieć miejsce w sieciach o niskim poziomie niezawodności, gdzie ze względu na czynniki ekonomiczne projektuje się ograniczoną liczbę obserwacji dla danego repera.

#### 8.6. Dobór odpowiedniego instrumentu

Analizy wykazały, że dla niektórych parametrów drgań stosowanie niwelatorów analogowych jest korzystniejsze z punktu widzenia dokładności i wiarygodności wyników. W rezonansowych zakresach częstotliwości 18 – 22 Hz należy rozważyć stosowanie niwelatorów libellowych, natomiast w przedziałach częstotliwości większych niż 32 Hz lepiej od niwelatorów cyfrowych prezentują się niwelatory analogowe samopoziomujące. Oczywiście wybór taki podyktowany jest względami ekonomicznymi i logistycznymi. Mało które z przedsiębiorstw będzie inwestować w trudno dostępny sprzęt analogowy tylko dla realizacji jednego zadania. Zastosowanie niwelatorów analogowych raczej zasadne jest dla wykonawców posiadających już taki sprzęt, jednak tu mogą decydować czynniki takie jak problemy w transporcie dwóch zestawów niwelacyjnych lub szybkość pomiaru. W aspekcie szybkości pomiaru niwelatora cyfrowy wcale jednak nie musi być lepszy niż niwelatory analogowe, biorąc pod uwagę konieczność zakładania kilku stanowisk dla pojedynczej obserwacji, lub wyznaczania błędu pomiaru pojedynczego spostrzeżenia w terenie.

#### 8.7. Zastosowanie sprzętu tłumiącego drgania

Niezależnie od wyżej opisanych spostrzeżeń dotyczących pracy w warunkach drgań, zawsze warto stosować podkładki amortyzacyjne pod niwelator lub nogi statywu. Rozwiązanie takie jest polecane przez wielu autorów opisujących badane zjawisko (np. Baran i inni, Gmyrek i inni, 1990). Warto też podejmować próby modyfikacji długości nóg statywu w celu zmniejszenia podatności na częstotliwości rezonansowe układu statyw-niwelator.

Niezależnie od występujących warunków drgań należy rozważyć stosowanie łącznie wszystkich wymienionych sposobów na redukcję wpływu wibracji. Wpływ ten może okazać się nieprzewidywalny dla pewnych kombinacji parametrów, zwłaszcza w sytuacjach, gdzie występuje interferencja fal pochodzących z dwóch lub większej liczby źródeł drgań. W niniejszej rozprawie nie analizowano takich przypadków, jako że jest to symulacja na tyle złożona, że wymaga osobnego opracowania.

## 9. Podsumowanie i wnioski

Główne cele rozprawy doktorskiej dotyczyły badania wpływu drgań na dokładności wyznaczenia przemieszczeń pionowych, oceny wpływu drgań w zależności od ich częstotliwości i amplitudy oraz analizy wpływu struktury sieci pomiarowo-kontrolnej na możliwość wyznaczenia przemieszczeń pionowych punktów kontrolowanych znajdujących się w strefie wpływu drgań. Przeprowadzone zostały badania zaprojektowanej sieci pomiarowo-kontrolnej, wykonana została teoretyczna i empiryczna analiza uzyskanych wyników pomiarów oraz analiza przemieszczeń pionowych wyznaczonych na podstawie pozyskanych zbiorów obserwacji geodezyjnych. W wyniku tych prac zostały potwierdzone tezy postawione na wstępie rozprawy tezy. Prezentowane rozważania teoretyczne i numeryczne pozwoliły także na wyciągnięcie następujących, ogólnych wniosków:

1. Wykonane badania dla wybranych uwarunkowań wykazały zmienną podatność poszczególnych modeli niwelatorów na drgania. Szczegółowej analizie poddano wpływ następujących czynników na dokładność pomiarów przemieszczeń:
  - model niwelatora;
  - liczbę obserwacji w sieci – obliczenia wykonano w dwóch wariantach wyrównania;
  - zmienną amplitudę drgań – osiąganą poprzez zmianę masy ciężarka generatora drgań;
  - zmienną częstotliwość drgań – w zakresie od 0 do 44 Hz;
  - kierunek drgań względem osi celowej – pomiary wykonywano w trzech ustawieniach nóg statywu;
  - liczbę pojedynczych odczytów na łacie w przypadku niwelatora cyfrowego – zastosowano pomiar pojedynczy i potrójny.

Ocenie poddano następujące parametry dokładnościowe:

- średni błąd wyznaczenia przemieszczenia pojedynczego repera;
  - odchylenie wartości zmierzonego przemieszczenia od wartości prawdziwej, zdefiniowanej jako wartość symulowaną poprzez zmianę wertykalnego położenia głowicy reperów regulowanych.
2. Wszystkie trzy przebadane niwelatory wykazują cechy predysponujące je do pomiarów w określonych warunkach drgań, występowanie zaś innych warunków uniemożliwia precyzyjne pomiary niwelacyjne. Niektóre zakresy parametrów drgań

wpływają nieznacznie na pomiar przebadanymi niwelatorami analogowymi, inne warunki z kolei całkowicie eliminują możliwość wykonania odczytu. Niwelator cyfrowy wykazuje wysoką odporność na drgania w zakresach, w których niwelatory analogowe tracą dokładność, jednak istnieją kombinacje parametrów drgań, przy których pomimo możliwości wykonania odczytów wyniki są zupełnie niewiarygodne.

3. W każdym przypadku wyrównanie z wykorzystaniem większej liczby obserwacji jest korzystniejsze pod względem dokładności i odchyleń wartości przemieszczeń. Z praktycznego punktu widzenia nie ma potrzeby jednak zwiększania liczby obserwacji w sytuacjach, gdzie parametry drgań mają niewielki wpływ na wyniki pomiarów, ponieważ redukcja liczby obserwacji skutkuje w takich przypadkach zwiększeniem wartości błędów do akceptowalnego dla zadań inżynierskich poziomu. Projektując sieci należy brać pod uwagę czynnik ekonomiczny, a zwiększenie liczby obserwacji powinno mieć miejsce dla pomiarów w warunkach istotnie wypaczających wyniki pomiaru.
4. Zwiększenie masy ciężarka generatora zwiększa błędy wyznaczenie przemieszczeń i wiarygodność wyników, jednak nie zawsze przekłada się bezpośrednio na linowe wychylenie niwelatora. Sama wartość amplitudy jest zatem niewystarczająca do określenia wpływu na dokładność niwelacji, należy ją rozpatrywać wspólnie wraz z częstotliwościami drgań. Zwiększanie częstotliwości także nie zawsze skutkuje spadkiem dokładności, jednak dla wszystkich niwelatorów zaobserwowano te same tendencje do zwiększeniem wartości błędów średnich i odchyleń dla danych przedziałów częstotliwości. Tendencje te są wzmagane przez wzrost masy ciężarka generatora, jednak nie ma możliwości określenia funkcyjnego stosunku między wartościami błędów czy odchyleń a parametrami drgań.
5. Udowodniono, że kierunek drgań względem położenia osi celowej ma znaczenie w kontekście wpływu drgań na wyniki pomiaru. Wyniki obliczeń z wykorzystaniem uśrednionych z trzech ustawień nóg statywu przewyższeń wykazują istotnie niższe wartości błędów i odchyleń w stosunku do jakiegokolwiek pojedynczego ustawienia. Różnice na korzyść średniej są wyraźne przede wszystkim dla tych parametrów, które istotnie wypaczają wyniki pomiarów.
6. Nie zaobserwowano znaczących różnic między odczytem pojedynczym a potrójnym dla niwelatora Dini 03. W większości przypadków nieznacznie lepsze wyniki uzyskuje

się z wykorzystaniem odczytów potrójnych, jednak nie jest to regułą. Różnice między tymi wariantami są jednak znikome w porównaniu ze zmianami parametrów dokładnościowych wywołanych drganiami.

7. Dla większej energii drgań, czyli dla konfiguracji o dużej masie ciężarka i wysokich częstotliwościach (32+ Hz) najmniej korzystnie prezentuje się niwelator cyfrowy. Dla tych konfiguracji parametrów drgań zarówno wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń, jak i odchylenia od wartości symulowanych są niedopuszczalne z punktu widzenia założeń niwelacji precyzyjnej. Szczególnie niebezpieczne mogą okazać się sytuacje w których występuje niski błąd wyznaczenia przemieszczenia, jednak wartość samego przemieszczenia jest daleka od wartości prawdziwej. Niwelator Dini03 charakteryzował się odchyleniami od wartości symulowanych ponad 1 mm, co dyskwalifikuje ten sprzęt przy pomiarach w warunkach skutkujących występowaniem błędów i odchyłeń tego rzędu.
8. Wykrycie przemieszczenia jest uzależnione od wartości błędu jego wyznaczenia, w przypadku założenia, że jako istotne przyjmuje się przemieszczenie równe lub większe niż podwójna wartość błędu średniego jego wyznaczenia, w zależności od warunków i typu niwelatora można wykryć przemieszczenia o zmiennym rzędzie wielkości.

#### Propozycje dalszych badań

Badania opisane w rozprawie nie wyczerpują tematu pomimo swojej obszerności. Przy kontynuacji prac badawczych należy zwrócić uwagę na następujące aspekty:

- zwiększenie zakresów badanych częstotliwości. Aby to osiągnąć należy rozważyć zmianę sposobu generowania drgań symulowanych;
- dostosowanie symulowanych parametrów drgań do rzeczywistych warunków panujących w halach przemysłowych i na budowie;
- rozpatrzenie wpływu interferencji fal pochodzących z wielu źródeł drgań ze szczegółową analizą wpływu kierunkowości drgań;
- rozpoznanie wpływu smukłości statywu i długości jego nóg na podatność instrumentu na drgania;
- rozpoznanie wpływu drgań dla innych niż przebadane modele niwelatorów;

- rozpoznanie wpływu wartości liniowych wychyleń niwelatora i ich kierunków na badane właściwości. W niniejszej rozprawie nie określono bezpośredniej zależności między amplitudą drgań własnych niwelatorów a dokładnością pomiaru – zaobserwowano jedynie konieczność rozpatrywania częstotliwości i amplitudy wspólnie jako kombinację parametrów wpływających na dokładność pomiaru;
- zbadanie wpływu energii drgań zależnej od częstotliwości i amplitudy drgań na dokładności pomiarowe;
- zbadanie przeanalizowanych aspektów na przykładach większych sieci pomiarowo-kontrolnych.

## 10. Literatura

1. Adamczewski Z. (2004) *Rachunek wyrównawczy w 15 wykładach*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
2. Adamczewski Z. (2005) *Teoria błędów dla geodetów*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
3. Bayraktar A., Türker T., Tadla J., Kurşun A., Erdiř A. (2017) *Static and dynamic field load testing of the long span Nissibi cable-stayed bridge*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 94, Pages 136-157, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.01.019>
4. Bednarz J., Brożek G., Targosz J. (2017) *Symulacja rozchodzenia się fali drganiowej od torowiska tramwajowego*, Radom, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe
5. Beluch J. Frukacz M., Mróz J., Pokrzywa A., Szczutko T. (2008) *Badania laboratoryjne niwelatorów i precyzyjnych łat niwelacyjnych*, Kraków, Wydawnictwo AGH
6. Bernatt J., Glinka T., Polak A. (2021) *Badanie drgań maszyn elektrycznych*, Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe Nr 2/2021 (126)
7. Beshr A., Elanga I. (2011) *Investigating the accuracy of digital levels and reflectorless total stations for purposes of geodetic engineering*, Alexandria, Alexandria Engineering Journal, Volume 50 (4), Pages 399-405, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2011.12.004>
8. Bilski E. (1965) *Ćwiczenia z geodezji wyższej*, Łódź, Państwowe Wydawnictwo Naukowe
9. Bryś H., Przewłocki S. (1998) *Geodezyjne metody pomiaru przemieszczeń budowli*, Warszawa, PWN
10. Buśko M., Frukacz M., Szczutko T. (2014) *Classification of precise levelling instruments referring to the measurements of historic city centres*, Wilno, The 9th International Conference "Environmental engineering 2014"
11. Cao Z., Guo T., Zhang Z., Li A., (2018) *Measurement and analysis of vibrations in a residential building constructed on an elevated metro depot*, Amsterdam, Measurement, Volume 125, Pages 394-405, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.05.010>
12. Cempel C. (1985) *Diagnostyka wibroakustyczna maszyn*, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej

13. Ćmielewski K., Kuchmister J. (1999) *Wpływ natężenia oświetlenia na pomiar położenia sygnalizowanego punktu geodezyjnego w pomieszczeniach zamkniętych*, Warszawa, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy automatyzacji w geodezji inżynierskiej”
14. Deumlich F. (1980) *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik VEB*, Berlin, Verlag für Bauwesen
15. Dimitrov N., Georgiev I., Danchev P. (2020) *Refraction correction in precise levelling observations for national levelling network first order*, *Geodesy and Cartography*, 46(4), Pages 159-162, <https://doi.org/10.3846/gac.2020.11555>
16. Duchnowski R. (2020) *Vertical displacement analysis based on application of univariate model for several chosen estimation methods*, W: *Proceedings of FIG Working Week 2020*, Pages 1–13, <https://doi.org/10.3846/gac.2020.11555>
17. Dulińska J., Kawecki J., Koziół K., Stypuła K., Tataro T. (2014) *Oddziaływania parasejsmiczne przekazywane na obiekty budowlane*, Kraków, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej
18. Elnabwy M., Kaloop M., Elbeltagi E. (2013) *Talkha steel highway bridge monitoring and movement identification using RTK-GPS technique*, *Measurement*, Volume 46 (10), Pages 4282-4292, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.08.014>
19. Gassner G., Ruland R., Dix B. (2004) *Investigations of Digital Levels at the SLAC Vertical Comparator*, CERN Genewa, Konferencja “8th International Workshop on Accelerator Alignment”
20. Ghiasi A., Moghaddam M.K., Ng C.T., Sheikh A.H., Shi J.Q. (2022) *Damage classification of in-service steel railway bridges using a novel vibration-based convolutional neural network*, *Engineering Structures*, Volume 264, 114474, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.114474>
21. Gičev V., Trifunac M.D., Todorovska M.I., Kocaleva M., Stojanova A., Kokalanov V. (2021) *Ambient vibration measurements in an irregular building*, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Volume 141, 106484, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106484>
22. Gmyrek J. i współautorzy (1990) *Geodezja inżynierska Tom I*, Warszawa, Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. E. Romera S.A.

23. Gocał J., Otrył Ł., Owerko T., Kuras P., Kocierz R., Cwiąkała P., Puniach E., Sukta O., Bałut A. (2013) *Determination of displacements and vibrations of engineering structures using ground-based radar interferometry*, Kraków, Wydawnictwo AGH
24. Gołuch P., Kuchmister J., Ćmielewski K., Kaczorowski M., Ćmielewski B., (2015) *Ocena stałości osi celowej instrumentów geodezyjnych (TC2003 i DNA03) podczas automatycznych pomiarów odległości, kątów pionowych, kierunków poziomych i wysokości w podziemnych korytarzach* Laboratorium Geodynamicznego CBK PAN Książ, Warszawa-Serock, XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Aktualne problemy w geodezji inżynierskiej”
25. Hermanowski A. (1993) *Pomiary przemieszczeń pionowych*, Warszawa, Instytut Geodezji i Kartografii
26. Homb A., Kolstad S.T. (2018) *Evaluation of floor vibration properties using measurements and calculations*, Amsterdam, Engineering Structures, Volume 175, Pages 168-176, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.091>
27. Huang S., Wang X., Li C., Kang C. (2019) *Data decomposition method combining permutation entropy and spectral substitution with ensemble empirical mode decomposition*, Measurement, Volume 139, Pages 438-453, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.01.026>
28. Ingensand H. (1999) *The evolution of digital levelling techniques – limitations and new solutions*, Gävle, Konferencja “Geodesy and Surveying in the Future, The Importance of Heights”, Pages 59–68
29. Jakubczyk-Gałczyńska A. (2018) *Predicting the impact of traffic-induced vibrations on buildings using artificial neural networks*, MATEC Web of Conferences 219, Pages 1-7
30. Jamka M. (2011) *Badania przemieszczeń pionowych konstrukcji pod obciążeniem dynamicznym*, Warszawa, Problemy kolejnictwa
31. Jaeger E., Weist K., Gralla M., Wiederkehr P. (2022) *Simulation-based analysis of the propagation behaviour of vibrations generated by reconstruction measures in production environments*, Procedia CIRP, Volume 112, Pages 128-133, <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.09.050>
32. Jemielniak K., (2011) *Sensoryka – czujniki drgań*, Materiały dydaktyczne Politechniki Warszawskiej, Wydział Inżynierii Produkcji, Instytut Technik Wytwarzania



33. Kadaj R. (1998) *Modele, metody i algorytmy obliczeniowe sieci kinematycznych w geodezyjnych pomiarach przemieszczeń i odkształceń obiektów*, Kraków, Wydawnictwo Akademii Rolniczej
34. Karsznia K. (2008) *Geodezyjny i geotechniczny monitoring obiektów inżynierskich w ujęciu dynamicznym. Wykrywanie słabych punktów*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne
35. Kovačič B., Kamnik R., Pustovgar A., Vatin N. (2016) *Analysis of Precision of Geodetic Instruments for Investigating Vertical Displacement of Structures*, Procedia Engineering, Volume 165, Pages 906-917, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.800>
36. Kuo K.A., Papadopoulos M., Lombaert G., Degrande G. (2019) *The coupling loss of a building subject to railway induced vibrations: Numerical modelling and experimental*, Journal of Sound and Vibration, Volume 442, Pages 459-481, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2018.10.048>
37. Kurnatowski M. (2018) *Test of impact of vibrations frequency on mean errors of the precise height differences measurement with analogue automatic leveller Ni002*, Zielona Góra, Civil And Environmental Engineering Reports, Volume 28 (4), Pages 129-137, <https://doi.org/10.2478/ceer-2018-0056>
38. Kurnatowski M. (2020) *Test of vibrations influence on the measurement accuracy in the precise digital leveller Trimble DiNi 03 and comparison of its vibration sensitivity with leveller Ni 002*, Zielona Góra, Civil And Environmental Engineering Reports, Volume 30 (4), Pages 111-124, <https://doi.org/10.2478/ceer-2020-0054>
39. Kurnik W. (2019) *Drgania mechaniczne: 15 podstawowych wykładów*; Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
40. Kwaśniak M., Prószyński W. (2004) *Niezawodność sieci geodezyjnych*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
41. Kwaśniak M., Prószyński W. (2015) *Podstawy geodezyjnego wyznaczania przemieszczeń. Pojęcia i elementy metodyki*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej
42. Lazzarini T. i współautorzy (1977) *Geodezyjne pomiary przemieszczeń budowli i ich otoczenia*, Warszawa, Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych

43. Li X., Chen Y., Zou C., Wu J., Shen Z, Chen Y. (2023) *Building coupling loss measurement and prediction due to train-induced vertical vibrations*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 164, 107644, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107644>
44. Liu F., Ye Z., Wang L. (2022) *Deep transfer learning-based vehicle classification by asphalt pavement vibration*, Construction and Building Materials, Volume 342, Part B, 127997, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127997>
45. Ljunggren F. (2006) *Floor Vibration: Dynamic Properties and Subjective Perception*, Doctoral Thesis Luleå University
46. Lubej S., Kovacic B. (2021) *A Comparative Study of Signal Processing Methods for Contactless Geodetic Monitoring*, Applied Sciences, Volume 11 (23), 11276; <https://doi.org/10.3390/app112311276>
47. Margański S. (1989) *Pomiary niwelacyjne w podstawowych sieciach wysokościowych*, Warszawa, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej
48. Margański S. (1999) *Zmiany parametrów dokładnościowych precyzyjnych niwelatorów samopoziomujących*, Warszawa, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy automatyzacji w geodezji inżynierskiej”
49. Marynowski K. i współautorzy, (2015) *Pomiar parametrów drgań, Izolacja drgań maszyn*, Materiały dydaktyczne Katedry Dynamiki Maszyn Politechniki Łódzkiej
50. Matsuda T., Shimizu T. (2017) *Study on correspondence between evaluation of vibration sensation, average method, and measurement density of acceleration levels for impact vibration in prefabricated housing floor*, Journal of Building Engineering, Volume 10, Pages 124-139, <https://doi.org/10.1016/j.job.2017.02.009>
51. Mąkolski K., Kuchmister J., Karczewski B., Oblicki R. (2008) *Zastosowanie niwelatora kodowego DNA03 do wyznaczania przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych*, Kraków, Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Tom R105, z. 2-Ś, Strony 205-214
52. Mąkolski K. i współautorzy (2015) *Określenie wpływu poprawności konstrukcji precyzyjnych łat niwelacyjnych na dokładność wyznaczania przewyższeń metodą niwelacji geometrycznej*, Warszawa-Serock, XII Konferencja Naukowo-Techniczna „Aktualne problemy w geodezji inżynierskiej”
53. Michel ., Guéguen P., Bard P.Y. (2008) *Dynamic parameters of structures extracted from ambient vibration measurements: An aid for the seismic vulnerability assessment*

- of existing buildings in moderate seismic hazard regions*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Volume 28 (8), Pages 593-604, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2007.10.002>
54. Niyirora R., Ji W., Masengesho E., Munyaneza J., Niyonyungu F., Nyirandayisabye R. (2022) *Intelligent damage diagnosis in bridges using vibration-based monitoring approaches and machine learning: A systematic review*, Results in Engineering, Volume 16, 100761, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100761>
  55. Osada E. (1998) *Analiza, wyrównanie i modelowanie geo-danych*, Wrocław, Wydawnictwo Akademii Rolniczej
  56. Paar R., Marenić A., Wagner A., Wiedemann W. (2017) *Using IATS and digital levelling staffs for the determination of dynamic displacements and natural oscillation frequencies of civil engineering structures*, Lizbona, 7th International Conference on Engineering Surveying "InGeo"
  57. Praca zbiorowa pod redakcją W. Barana (1993) *Niwelacja precyzyjna*, Warszawa, Polskie Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych im. E. Romera S.A.
  58. Praca zbiorowa pod redakcją M. Pękalskiego (2003) *Ćwiczenia terenowe z godecji inżynierskiej i miejskiej*, Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej;
  59. Psimoulis P., Stiros S. (2007) *Measurement of deflections and of oscillation frequencies of engineering structures using Robotic Theodolites (RTS)*, Engineering Structures, Volume 29 (12), Pages 3312-3324
  60. Schramm P. (1982) *Wpływ pionowych drgań podłoża gruntowego na pomiary przemieszczeń budowli przemysłowych posadowionych na obszarach obciążonych dynamicznie*, Rozprawa doktorska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Politechnika Krakowska
  61. Schramm P. (1985) *Influence of vibrations on the stability of geodetic signals and instruments*, Survey Review, Volume 28 (218)
  62. Schramm P. (1986) *Instability of precise geodetic instruments caused by ground vibrations*, Survey Review, Volume 28 (221)
  63. Skeivalas J. (2005) *Determination of the refraction influence in precision leveling*, Optical Engineering, Volume 44 (1), <https://doi.org/10.1117/1.1827224>
  64. Starczewski Z. (2010) *Drgania mechaniczne*, Warszawa, Politechnika Warszawska Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych

65. Stecz P., Stypuła K. (2013) *Przykłady pomiarów drgań komunikacyjnych w budynkach wykonanych przez akredytowane laboratorium*, Przegląd Komunikacyjny, Tom 6, Strony 34-39
66. Stecz P. (2014) *Wpływ działania na budynki długotrwałych obciążeń dynamicznych generowanych przejazdami pociągów metra*, rozprawa doktorska, Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska
67. Szmygin B., Podgórski J., Bęc J., Wielgos P.M. (2008) *Rozwiązanie problemu nadmiernych drgań stropów budynku przemysłowego o konstrukcji stalowej*, Budownictwo i Architektura, Tom 3
68. Sztubecki J., Mrówczyńska M. (2022) *Vertical displacement monitoring using the modified leveling method*, *Measurement*, Volume 206, 112264, Pages 1-12, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2022.112264>
69. Szymaniec S. (2012) *Pomiary częstotliwości drgań własnych i rezonansowych maszyn elektrycznych w warunkach ich eksploatacji*, Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne Nr 3/2012 (96)
70. Trimble Inc. *Datasheet – DiNi Digital Level*
71. Trimble Inc. *Trimble DiNi Digital Level User Guide*
72. Wagner A., Wiedemann W., Wunderlich T. (2016) *Using IATS to Read and Analyze Digital Leveling Staffs*, Varaždin, Konferencja “International Symposium on Engineering Geodesy”
73. Wang Z., Tang A., Huang D., Wu C., Huang Z. (2022) *A novel environmental vibration analysis system and its application in isolation of environmental vibration induced by high-speed train in Harbin frozen soil site*, *Applied Acoustics*, Volume 193, 108781, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108781>
74. Wiśniewski Z. (2005) *Rachunek wyrównawczy w geodezji (z przykładami)*, Olsztyn, Wydawnictwo UWM
75. Wiśniewski Z. (2014) *M-estimation with probabilistic models of geodetic observations*, *Journal of Geodesy*, tom 88 (10), s. 941–957
76. Wyszowska P. (2020) *Univariate and multivariate models in Msplit estimation in the context of vertical deformation analysis*. W: *Proceedings of FIG Working Week*, Pages 1–15

77. Ye X.W, Sun Z., Lu J. (2023) *Prediction and early warning of wind-induced girder and tower vibration in cable-stayed bridges with machine learning-based approach*, *Engineering Structures*, Volume 275, Part A, 115261, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115261>
78. Zaczek-Peplinska J., Kowalska M. (2022) *Application of non-contact geodetic measurement techniques in dam monitoring*, *Archives of Civil Engineering*, Volume 68 (3), Pages 49-70, <https://doi.org/10.24425/ace.2022.141873>
79. Zienkiewicz M. H. (2019) *Deformation analysis of geodetic networks by applying Msplit estimation with conditions binding the competitive parameters*, *Journal of Surveying Engineering*, tom 145 (2), 04019001, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000271](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000271)
80. Polska norma PN-B-02170:2016-12 - *Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłozę na budynki*
81. Polska norma PN-B-02171:2017-06 - *Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach*

## 11. Spis tabel i rysunków

### Spis tabel

<b>Tab. 4.1.</b> Wartości rozstawów oraz wynikających z nich wartości przemieszczeń symulowanych dla reperów w trzech epokach pomiarowych: A, B i C. Gwiazdką oznaczono repery umieszczone na zewnątrz budynku.....	36
<b>Tab. 4.2.</b> Liczba wystąpień poszczególnych wartości bezwzględnych przemieszczeń symulowanych dla analizowanej sieci w trzech epokach pomiarowych z podziałem na repery położone wewnątrz i na zewnątrz budynku.....	37
<b>Tab. 4.3.</b> Charakterystyka reperów w sieci badawczej.....	41
<b>Tab. 5.1.</b> Charakterystyka techniczna badanych niwelatorów.....	66
<b>Tab. 5.2.</b> Schematy pomiaru przewyższeń w sieci pomiarowo-kontrolnej: dla pełnego zakresu obserwacji (41) i dla zredukowanego zestawu obserwacji (26).....	73
<b>Tab. 5.3.</b> Długości celowych dla poszczególnych stanowisk niwelatora.....	74
<b>Tab. 6.1.</b> Wartości błędów średnich pojedynczego przewyższenia dla pomiaru nieobciążonego drganiami przy długości celowych około 10 m.....	75
<b>Tab. 6.2.</b> Wartości błędów średnich pojedynczego reprezentatywnego przewyższenia ( <i>mdh</i> ) dla pomiaru obciążonego drganiami wraz z wartościami różnic zmierzonego przewyższenia prawdziwego (bez drgań) i z wymuszonymi drganiami.....	78
<b>Tab. 6.3.</b> Wartości przemieszczeń pomiędzy pomiarami nieobciążonymi drganiami wykonanymi w celu kontroli stałości reperów w sieci.....	94
<b>Tab. 6.4.</b> Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań po regulacjach reperów, pomiędzy pomiarami $B_0'$ i $A_0$ oraz między $C_0$ i $B_0'$ .....	95
<b>Tab. 7.1.</b> Wartości przemieszczeń wyznaczonych na podstawie pomiarów bez drgań w sieci zredukowanej do 26 obserwacji przy użyciu niwelatora Zeiss Ni 002. Przemieszczenia wyznaczone w epokach A, B i C.....	100
<b>Tab. 7.2.</b> Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci złożonej z pełnej bazy obserwacji (41) niwelatorem Zeiss Ni 002. Przemieszczenia wyznaczone w epokach A, B i C.....	101
<b>Tab. 7.3.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni002, ciężar 4g, 26 Hz.....	111
<b>Tab. 7.4.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: NI002, ciężar 8g, 44 Hz.....	112
<b>Tab. 7.5.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni002, ciężar 12g, 34 Hz.....	113

<b>Tab. 7.6.</b> Wartości $m_0$ dla poszczególnych pomiarów w trzech ustawieniach dla konfiguracji Ni002, 4 g 26 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji.....	117
<b>Tab. 7.7.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 002, 4 g, 26 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji.....	118
<b>Tab. 7.8.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 002, 4 g, 26 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji .....	118
<b>Tab. 7.9.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 002, wariant zredukowany .....	121
<b>Tab. 7.10.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 002, wariant pełny .....	121
<b>Tab. 7.11.</b> Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci zredukowanej do 26 obserwacji przy użyciu niwelatora Zeiss Ni 004. Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C.....	127
<b>Tab. 7.12.</b> Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci złożonej z pełnej bazy obserwacji (41) niwelatorem Zeiss Ni 004. Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C.....	127
<b>Tab. 7.13.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni 004, ciężar 4 g, 40 Hz.....	137
<b>Tab. 7.14.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni 004, ciężar 8 g, 40 Hz.....	138
<b>Tab. 7.15.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Ni 004, ciężar 12 g, 32 Hz.....	139
<b>Tab. 7.16.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 004, 8 g, 40 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji.....	141
<b>Tab. 7.17.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Ni 004, 8 g, 40 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji.....	141
<b>Tab. 7.18.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 004, wariant zredukowany .....	144

<b>Tab. 7.19.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Ni 004, wariant pełny .....	144
<b>Tab. 7.20.</b> Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci zredukowanej do 26 obserwacji przy użyciu niwelatora Dini 03 (pomiar potrójny). Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C ..	150
<b>Tab. 7.21.</b> Wartości przemieszczeń zmierzonych bez drgań w sieci złożonej z pełnej bazy obserwacji (41) niwelatorem Dini03 (pomiar potrójny). Przemieszczenia zmierzone w epokach A, B i C .....	150
<b>Tab. 7.22.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Dini03, pomiar poj., ciężar 4 g, 20 Hz .....	172
<b>Tab. 7.23.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Dini03, pomiar poj., ciężar 8 g, 34 Hz .....	173
<b>Tab. 7.24.</b> Wartości skrajnych odchyłeń od wartości symulowanych i porównanie ich z błędem średnim wyznaczenia przemieszczenia dla konfiguracji: Dini03, pomiar poj., ciężar 12 g, 34 Hz .....	174
<b>Tab. 7.25.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 42 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji .....	178
<b>Tab. 7.26.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 42 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji .....	178
<b>Tab. 7.27.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 34 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem zredukowanej bazy obserwacji .....	179
<b>Tab. 7.28.</b> Ekstremalne wartości błędów wyznaczenia przemieszczeń [mm] oraz ekstremalne wartości odchyłeń obliczonego przemieszczenia od wartości symulowanej [mm] dla konfiguracji: Dini03 1x, 12 g, 34 Hz, wyrównanie z wykorzystaniem pełnej bazy obserwacji .....	179
<b>Tab. 7.29.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań (42 Hz) z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Dini03, wariant zredukowany .....	182
<b>Tab. 7.30.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń dla najmniej korzystnej konfiguracji drgań (42 Hz) z nominalnymi błędami wyznaczenia przemieszczeń uzyskanymi z pomiaru w warunkach bez wprowadzonych drgań, Dini03, wariant pełny .....	183
<b>Tab. 7.31.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 4 g i pierwszej grupy reperów .....	186
<b>Tab. 7.32.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyłeń od wartości symulowanych dla masy 4 g i drugiej grupy reperów .....	187



<b>Tab. 7.33.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyień od wartości symulowanych dla masy 8 g i pierwszej grupy reperów.....	187
<b>Tab. 7.34.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyień od wartości symulowanych dla masy 8 g i drugiej grupy reperów.....	188
<b>Tab. 7.35.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyień od wartości symulowanych dla masy 12 g i pierwszej grupy reperów.....	188
<b>Tab. 7.36.</b> Porównanie błędów wyznaczenia przemieszczeń i odchyień od wartości symulowanych dla masy 12 g i drugiej grupy reperów.....	189
<b>Tab. 7.37.</b> Wartości przemieszczeń zdefiniowanych jako istotne na podstawie oszacowanego błędu określenia przemieszczenia na poszczególnych konfiguracji parametrów drgań i reperów pierwszej grupy .....	191

## Spis rysunków

<b>Ryc. 4.1.</b> Zależność wychylenia drgającego punktu z położenia równowagi ( $0$ ) od czasu ( $t$ ) (opracowanie własne).....	25
<b>Ryc. 4.2.</b> Schemat budowy repera regulowanego (opracowanie własne).....	34
<b>Ryc. 4.3.</b> Fotografia przedstawiająca jeden z badanych reperów regulowanych (fotografia własna)	35
<b>Ryc. 4.4.</b> Graficzne przedstawienie problemu wpływu krzywo osadzonego znaku na dokładności pomiaru przemieszczeń symulowanych (opracowanie własne).....	39
<b>Ryc. 4.5.</b> Fotografie reperów nr (od lewej): 1, 7, 11 (fotografia własna).....	41
<b>Ryc. 4.6.</b> Fotografie reperów nr (od lewej): 13, 15, 17 (fotografia własna).....	42
<b>Ryc. 4.7.</b> Statyw instrumentu z silnikiem wymuszającym drgania (fotografia własna) .....	43
<b>Ryc. 4.8.</b> Aluminiowe ciężarki z mocowaniem mimośrodowym użyte do generowania drgań, od lewej: 4 g, 8 g i 12 g (fotografia własna) .....	43
<b>Ryc. 4.9.</b> Kierunki rozchodzenia się fal w warunkach rzeczywistych i symulowanych (opracowanie własne).....	44
<b>Ryc. 4.10.</b> Ustawienie nóg statywu względem osi celowych na stanowiskach leżących w strefie drgań (opracowanie własne).....	46
<b>Ryc. 5.1.</b> Koincydencyjny sposób celowania na łatę niwelatorem analogowym (opracowanie własne) .....	55
<b>Ryc. 5.2.</b> Schemat mikrometru (Deumlich, 1980).....	55
<b>Ryc. 5.3.</b> Schemat działania niwelatora cyfrowego (opracowanie własne na podstawie: Ingensand, 1999) .....	56
<b>Ryc. 5.4.</b> Przykładowe widoki łaty analogowej obserwowanej przy drgającym kompensatorze (opracowanie własne).....	58

<b>Ryc. 5.5.</b> Niwelator Zeiss Ni 002 – widok ogólny (fotografia własna) .....	59
<b>Ryc. 5.6.</b> Niwelator Zeiss Ni 002 – przekrój podłużny (opracowanie własne na podstawie: Baran i inni, 1993).....	60
<b>Ryc. 5.7.</b> Niwelator Zeiss Ni 004 – widok ogólny (fotografia własna) .....	62
<b>Ryc. 5.8.</b> Niwelator Zeiss Ni 004 – widok w polu widzenia lunety. W dolnej części pola widoczna libella o koincydencyjnie zgranych końcach pęcherzyka (Baran i inni, 1993).....	62
<b>Ryc. 5.9.</b> Niwelator Zeiss Ni 004 – przekrój podłużny (opracowanie własne na podstawie: Bilski, 1965) .....	63
<b>Ryc. 5.10.</b> Niwelator Trimble DiNi 03 – widok ogólny (fotografia własna) .....	64
<b>Ryc. 5.11.</b> Niwelator Trimble DiNi 03 – opis budowy (opracowanie własne na podstawie: Trimble Inc.).....	65
<b>Ryc. 5.12.</b> Precyzyjne łąty inwarowe użyte w badaniach (fotografia własna) .....	67
<b>Ryc. 5.13.</b> Statywy wykorzystane podczas badań. Od lewej: Zeiss, Seco (fotografia własna) .....	68
<b>Ryc. 5.14.</b> Teleskopowa podpórka do łąt (fotografia własna) .....	68
<b>Ryc. 5.15.</b> Pomiar częstotliwości tachometrem Testo 465 i wychyleń niwelatora w jednej z osi wibrometrem Extech VB450 (fotografia własna).....	69
<b>Ryc. 5.16.</b> Punkty pomiaru wychyleń niwelatora Ni 002 ze stanu równowagi w trzech osiach .....	71
<b>Ryc. 5.17.</b> Punkty pomiaru wychyleń niwelatora Ni 004 ze stanu równowagi w trzech osiach .....	71
<b>Ryc. 5.18.</b> Punkty pomiaru wychyleń niwelatora DiNi 03 ze stanu równowagi w trzech osiach.....	72
<b>Ryc. 7.1.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni002, ciężar 4 g .....	103
<b>Ryc. 7.2.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni002, ciężar 8 g .....	103
<b>Ryc. 7.3.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni002, ciężar 12 g .....	104
<b>Ryc. 7.4.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni002, ciężar 4 g .....	104
<b>Ryc. 7.5.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni002, ciężar 8 g .....	105
<b>Ryc. 7.6.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni002, ciężar 12 g .....	105
<b>Ryc. 7.7.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni002, ciężar 4 g .....	106
<b>Ryc. 7.8.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni002, ciężar 8 g .....	106

<b>Ryc. 7.9.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni002, ciężar 12 g .....	107
<b>Ryc. 7.10.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni 004, ciężar 4 g.....	129
<b>Ryc. 7.11.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni 004, ciężar 8 g.....	129
<b>Ryc. 7.12.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Ni 004, ciężar 12 g.....	130
<b>Ryc. 7.13.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni 004, ciężar 4 g.....	130
<b>Ryc. 7.14.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni 004, ciężar 8 g.....	131
<b>Ryc. 7.15.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Ni 004, ciężar 12 g.....	131
<b>Ryc. 7.16.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni 004, ciężar 4 g.....	132
<b>Ryc. 7.17.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni 004, ciężar 8 g.....	132
<b>Ryc. 7.18.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Ni 004, ciężar 12 g.....	133
<b>Ryc. 7.19.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 4 g .....	152
<b>Ryc. 7.20.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 8 g .....	153
<b>Ryc. 7.21.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 12 g .....	154
<b>Ryc. 7.22.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 4 g .....	155
<b>Ryc. 7.23.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 8 g .....	155
<b>Ryc. 7.24.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 12 g .....	156
<b>Ryc. 7.25.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 4 g .....	156

<b>Ryc. 7.26.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 8 g .....	157
<b>Ryc. 7.27.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy, ciężar 12 g .....	157
<b>Ryc. 7.28.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 4 g .....	158
<b>Ryc. 7.29.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 8 g .....	159
<b>Ryc. 7.30.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 1 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 12 g .....	160
<b>Ryc. 7.31.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 4 g .....	161
<b>Ryc. 7.32.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 8 g .....	161
<b>Ryc. 7.33.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 8 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 12 g .....	162
<b>Ryc. 7.34.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 4 g .....	162
<b>Ryc. 7.35.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 8 g .....	163
<b>Ryc. 7.36.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia w zależności od częstotliwości dla repera nr 9 – instrument Dini 03, odczyt potrójny, ciężar 12 g .....	163
<b>Ryc. 7.37.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia repera nr 1 dla wybranych częstotliwości drgań w zależności od masy ciężarka – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy.....	166
<b>Ryc. 7.38.</b> Wartości błędów średnich wyznaczonego przemieszczenia repera nr 8 dla wybranych częstotliwości drgań w zależności od masy ciężarka – instrument Dini 03, odczyt pojedynczy.....	167
<b>Ryc. 8.1.</b> Przykładowe ustawienie stanowiska niwelatora oddalające instrument od źródła drgań.	193
<b>Ryc. 8.2.</b> Eliminacja wpływu błędu nachylenia quasihoryzontu na pomiar pojedynczego przewyższenia .....	194
<b>Ryc. 8.3.</b> Eliminacja wpływu drgań na mierzone przewyższenie przez zastosowanie dwóch mimośrodowych stanowisk niwelatora .....	195
<b>Ryc. 8.4.</b> Przykład redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia.....	197
<b>Ryc. 8.5.</b> Przykład redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia.....	198
<b>Ryc. 8.6.</b> Przykład redukcji wpływu kierunkowości drgań na pomiar przewyższenia.....	199

## Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych

**mgr. inż. Marek Kurnatowski**

### STRESZCZENIE

Głównym celem rozprawy doktorskiej było zbadanie wpływu drgań występujących w otoczeniu na dokładności i wiarygodności uzyskiwane podczas pomiaru przemieszczeń pionowych metodą niwelacji precyzyjnej. Teza rozprawy zakłada, że nie wszystkie parametry drgań uniemożliwiają wykonanie pomiarów z wymaganą dokładnością, a podatność niwelatorów na wibracje jest zmienna w zależności od rodzaju niwelatora oraz parametrów drgań wpływających na pomiar. Ponadto nie ma możliwości sformułowania związku funkcyjnego pomiędzy parametrami drgań a dokładnością wyznaczonych przemieszczeń. Dla realizacji badań zaplanowanych i przedstawionych w rozprawie założono sieć reperów kontrolowanych, stabilizowanych znakami posiadającymi możliwość nadania przemieszczeń symulowanych, które zostały przyjęte jako wartości prawdziwe mierzonych przemieszczeń. Sieć została wielokrotnie pomierzona trzema modelami niwelatorów w zmiennych warunkach drgań w zakresie częstotliwości 0 – 44 Hz i zmiennej amplitudzie. Drgania zostały narzucone bezpośrednio na statyw poprzez generator drgań. Obserwacje zostały wyrównane metodą ścisłą w oparciu o zidentyfikowaną bazę punktów odniesienia. Ocenie poddano wartości błędów średnich oszacowanych przemieszczeń, błędy pojedynczych spostrzeżeń oraz zgodność otrzymanych wartości przemieszczeń z wartościami symulowanymi. Na podstawie wniosków z badań opracowano propozycje wytycznych do prac w warunkach drgań. Badane niwelatory wykazały zmienną podatność na drgania, które w większości przypadków z badanych zakresów parametrów nie obniżają dokładności pomiarów poniżej standardów niwelacji precyzyjnej. W przebadanych zakresach istnieją jednak warunki niepozwalające na wykonywanie precyzyjnych pomiarów niwelacyjnych. Oszacowane wartości przemieszczeń zmierzone w takich warunkach są niewiarygodne z uwagi zarówno na wysokie wartości błędów średnich tych przemieszczeń, jak i znaczące odchyłki w stosunku do przemieszczeń symulowanych. Sytuacja ta dotyczy przede wszystkim niwelatora cyfrowego, który dla większości parametrów drgań jest jednak najkorzystniejszym wyborem.

## Investigating the influence of changes in the vibration parameters of precise levellers on the accuracy of vertical displacements measurements for construction objects

**M.Sc. Eng. Marek Kurnatowski**

### **ABSTRACT**

The main objective of the doctoral dissertation was to investigate the influence of ambient vibrations on the accuracy and precision obtained when measuring vertical displacements using the precise levelling method. The thesis assumes that not all vibration parameters make such measurements impossible, and that the sensitivity of levellers to vibration is variable depending on the type of leveller and the vibration parameters affecting the measurement. Furthermore, formulating a functional relationship between the vibration parameters and the accuracy of the determined displacements is impossible. A network of controlled benchmarks was established and stabilised by bench marks with an ability to set simulated displacements, which were taken as the true values of the measured displacements. The network was repeatedly measured with three leveller models under variable vibration conditions in the frequency range 0 - 44 Hz and variable amplitude. The vibrations were imposed directly on the tripod with a vibration generator. The observations were adjusted using a rigorous method based on a preidentified reference base. The values of the mean errors of the estimated displacements, the standard errors of a single observation and the correspondence of the obtained displacement values with the simulated values were evaluated. Based on the conclusions of the study, proposed guidelines for surveys under vibration were developed. The examined levellers showed a variable susceptibility to vibrations, which in most of the examined parameter ranges do not reduce the accuracy of the measurements below the standards of precise levelling. In the tested ranges, however, there are conditions that do not allow precise levelling. The estimated values of displacements measured under such conditions are neither precise nor accurate due to high values of the mean errors of these displacements and the significant deviations in relation to simulated displacements. This situation concerns particularly the digital leveller, which is nevertheless the most favourable choice for most vibration parameters.

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY  
W SZCZECINIE

WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA

*Załącznik do rozprawy doktorskiej*

Badanie wpływu zmian parametrów drgań niwelatorów precyzyjnych na dokładność pomiaru przemieszczeń pionowych obiektów budowlanych

Autor: mgr inż. Marek Kurnatowski

Rozprawa doktorska napisana pod kierunkiem:

dr. hab. inż. Marii Mrówczyńskiej, prof. uczelni

Szczecin 2023

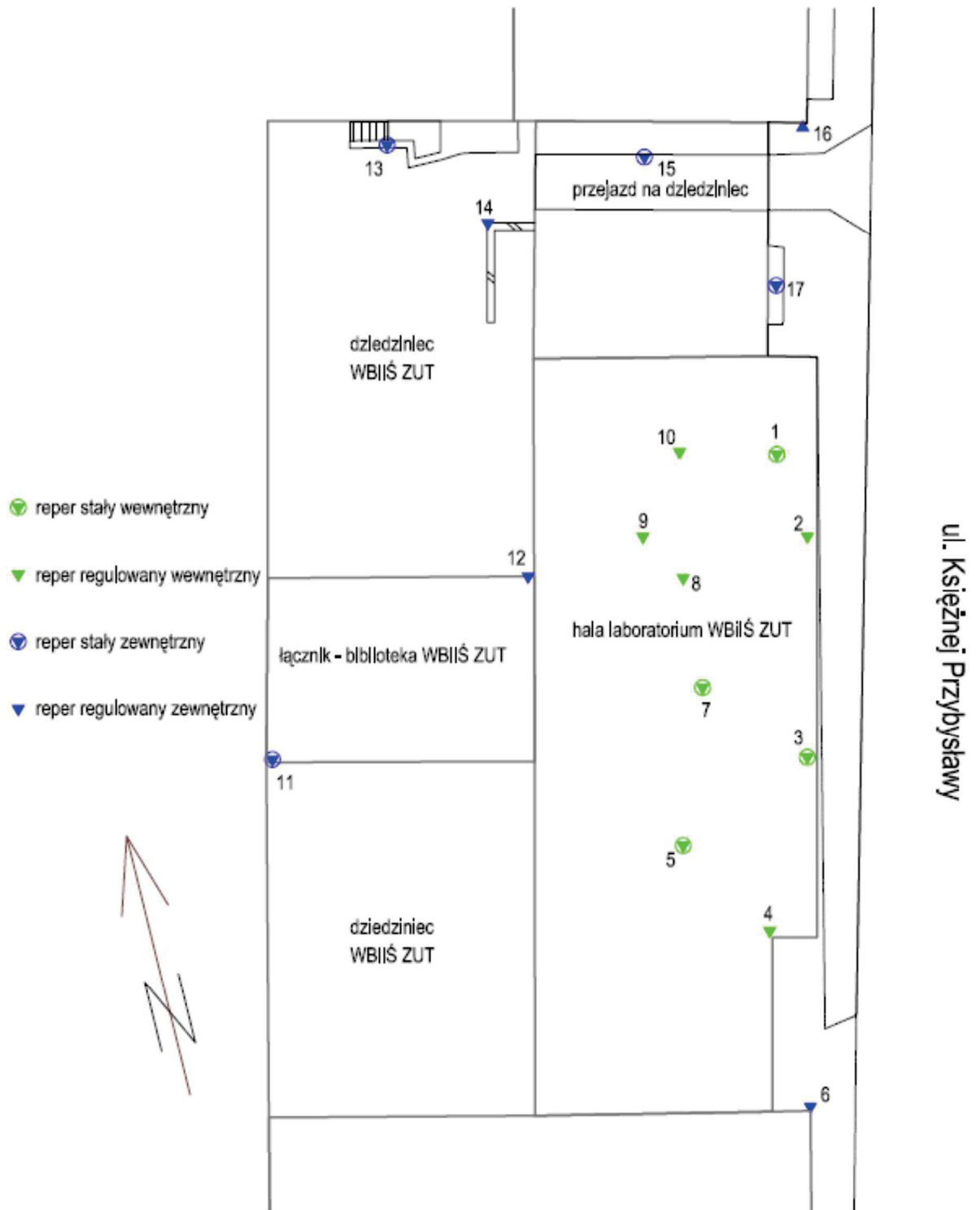
## Spis załączników

<b>Załącznik 1.</b> Schemat rozmieszczenia reperów .....	4
<b>Załącznik 2.</b> Schemat pomiaru sieci z zaznaczoną strefą drgań oraz obserwacjami w niej wykonanymi .....	5
<b>Załącznik 3.</b> Świadcstwo wzorcowania analogowej łaty niwelacyjnej nr 65642 .....	6
<b>Załącznik 4.</b> Protokół końcowej inspekcji łaty kodowej nr 74162.....	7
<b>Załącznik 5.</b> Protokół kalibracji tachometru Testo nr 2028550 .....	8
<b>Załącznik 6.</b> Świadcstwo wzorcowania mikrometru Insize nr 17126119 .....	9
<b>Załącznik 7.</b> Zestawienie błędów pojedynczego spostrzeżenia z liniowymi wartościami wychylenia niwelatora dla poszczególnych niwelatorów i badanych zakresów częstotliwości .....	11
<b>Załącznik 8.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 1 – niwelator Ni 002 .....	23
<b>Załącznik 9.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 8 – niwelator Ni 002 .....	26
<b>Załącznik 10.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 9 – niwelator Ni 002 .....	29
<b>Załącznik 11.</b> Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni002, 4 g, 26 Hz, sieć zred. ....	32
<b>Załącznik 12.</b> Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni002, 4 g, 26 Hz, sieć pełna ...	44
<b>Załącznik 13.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 1 – niwelator Ni 004 .....	44
<b>Załącznik 14.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 8 – niwelator Ni 004 .....	59
<b>Załącznik 15.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 9 – niwelator Ni 004 .....	62
<b>Załącznik 16.</b> Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni004, 8 g, 40 Hz, sieć zred. ....	65
<b>Załącznik 17.</b> Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni004, 8 g, 40 Hz, sieć pełna ...	77
<b>Załącznik 18.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 1 – niwelator Dini 03 .....	89
<b>Załącznik 19.</b> Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 8 – niwelator Dini 03 .....	95

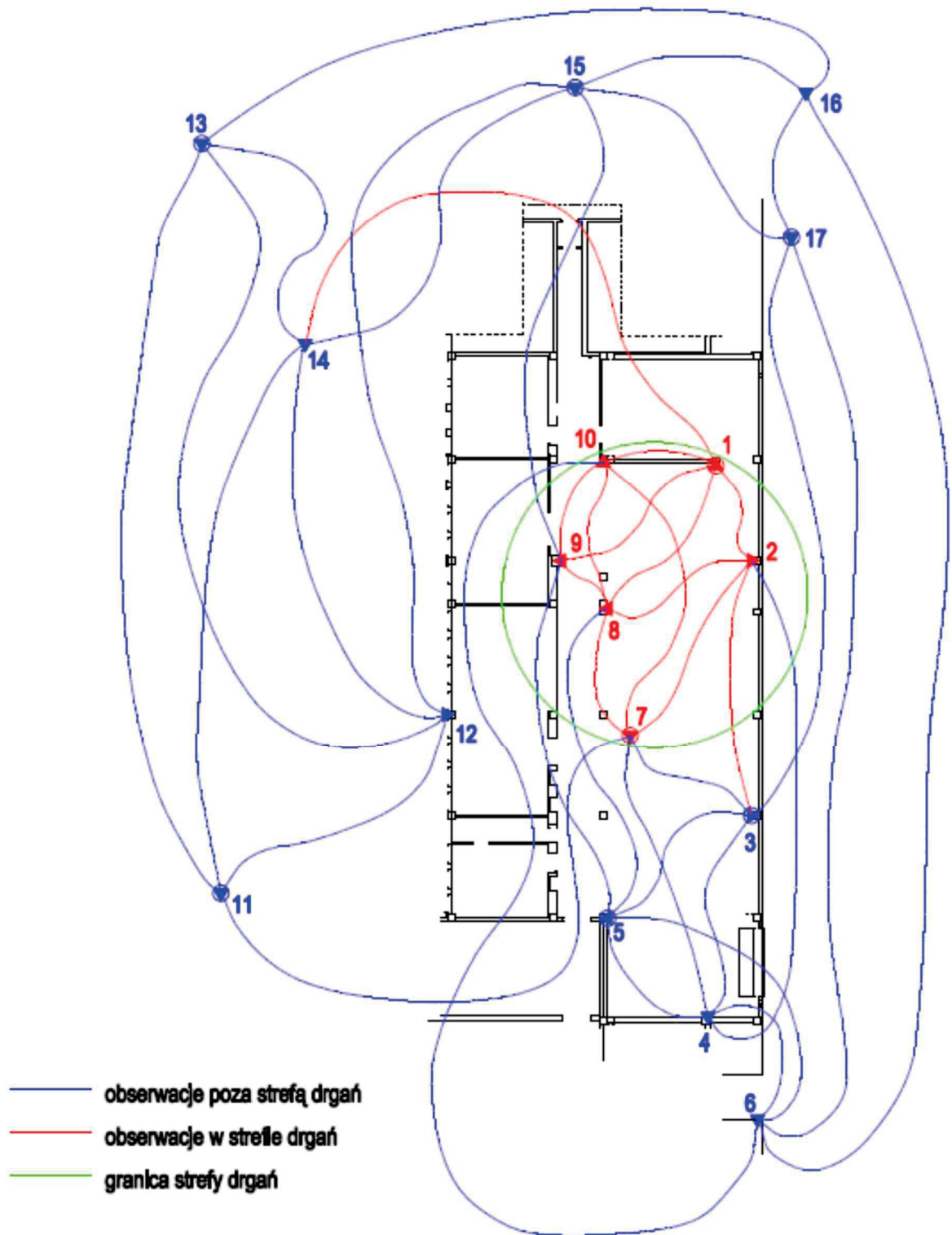


<b>Załącznik 20.</b> Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 9 – niwelator Dini 03 .....	101
<b>Załącznik 21.</b> Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Dini03, 1x, 12 g, 42 Hz, s. zred .....	107
<b>Załącznik 22.</b> Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Dini03, 1x, 12 g, 42 Hz, s. pełn. ....	119

# Załącznik 1. Schemat rozmieszczenia reperów



**Załącznik 2.** Schemat pomiaru sieci z zaznaczoną strefą drgań oraz obserwacjami w niej wykonanymi



### Załącznik 3. Świadectwo wzorcowania analogowej łąty niwelacyjnej nr 65642

## INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII

ul. Modzelewskiego 27  
02-679 Warszawa



tel.: +48 22 3291900  
fax: +48 22 3291950

### LABORATORIUM WZORCOWANIA INSTRUMENTÓW GEODEZYJNYCH

tel.: +48 22 3291921 ; +48 608199273 fax: +48 22 3291921 e.mail: geodezja@igik.edu.pl

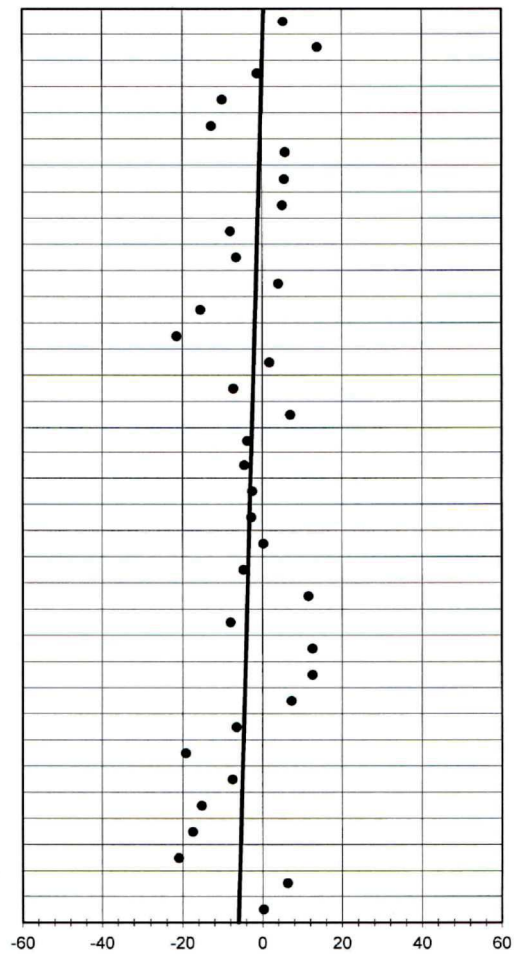
#### ŚWIADECTWO WZORCOWANIA ŁĄTY NIWELACYJNEJ nr SWL 22/2016

ŁĄTA KODOWA: 1,75 m NR: 65642 DATA:  
NIWELATOR: Ni 007 NR: 219487 2016-12-02

ZAMAWIAJĄCY: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

h [m]	N-I [μm]	v [μm]
1,75	5	-4,95
1,70	14	-13,63
1,65	-1	1,19
1,60	-10	9,76
1,55	-13	12,32
1,50	6	-6,36
1,45	5	-6,29
1,40	5	-5,97
1,35	-8	6,85
1,30	-6	5,17
1,25	4	-5,52
1,20	-15	13,80
1,15	-22	19,62
1,10	2	-3,81
1,05	-7	5,01
1,00	7	-9,42
0,95	-4	1,15
0,90	-4	1,71
0,85	-2	-0,47
0,80	-3	-0,40
0,75	0	-3,58
0,70	-5	1,24
0,65	12	-15,19
0,60	-8	4,13
0,55	13	-16,56
0,50	12	-16,74
0,45	7	-11,67
0,40	-6	1,90
0,35	-19	14,47
0,30	-7	2,54
0,25	-15	10,10
0,20	-17	12,17
0,15	-21	15,49
0,10	6	-11,94
0,05	0	-6,12

#### WYKRES REGRESJI



A= 3,6303 B= -6,0529

Wzorcowanie wykonano w temperaturze 21 °C z uwzględnieniem współczynnika rozszerzalności termicznej równego 0.750 μm/(m\*1°C)

- Przeciętny rozstaw kresek podziału łąty jest mniejszy od nominalnego o  $(|A| \pm m_A) = (4 \pm 3) \mu\text{m/m}$

- Niepewność standardowa odczytu na łacie  $s_h = 10 \mu\text{m}$

Uwaga!


"0" łąty nr 65629 jest niżej od "0" łąty nr 65642 o 0,04 mm

INSTYTUT GEODEZJI I KARTOGRAFII  
CENTRUM GEODEZJI I GEODYNAMIKI  
Laboratorium Wzorcowania  
Instrumentów Geodezyjnych  
02-679 Warszawa, ul. Modzelewskiego 27

Kierownik Laboratorium  
Wzorcowania Instrumentów Geodezyjnych

mg inż. Marek Drózdź

Załącznik 4. Protokół końcowej inspekcji łąty kodowej nr 74162

	<b>Endabnahme NEDO - Invarlatten</b>		Dokument: QMEI10-01
			Stand: 30.05.2006
Datum: 15.03.2018 Prüfer: K. Veitinger			
Nummer: <b>74162</b> Teilung: <input type="checkbox"/> cm – Doppelteilung <input type="checkbox"/> 1/2cm – Doppelteilung <input checked="" type="checkbox"/> Barcode Länge: <input type="checkbox"/> 1m <input checked="" type="checkbox"/> 2m <input type="checkbox"/> 3m			
<b>Prüfung</b>		<b>geprüft und für in Ordnung befunden.</b>	
<b>Geradheit des Lattenkörpers</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Nullpunkteinstellung</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Libellenjustierung</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Winkligkeit der Aufsetzfläche</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Ebenheit der Aufsetzfläche</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Teilungsgenauigkeit nach DIN 18717</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Funktionsfähigkeit der Handgriffe</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Lackierung des Invarbandes</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Lackierung des Lattenkörpers</b>		<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Sonderausführung</b>		<input type="checkbox"/>	
<b>Zertifiziert vom Geodätischen Prüflabor der TU München</b>		<input type="checkbox"/>	

## Załącznik 5. Protokół kalibracji tachometru Testo nr 2028550

### Kalibrier-Protokoll

Certificate of conformity • Protocole d'étalonnage  
Certificato di taratura • Informe de calibración



Gerät/ Module: T 465 (0563 0465)  
T 470 (0563 0470)  
T 471 (0563 0471)

Serien-Nr.: / Serial no.: 2028550

Umgebungsbedingungen: / Conditions:

Temperatur / Temperature 22°C  
Feuchtigkeit / Humidity 34%rH






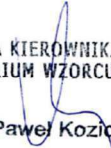
#### Technische Daten / Technical Data

Prüfpunkte Testpoints (RPM)	Messwert Act. Read out (RPM)	Abweichung Difference (RPM)	Abweichung Difference (%)	Ergebnis Result ( )
10	10.00	0.00	0.000	OK
100	100.00	0.00	0.000	OK
1000	999.95	0.05	-0.005	OK
10000	9999.52	0.48	-0.005	OK
99900	99895.20	4.80	-0.005	OK

Prüfer / Inspector

Christian Breig (QS)

Załącznik 6. Świadectwo wzorcowania mikrometru Insize nr 17126119

	<b>KRAJOWE USŁUGI METROLOGICZNE</b> <b>M. Koziorowski, P. Koziorowski s.c.</b> <b>LABORATORIUM WZORCUJĄCE</b> <b>ul. Demokratyczna 117, 93-348 Łódź</b> tel.: (42) 307 10 05 e-mail: biuro@kumlab.eu	 AP 162 
Laboratorium wzorcujące akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji, sygnatariusza porozumień EA MLA i ILAC MRA dotyczących wzajemnego uznawania świadectw wzorcowania. Nr akredytacji AP 162.		
<b>ŚWIADECTWO WZORCOWANIA</b>		
Data wydania:	22 listopada 2021 r.	Nr świadectwa: 3520/KUM/21
Strona 1/2		
<b>OBIEKT WZORCOWANIA</b>	Mikrometr zewnętrzny cyfrowy o zakresie pomiarowym (75 ÷ 100) mm, rozdzielczość 0,001 mm, nr fabr. 17126119, firmy Insize.	
<b>ZGŁASZAJĄCY</b>	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie 70-310 Szczecin, al. Piastów 17	
<b>METODA WZORCOWANIA</b>	Instrukcja wzorcowania "Wzorcowanie mikrometrów zewnętrznych i wewnętrznych" nr IW/KUM/02/01, wydanie 2 z dnia 27.08.2021 r.	
<b>WARUNKI ŚRODOWISKOWE</b>	Temperatura (21,0 ÷ 21,3) °C, wilgotność (48,4 ÷ 49,8) %.	
<b>DATA WYKONANIA WZORCOWANIA</b>	22 listopada 2021 r.	
<b>SPÓJNOŚĆ POMIAROWA</b>	Świadectwo jest wydane w ramach porozumienia EA MLA w zakresie wzorcowania i potwierdza spójność wyników pomiarów z jednostkami miar Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI).	
<b>WYNIKI WZORCOWANIA</b>	Podano na stronie 2 niniejszego świadectwa wraz z wartościami niepewności pomiaru.	
<b>NIEPEWNOŚĆ POMIARU</b>	Niepewność pomiaru została określona zgodnie z dokumentem EA-4/02 M:2013. Podane wartości niepewności stanowią niepewność rozszerzoną przy prawdopodobieństwie rozszerzenia ok. 95% i współczynniku rozszerzenia $k=2$ .	
	 	Z-CA KIEROWNIKA LABORATORIUM WZORCUJĄCEGO  mgr inż. Paweł Koziorowski
Niniejsze świadectwo może być okazywane lub kopiowane tylko w całości.		

ŚWIADECTWO WZORCOWANIA wydane przez LABORATORIUM AKREDYTOWANE Nr AP 162

Data wydania: 22 listopada 2021 r.

Nr świadectwa: 3520/KUM/21

Strona 2/2

**WYNIKI WZORCOWANIA** Poniższe wyniki dotyczą wyłącznie obiektu wzorcowanego.

L.p.	Wyznaczane parametry	Wyniki pomiarów		Niepewność pomiarów	
1.	Odchyłka płaskości powierzchni pomiarowych:				
	- wrzeciona	0,21 $\mu\text{m}$		0,09 $\mu\text{m}$	
	- kowadełka	0,24 $\mu\text{m}$		0,09 $\mu\text{m}$	
2.	Odchyłka równoległości powierzchni pomiarowych:	0,9 $\mu\text{m}$		0,6 $\mu\text{m}$	
3.	Nacisk pomiarowy:				
	- minimalny	6,7 N		0,6 N	
	- maksymalny	8,3 N		0,6 N	
4.	Błędy pomiaru w punktach pomiarowych:	cyfrowy	analogowy	cyfrowy	analogowy
	1) 75,0 mm	0,0 $\mu\text{m}$	-----	1,7 $\mu\text{m}$	-----
	2) 80,1 mm	+ 0,7 $\mu\text{m}$	-----		
	3) 85,3 mm	+ 0,3 $\mu\text{m}$	-----		
	4) 90,0 mm	+ 0,3 $\mu\text{m}$	-----		
	5) 95,2 mm	+ 0,7 $\mu\text{m}$	-----		
	6) 100,0 mm	- 0,7 $\mu\text{m}$	-----		

Uwaga:

W punktach 1, 2, 3 przedstawiono wyniki pomiarów parametrów dodatkowych.

Autoryzował(a):

KIEROWNIK  
LABORATORIUM WZORCUJĄCEGO  
inż. Marek Koziorowski



**Załącznik 7.** Zestawienie błędów pojedynczego spostrzeżenia z liniowymi wartościami wychylenia niwelatora dla poszczególnych niwelatorów i badanych zakresów częstotliwości

**Ni 002 CIĘŻAR 4 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,00		
	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
12	0,05			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,01		
	2	1	0	1	2	1	1	2	1	2	1	0	2	1	0	2	1	0
14	0,05			0,00			0,05			-0,02			0,05			0,01		
	3	2	0	2	2	1	2	2	1	3	2	0	3	2	0	2	2	0
16	0,05			-0,01			0,05			-0,01			0,05			0,03		
	5	3	0	4	3	1	3	4	1	6	3	1	5	3	1	3	4	0
18																		
	79	50	12	57	62	6	49	67	8	87	44	11	77	50	8	60	61	11
20																		
	21	26	4	26	23	3	22	30	3	26	19	5	28	17	4	20	32	3
22																		
	44	27	13	25	29	7,2	29	29	7	41	27	13	31	28	10	39	28	10
24																		
	16	23	16	21	17	12	16	20	8	22	20	20	25	17	19	13	23	9,7
26	0,10			-0,01			0,12			-0,06			0,12			0,05		
	6	44	11	15	15	7	14	30	9	7	27	9	12	13	7	9	45	11
28	0,07			-0,04			0,07			-0,03			0,08			0,06		
	4	16	5	8	18	6	8	21	5	4	12	6	7	13	6	5	20	5
30	0,06			0,01			0,06			-0,01			0,06			0,00		
	3	10	4	4	13	5	3	14	4	4	8	5	5	10	6	3	13	4
32	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,01		
	2	5	3	2	6	4	2	7	3	2	4	4	2	5	4	2	7	2
34	0,06			0,00			0,07			-0,01			0,07			0,00		
	1	4	4	2	2	3	2	2	2	1	3	4	1	2	4	1	3	3
36	0,05			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,01		
	2	3	4	2	3	3	2	3	2	1	3	4	1	2	4	2	4	3
38	0,05			0,00			0,05			-0,02			0,05			0,01		
	1	3	3	1	4	2	1	4	2	2	2	3	2	3	3	1	4	2
40	0,05			0,01			0,05			-0,01			0,05			-0,01		
	2	2	2	1	3	2	1	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2
42	0,06			0,02			0,05			0,01			0,06			-0,02		
	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2
44	0,06			0,02			0,06			0,00			0,06			-0,03		
	3	2	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2

Ni 002 CIĘŻAR 8 g

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,00		
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
12	0,05			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,02		
	1	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	1	2	0
14	0,05			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,02		
	1	4	0	0	4	0	1	4	0	1	4	0	0	4	0	1	4	0
16	0,08			0,00			0,08			-0,02			0,09			0,01		
	15	11	0	16	15	0	13	18	0	19	8	0	19	10	0	12	16	0
18																		
	109	79	16	95	80	8	81	85	10	124	73	14	118	74	11	88	85	14
20																		
	38	26	7	34	33	5	31	38	3	41	20	8	39	23	7	33	34	4
22																		
	73	43	38	42	55	27	43	60	30	72	38	35	56	44	30	60	54	35
24																		
	32	19	28	36	21	24	30	23	21	38	16	31	39	17	30	28	22	23
26																		
	8	53	13	17	48	14	17	64	16	8	36	11	12	34	11	12	66	15
28																		
	5	25	7	11	24	13	10	29	10	6	20	10	9	20	13	7	29	7
30	0,07			-0,01			0,08			-0,01			0,08			0,03		
	3	12	8	3	16	6	3	20	7	3	8	7	4	10	6	2	18	8
32	0,07			-0,01			0,08			0,00			0,08			0,01		
	1	5	2	1	6	4	1	8	3	1	3	3	1	4	4	1	7	2
34	0,06			0,01			0,07			-0,02			0,07			0,00		
	0	1	4	0	0	2	0	0	2	0	1	4	0	1	3	0	1	3
36	0,05			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,02		
	2	2	4	1	2	3	1	2	3	1	2	4	1	2	3	2	2	3
38	0,06			0,01			0,06			-0,01			0,06			0,01		
	2	2	4	2	2	3	2	2	3	1	1	4	1	1	3	2	2	3
40	0,06			0,03			0,06			-0,01			0,06			-0,01		
	1	1	4	1	1	3	1	2	2	1	1	4	1	1	4	1	2	3
42	0,06			0,02			0,06			0,01			0,06			-0,03		
	1	2	4	1	2	3	1	2	2	0	2	4	0	2	4	1	2	3
44	0,07			0,03			0,06			0,01			0,07			-0,04		
	4	3	6	4	3	4	5	3	4	4	3	6	4	3	5	5	3	5

Ni 002 CIĘŻAR 12 g

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,00		
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
10	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,00		
	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
12	0,05			0,00			0,05			0,00			0,05			0,01		
	3	2	1	2	2	0	2	2	0	3	1	0	3	1	0	3	2	1
14	0,05			0,00			0,05			-0,02			0,05			0,01		
	6	3	1	4	4	0	4	5	0	6	3	0	5	3	0	5	4	1
16	0,08			0,00			0,09			-0,06			0,09			0,01		
	16	18	1	17	15	0	16	20	0	17	12	0	18	10	0	16	22	1
18																		
	158	123	17	109	134	11	108	148	10	159	108	18	135	113	15	133	143	13
20																		
	53	53	16	47	72	12	39	86	11	61	39	18	58	48	16	43	76	13
22																		
	79	56	41	51	61	30	46	64	28	85	53	43	72	55	37	60	62	34
24																		
	47	69	35	46	40	36	45	58	37	48	50	34	48	36	35	46	73	37
26																		
	12	54	17	23	52	17	20	67	18	15	37	17	20	36	17	14	68	18
28																		
	3	28	8	10	28	10	10	33	9	3	22	10	7	23	11	7	33	8
30																		
	1	10	4	2	12	6	2	15	5	1	7	5	1	8	6	1	14	4
32	0,08			-0,03			0,08			0,05			0,08			-0,01		
	3	5	6	2	5	9	3	4	7	2	6	7	1	5	9	3	5	6
34	0,08			0,00			0,09			0,01			0,09			-0,03		
	2	4	8	2	2	7	2	3	6	1	3	9	1	2	9	2	4	6
36	0,05			0,01			0,05			0,00			0,06			-0,02		
	2	2	7	2	1	4	2	1	4	2	2	7	2	1	6	2	1	5
38	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	1	1	9	1	1	6	0	1	5	2	0	10	2	0	9	0	1	7
40	0,06			0,00			0,05			0,00			0,06			0,00		
	5	1	10	3	1	7	3	1	6	5	1	11	4	1	9	4	1	8
42	0,07			0,01			0,07			-0,02			0,07			0,01		
	11	1	13	8	3	9	8	3	9	11	1	13	9	2	11	9	2	11
44																		
	12	2	14	9	3	7	9	3	7	13	2	14	11	3	11	10	3	11

Ni 004 CIĘŻAR 4 g

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	1	1
14	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			-0,01		
	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1
16	0,06			0,00			0,06			0,01			0,06			0,00		
	4	3	2	4	2	4	3	3	4	5	2	2	5	2	3	3	3	3
18	0,08			0,02			0,08			0,00			0,08			-0,02		
	93	65	31	76	68	23	60	84	23	110	48	31	102	50	27	69	82	27
20	0,07			0,00			0,07			-0,02			0,07			0,01		
	23	17	3	15	21	4	12	21	3	25	17	4	21	18	5	16	20	3
22	0,07			0,00			0,07			0,00			0,07			0,01		
	21	15	9	14	21	15	14	21	12	21	14	12	18	17	15	18	18	9
24	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	7	7	5	6	7	7	4	9	6	9	6	6	9	6	7	4	9	5
26	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	7	7	5	6	8	6	5	10	6	9	5	5	8	6	6	5	9	5
28	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	9	8	5	9	6	8	6	8	9	11	6	5	11	5	6	6	9	7
30	0,06			0,00			0,06			0,01			0,06			0,00		
	10	18	8	10	15	5	7	20	7	13	12	6	13	10	4	7	22	8
32	0,07			0,01			0,07			0,01			0,07			-0,01		
	8	18	5	12	19	11	13	23	11	7	14	5	9	15	7	10	22	9
34	0,09			-0,02			0,09			0,02			0,09			0,01		
	6	4	7	5	13	6	4	13	3	7	3	9	7	8	9	5	9	4
36	0,07			0,01			0,07			-0,01			0,07			0,00		
	21	11	23	23	21	21	20	23	17	24	9	28	25	13	27	19	19	18
38	0,08			0,02			0,08			-0,01			0,08			-0,01		
	22	33	26	19	39	24	17	43	20	24	29	31	23	32	30	19	40	21
40	0,09			-0,05			0,10			0,00			0,10			0,08		
	12	21	21	15	21	14	12	26	13	16	15	23	17	15	20	10	27	16
42	0,07			-0,03			0,07			0,03			0,07			-0,01		
	4	19	18	6	22	12	4	27	12	6	13	18	6	14	16	4	26	14
44	0,07			-0,08			0,07			0,07			0,07			0,00		
	3	10	15	5	14	7	4	17	8	4	7	15	5	9	11	3	15	12

Ni 004 CIĘŻAR 8 g

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0,06			0,00			0,06			0,01			0,06			0,00		
	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
12	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	2	1	1	2	0	1	1	0	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
14	0,06			0,00			0,06			0,01			0,06			0,00		
	2	2	1	2	2	1	1	2	1	3	2	1	3	2	1	1	2	1
16	0,07			0,00			0,07			0,01			0,07			0,00		
	8	4	3	7	4	5	5	5	5	9	3	3	9	3	4	6	5	4
18	0,09			0,01			0,09			0,02			0,09			-0,05		
	108	92	30	84	102	27	74	118	26	119	75	32	108	79	31	86	113	28
20	0,07			0,03			0,07			-0,03			0,07			0,01		
	29	28	7	29	22	6	29	26	5	29	24	9	30	21	8	28	29	5
22	0,07			0,00			0,07			-0,01			0,07			0,02		
	30	22	7	26	26	13	22	28	11	34	19	10	32	21	12	24	26	8
24	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,01		
	4	4	7	5	4	10	3	4	8	6	4	9	6	3	10	3	5	6
26	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	5	8	3	6	4	5	5	7	5	6	5	3	7	4	4	5	8	4
28	0,07			0,00			0,07			0,00			0,07			0,01		
	8	10	2	9	10	5	7	13	5	10	7	2	10	7	4	7	13	3
30	0,07			0,00			0,07			0,01			0,07			0,00		
	19	20	11	18	21	7	16	23	7	20	17	11	20	18	9	17	23	9
32	0,08			0,01			0,08			0,00			0,08			-0,01		
	18	13	11	21	16	15	17	17	14	22	11	12	23	12	14	16	15	12
34	0,09			0,01			0,09			0,02			0,09			-0,02		
	40	25	31	29	32	24	20	32	16	50	24	39	44	28	36	26	28	19
36	0,08			0,02			0,08			-0,05			0,08			0,01		
	33	38	36	25	37	32	24	45	23	34	29	45	30	28	43	29	46	25
38	0,08			0,02			0,08			-0,05			0,08			0,01		
	21	37	26	20	47	20	17	54	18	24	30	28	24	35	25	18	49	21
40	0,10			-0,04			0,10			0,17			0,10			-0,02		
	16	24	17	13	33	14	10	38	13	19	18	19	18	22	18	12	34	15
42	0,08			-0,03			0,08			0,11			0,08			-0,01		
	7	16	17	7	18	11	5	22	10	9	12	18	9	13	15	5	21	13
44	0,08			-0,07			0,08			0,19			0,08			0,03		
	7	16	17	7	18	11	5	22	10	9	12	18	9	13	15	5	21	13

Ni 004 CIĘŻAR 12 g

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0,06			0,00			0,06			0,01			0,06			0,00		
	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
12	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			0,00		
	2	1	1	2	2	1	2	2	1	3	1	1	3	1	1	2	1	1
14	0,06			0,00			0,06			0,00			0,06			-0,01		
	6	4	1	5	5	1	4	6	1	7	3	1	7	4	1	5	6	1
16	0,07			0,00			0,07			0,01			0,07			0,00		
	22	17	3	14	20	3	14	24	3	22	12	3	18	14	3	18	22	3
18	0,10			0,00			0,10			0,02			0,10			-0,03		
	166	131	31	119	163	37	110	167	33	175	127	35	152	142	38	135	150	30
20	0,08			0,00			0,08			0,01			0,08			-0,01		
	39	37	5	41	37	6	35	42	4	45	31	7	46	32	8	34	42	3
22	0,07			-0,01			0,07			0,00			0,07			0,00		
	34	24	24	26	34	20	24	37	18	36	21	25	32	26	24	28	31	20
24	0,07			-0,01			0,07			0,00			0,07			0,01		
	18	18	9	21	12	5	18	18	7	21	12	7	22	9	5	16	21	9
26	0,07			0,00			0,07			-0,01			0,07			0,01		
	19	21	4	21	17	3	17	24	2	23	15	4	24	13	4	16	26	3
28	0,07			0,00			0,07			0,00			0,07			0,00		
	27	26	6	27	19	6	24	27	4	31	18	8	30	15	8	24	31	4
30	0,07			-0,02			0,07			0,00			0,07			0,01		
	37	34	23	44	39	26	36	42	23	45	31	26	49	33	27	32	39	21
32	0,09			0,02			0,09			0,01			0,09			-0,04		
	68	54	55	51	44	48	45	50	43	74	47	60	66	43	57	54	55	46
34	X			X			X			X			X			X		
	53	29	41	45	50	42	35	48	26	64	31	58	60	40	59	39	38	26
36	X			X			X			X			X			X		
	54	73	71	52	102	69	52	106	63	55	69	77	54	83	76	53	91	64
38	X			X			X			X			X			X		
	43	51	51	35	72	34	29	81	27	49	42	58	46	52	50	33	70	36
40	X			X			X			X			X			X		
	24	37	45	21	48	29	18	57	27	27	27	46	26	32	39	19	52	35
42	X			X			X			X			X			X		
	17	24	31	17	33	21	15	38	20	19	18	31	19	23	26	15	34	26
44	X			X			X			X			X			X		
	10	26	49	17	22	44	15	29	50	12	19	42	15	17	40	11	31	53

**DiNi 03 pojedynczy CIĘŻAR 4 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,04			0,00			0,04			-0,01			0,04			0,00		
	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
14	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1
16	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	4	3	1	4	4	1	3	4	1	5	2	1	4	3	1	4	4	1
18	0,16			-0,01			0,17			0,02			0,15			-0,03		
	41	47	12	38	53	11	34	67	12	46	33	10	44	36	10	36	64	13
20	0,18			0,01			0,23			0,02			0,23			-0,04		
	29	20	4	15	29	4	16	29	3	29	20	5	22	24	5	23	24	3
22	0,04			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,02		
	22	13	7,5	18	21	14	16	18	11	24	17	10	22	20	13	18	14	8
24	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			-0,01		
	2	4	3	3	4	3	2	5	3	3	3	3	3	3	3	2	5	3
26	0,04			0,00			0,04			0,02			0,04			-0,02		
	4	4	2	5	4	1	4	5	1	5	3	1	5	3	1	3	5	2
28	0,04			0,00			0,04			-0,01			0,04			0,01		
	5	7	1	6	6	1	5	8	1	7	5	1	7	4	1	4	8	1
30	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			0,00		
	6	8	1	7	7	2	6	9	2	8	6	1	8	5	1	5	9	1
32	0,04			-0,01			0,04			0,01			0,04			0,00		
	4	5	1	6	5	1	6	6	1	5	4	1	6	4	1	5	6	1
34	0,05			-0,06			0,05			0,09			0,04			0,00		
	4	3	1	3	5	2	3	4	2	4	3	2	3	4	2	4	3	1
36	0,05			-0,05			0,05			0,03			0,04			0,00		
	4	3	2	3	4	1	3	4	1	5	3	1	4	3	1	3	4	2
38	0,04			-0,03			0,04			0,01			0,04			0,03		
	4	3	1	3	2	1	2	3	1	4	3	2	4	2	2	3	3	1
40	0,07			-0,08			0,09			-0,21			0,09			0,23		
	6	5	1	5	4	1	3	4	1	8	5	2	7	4	2	4	4	1
42	0,05			-0,10			0,05			-0,27			0,05			0,26		
	6	5	1	5	3	1	3	3	1	8	4	1	7	3	1	4	4	1
44																		
	22	19	4	12	15	5	13	12	5	22	22	4	17	20	4	18	14	4

**DiNi 03 pojedynczy CIĘŻAR 8 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	1	1
14	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	3	3	1	2	3	1	2	4	1	3	2	1	3	3	1	2	3	1
16	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			-0,01		
	6	6	1	6	10	2	6	11	2	6	4	2	6	6	2	6	9	1
18	X			Y			Z			X			Y			Z		
	93	68	26	96	86	32	86	104	28	104	49	30	106	58	33	84	95	25
20	X			Y			Z			X			Y			Z		
	36	23	8	20	35	7	19	36	4	37	22	10	29	28	10	27	30	5
22	X			Y			Z			X			Y			Z		
	21	18	10	20	19	16	20	17	13	22	19	13	21	20	16	20	17	10
24	0,04			0,02			0,04			-0,01			0,04			0,00		
	6	7	3	8	5	4	6	7	5	9	5	3	10	4	3	5	8	4
26	0,04			0,00			0,04			0,01			0,04			-0,01		
	7	6	2	8	5	3	6	7	3	9	4	3	9	4	3	6	7	2
28	0,04			0,00			0,04			-0,01			0,04			0,00		
	6	9	1	8	9	1	6	11	1	9	6	1	10	6	1	5	11	1
30	0,04			0,00			0,04			0,01			0,04			-0,01		
	7	9	1	9	9	2	7	12	2	10	7	1	11	7	1	6	12	1
32	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	14	12	1	16	11	1	15	14	1	16	10	2	17	9	2	14	14	1
34	0,20			-0,11			0,24			0,01			0,24			0,21		
	13	5	3	8	10	2	8	10	3	13	4	2	11	7	2	11	8	4
36	0,04			-0,02			0,04			0,01			0,04			0,00		
	9	7	2	8	7	2	7	6	2	11	8	1	10	8	1	7	6	2
38	0,14			-0,07			0,11			-0,15			0,15			0,18		
	12	7	3	8	6	3	7	6	3	14	7	2	12	6	2	9	7	3
40	0,06			-0,12			0,06			-0,21			0,06			0,36		
	16	11	5	10	9	4	9	8	4	17	12	5	14	11	5	12	9	4
42	0,08			-0,34			0,08			-0,20			0,08			0,46		
	21	13	3	17	9	2	17	9	2	22	13	3	20	11	3	19	11	3
44	X			Y			Z			X			Y			Z		
	29	34	7	19	29	8	18	21	6	31	42	9	26	40	9	23	24	6



**DiNi 03 pojedynczy CIĘŻAR 12 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	1	1
14	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,01		
	5	3	1	4	5	1	3	6	1	6	3	1	5	4	1	3	5	1
16	0,05			0,00			0,06			-0,01			0,06			0,01		
	14	9	2	9	12	2	8	14	1	14	7	3	12	8	3	11	13	1
18	X			Y			Z			X			Y			Z		
	99	101	32	95	130	46	89	150	40	106	79	38	104	93	45	91	135	33
20	X			Y			Z			X			Y			Z		
	48	35	15	39	45	21	36	49	17	50	30	19	46	35	21	41	44	15
22	X			Y			Z			X			Y			Z		
	31	23	13	22	31	17	21	31	13	31	23	17	27	27	19	26	26	11
24	0,05			0,00			0,05			0,03			0,05			-0,01		
	7	9	4	12	8	8	9	10	8	10	7	4	12	6	6	7	11	6
26	0,04			-0,01			0,04			-0,01			0,04			0,01		
	12	13	3	16	14	4	13	17	4	15	9	3	17	9	3	11	17	4
28	0,04			0,00			0,04			0,01			0,04			0,00		
	13	13	2	14	14	3	12	17	3	16	9	2	16	9	3	11	17	3
30	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			0,00		
	18	14	2	16	15	2	15	19	2	19	10	2	18	10	2	16	19	2
32	0,13			-0,03			0,13			0,04			0,11			0,00		
	17	18	2	17	20	2	15	21	2	19	17	2	19	18	2	15	20	2
34	0,34			-0,03			0,41			-0,11			0,40			0,44		
	16	14	1	12	15	1	12	15	1	16	14	1	14	14	1	14	15	1
36	0,16			-0,18			0,20			-0,04			0,20			0,12		
	12	8	1	9	14	2	9	12	2	12	9	1	11	12	2	10	9	2
38	0,08			-0,29			0,09			-0,19			0,09			0,39		
	21	21	2	12	21	2	12	19	2	21	23	2	16	23	2	16	19	2
40	0,09			-0,19			0,12			-0,37			0,12			0,66		
	13	12	2	9	13	2	9	12	2	13	13	2	12	13	2	10	12	2
42	0,16			-0,23			0,20			-0,69			0,20			0,78		
	19	18	2	17	14	2	17	12	2	19	20	2	18	18	2	18	14	2
44	X			Y			Z			X			Y			Z		
	38	38	3	29	29	5	24	20	4	43	48	5	39	44	6	29	24	3

**DiNi 03 potrójny CIĘŻAR 4 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
14	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1
16	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	4	3	1	4	4	1	3	4	1	5	2	1	4	3	1	4	4	1
18	0,13			-0,02			0,14			0,08			0,14			-0,03		
	41	47	12	38	53	11	34	67	12	46	33	10	44	36	10	36	64	13
20	0,15			0,00			0,18			0,02			0,18			-0,01		
	29	20	4	15	29	4	16	29	3	29	20	5	22	24	5	23	24	3
22	0,04			0,00			0,05			-0,01			0,05			0,01		
	22	13	7,5	18	21	14	16	18	11	24	17	10	22	20	13	18	14	8
24	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			-0,01		
	2	4	3	3	4	3	2	5	3	3	3	3	3	3	3	2	5	3
26	0,04			0,00			0,04			0,01			0,04			-0,01		
	4	4	2	5	4	1	4	5	1	5	3	1	5	3	1	3	5	2
28	0,04			0,00			0,04			-0,01			0,04			0,01		
	5	7	1	6	6	1	5	8	1	7	5	1	7	4	1	4	8	1
30	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	6	8	1	7	7	2	6	9	2	8	6	1	8	5	1	5	9	1
32	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	4	5	1	6	5	1	6	6	1	5	4	1	6	4	1	5	6	1
34	0,05			-0,04			0,05			0,05			0,05			0,00		
	4	3	1	3	5	2	3	4	2	4	3	2	3	4	2	4	3	1
36	0,04			-0,03			0,04			0,04			0,04			0,01		
	4	3	2	3	4	1	3	4	1	5	3	1	4	3	1	3	4	2
38	0,04			-0,02			0,04			0,01			0,04			0,02		
	4	3	1	3	2	1	2	3	1	4	3	2	4	2	2	3	3	1
40	0,06			-0,04			0,08			-0,18			0,08			0,17		
	6	5	1	5	4	1	3	4	1	8	5	2	7	4	2	4	4	1
42	0,05			-0,05			0,05			-0,22			0,05			0,20		
	6	5	1	5	3	1	3	3	1	8	4	1	7	3	1	4	4	1
44																		
	22	19	4	12	15	5	13	12	5	22	22	4	17	20	4	18	14	4

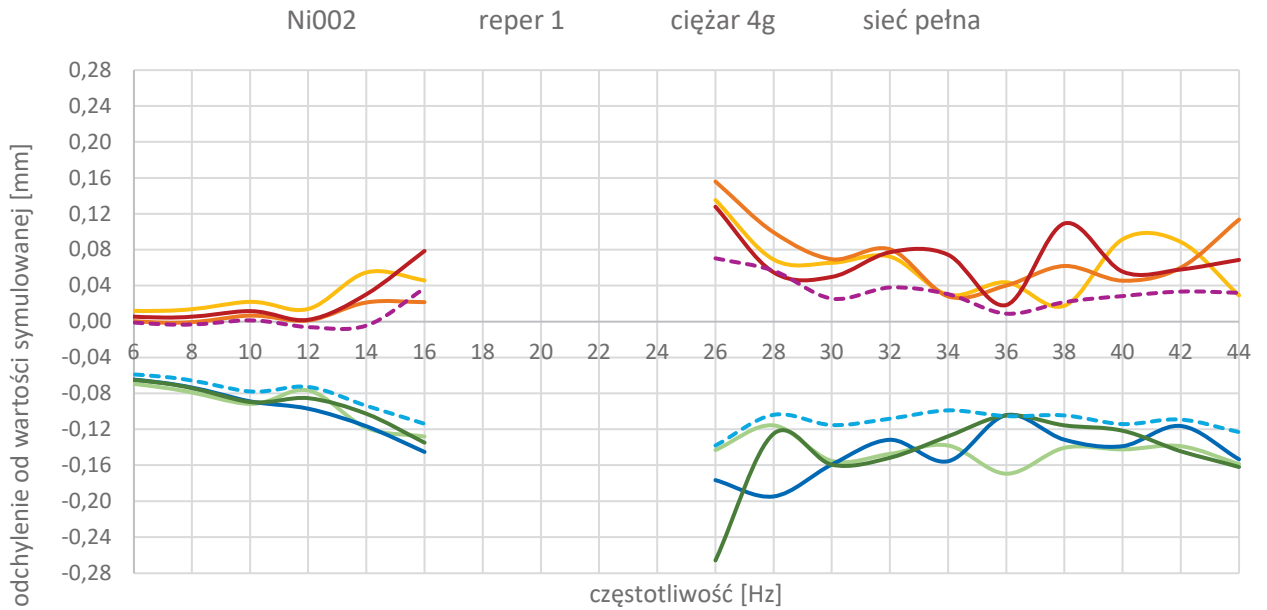
**DiNi 03 potrójny CIĘŻAR 8 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	1	1
14	0,03			0,00			0,03			0,00			0,03			0,00		
	3	3	1	2	3	1	2	4	1	3	2	1	3	3	1	2	3	1
16	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			-0,01		
	6	6	1	6	10	2	6	11	2	6	4	2	6	6	2	6	9	1
18																		
	93	68	26	96	86	32	86	104	28	104	49	30	106	58	33	84	95	25
20																		
	36	23	8	20	35	7	19	36	4	37	22	10	29	28	10	27	30	5
22																		
	21	18	10	20	19	16	20	17	13	22	19	13	21	20	16	20	17	10
24	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	6	7	3	8	5	4	6	7	5	9	5	3	10	4	3	5	8	4
26	0,04			-0,01			0,04			0,01			0,04			0,00		
	7	6	2	8	5	3	6	7	3	9	4	3	9	4	3	6	7	2
28	0,03			0,00			0,03			0,00			0,03			0,00		
	6	9	1	8	9	1	6	11	1	9	6	1	10	6	1	5	11	1
30	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	7	9	1	9	9	2	7	12	2	10	7	1	11	7	1	6	12	1
32	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	14	12	1	16	11	1	15	14	1	16	10	2	17	9	2	14	14	1
34	0,12			-0,08			0,14			0,10			0,13			0,05		
	13	5	3	8	10	2	8	10	3	13	4	2	11	7	2	11	8	4
36	0,05			-0,01			0,05			0,02			0,05			0,00		
	9	7	2	8	7	2	7	6	2	11	8	1	10	8	1	7	6	2
38	0,12			-0,15			0,09			-0,10			0,12			0,33		
	12	7	3	8	6	3	7	6	3	14	7	2	12	6	2	9	7	3
40	0,05			-0,07			0,05			-0,17			0,05			0,33		
	16	11	5	10	9	4	9	8	4	17	12	5	14	11	5	12	9	4
42	0,05			-0,28			0,05			-0,21			0,05			0,45		
	21	13	3	17	9	2	17	9	2	22	13	3	20	11	3	19	11	3
44																		
	29	34	7	19	29	8	18	21	6	31	42	9	26	40	9	23	24	6

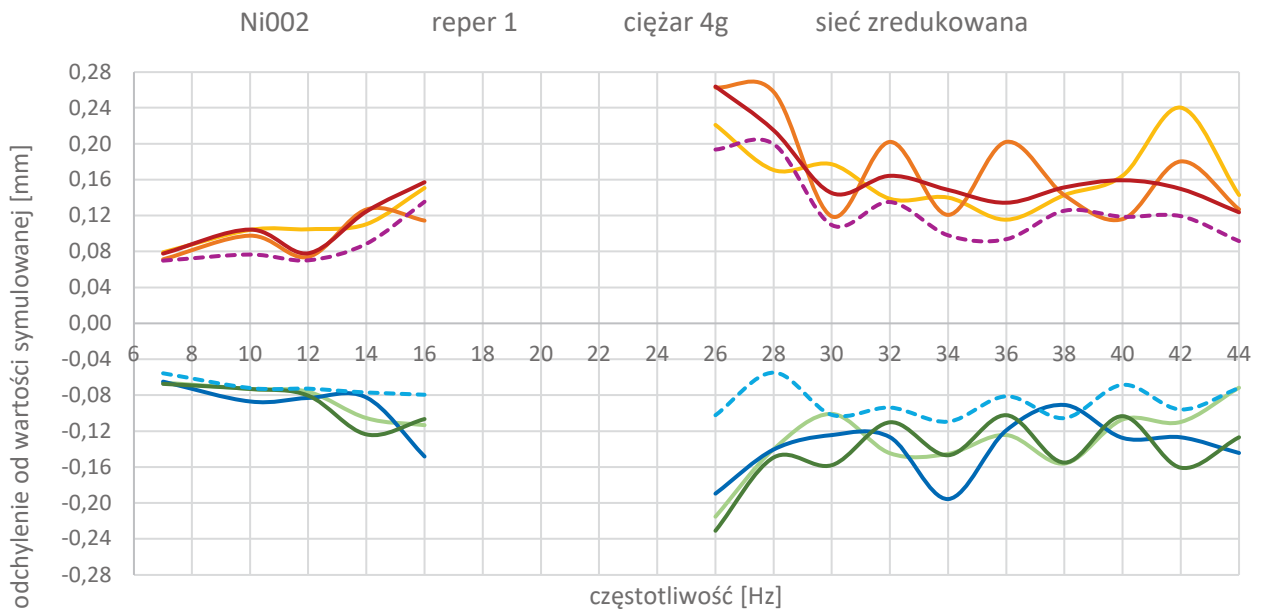
**DiNi 03 potrójny CIĘŻAR 12 g**

f [Hz]	I ustawienie						II ustawienie						III ustawienie					
	mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]			mdh [mm]			odchyłka [mm]		
	amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]			amplituda cel wstecz [μm]			amplituda cel w przód [μm]		
	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z	oś X	oś Y	oś Z
7	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
10	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
12	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	0	1	1	1
14	0,04			0,00			0,04			-0,01			0,04			0,01		
	5	3	1	4	5	1	3	6	1	6	3	1	5	4	1	3	5	1
16	0,05			0,00			0,06			-0,01			0,06			0,00		
	14	9	2	9	12	2	8	14	1	14	7	3	12	8	3	11	13	1
18																		
	99	101	32	95	130	46	89	150	40	106	79	38	104	93	45	91	135	33
20																		
	48	35	15	39	45	21	36	49	17	50	30	19	46	35	21	41	44	15
22																		
	31	23	13	22	31	17	21	31	13	31	23	17	27	27	19	26	26	11
24	0,04			0,00			0,04			0,00			0,04			0,00		
	7	9	4	12	8	8	9	10	8	10	7	4	12	6	6	7	11	6
26	0,04			-0,01			0,04			0,00			0,04			0,00		
	12	13	3	16	14	4	13	17	4	15	9	3	17	9	3	11	17	4
28	0,03			0,00			0,03			0,00			0,03			0,00		
	13	13	2	14	14	3	12	17	3	16	9	2	16	9	3	11	17	3
30	0,04			0,01			0,04			0,00			0,04			-0,01		
	18	14	2	16	15	2	15	19	2	19	10	2	18	10	2	16	19	2
32	0,07			-0,01			0,09			0,04			0,08			-0,02		
	17	18	2	17	20	2	15	21	2	19	17	2	19	18	2	15	20	2
34	0,31			-0,03			0,39			-0,54			0,42			0,45		
	16	14	1	12	15	1	12	15	1	16	14	1	14	14	1	14	15	1
36	0,09			-0,12			0,11			0,04			0,13			0,04		
	12	8	1	9	14	2	9	12	2	12	9	1	11	12	2	10	9	2
38	0,09			-0,11			0,08			-0,15			0,09			0,30		
	21	21	2	12	21	2	12	19	2	21	23	2	16	23	2	16	19	2
40	0,06			-0,16			0,07			-0,53			0,07			0,61		
	13	12	2	9	13	2	9	12	2	13	13	2	12	13	2	10	12	2
42	0,10			-0,34			0,12			-0,69			0,12			0,71		
	19	18	2	17	14	2	17	12	2	19	20	2	18	18	2	18	14	2
44																		
	38	38	3	29	29	5	24	20	4	43	48	5	39	44	6	29	24	3

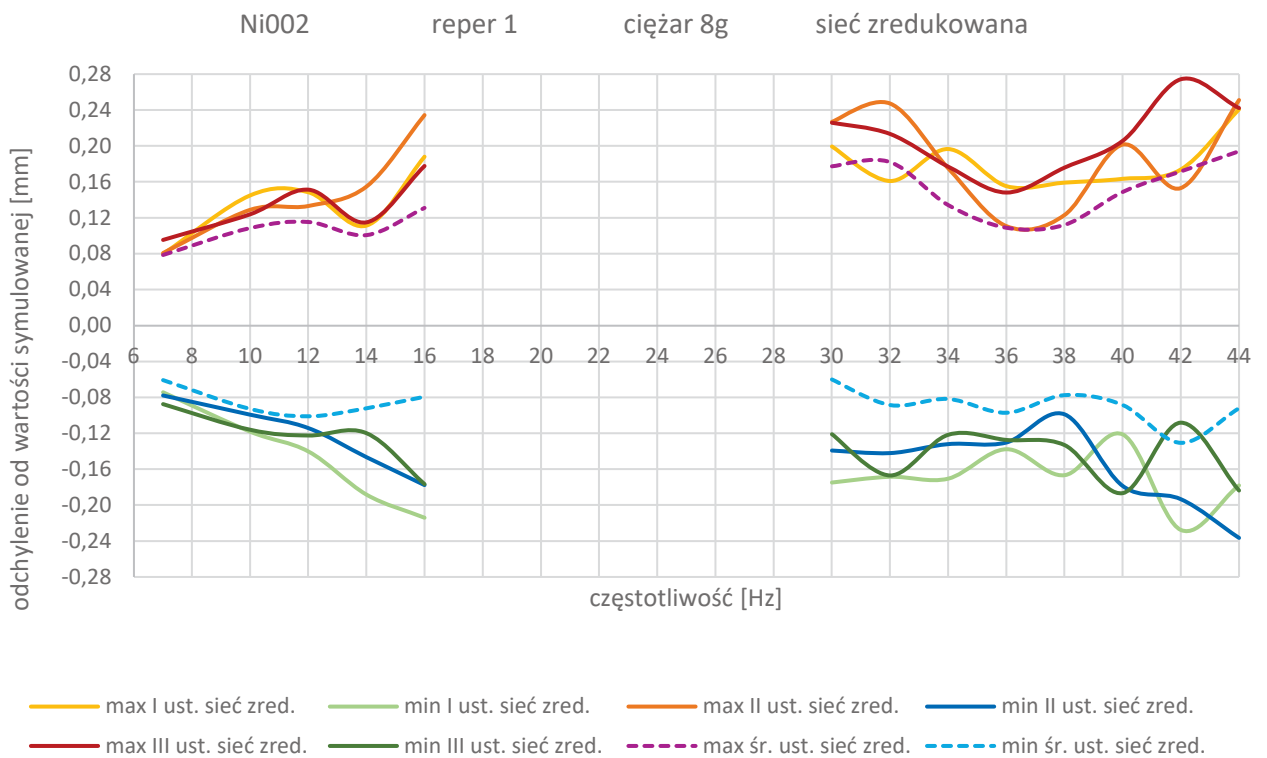
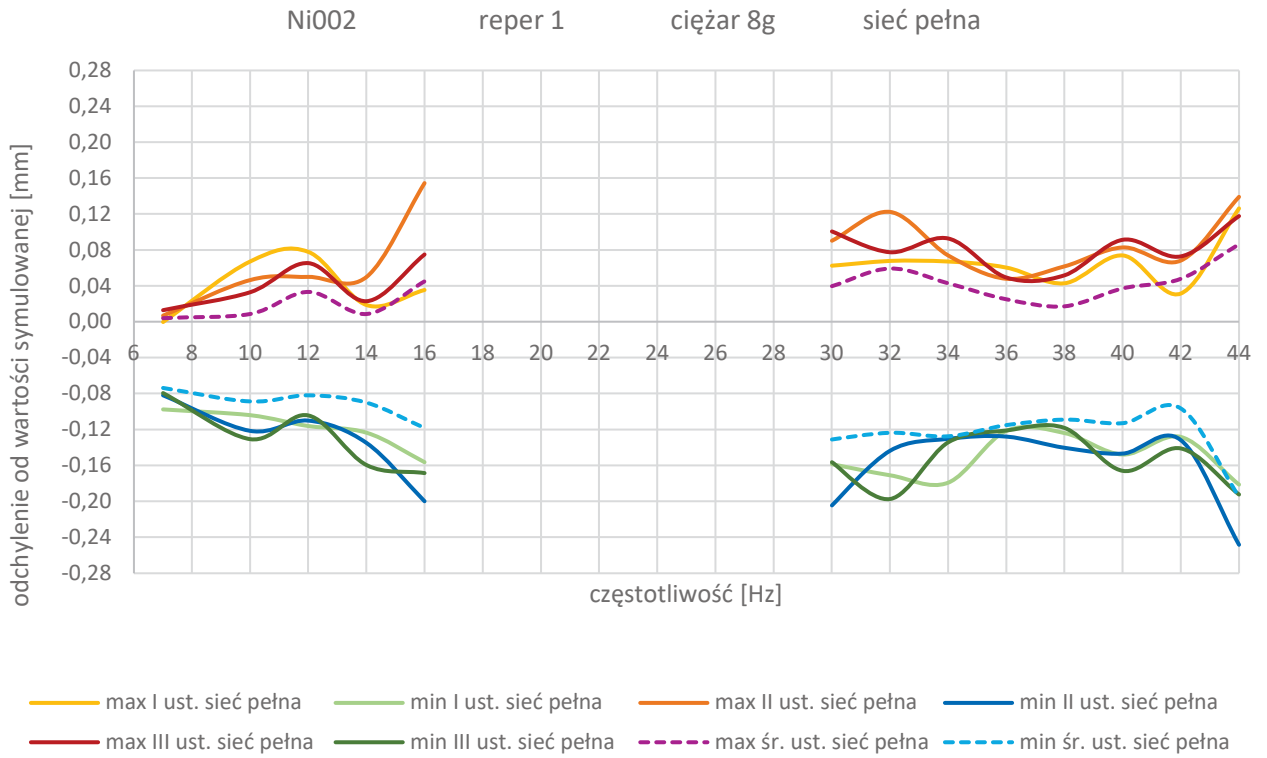
**Załącznik 8.** Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 1 – niwelator Ni 002

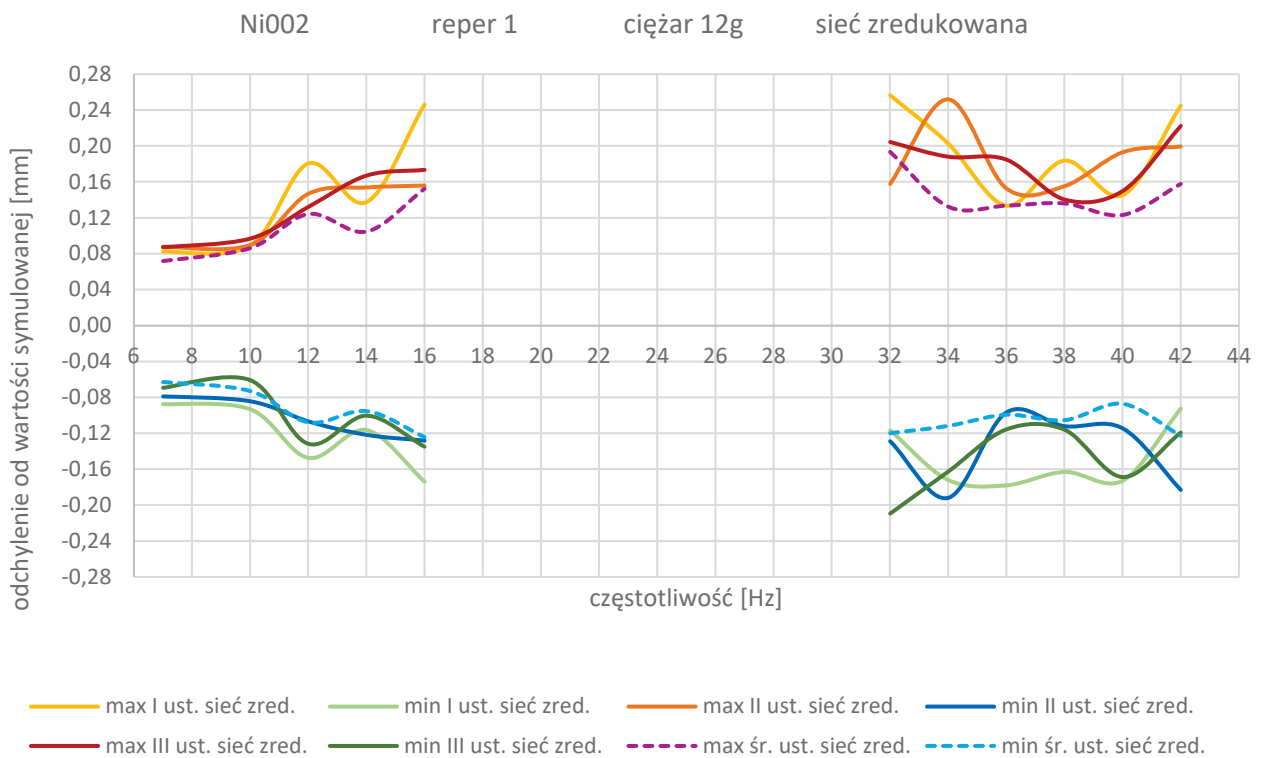
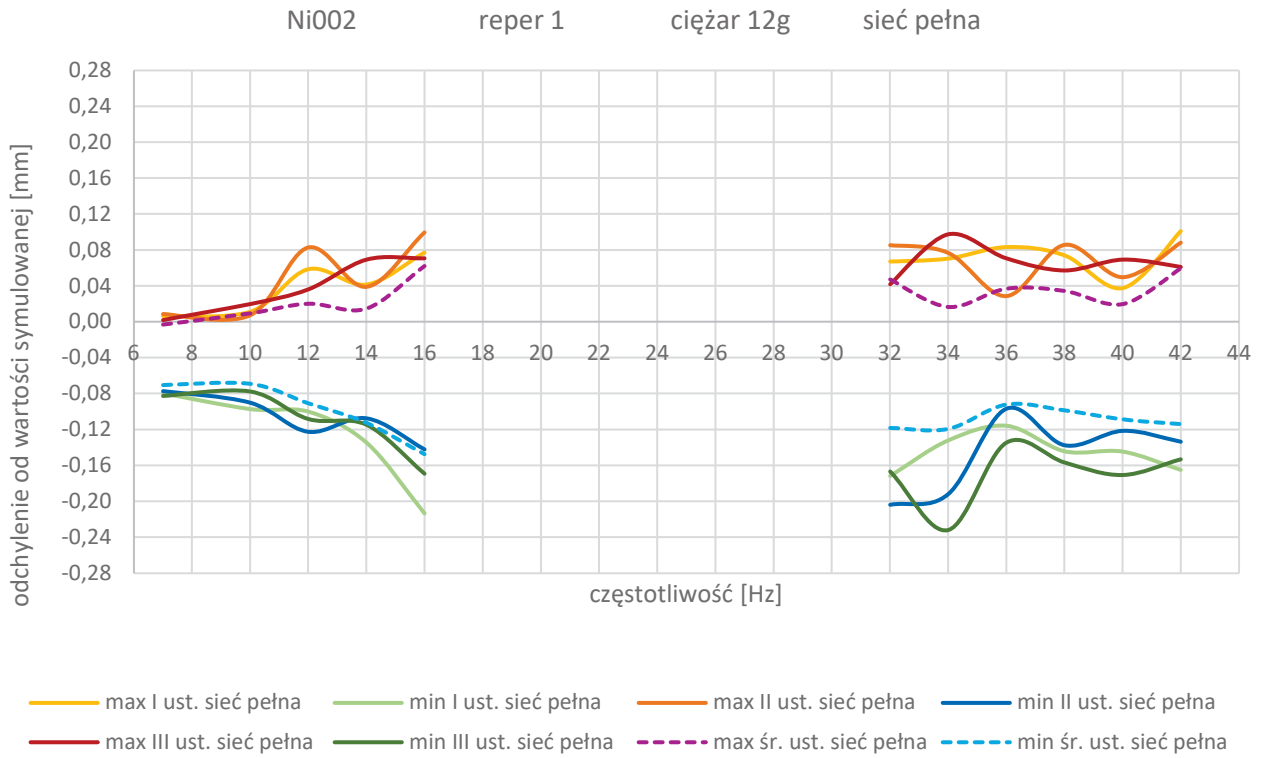


— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna

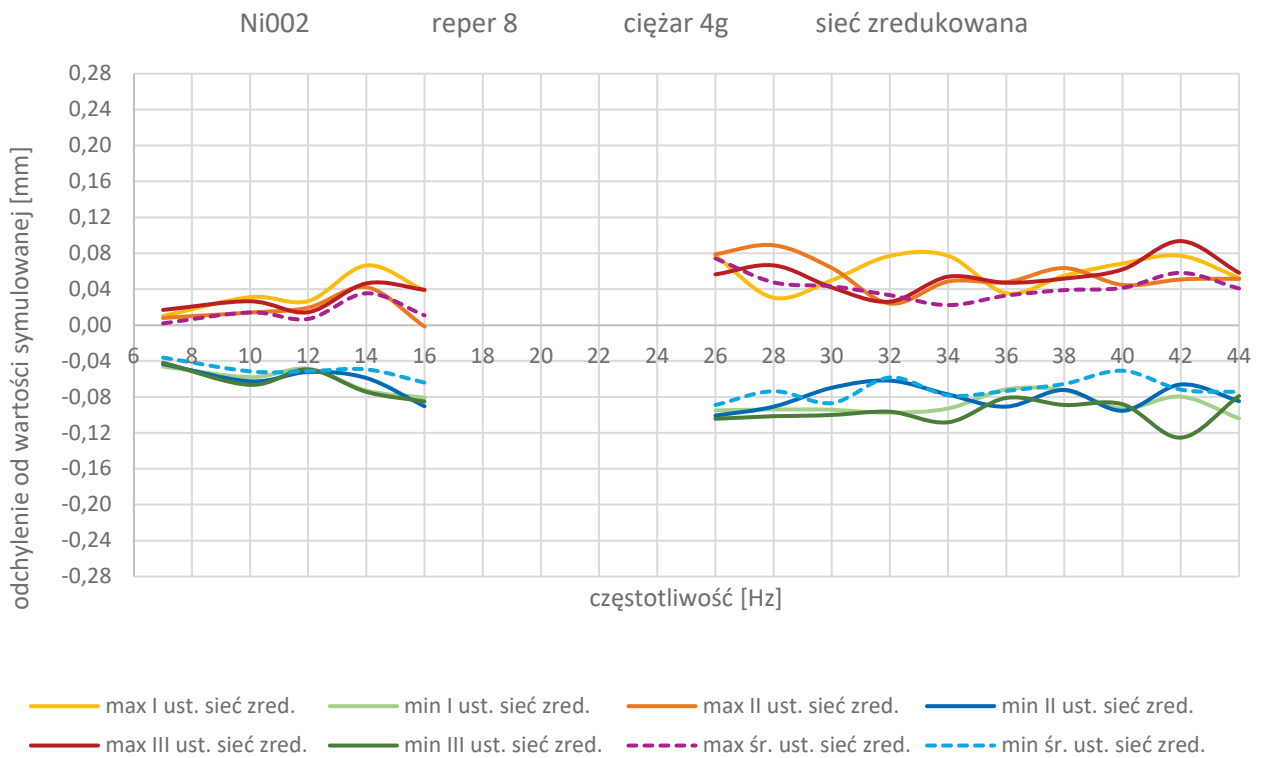
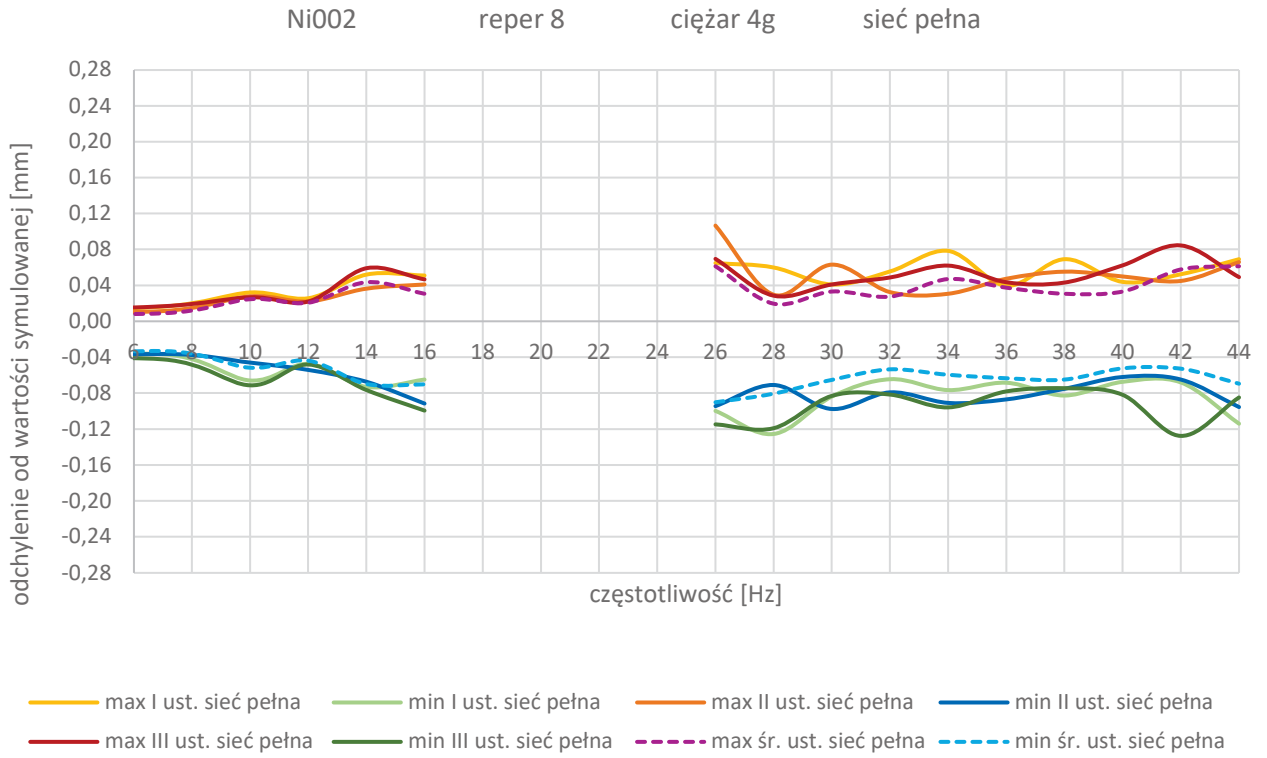


— max I ust. sieć zred.    — min I ust. sieć zred.    — max II ust. sieć zred.    — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.    — min III ust. sieć zred.    - - - max śr. ust. sieć zred.    - - - min śr. ust. sieć zred.

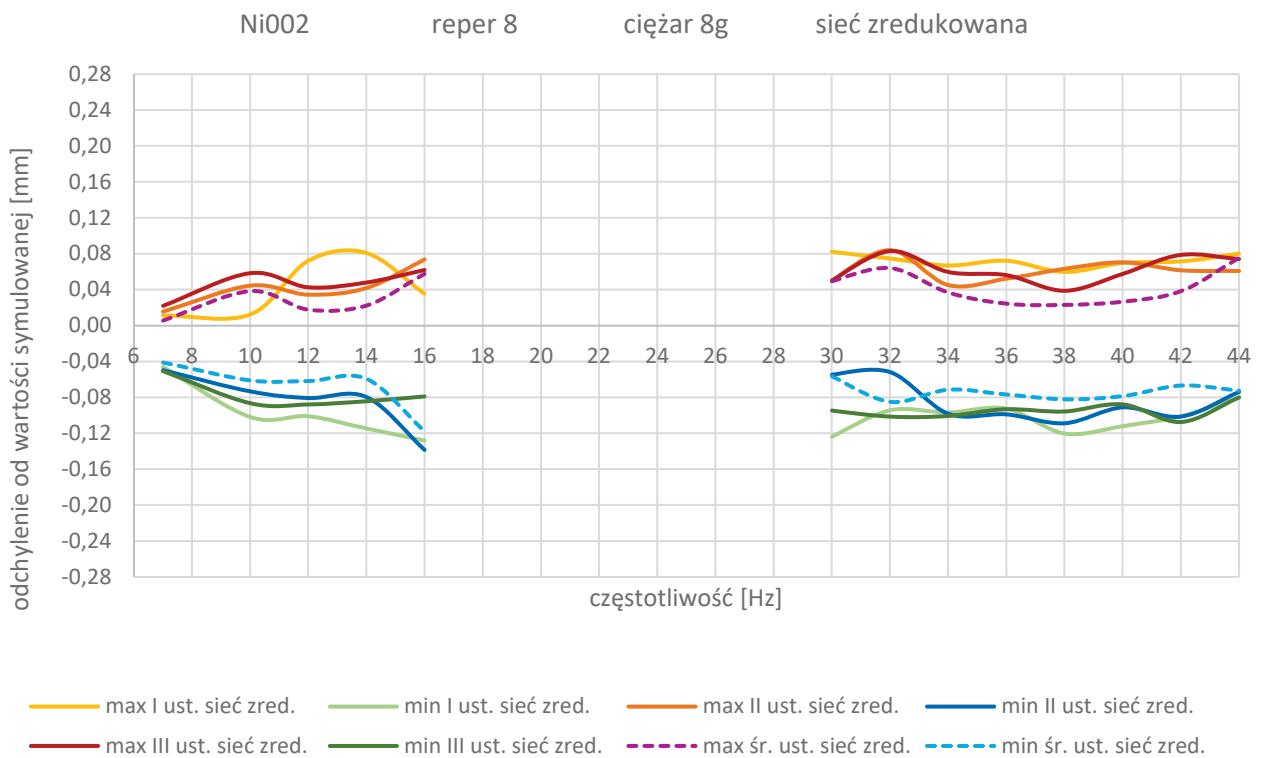
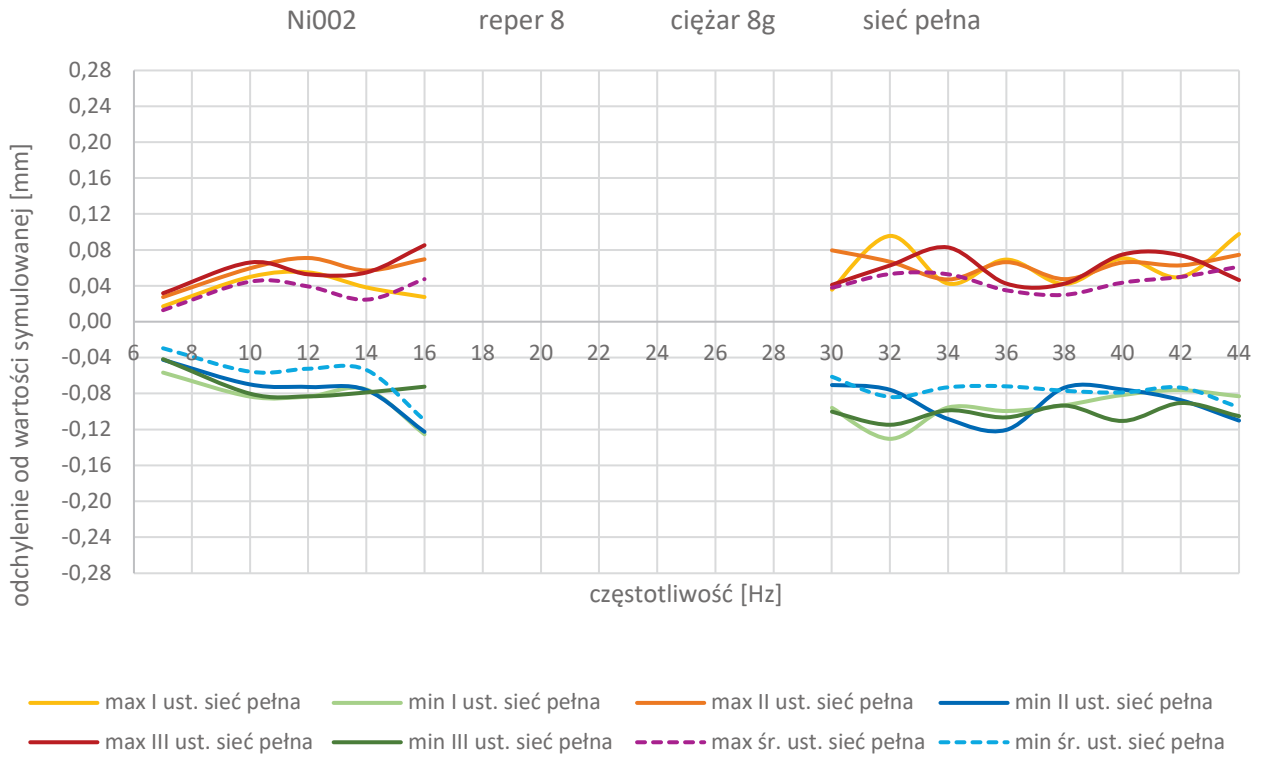


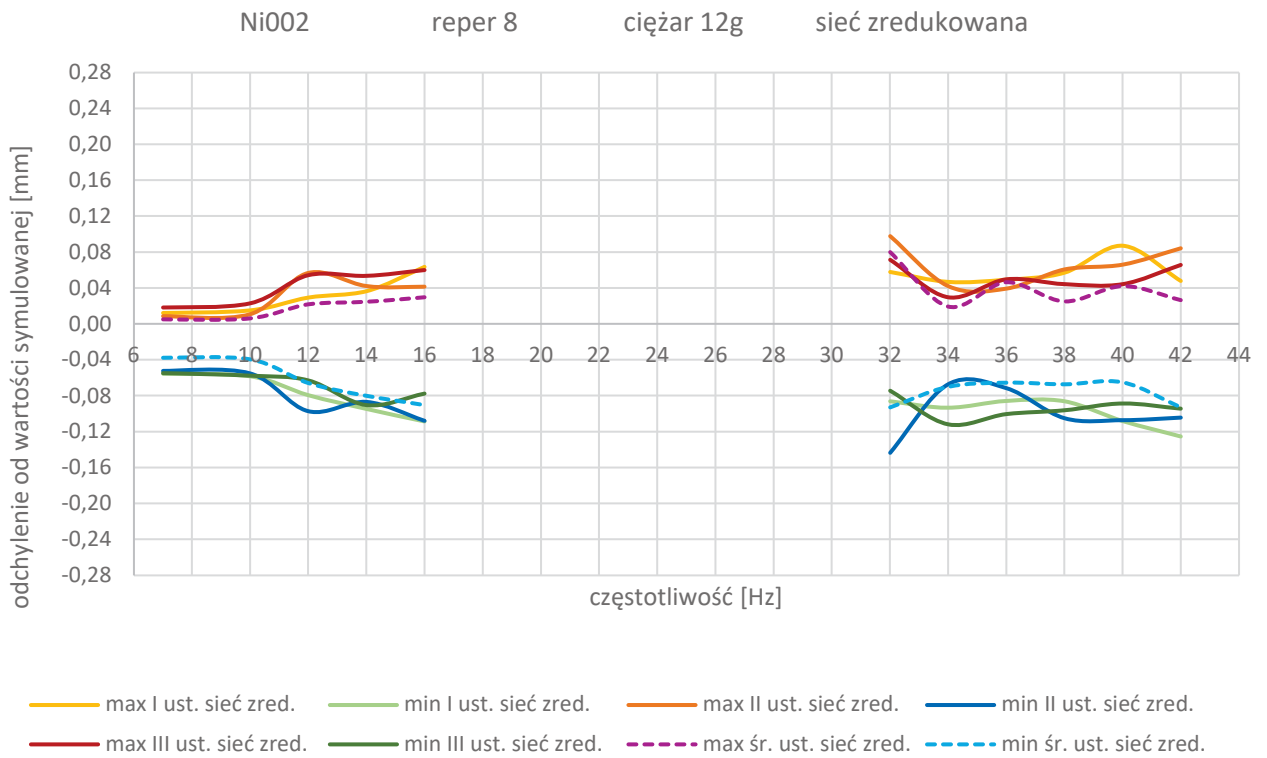
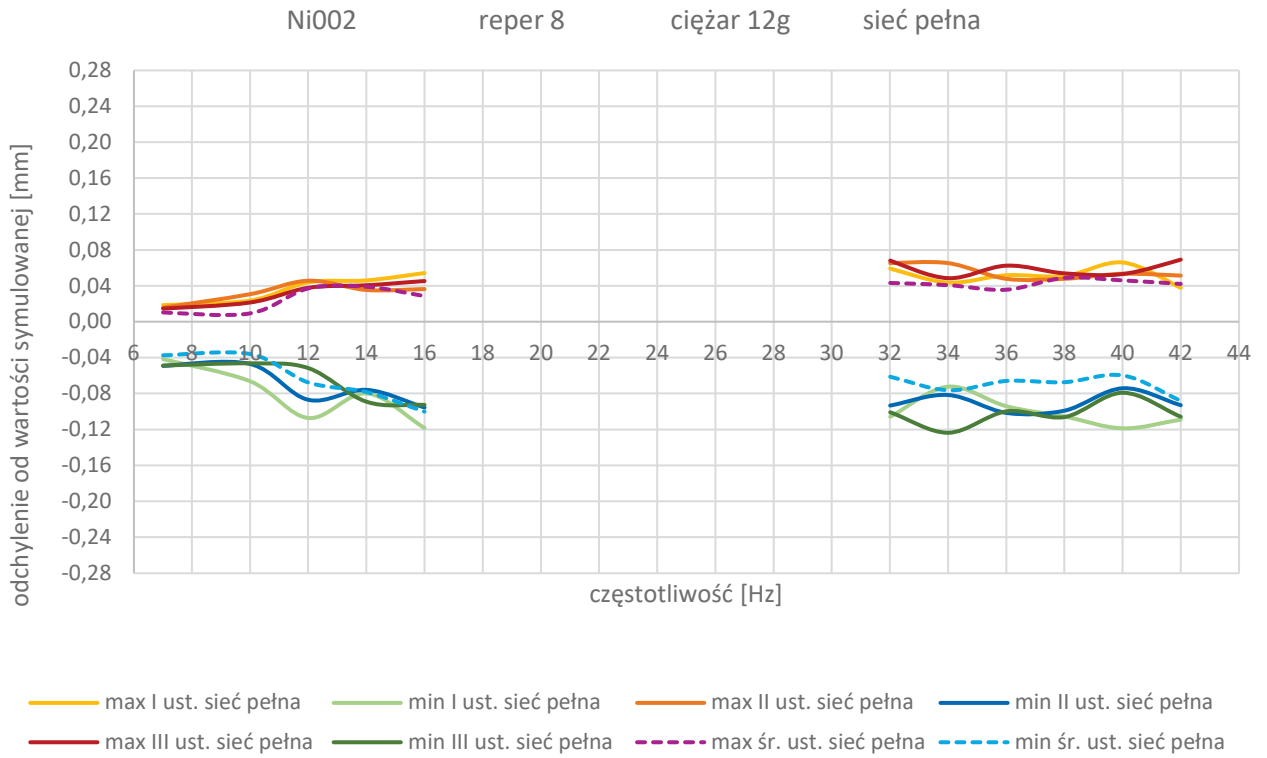


**Załącznik 9.** Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 8 – niwelator Ni 002

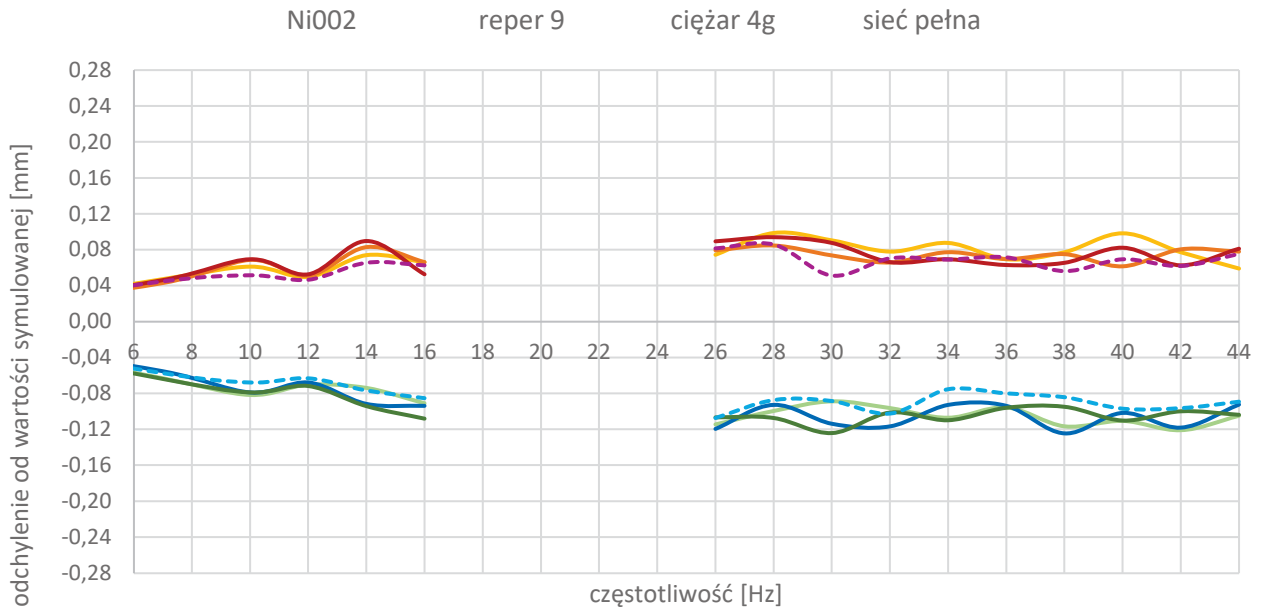




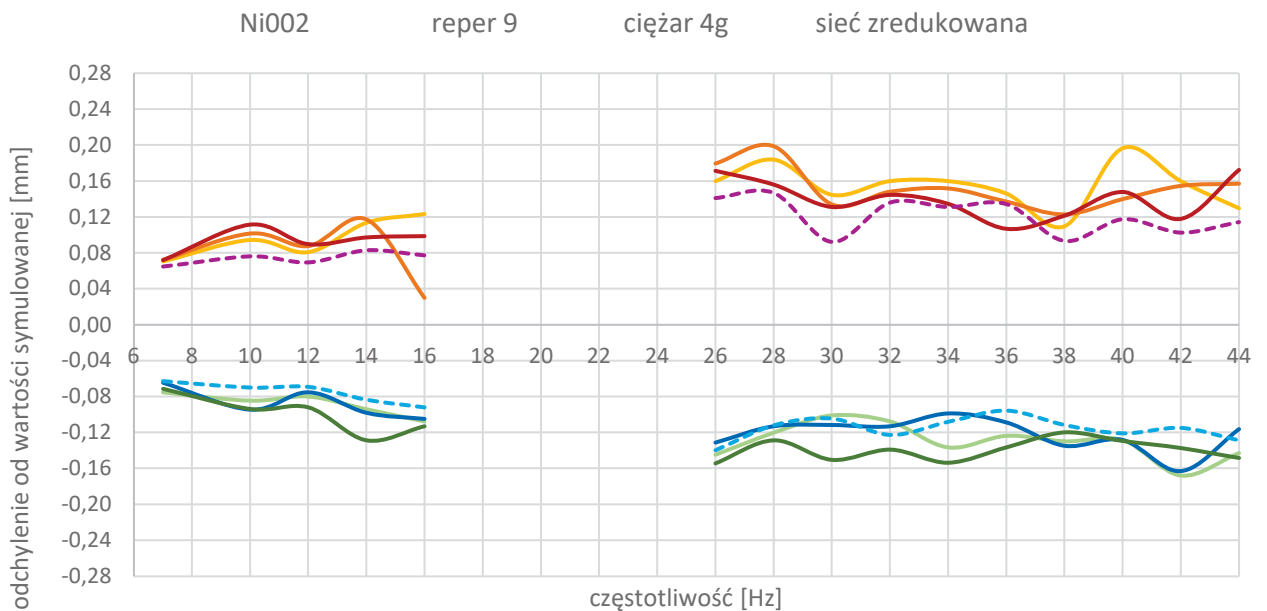




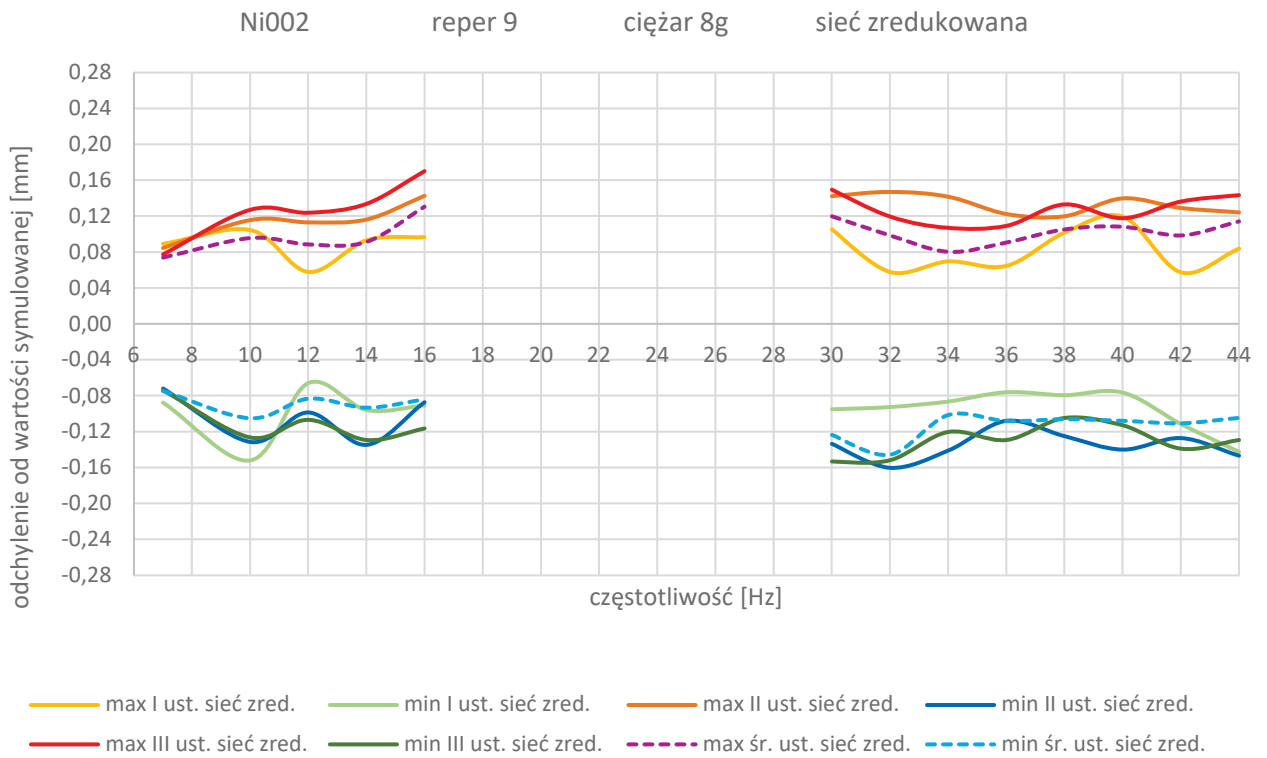
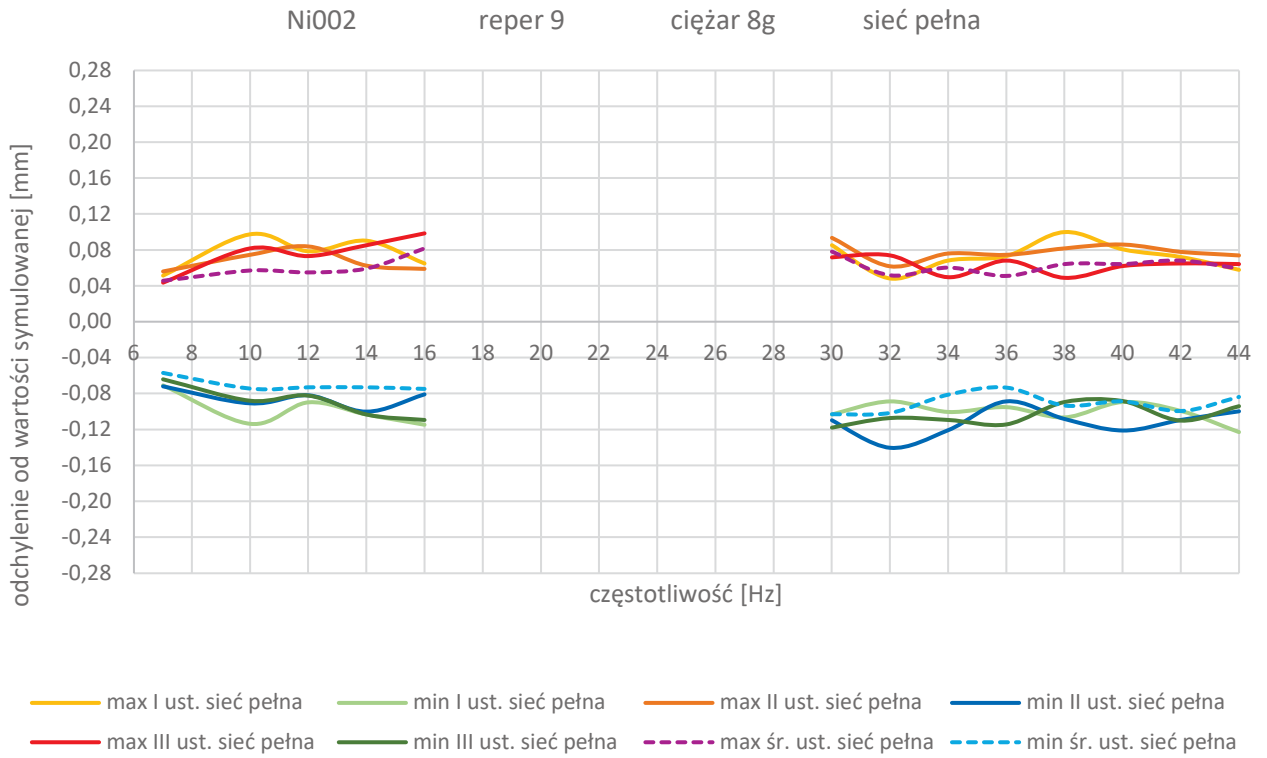
**Załącznik 10.** Wykresy ekstremalnych odchyłek wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 9 – niwelator Ni 002

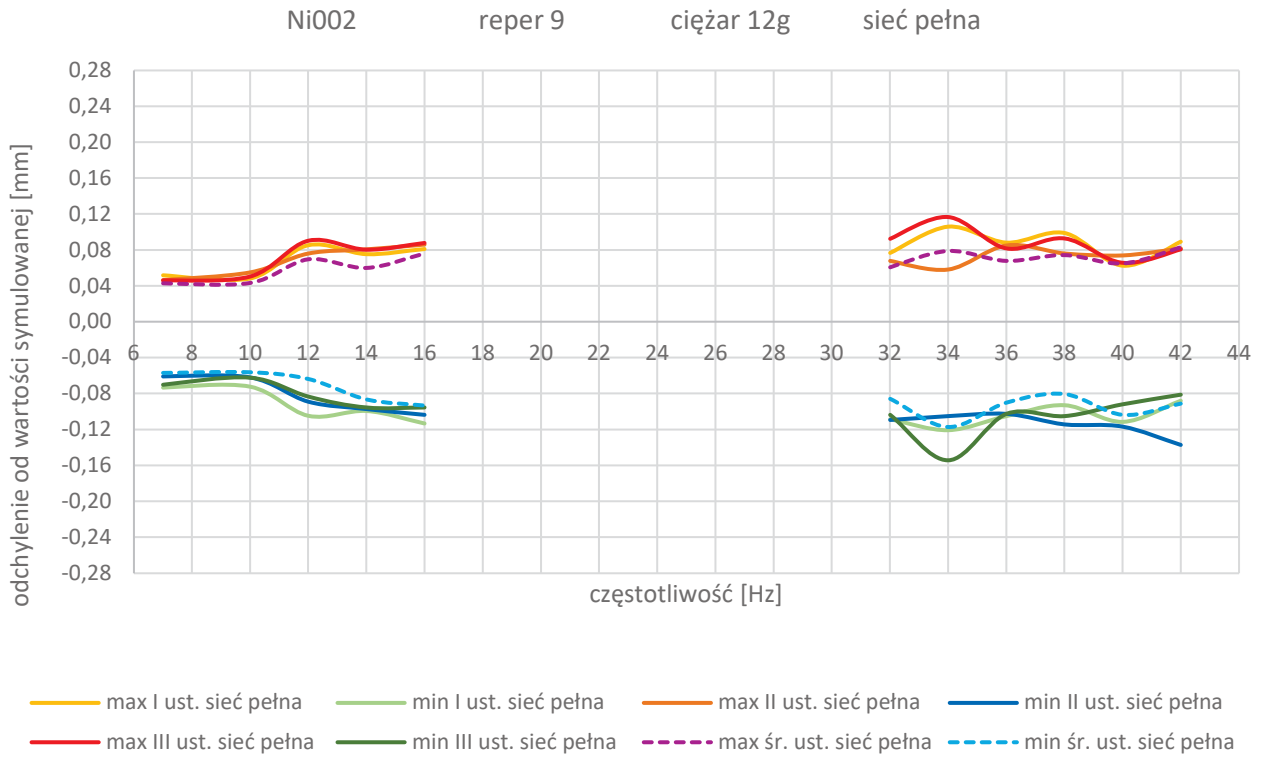


— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna



— max I ust. sieć zreduk.    — min I ust. sieć zreduk.    — max II ust. sieć zreduk.    — min II ust. sieć zreduk.  
— max III ust. sieć zreduk.    — min III ust. sieć zreduk.    - - - max śr. ust. sieć zreduk.    - - - min śr. ust. sieć zreduk.





**Załącznik 11.** Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni002, 4 g, 26 Hz, sieć zred.

Ni002 zred.		I ustawienie		ciężar 4g		26 Hz					
max $\sigma_0$	1,49	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:						5,0			
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania		0,10		mm					
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	0,05	0,70	0,00	0,70	-0,13	0,19	-0,27	-0,26	0,13	0,14	0,41
$\Delta H2$	0,07	0,59	0,00	0,70	-0,17	0,23	-0,21	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H3$	-0,05	0,70	0,00	0,70	-0,17	0,15	-0,22	-0,26	0,15	0,18	0,41
$\Delta H4$	-0,10	0,66	0,00	0,70	-0,20	0,30	-0,26	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H5$	0,01	0,76	0,00	0,70	-0,17	0,22	-0,13	-0,26	0,13	0,14	0,41
$\Delta H6$	0,10	0,76	0,00	0,70	-0,13	0,21	-0,27	-0,26	0,15	0,17	0,41
$\Delta H7$	-0,05	0,71	0,00	0,70	-0,19	0,23	-0,26	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H8$	-0,08	0,69	0,00	0,70	-0,15	0,22	-0,23	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H9$	0,03	0,47	0,00	0,70	-0,18	0,24	-0,24	-0,25	0,16	0,19	0,42
$\Delta H10$	0,15	0,73	0,00	0,70	-0,16	0,24	-0,14	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H11$	0,02	0,64	0,00	0,70	-0,14	0,29	-0,22	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H12$	0,06	0,76	0,00	0,70	-0,20	0,24	-0,25	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H13$	-0,03	0,65	0,00	0,70	-0,16	0,19	-0,15	-0,26	0,15	0,18	0,41
$\Delta H14$	0,01	0,74	0,00	0,70	-0,16	0,28	-0,36	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H15$	0,00	0,79	0,00	0,70	-0,11	0,18	-0,29	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H16$	0,16	0,80	0,00	0,70	-0,17	0,22	-0,19	-0,26	0,13	0,14	0,41
$\Delta H17$	0,03	0,70	0,00	0,70	-0,13	0,23	-0,26	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H18$	0,07	0,65	0,00	0,70	-0,14	0,28	-0,24	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H19$	0,02	0,59	0,00	0,70	-0,17	0,22	-0,18	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H20$	-0,03	0,66	0,00	0,70	-0,16	0,20	-0,34	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
max-sym.	0,16	0,09	0,10	-0,02	-0,01	0,00	0,06	-0,06	0,16	0,09	0,02
min-sym.	-0,10	-0,24	0,10	-0,02	-0,10	-0,14	-0,17	-0,07	0,13	0,04	0,01
m $\Delta H1$	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H2$	0,09	0,08	0,04	0,06	0,05	0,07	0,08	0,04	0,05	0,05	0,04
m $\Delta H3$	0,11	0,10	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,06	0,05
m $\Delta H4$	0,08	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04
m $\Delta H5$	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H6$	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H7$	0,09	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,04	0,05	0,05	0,05
m $\Delta H8$	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H9$	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H10$	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H11$	0,11	0,10	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,06	0,05
m $\Delta H12$	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H13$	0,09	0,09	0,05	0,06	0,06	0,07	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04
m $\Delta H14$	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H15$	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H16$	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H17$	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H18$	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
m $\Delta H19$	0,09	0,08	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08	0,04	0,05	0,05	0,04
m $\Delta H20$	0,09	0,09	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04

	Ni002 zred.		I ustawienie ciężar 4g					26 Hz				
	max $\sigma_0$	1,49	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:									
	mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania					0,10 mm				
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16	
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,02	0,04	0,32	-0,19	0,20	-0,15	0,29	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,14	-0,12	0,32	-0,19	0,19	-0,19	0,31	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,06	-0,17	0,32	-0,19	0,21	-0,26	0,50	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,14	-0,13	0,32	-0,19	0,13	-0,18	0,34	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,07	-0,04	0,32	-0,19	0,16	-0,22	0,35	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,10	-0,05	0,32	-0,19	0,22	-0,28	0,35	0,26	0,18	-0,16	-0,26	
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,07	-0,09	0,32	-0,19	0,14	-0,22	0,21	0,26	0,18	-0,16	-0,26	
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,18	-0,21	0,32	-0,19	0,13	-0,15	0,41	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,12	-0,20	0,32	-0,19	0,17	-0,23	0,27	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,06	0,10	0,32	-0,19	0,20	-0,15	0,44	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,10	-0,34	0,32	-0,19	0,18	-0,17	0,34	0,26	0,16	-0,21	-0,27	
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	0,07	-0,04	0,32	-0,19	0,18	-0,11	0,41	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,03	-0,13	0,32	-0,19	0,18	-0,18	0,42	0,26	0,16	-0,20	-0,27	
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,02	-0,06	0,32	-0,19	0,15	-0,10	0,26	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,09	-0,02	0,32	-0,19	0,21	-0,16	0,26	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,05	-0,22	0,32	-0,19	0,15	-0,17	0,47	0,26	0,18	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,09	-0,18	0,32	-0,19	0,19	-0,19	0,25	0,26	0,16	-0,20	-0,27	
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,03	-0,12	0,32	-0,19	0,16	-0,18	0,31	0,26	0,18	-0,16	-0,26	
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,07	-0,29	0,32	-0,19	0,16	-0,20	0,49	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	0,07	-0,23	0,32	-0,19	0,20	-0,16	0,41	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>	
<b>max-sym.</b>	0,22	0,20	0,02	-0,10	0,02	0,10	0,10	-0,04	0,07	0,04	-0,06	
<b>min-sym.</b>	-0,10	-0,24	0,02	-0,10	-0,07	-0,08	-0,20	-0,04	0,05	-0,01	-0,07	
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,14	0,13	0,07	0,09	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07	
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,13	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	

	Ni002 zred.		I ustawienie ciężar 4g					26 Hz				
	max $\sigma_0$	1,43	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:									
	mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania					0,10 mm				
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,07	-0,66	0,32	-0,89	0,33	-0,33	0,56	0,53	0,05	-0,31	-0,67	
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,07	-0,71	0,32	-0,89	0,36	-0,43	0,53	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,11	-0,87	0,32	-0,89	0,38	-0,42	0,72	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,04	-0,80	0,32	-0,89	0,33	-0,47	0,60	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,05	-0,81	0,32	-0,89	0,34	-0,45	0,49	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,01	-0,81	0,32	-0,89	0,35	-0,49	0,62	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,02	-0,80	0,32	-0,89	0,33	-0,45	0,46	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,10	-0,90	0,32	-0,89	0,28	-0,37	0,64	0,52	0,03	-0,33	-0,68	
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,14	-0,67	0,32	-0,89	0,34	-0,47	0,51	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,20	-0,63	0,32	-0,89	0,36	-0,40	0,58	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,12	-0,98	0,32	-0,89	0,32	-0,46	0,57	0,52	0,02	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	0,01	-0,81	0,32	-0,89	0,38	-0,35	0,65	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,05	-0,78	0,32	-0,89	0,34	-0,37	0,57	0,51	0,01	-0,38	-0,68	
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,01	-0,80	0,32	-0,89	0,30	-0,38	0,62	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,09	-0,81	0,32	-0,89	0,32	-0,35	0,55	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,22	-1,03	0,32	-0,89	0,33	-0,39	0,65	0,52	0,04	-0,32	-0,67	
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,12	-0,88	0,32	-0,89	0,32	-0,42	0,51	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,04	-0,77	0,32	-0,89	0,30	-0,47	0,55	0,52	0,04	-0,32	-0,67	
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,05	-0,88	0,32	-0,89	0,33	-0,42	0,67	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	0,10	-0,89	0,32	-0,89	0,36	-0,36	0,75	0,52	0,02	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,11	0,18	-0,08	-0,08	0,08	0,16	0,16	0,03	-0,04	-0,01	-0,07	
<b>min-sym.</b>	-0,22	-0,21	-0,08	-0,08	-0,02	0,00	-0,13	0,02	-0,08	-0,08	-0,08	
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,09	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,04	0,05	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,09	0,08	0,04	0,06	0,05	0,07	0,08	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,09	0,08	0,04	0,06	0,06	0,07	0,08	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,09	0,08	0,04	0,06	0,06	0,07	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,10	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,11	0,10	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,09	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,04	0,05	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,10	0,09	0,05	0,07	0,06	0,08	0,09	0,04	0,06	0,05	0,05	



	Ni002 zred.		II ustawienie ciężar 4g				26 Hz					
	max $\sigma_0$	1,45	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:								7,5	
	mdh teoret	0,12	mdh z wyrównania				0,14	mm				
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	-0,18	0,47	0,00	0,70	-0,12	0,20	-0,13	-0,26	0,14	0,16	0,41	
$\Delta H2$	0,04	0,78	0,00	0,70	-0,18	0,24	-0,40	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H3$	0,04	0,77	0,00	0,70	-0,15	0,24	-0,21	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H4$	-0,11	0,61	0,00	0,70	-0,14	0,18	-0,32	-0,26	0,14	0,15	0,41	
$\Delta H5$	-0,12	0,72	0,00	0,70	-0,17	0,25	-0,45	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H6$	0,10	0,77	0,00	0,70	-0,13	0,17	-0,24	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H7$	0,01	0,69	0,00	0,70	-0,11	0,19	-0,33	-0,26	0,14	0,15	0,41	
$\Delta H8$	0,01	0,65	0,00	0,70	-0,15	0,27	-0,10	-0,26	0,14	0,16	0,41	
$\Delta H9$	-0,19	0,59	0,00	0,70	-0,16	0,24	-0,39	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H10$	-0,12	0,84	0,00	0,70	-0,13	0,18	-0,08	-0,26	0,13	0,14	0,41	
$\Delta H11$	0,15	0,73	0,00	0,70	-0,13	0,18	-0,24	-0,26	0,14	0,16	0,41	
$\Delta H12$	0,00	0,62	0,00	0,70	-0,13	0,28	-0,23	-0,26	0,14	0,15	0,41	
$\Delta H13$	0,09	0,92	0,00	0,70	-0,14	0,21	-0,19	-0,26	0,14	0,16	0,41	
$\Delta H14$	0,14	0,69	0,00	0,70	-0,14	0,17	-0,23	-0,26	0,15	0,16	0,41	
$\Delta H15$	0,11	0,67	0,00	0,70	-0,17	0,22	-0,13	-0,26	0,14	0,16	0,41	
$\Delta H16$	0,24	0,77	0,00	0,70	-0,15	0,29	-0,29	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H17$	0,15	0,76	0,00	0,70	-0,18	0,25	-0,34	-0,26	0,14	0,16	0,41	
$\Delta H18$	0,02	0,76	0,00	0,70	-0,20	0,22	-0,24	-0,26	0,15	0,17	0,41	
$\Delta H19$	0,10	0,88	0,00	0,70	-0,19	0,22	-0,17	-0,26	0,15	0,18	0,41	
$\Delta H20$	0,11	0,53	0,00	0,70	-0,17	0,22	0,01	-0,25	0,16	0,19	0,42	
$\Delta H$ symul.	0,00	0,71	-0,10	0,72	-0,10	0,30	-0,19	-0,19	0,00	0,10	0,40	
max-sym.	0,24	0,20	0,10	-0,02	-0,01	-0,01	0,20	-0,06	0,16	0,09	0,02	
min-sym.	-0,19	-0,25	0,10	-0,02	-0,10	-0,13	-0,26	-0,07	0,13	0,04	0,01	
$m\Delta H1$	0,15	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,05	0,07	0,07	0,06	
$m\Delta H2$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H3$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,04	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H4$	0,12	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H5$	0,12	0,12	0,05	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H6$	0,12	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H7$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H8$	0,15	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,06	
$m\Delta H9$	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H10$	0,15	0,14	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H11$	0,12	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H12$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H13$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,08	0,12	0,04	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H14$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H15$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H16$	0,12	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H17$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H18$	0,12	0,12	0,05	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H19$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H20$	0,14	0,14	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05	

	Ni002 zred.		II ustawienie ciężar 4g						26 Hz				
	max $\sigma_0$	1,45	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:										
	mdh teoret	0,12	mdh z wyrównania						0,14 mm				
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,05	-0,20	0,32	-0,19	0,22	-0,25	0,36	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,03	-0,19	0,32	-0,19	0,16	-0,20	0,27	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,06	-0,16	0,32	-0,19	0,21	-0,13	0,44	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,04	-0,19	0,32	-0,19	0,17	-0,18	0,29	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,06	-0,15	0,32	-0,19	0,14	-0,13	0,27	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H6</math></b>	0,03	-0,24	0,32	-0,19	0,21	-0,21	0,40	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,00	-0,27	0,32	-0,19	0,20	-0,20	0,34	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,03	-0,12	0,32	-0,19	0,17	-0,12	0,46	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,08	-0,13	0,32	-0,19	0,15	-0,14	0,49	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,06	-0,10	0,32	-0,19	0,18	-0,22	0,20	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,00	-0,25	0,32	-0,19	0,17	-0,13	0,35	0,26	0,18	-0,16	-0,26		
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,02	0,04	0,32	-0,19	0,17	-0,16	0,33	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,01	-0,11	0,32	-0,19	0,15	-0,17	0,34	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H14</math></b>	0,00	-0,20	0,32	-0,19	0,19	-0,24	0,45	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H15</math></b>	0,08	-0,02	0,32	-0,19	0,21	-0,20	0,49	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,18	-0,08	0,32	-0,19	0,17	-0,09	0,30	0,26	0,18	-0,16	-0,26		
<b><math>\Delta H17</math></b>	-0,03	-0,18	0,32	-0,19	0,15	-0,17	0,16	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,12	-0,10	0,32	-0,19	0,18	-0,19	0,29	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,08	-0,07	0,32	-0,19	0,13	-0,14	0,39	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,12	-0,17	0,32	-0,19	0,20	-0,18	0,50	0,26	0,18	-0,16	-0,26		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,26	0,14	0,02	-0,10	0,02	0,11	0,10	-0,04	0,07	0,04	-0,06		
<b>min-sym.</b>	-0,04	-0,17	0,02	-0,10	-0,07	-0,06	-0,24	-0,04	0,06	0,01	-0,07		
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,11	0,15	0,06	0,07	0,07	0,06		
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06		
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,05	0,07	0,07	0,06		
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,04	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,15	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,05	0,07	0,07	0,06		
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,15	0,14	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,14	0,14	0,05	0,07	0,07	0,10	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,14	0,14	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,06	0,07	0,07	0,06		
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,15	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05		

Ni002 zred.		II ustawienie ciężar 4g						26 Hz			
max $\sigma_0$	1,36	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:						2,5			
mdh teoret	0,12	mdh z wyrównania						0,14	mm		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>16</b>
$\Delta H1$	0,14	-0,66	0,32	-0,89	0,34	-0,45	0,49	0,52	0,03	-0,33	-0,68
$\Delta H2$	-0,07	-0,97	0,32	-0,89	0,34	-0,44	0,67	0,52	0,03	-0,35	-0,68
$\Delta H3$	-0,10	-0,93	0,32	-0,89	0,36	-0,37	0,65	0,52	0,03	-0,34	-0,68
$\Delta H4$	0,16	-0,79	0,32	-0,89	0,31	-0,36	0,62	0,52	0,03	-0,34	-0,68
$\Delta H5$	0,06	-0,87	0,32	-0,89	0,30	-0,38	0,71	0,52	0,03	-0,35	-0,68
$\Delta H6$	-0,06	-1,01	0,32	-0,89	0,34	-0,38	0,63	0,52	0,03	-0,35	-0,68
$\Delta H7$	0,00	-0,96	0,32	-0,89	0,31	-0,39	0,66	0,52	0,04	-0,33	-0,67
$\Delta H8$	0,02	-0,77	0,32	-0,89	0,32	-0,39	0,56	0,52	0,04	-0,33	-0,67
$\Delta H9$	0,11	-0,72	0,32	-0,89	0,31	-0,38	0,88	0,52	0,03	-0,34	-0,68
$\Delta H10$	0,06	-0,94	0,32	-0,89	0,31	-0,40	0,29	0,52	0,04	-0,32	-0,67
$\Delta H11$	-0,15	-0,98	0,32	-0,89	0,30	-0,31	0,59	0,52	0,04	-0,32	-0,67
$\Delta H12$	0,01	-0,58	0,32	-0,89	0,30	-0,45	0,56	0,52	0,04	-0,32	-0,67
$\Delta H13$	-0,08	-1,03	0,32	-0,89	0,29	-0,38	0,53	0,52	0,03	-0,34	-0,68
$\Delta H14$	-0,14	-0,89	0,32	-0,89	0,33	-0,41	0,68	0,52	0,03	-0,33	-0,68
$\Delta H15$	-0,04	-0,69	0,32	-0,89	0,38	-0,43	0,62	0,52	0,03	-0,34	-0,68
$\Delta H16$	-0,05	-0,85	0,32	-0,89	0,32	-0,38	0,59	0,52	0,04	-0,33	-0,67
$\Delta H17$	-0,18	-0,94	0,32	-0,89	0,33	-0,41	0,50	0,52	0,03	-0,33	-0,68
$\Delta H18$	-0,13	-0,86	0,32	-0,89	0,39	-0,41	0,53	0,52	0,03	-0,35	-0,68
$\Delta H19$	-0,19	-0,96	0,32	-0,89	0,32	-0,36	0,55	0,52	0,03	-0,35	-0,68
$\Delta H20$	0,01	-0,70	0,32	-0,89	0,37	-0,40	0,48	0,52	0,03	-0,35	-0,68
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
max-sym.	0,16	0,23	-0,08	-0,08	0,08	0,18	0,29	0,03	-0,05	-0,02	-0,07
min-sym.	-0,19	-0,22	-0,08	-0,08	-0,02	0,05	-0,31	0,03	-0,06	-0,05	-0,08
$m\Delta H1$	0,15	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H2$	0,15	0,14	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,06	0,05
$m\Delta H3$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,08	0,12	0,04	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H4$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H5$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H6$	0,11	0,11	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H7$	0,11	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H8$	0,15	0,14	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H9$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,06	0,08	0,12	0,04	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H10$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H11$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H12$	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H13$	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H14$	0,12	0,12	0,05	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H15$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H16$	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H17$	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H18$	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H19$	0,14	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H20$	0,15	0,14	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05

	Ni002 zred.		III ustawienie	ciężar 4g		26 Hz						
	max $\sigma_0$	1,34		% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:		2,5						
	mdh teoret	0,12		mdh z wyrównania	0,13	mm						
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>16</b>
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,18	0,55	0,00	0,70	-0,18	0,26	-0,11	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,06	0,60	0,00	0,70	-0,14	0,24	-0,26	-0,26	0,13	0,14	0,41	
<b><math>\Delta H3</math></b>	0,05	0,68	0,00	0,70	-0,19	0,21	-0,31	-0,26	0,15	0,16	0,41	
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,06	0,72	0,00	0,70	-0,14	0,23	-0,24	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,05	0,78	0,00	0,70	-0,19	0,25	-0,31	-0,26	0,15	0,17	0,41	
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,23	0,63	0,00	0,70	-0,20	0,29	-0,29	-0,26	0,15	0,17	0,41	
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,12	0,63	0,00	0,70	-0,16	0,26	-0,15	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,14	0,72	0,00	0,70	-0,17	0,25	-0,29	-0,26	0,15	0,17	0,41	
<b><math>\Delta H9</math></b>	0,09	0,94	0,00	0,70	-0,17	0,25	-0,18	-0,26	0,15	0,17	0,41	
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,03	0,56	0,00	0,70	-0,16	0,23	-0,31	-0,26	0,14	0,16	0,41	
<b><math>\Delta H11</math></b>	-0,02	0,68	0,00	0,70	-0,16	0,21	-0,21	-0,26	0,14	0,16	0,41	
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,07	0,87	0,00	0,70	-0,16	0,23	-0,15	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,16	0,80	0,00	0,70	-0,13	0,21	-0,13	-0,26	0,13	0,13	0,41	
<b><math>\Delta H14</math></b>	0,05	0,74	0,00	0,70	-0,13	0,20	-0,32	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H15</math></b>	0,04	0,81	0,00	0,70	-0,16	0,25	-0,32	-0,26	0,14	0,16	0,41	
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,01	0,84	0,00	0,70	-0,11	0,17	-0,50	-0,26	0,14	0,16	0,41	
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,01	0,77	0,00	0,70	-0,12	0,24	-0,17	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,02	0,83	0,00	0,70	-0,21	0,32	-0,04	-0,26	0,14	0,16	0,41	
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,15	0,62	0,00	0,70	-0,16	0,23	-0,50	-0,26	0,14	0,15	0,41	
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,14	0,75	0,00	0,70	-0,12	0,14	-0,29	-0,26	0,15	0,18	0,41	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,14	0,22	0,10	-0,02	-0,01	0,02	0,15	-0,07	0,15	0,08	0,01	
<b>min-sym.</b>	-0,23	-0,17	0,10	-0,02	-0,10	-0,15	-0,31	-0,07	0,13	0,03	0,01	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,11	0,10	0,04	0,06	0,06	0,08	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,12	0,11	0,05	0,07	0,06	0,08	0,11	0,04	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,10	0,09	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,10	0,09	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,10	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,10	0,09	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,12	0,11	0,05	0,07	0,06	0,08	0,11	0,04	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,11	0,10	0,04	0,06	0,06	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,10	0,09	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,11	0,10	0,04	0,06	0,06	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,11	0,11	0,05	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,11	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	

	Ni002 zred.		III ustawienie ciężar 4g					26 Hz					
	max $\sigma_0$	1,39	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:										
	mdh teoret	0,12	mdh z wyrównania					0,13	mm				
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,07	-0,18	0,32	-0,19	0,19	-0,18	0,40	0,26	0,17	-0,20	-0,26		
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,08	-0,17	0,32	-0,19	0,13	-0,11	0,39	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,05	-0,19	0,32	-0,19	0,15	-0,15	0,19	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,06	-0,20	0,32	-0,19	0,18	-0,18	0,37	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,08	-0,11	0,32	-0,19	0,14	-0,18	0,39	0,26	0,18	-0,16	-0,26		
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,21	-0,24	0,32	-0,19	0,14	-0,05	0,44	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_7</math></b>	0,14	-0,08	0,32	-0,19	0,14	-0,06	0,38	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,03	-0,33	0,32	-0,19	0,18	-0,14	0,25	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,14	0,01	0,32	-0,19	0,14	-0,15	0,50	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,09	-0,26	0,32	-0,19	0,16	-0,15	0,42	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,13	-0,20	0,32	-0,19	0,18	-0,18	0,36	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	0,12	-0,08	0,32	-0,19	0,17	-0,17	0,20	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,03	0,03	0,32	-0,19	0,17	-0,20	0,57	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,10	-0,06	0,32	-0,19	0,20	-0,23	0,33	0,26	0,18	-0,17	-0,26		
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,07	-0,22	0,32	-0,19	0,16	-0,17	0,23	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	0,18	0,00	0,32	-0,19	0,17	-0,16	0,32	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,07	-0,25	0,32	-0,19	0,17	-0,12	0,45	0,26	0,17	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,02	-0,11	0,32	-0,19	0,12	-0,09	0,39	0,26	0,18	-0,18	-0,26		
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,03	-0,23	0,32	-0,19	0,15	-0,16	0,22	0,26	0,17	-0,19	-0,26		
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	0,06	-0,15	0,32	-0,19	0,19	-0,26	0,23	0,27	0,19	-0,16	-0,26		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,26	0,13	0,02	-0,10	0,00	0,14	0,17	-0,04	0,08	0,04	-0,06		
<b>min-sym.</b>	-0,13	-0,23	0,02	-0,10	-0,08	-0,07	-0,21	-0,04	0,06	0,00	-0,07		
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,14	0,13	0,06	0,08	0,07	0,10	0,13	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,09	0,08	0,11	0,15	0,06	0,08	0,08	0,06		
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,14	0,13	0,05	0,08	0,07	0,10	0,13	0,05	0,07	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,14	0,13	0,06	0,08	0,07	0,10	0,13	0,05	0,07	0,07	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,06		
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,12	0,11	0,05	0,07	0,06	0,08	0,11	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,12	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05		
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,15	0,14	0,06	0,08	0,08	0,10	0,14	0,06	0,07	0,07	0,06		
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,15	0,15	0,06	0,09	0,08	0,11	0,14	0,06	0,07	0,07	0,06		

Ni002 zred.		III ustawienie ciężar 4g						26 Hz				
max $\sigma_0$	1,39	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:						7,5				
mdh teoret	0,12	mdh z wyrównania						0,13	mm			
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>16</b>
$\Delta H1$	0,11	-0,73	0,32	-0,89	0,36	-0,44	0,50	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
$\Delta H2$	-0,02	-0,77	0,32	-0,89	0,27	-0,35	0,64	0,52	0,04	-0,32	-0,67	
$\Delta H3$	0,00	-0,87	0,32	-0,89	0,34	-0,35	0,51	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
$\Delta H4$	0,00	-0,92	0,32	-0,89	0,32	-0,42	0,61	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H5$	-0,03	-0,89	0,32	-0,89	0,32	-0,43	0,70	0,52	0,03	-0,33	-0,68	
$\Delta H6$	0,02	-0,87	0,32	-0,89	0,34	-0,35	0,72	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
$\Delta H7$	0,01	-0,72	0,32	-0,89	0,30	-0,32	0,53	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H8$	-0,17	-1,06	0,32	-0,89	0,35	-0,40	0,54	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
$\Delta H9$	0,06	-0,92	0,32	-0,89	0,31	-0,40	0,68	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
$\Delta H10$	0,06	-0,82	0,32	-0,89	0,32	-0,38	0,73	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
$\Delta H11$	0,16	-0,87	0,32	-0,89	0,35	-0,39	0,57	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H12$	0,05	-0,95	0,32	-0,89	0,33	-0,39	0,35	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H13$	0,13	-0,77	0,32	-0,89	0,30	-0,41	0,70	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
$\Delta H14$	0,05	-0,80	0,32	-0,89	0,33	-0,43	0,65	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
$\Delta H15$	-0,10	-1,03	0,32	-0,89	0,32	-0,42	0,55	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H16$	0,17	-0,84	0,32	-0,89	0,28	-0,33	0,82	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H17$	0,06	-1,01	0,32	-0,89	0,29	-0,37	0,62	0,52	0,03	-0,33	-0,68	
$\Delta H18$	0,00	-0,94	0,32	-0,89	0,33	-0,41	0,43	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H19$	0,11	-0,85	0,32	-0,89	0,32	-0,39	0,72	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
$\Delta H20$	-0,09	-0,90	0,32	-0,89	0,31	-0,41	0,52	0,52	0,03	-0,33	-0,68	
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>	
max-sym.	0,17	0,09	-0,08	-0,08	0,06	0,17	0,23	0,03	-0,05	-0,02	-0,07	
min-sym.	-0,17	-0,24	-0,08	-0,08	-0,03	0,06	-0,25	0,03	-0,07	-0,06	-0,08	
$m\Delta H1$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H2$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H3$	0,13	0,13	0,05	0,07	0,07	0,09	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H4$	0,10	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H5$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H6$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H7$	0,12	0,12	0,05	0,07	0,06	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H8$	0,12	0,11	0,05	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H9$	0,11	0,11	0,05	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H10$	0,11	0,10	0,04	0,06	0,06	0,08	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H11$	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H12$	0,12	0,11	0,05	0,07	0,06	0,08	0,11	0,04	0,06	0,05	0,05	
$m\Delta H13$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H14$	0,10	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H15$	0,10	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H16$	0,12	0,11	0,05	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H17$	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H18$	0,12	0,11	0,05	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
$m\Delta H19$	0,14	0,13	0,05	0,08	0,07	0,10	0,13	0,05	0,06	0,06	0,05	
$m\Delta H20$	0,13	0,12	0,05	0,07	0,07	0,09	0,12	0,05	0,06	0,06	0,05	

	Ni002 zred.		średnia		ciężar 4g		26 Hz				
	max $\sigma_0$	1,37	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:		0,08 mm		7,5				
	mdh teoret	bd.	mdh z wyrównania								
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	-0,10	0,57	0,00	0,70	-0,12	0,21	-0,16	-0,26	0,13	0,14	0,41
$\Delta H2$	0,02	0,66	0,00	0,70	-0,15	0,24	-0,28	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H3$	0,02	0,72	0,00	0,70	-0,16	0,18	-0,25	-0,26	0,15	0,18	0,41
$\Delta H4$	-0,05	0,66	0,00	0,70	-0,14	0,22	-0,27	-0,26	0,13	0,14	0,41
$\Delta H5$	-0,05	0,76	0,00	0,70	-0,17	0,25	-0,29	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H6$	0,00	0,72	0,00	0,70	-0,14	0,22	-0,26	-0,26	0,15	0,18	0,41
$\Delta H7$	0,02	0,68	0,00	0,70	-0,12	0,23	-0,24	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H8$	0,04	0,70	0,00	0,70	-0,14	0,27	-0,19	-0,26	0,15	0,17	0,41
$\Delta H9$	-0,01	0,67	0,00	0,70	-0,16	0,24	-0,27	-0,25	0,16	0,19	0,42
$\Delta H10$	0,02	0,71	0,00	0,70	-0,13	0,20	-0,17	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H11$	0,05	0,68	0,00	0,70	-0,12	0,21	-0,22	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H12$	0,05	0,75	0,00	0,70	-0,14	0,27	-0,19	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H13$	-0,03	0,79	0,00	0,70	-0,12	0,19	-0,15	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H14$	0,08	0,72	0,00	0,70	-0,12	0,20	-0,30	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H15$	0,05	0,76	0,00	0,70	-0,14	0,21	-0,25	-0,26	0,14	0,15	0,41
$\Delta H16$	0,15	0,81	0,00	0,70	-0,11	0,24	-0,31	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H17$	0,07	0,74	0,00	0,70	-0,12	0,25	-0,25	-0,26	0,14	0,14	0,41
$\Delta H18$	0,02	0,75	0,00	0,70	-0,19	0,28	-0,17	-0,26	0,14	0,16	0,41
$\Delta H19$	0,00	0,70	0,00	0,70	-0,17	0,21	-0,29	-0,26	0,15	0,16	0,41
$\Delta H20$	0,10	0,66	0,00	0,70	-0,14	0,16	-0,21	-0,25	0,16	0,19	0,42
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
max-sym.	0,15	0,10	0,10	-0,02	-0,01	-0,02	0,04	-0,06	0,16	0,10	0,02
min-sym.	-0,10	-0,14	0,10	-0,02	-0,09	-0,14	-0,12	-0,07	0,13	0,04	0,01
$m\Delta H1$	0,11	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H2$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H3$	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H4$	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H5$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H6$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05
$m\Delta H7$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H8$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05
$m\Delta H9$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H10$	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H11$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05
$m\Delta H12$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05
$m\Delta H13$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H14$	0,08	0,07	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H15$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05
$m\Delta H16$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,05
$m\Delta H17$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05
$m\Delta H18$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H19$	0,08	0,07	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04
$m\Delta H20$	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05

	Ni002 zred.		średnia		ciężar 4g		26 Hz					
	max $\sigma_0$	1,37	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:		0,08 mm		7,5					
	mdh teoret	bd.	mdh z wyrównania		0,08 mm							
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,05	-0,11	0,32	-0,19	0,23	-0,22	0,35	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H2</math></b>	0,00	-0,16	0,32	-0,19	0,16	-0,18	0,32	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H3</math></b>	0,02	-0,17	0,32	-0,19	0,22	-0,17	0,39	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,02	-0,18	0,32	-0,19	0,17	-0,20	0,33	0,26	0,16	-0,20	-0,27	
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,04	-0,10	0,32	-0,19	0,13	-0,19	0,33	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,02	-0,17	0,32	-0,19	0,22	-0,18	0,40	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,02	-0,15	0,32	-0,19	0,18	-0,16	0,31	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,06	-0,22	0,32	-0,19	0,18	-0,12	0,38	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,03	-0,11	0,32	-0,19	0,15	-0,19	0,41	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,01	-0,09	0,32	-0,19	0,19	-0,19	0,35	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,01	-0,26	0,32	-0,19	0,20	-0,16	0,36	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,07	-0,03	0,32	-0,19	0,19	-0,14	0,32	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,01	-0,08	0,32	-0,19	0,17	-0,21	0,44	0,26	0,16	-0,21	-0,27	
<b><math>\Delta H14</math></b>	0,05	-0,10	0,32	-0,19	0,20	-0,23	0,34	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,02	-0,09	0,32	-0,19	0,21	-0,19	0,33	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,11	-0,10	0,32	-0,19	0,18	-0,11	0,38	0,26	0,18	-0,17	-0,26	
<b><math>\Delta H17</math></b>	-0,02	-0,21	0,32	-0,19	0,18	-0,16	0,29	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,04	-0,11	0,32	-0,19	0,16	-0,16	0,33	0,26	0,17	-0,18	-0,26	
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,03	-0,20	0,32	-0,19	0,14	-0,18	0,35	0,26	0,17	-0,19	-0,26	
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,10	-0,18	0,32	-0,19	0,22	-0,23	0,38	0,26	0,18	-0,16	-0,26	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>	
<b>max-sym.</b>	0,19	0,07	0,02	-0,10	0,03	0,08	0,03	-0,04	0,07	0,03	-0,06	
<b>min-sym.</b>	0,02	-0,16	0,02	-0,10	-0,07	-0,04	-0,11	-0,04	0,05	-0,01	-0,07	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,05	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	



	Ni002 zred.		średnia ciężar 4g						26 Hz			
	max $\sigma_0$	1,30	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:									
	mdh teoret	bd.	mdh z wyrównania		0,08		mm		5,0			
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16	
<b><math>\Delta H1</math></b>	0,06	-0,68	0,32	-0,89	0,35	-0,43	0,51	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,02	-0,82	0,32	-0,89	0,31	-0,42	0,60	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H3</math></b>	0,00	-0,89	0,32	-0,89	0,38	-0,36	0,64	0,52	0,02	-0,37	-0,68	
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,03	-0,84	0,32	-0,89	0,31	-0,42	0,60	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H5</math></b>	0,01	-0,86	0,32	-0,89	0,30	-0,44	0,62	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,02	-0,89	0,32	-0,89	0,35	-0,40	0,66	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H7</math></b>	-0,01	-0,83	0,32	-0,89	0,30	-0,38	0,55	0,52	0,03	-0,33	-0,68	
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,10	-0,92	0,32	-0,89	0,32	-0,39	0,58	0,52	0,03	-0,35	-0,68	
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,02	-0,78	0,32	-0,89	0,31	-0,43	0,68	0,52	0,02	-0,37	-0,68	
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,03	-0,80	0,32	-0,89	0,32	-0,39	0,53	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H11</math></b>	-0,04	-0,95	0,32	-0,89	0,32	-0,37	0,58	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,02	-0,78	0,32	-0,89	0,33	-0,42	0,51	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,01	-0,87	0,32	-0,89	0,29	-0,40	0,59	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,03	-0,83	0,32	-0,89	0,31	-0,42	0,64	0,52	0,04	-0,33	-0,67	
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,07	-0,84	0,32	-0,89	0,35	-0,40	0,58	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H16</math></b>	-0,04	-0,91	0,32	-0,89	0,30	-0,35	0,69	0,52	0,03	-0,33	-0,68	
<b><math>\Delta H17</math></b>	-0,09	-0,95	0,32	-0,89	0,30	-0,41	0,54	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,06	-0,86	0,32	-0,89	0,35	-0,44	0,50	0,52	0,03	-0,34	-0,68	
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,03	-0,90	0,32	-0,89	0,31	-0,39	0,64	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,00	-0,84	0,32	-0,89	0,36	-0,39	0,59	0,52	0,02	-0,36	-0,68	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,06	0,13	-0,08	-0,08	0,07	0,14	0,10	0,03	-0,05	-0,03	-0,08	
<b>min-sym.</b>	-0,10	-0,14	-0,08	-0,08	-0,02	0,05	-0,09	0,02	-0,07	-0,07	-0,08	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,07	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,07	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	

**Załącznik 12.** Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni002, 4 g, 26 Hz, sieć pełna

Ni 002 pełna		I ustawienie		ciężar 4g		26 Hz							
max m0	1,30	% m0 przekraczających kryterium:						5,0					
mdh teoret.	0,10	mdh z wyrównania		0,11		mm							
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16	
$\Delta H1$	-0,04	0,68	-0,06	0,66	-0,12	0,20	-0,20	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,40	
$\Delta H2$	0,03	0,64	-0,07	0,66	-0,14	0,24	-0,21	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
$\Delta H3$	-0,11	0,69	-0,06	0,67	-0,15	0,18	-0,17	-0,26	0,08	0,05	-0,01	0,41	
$\Delta H4$	-0,12	0,68	-0,06	0,66	-0,17	0,25	-0,23	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
$\Delta H5$	-0,08	0,75	-0,05	0,67	-0,18	0,23	-0,17	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41	
$\Delta H6$	-0,08	0,73	-0,05	0,66	-0,12	0,24	-0,21	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
$\Delta H7$	-0,08	0,69	-0,06	0,66	-0,17	0,21	-0,23	-0,27	0,08	0,05	-0,01	0,41	
$\Delta H8$	-0,09	0,71	-0,06	0,66	-0,14	0,21	-0,21	-0,27	0,08	0,05	-0,01	0,41	
$\Delta H9$	-0,11	0,61	-0,08	0,67	-0,16	0,25	-0,15	-0,26	0,08	0,06	0,00	0,41	
$\Delta H10$	0,05	0,73	-0,05	0,68	-0,18	0,22	-0,12	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
$\Delta H11$	-0,07	0,69	-0,06	0,66	-0,13	0,26	-0,20	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
$\Delta H12$	-0,08	0,71	-0,06	0,66	-0,20	0,24	-0,21	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
$\Delta H13$	-0,06	0,67	-0,06	0,66	-0,17	0,21	-0,19	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
$\Delta H14$	-0,12	0,74	-0,05	0,65	-0,18	0,26	-0,29	-0,27	0,07	0,03	0,00	0,40	
$\Delta H15$	-0,12	0,76	-0,04	0,66	-0,14	0,21	-0,23	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,40	
$\Delta H16$	-0,04	0,73	-0,05	0,67	-0,17	0,25	-0,16	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41	
$\Delta H17$	-0,07	0,68	-0,06	0,65	-0,13	0,23	-0,24	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,40	
$\Delta H18$	-0,06	0,67	-0,07	0,66	-0,15	0,26	-0,21	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
$\Delta H19$	-0,04	0,68	-0,06	0,66	-0,19	0,23	-0,22	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
$\Delta H20$	-0,14	0,69	-0,06	0,66	-0,15	0,22	-0,23	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
max	0,05	0,05	0,06	-0,04	-0,02	-0,04	0,07	-0,07	0,08	-0,04	0,00	0,01	
min	-0,14	-0,10	0,02	-0,07	-0,10	-0,11	-0,10	-0,08	0,07	-0,07	-0,01	0,00	
m $\Delta H1$	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
m $\Delta H2$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H3$	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H4$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H5$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H6$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H7$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H8$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H9$	0,10	0,07	0,05	0,07	0,07	0,06	0,09	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
m $\Delta H10$	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H11$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H12$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H13$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H14$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H15$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H16$	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
m $\Delta H17$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H18$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H19$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
m $\Delta H20$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	

	Ni 002 pełna		I ustawienie ciężar 4g						26 Hz					
	max m0	1,25	% m0 przekraczających kryterium:											
	mdh teoret.	0,10	mdh z wyrównania		0,11		mm							
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	-0,17	-0,13	0,29	-0,20	0,19	-0,22	0,32	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH2</b>	0,02	-0,18	0,27	-0,20	0,20	-0,22	0,31	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26		
<b>ΔH3</b>	-0,05	-0,19	0,27	-0,17	0,20	-0,27	0,47	0,24	0,16	-0,24	-0,03	-0,25		
<b>ΔH4</b>	-0,15	-0,15	0,28	-0,19	0,15	-0,25	0,34	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,26		
<b>ΔH5</b>	-0,11	-0,13	0,29	-0,20	0,16	-0,22	0,32	0,24	0,15	-0,25	-0,03	-0,26		
<b>ΔH6</b>	-0,11	-0,13	0,29	-0,19	0,21	-0,24	0,36	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH7</b>	-0,08	-0,14	0,28	-0,21	0,15	-0,26	0,23	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,26		
<b>ΔH8</b>	-0,17	-0,20	0,27	-0,19	0,16	-0,23	0,37	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH9</b>	-0,21	-0,18	0,27	-0,20	0,17	-0,25	0,31	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,26		
<b>ΔH10</b>	-0,09	-0,04	0,31	-0,19	0,19	-0,23	0,35	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25		
<b>ΔH11</b>	-0,07	-0,22	0,26	-0,20	0,18	-0,24	0,31	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26		
<b>ΔH12</b>	-0,09	-0,14	0,28	-0,19	0,16	-0,19	0,37	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH13</b>	-0,04	-0,16	0,28	-0,19	0,16	-0,23	0,35	0,24	0,15	-0,25	-0,03	-0,26		
<b>ΔH14</b>	-0,08	-0,14	0,28	-0,21	0,15	-0,18	0,27	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25		
<b>ΔH15</b>	-0,14	-0,08	0,30	-0,21	0,18	-0,24	0,26	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26		
<b>ΔH16</b>	-0,06	-0,19	0,27	-0,19	0,15	-0,23	0,38	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH17</b>	-0,17	-0,19	0,27	-0,21	0,20	-0,23	0,29	0,24	0,15	-0,25	-0,03	-0,26		
<b>ΔH18</b>	-0,10	-0,17	0,28	-0,20	0,16	-0,23	0,34	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH19</b>	-0,03	-0,24	0,26	-0,18	0,17	-0,22	0,43	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25		
<b>ΔH20</b>	-0,01	-0,20	0,27	-0,19	0,21	-0,22	0,39	0,24	0,15	-0,24	-0,02	-0,25		
<b>ΔH symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max</b>	0,10	0,05	0,00	-0,08	0,01	0,01	0,07	-0,05	0,05	-0,03	-0,02	-0,05		
<b>min</b>	-0,13	-0,14	-0,04	-0,12	-0,05	-0,08	-0,18	-0,06	0,04	-0,05	-0,03	-0,06		
<b>mΔH1</b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06		
<b>mΔH2</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH3</b>	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH4</b>	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH5</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH6</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH7</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH8</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH9</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH10</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH11</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH12</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH13</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH14</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH15</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH16</b>	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH17</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH18</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH19</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH20</b>	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05		

		Ni 002 pełna		I ustawienie ciężar 4g				26 Hz					
		max m0 1,30		% m0 przekraczających kryterium:				5,0					
		mdh teoret. 0,10		mdh z wyrównania				0,11 mm					
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH przemieszczenia aktualny - wyjściowy (C-B)</b>	<b>ΔH1</b>	-0,13	-0,80	0,35	-0,86	0,31	-0,42	0,52	0,52	0,09	-0,26	-0,01	-0,66
	<b>ΔH2</b>	-0,01	-0,82	0,35	-0,86	0,34	-0,45	0,53	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66
	<b>ΔH3</b>	0,06	-0,88	0,33	-0,84	0,35	-0,45	0,64	0,51	0,07	-0,29	-0,02	-0,66
	<b>ΔH4</b>	-0,03	-0,83	0,34	-0,85	0,32	-0,49	0,57	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
	<b>ΔH5</b>	-0,03	-0,88	0,33	-0,87	0,34	-0,45	0,49	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
	<b>ΔH6</b>	-0,02	-0,85	0,34	-0,85	0,34	-0,48	0,57	0,51	0,08	-0,27	-0,02	-0,66
	<b>ΔH7</b>	0,00	-0,83	0,34	-0,87	0,33	-0,47	0,46	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66
	<b>ΔH8</b>	-0,08	-0,91	0,33	-0,85	0,31	-0,44	0,58	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
	<b>ΔH9</b>	-0,10	-0,79	0,35	-0,87	0,33	-0,50	0,46	0,51	0,07	-0,29	-0,03	-0,67
	<b>ΔH10</b>	-0,14	-0,78	0,36	-0,87	0,37	-0,45	0,47	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
	<b>ΔH11</b>	-0,01	-0,91	0,32	-0,86	0,31	-0,50	0,52	0,51	0,08	-0,28	-0,03	-0,67
	<b>ΔH12</b>	-0,01	-0,85	0,34	-0,85	0,36	-0,44	0,58	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
	<b>ΔH13</b>	0,03	-0,83	0,34	-0,86	0,33	-0,44	0,53	0,50	0,07	-0,30	-0,02	-0,67
	<b>ΔH14</b>	0,04	-0,87	0,33	-0,85	0,33	-0,44	0,55	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
	<b>ΔH15</b>	-0,02	-0,84	0,34	-0,86	0,32	-0,44	0,49	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
	<b>ΔH16</b>	-0,02	-0,92	0,32	-0,86	0,33	-0,47	0,53	0,52	0,09	-0,26	-0,01	-0,66
	<b>ΔH17</b>	-0,10	-0,87	0,33	-0,86	0,34	-0,46	0,52	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
	<b>ΔH18</b>	-0,04	-0,84	0,34	-0,85	0,31	-0,48	0,55	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66
	<b>ΔH19</b>	0,01	-0,92	0,32	-0,84	0,36	-0,45	0,64	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
	<b>ΔH20</b>	0,14	-0,89	0,33	-0,84	0,36	-0,44	0,62	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max</b>	0,14	0,03	-0,05	-0,03	0,06	0,07	0,05	0,03	0,00	0,04	-0,01	-0,06	
<b>min</b>	-0,14	-0,11	-0,08	-0,06	0,00	-0,01	-0,13	0,01	-0,02	0,00	-0,03	-0,07	
<b>mΔH1</b>	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH4</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH5</b>	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH12</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,09	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH16</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,08	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,08	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	

		Ni 002 pełna		II ustawienie ciężar 4g				26 Hz					
		max m0 1,29		% m0 przekraczających kryterium:				7,5					
		mdh teoret. 0,12		mdh z wyrównania 0,14 mm									
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH przemieszczenia aktualny - wyjściowy (B-A)</b>	<b>ΔH1</b>	-0,18	0,63	-0,07	0,66	-0,10	0,22	-0,21	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH2</b>	-0,09	0,72	-0,05	0,65	-0,17	0,24	-0,28	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41
	<b>ΔH3</b>	-0,14	0,71	-0,06	0,67	-0,16	0,23	-0,18	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41
	<b>ΔH4</b>	-0,14	0,68	-0,06	0,65	-0,12	0,18	-0,24	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,40
	<b>ΔH5</b>	-0,15	0,72	-0,05	0,64	-0,16	0,25	-0,34	-0,27	0,07	0,04	0,00	0,40
	<b>ΔH6</b>	0,04	0,73	-0,05	0,67	-0,11	0,18	-0,16	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH7</b>	-0,16	0,68	-0,06	0,65	-0,08	0,21	-0,24	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,40
	<b>ΔH8</b>	0,00	0,73	-0,05	0,67	-0,17	0,24	-0,15	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41
	<b>ΔH9</b>	-0,17	0,66	-0,07	0,64	-0,13	0,23	-0,31	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,40
	<b>ΔH10</b>	-0,14	0,76	-0,04	0,68	-0,09	0,18	-0,11	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41
	<b>ΔH11</b>	0,01	0,68	-0,06	0,67	-0,09	0,21	-0,15	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41
	<b>ΔH12</b>	-0,05	0,70	-0,06	0,66	-0,12	0,25	-0,20	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41
	<b>ΔH13</b>	-0,06	0,79	-0,04	0,67	-0,16	0,20	-0,15	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH14</b>	0,00	0,71	-0,06	0,66	-0,15	0,21	-0,19	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH15</b>	0,05	0,69	-0,06	0,67	-0,17	0,22	-0,18	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH16</b>	0,04	0,72	-0,05	0,67	-0,14	0,26	-0,18	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41
	<b>ΔH17</b>	0,04	0,72	-0,05	0,66	-0,18	0,23	-0,23	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH18</b>	-0,07	0,75	-0,05	0,67	-0,20	0,23	-0,19	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH19</b>	0,05	0,77	-0,04	0,67	-0,17	0,23	-0,17	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41
	<b>ΔH20</b>	0,04	0,65	-0,07	0,69	-0,17	0,22	-0,01	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,05	0,08	0,06	-0,02	0,02	-0,04	0,18	-0,07	0,08	-0,05	0,00	0,01	
<b>min-sym.</b>	-0,18	-0,08	0,02	-0,08	-0,09	-0,12	-0,14	-0,08	0,07	-0,07	-0,01	0,00	
<b>mΔH1</b>	0,11	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH4</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH5</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH12</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH16</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,09	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

	Ni 002 pełna		II ustawienie ciężar 4g					26 Hz						
	max m0	1,30	% m0 przekraczających kryterium:											
	mdh teoret.	0,12	mdh z wyrównania					0,14 mm						
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	-0,02	-0,14	0,28	-0,20	0,22	-0,27	0,29	0,25	0,16	-0,23	-0,03	-0,26		
<b>ΔH2</b>	-0,09	-0,19	0,27	-0,21	0,19	-0,24	0,28	0,25	0,16	-0,24	-0,03	-0,26		
<b>ΔH3</b>	-0,20	-0,18	0,27	-0,19	0,18	-0,21	0,37	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH4</b>	-0,08	-0,19	0,27	-0,20	0,17	-0,24	0,32	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26		
<b>ΔH5</b>	-0,23	-0,19	0,27	-0,20	0,15	-0,20	0,29	0,25	0,15	-0,24	-0,02	-0,26		
<b>ΔH6</b>	-0,03	-0,15	0,28	-0,19	0,18	-0,26	0,37	0,25	0,16	-0,24	-0,03	-0,25		
<b>ΔH7</b>	-0,17	-0,22	0,26	-0,20	0,22	-0,22	0,34	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26		
<b>ΔH8</b>	-0,06	-0,14	0,28	-0,19	0,15	-0,21	0,37	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH9</b>	-0,15	-0,16	0,28	-0,18	0,16	-0,23	0,42	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH10</b>	-0,17	-0,14	0,28	-0,21	0,19	-0,25	0,25	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26		
<b>ΔH11</b>	-0,12	-0,23	0,26	-0,19	0,20	-0,21	0,36	0,25	0,16	-0,22	-0,02	-0,25		
<b>ΔH12</b>	-0,05	-0,10	0,29	-0,20	0,18	-0,23	0,30	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH13</b>	-0,05	-0,15	0,28	-0,20	0,15	-0,24	0,31	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26		
<b>ΔH14</b>	-0,08	-0,18	0,28	-0,19	0,17	-0,26	0,36	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH15</b>	0,00	-0,11	0,29	-0,19	0,18	-0,26	0,38	0,25	0,16	-0,24	-0,03	-0,25		
<b>ΔH16</b>	-0,02	-0,15	0,28	-0,20	0,13	-0,19	0,32	0,25	0,16	-0,23	-0,01	-0,25		
<b>ΔH17</b>	-0,14	-0,19	0,27	-0,22	0,13	-0,22	0,21	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26		
<b>ΔH18</b>	-0,14	-0,15	0,28	-0,20	0,21	-0,25	0,30	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26		
<b>ΔH19</b>	-0,12	-0,14	0,28	-0,20	0,12	-0,22	0,29	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH20</b>	-0,03	-0,16	0,28	-0,17	0,17	-0,24	0,46	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25		
<b>ΔH symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,08	0,00	-0,01	-0,08	0,02	0,01	0,05	-0,05	0,05	-0,03	-0,01	-0,05		
<b>min-sym.</b>	-0,15	-0,13	-0,04	-0,13	-0,08	-0,08	-0,19	-0,06	0,04	-0,04	-0,03	-0,06		
<b>mΔH1</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH2</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH3</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH4</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH5</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH6</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH7</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH8</b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06		
<b>mΔH9</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH10</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH11</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH12</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH13</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH14</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH15</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05		
<b>mΔH16</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH17</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05		
<b>mΔH18</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH19</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		
<b>mΔH20</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05		

Ni 002 pełna		II ustawienie ciężar 4g						26 Hz				
max m0	1,29	% m0 przekraczających kryterium:						7,5				
mdh teoret.	0,12	mdh z wyrównania						0,14 mm				
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	0,16	-0,77	0,36	-0,86	0,33	-0,49	0,50	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH2</b>	0,03	-0,90	0,33	-0,85	0,37	-0,48	0,57	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH3</b>	-0,10	-0,90	0,33	-0,86	0,33	-0,44	0,54	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH4</b>	0,05	-0,88	0,33	-0,85	0,29	-0,42	0,56	0,51	0,08	-0,28	-0,01	-0,66
<b>ΔH5</b>	-0,03	-0,90	0,33	-0,84	0,31	-0,44	0,64	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66
<b>ΔH6</b>	-0,05	-0,89	0,33	-0,86	0,29	-0,44	0,53	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH7</b>	-0,05	-0,91	0,33	-0,85	0,30	-0,44	0,58	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
<b>ΔH8</b>	-0,03	-0,87	0,33	-0,86	0,32	-0,45	0,53	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
<b>ΔH9</b>	0,03	-0,82	0,35	-0,82	0,29	-0,45	0,73	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH10</b>	-0,03	-0,90	0,33	-0,89	0,28	-0,43	0,37	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
<b>ΔH11</b>	-0,10	-0,91	0,33	-0,86	0,29	-0,42	0,51	0,52	0,09	-0,26	-0,01	-0,66
<b>ΔH12</b>	0,00	-0,80	0,35	-0,86	0,30	-0,48	0,50	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66
<b>ΔH13</b>	0,00	-0,94	0,32	-0,87	0,31	-0,44	0,46	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
<b>ΔH14</b>	-0,06	-0,88	0,33	-0,85	0,32	-0,47	0,56	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66
<b>ΔH15</b>	-0,07	-0,80	0,35	-0,85	0,35	-0,47	0,56	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH16</b>	-0,04	-0,87	0,33	-0,86	0,26	-0,45	0,50	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66
<b>ΔH17</b>	-0,17	-0,91	0,32	-0,88	0,31	-0,45	0,44	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66
<b>ΔH18</b>	-0,03	-0,89	0,33	-0,87	0,41	-0,48	0,50	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,67
<b>ΔH19</b>	-0,10	-0,90	0,33	-0,87	0,30	-0,44	0,48	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66
<b>ΔH20</b>	-0,01	-0,81	0,35	-0,87	0,34	-0,46	0,47	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,67
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,16	0,04	-0,04	-0,01	0,10	0,08	0,14	0,03	0,00	0,03	-0,01	-0,06
<b>min-sym.</b>	-0,17	-0,13	-0,08	-0,08	-0,04	0,00	-0,22	0,02	-0,01	0,01	-0,02	-0,07
<b>mΔH1</b>	0,11	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>mΔH2</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH3</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH4</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH5</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH6</b>	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH7</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH8</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH9</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH10</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH11</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH12</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH13</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH14</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH15</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH16</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH17</b>	0,10	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH18</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,07	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH19</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH20</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

	Ni 002 pełna		III ustawienie	ciężar 4g		26 Hz							
	max m0	1,20	% m0 przekraczających kryterium:				0,0						
	mdh teoret	0,12	mdh z wyrównania				0,14	mm					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>ΔH1</b>	-0,19	0,67	-0,06	0,67	-0,17	0,23	-0,14	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH2</b>	-0,09	0,70	-0,06	0,66	-0,16	0,22	-0,21	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,40	
<b>ΔH3</b>	-0,07	0,71	-0,06	0,66	-0,21	0,20	-0,20	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH4</b>	-0,06	0,71	-0,06	0,66	-0,16	0,23	-0,21	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41	
<b>ΔH5</b>	-0,14	0,73	-0,05	0,65	-0,18	0,23	-0,27	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH6</b>	-0,25	0,69	-0,06	0,66	-0,21	0,23	-0,23	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH7</b>	0,13	0,72	-0,05	0,67	-0,15	0,22	-0,17	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH8</b>	0,01	0,72	-0,05	0,66	-0,19	0,23	-0,21	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH9</b>	0,02	0,79	-0,04	0,67	-0,18	0,21	-0,19	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH10</b>	-0,08	0,67	-0,07	0,66	-0,16	0,21	-0,18	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH11</b>	-0,08	0,71	-0,05	0,66	-0,18	0,20	-0,19	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH12</b>	-0,05	0,77	-0,04	0,67	-0,16	0,23	-0,18	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH13</b>	-0,15	0,74	-0,05	0,67	-0,10	0,19	-0,15	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41	
<b>ΔH14</b>	-0,14	0,69	-0,06	0,66	-0,14	0,21	-0,19	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,40	
<b>ΔH15</b>	-0,08	0,74	-0,05	0,65	-0,17	0,23	-0,26	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH16</b>	-0,07	0,76	-0,05	0,64	-0,13	0,20	-0,36	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,40	
<b>ΔH17</b>	-0,06	0,73	-0,05	0,66	-0,14	0,22	-0,20	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH18</b>	-0,10	0,75	-0,04	0,68	-0,22	0,24	-0,11	-0,26	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH19</b>	-0,27	0,70	-0,06	0,64	-0,15	0,24	-0,34	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,40	
<b>ΔH20</b>	-0,07	0,73	-0,05	0,66	-0,15	0,20	-0,19	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,13	0,08	0,06	-0,04	0,00	-0,06	0,08	-0,07	0,08	-0,05	0,00	0,01	
<b>min-sym.</b>	-0,27	-0,05	0,03	-0,08	-0,11	-0,11	-0,17	-0,08	0,07	-0,07	-0,01	0,00	
<b>mΔH1</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH4</b>	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH5</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH12</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,10	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH16</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,09	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	



		III ustawienie ciężar 4g											
Ni 002 pełna		26 Hz											
max m0		10,0											
mdh teoret		0,14 mm											
		% m0 przekraczających kryterium:											
		mdh z wyrównania											
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	-0,17	-0,17	0,28	-0,19	0,21	-0,23	0,37	0,24	0,15	-0,25	-0,03	-0,26	
<b>ΔH2</b>	-0,03	-0,13	0,29	-0,20	0,11	-0,22	0,29	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25	
<b>ΔH3</b>	-0,12	-0,18	0,27	-0,20	0,15	-0,22	0,30	0,24	0,15	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH4</b>	0,01	-0,18	0,27	-0,20	0,15	-0,24	0,31	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26	
<b>ΔH5</b>	-0,13	-0,16	0,28	-0,20	0,14	-0,23	0,30	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25	
<b>ΔH6</b>	-0,19	-0,20	0,27	-0,20	0,13	-0,20	0,35	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25	
<b>ΔH7</b>	0,00	-0,12	0,29	-0,20	0,12	-0,18	0,32	0,25	0,15	-0,24	-0,02	-0,25	
<b>ΔH8</b>	-0,10	-0,19	0,27	-0,21	0,13	-0,22	0,28	0,25	0,15	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH9</b>	0,03	-0,13	0,29	-0,18	0,13	-0,23	0,39	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25	
<b>ΔH10</b>	0,00	-0,19	0,27	-0,19	0,14	-0,22	0,37	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25	
<b>ΔH11</b>	0,03	-0,17	0,28	-0,20	0,16	-0,24	0,34	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH12</b>	-0,05	-0,13	0,28	-0,21	0,16	-0,22	0,25	0,24	0,15	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH13</b>	-0,12	-0,13	0,29	-0,17	0,18	-0,26	0,47	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,25	
<b>ΔH14</b>	-0,09	-0,16	0,28	-0,19	0,20	-0,26	0,37	0,24	0,16	-0,24	-0,03	-0,26	
<b>ΔH15</b>	-0,19	-0,19	0,27	-0,21	0,14	-0,22	0,26	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH16</b>	0,02	-0,11	0,29	-0,20	0,14	-0,22	0,31	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH17</b>	-0,09	-0,19	0,27	-0,19	0,14	-0,20	0,37	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25	
<b>ΔH18</b>	-0,19	-0,15	0,28	-0,19	0,10	-0,20	0,37	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25	
<b>ΔH19</b>	-0,19	-0,19	0,27	-0,20	0,18	-0,21	0,29	0,24	0,15	-0,24	-0,02	-0,26	
<b>ΔH20</b>	-0,15	-0,19	0,27	-0,20	0,17	-0,26	0,31	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,26	
<b>ΔH symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>	
<b>max-sym.</b>	0,11	-0,01	-0,01	-0,08	0,01	0,01	0,07	-0,05	0,05	-0,03	-0,02	-0,05	
<b>min-sym.</b>	-0,11	-0,10	-0,03	-0,12	-0,10	-0,07	-0,15	-0,06	0,04	-0,05	-0,03	-0,06	
<b>mΔH1</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH4</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH5</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH12</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH16</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,11	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,11	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

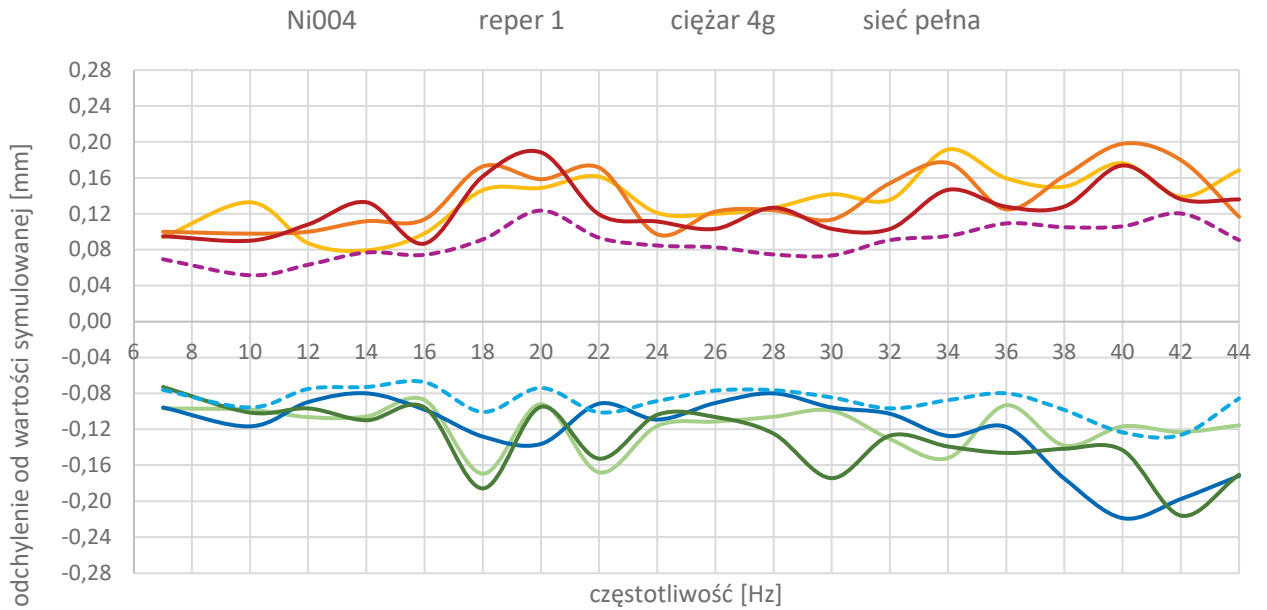
		III ustawienie ciężar 4g										26 Hz	
Ni 002 pełna		% m0 przekraczających kryterium:										10,0	
max m0		mdh z wyrównania										0,14 mm	
mdh teoret													
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	0,02	-0,85	0,34	-0,86	0,38	-0,46	0,51	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH2</b>	0,06	-0,83	0,34	-0,86	0,27	-0,44	0,51	0,52	0,09	-0,26	-0,01	-0,66	
<b>ΔH3</b>	-0,05	-0,88	0,33	-0,87	0,36	-0,42	0,49	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH4</b>	0,07	-0,89	0,33	-0,86	0,31	-0,46	0,52	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH5</b>	0,00	-0,89	0,33	-0,85	0,33	-0,46	0,57	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66	
<b>ΔH6</b>	0,05	-0,89	0,33	-0,85	0,34	-0,43	0,57	0,51	0,08	-0,28	-0,01	-0,66	
<b>ΔH7</b>	-0,13	-0,84	0,34	-0,86	0,27	-0,40	0,50	0,51	0,08	-0,28	-0,01	-0,66	
<b>ΔH8</b>	-0,11	-0,90	0,33	-0,87	0,33	-0,45	0,49	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH9</b>	0,01	-0,92	0,32	-0,85	0,31	-0,44	0,58	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH10</b>	0,08	-0,85	0,34	-0,85	0,30	-0,44	0,55	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66	
<b>ΔH11</b>	0,12	-0,89	0,33	-0,86	0,34	-0,44	0,53	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH12</b>	0,00	-0,90	0,33	-0,88	0,32	-0,44	0,43	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,67	
<b>ΔH13</b>	0,02	-0,87	0,34	-0,84	0,28	-0,45	0,61	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66	
<b>ΔH14</b>	0,05	-0,85	0,34	-0,85	0,33	-0,47	0,56	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66	
<b>ΔH15</b>	-0,12	-0,94	0,32	-0,86	0,32	-0,45	0,52	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH16</b>	0,09	-0,87	0,34	-0,83	0,27	-0,42	0,67	0,51	0,08	-0,28	-0,01	-0,66	
<b>ΔH17</b>	-0,03	-0,92	0,32	-0,85	0,28	-0,42	0,58	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66	
<b>ΔH18</b>	-0,09	-0,90	0,33	-0,87	0,32	-0,44	0,47	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH19</b>	0,07	-0,89	0,33	-0,84	0,33	-0,45	0,63	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH20</b>	-0,08	-0,92	0,32	-0,87	0,32	-0,45	0,49	0,51	0,08	-0,27	-0,02	-0,66	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,12	-0,02	-0,06	-0,02	0,07	0,09	0,08	0,03	0,00	0,04	-0,01	-0,06	
<b>min-sym.</b>	-0,13	-0,13	-0,08	-0,07	-0,04	0,03	-0,16	0,02	-0,01	0,01	-0,02	-0,07	
<b>mΔH1</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH4</b>	0,09	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH5</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,11	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH12</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH16</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,10	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH20</b>	0,11	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

	Ni 002 pełna max m0 mdh teoret.	1,26 bd.	średnie ust. % m0 przekraczających kryterium: mdh z wyrównania	ciężar 4g 0,08 mm	26 Hz 7,5								
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	-0,14	0,62	-0,08	0,66	-0,11	0,22	-0,17	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH2</b>	-0,06	0,67	-0,07	0,65	-0,15	0,24	-0,24	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH3</b>	-0,10	0,69	-0,06	0,67	-0,17	0,20	-0,18	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH4</b>	-0,11	0,67	-0,06	0,66	-0,13	0,22	-0,23	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,40	
<b>ΔH5</b>	-0,14	0,73	-0,05	0,65	-0,18	0,25	-0,27	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH6</b>	-0,10	0,71	-0,06	0,66	-0,14	0,22	-0,20	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH7</b>	-0,02	0,69	-0,06	0,66	-0,11	0,22	-0,21	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH8</b>	-0,03	0,71	-0,05	0,67	-0,17	0,24	-0,18	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH9</b>	-0,08	0,68	-0,06	0,66	-0,15	0,24	-0,22	-0,26	0,09	0,06	0,00	0,41	
<b>ΔH10</b>	-0,05	0,71	-0,05	0,68	-0,12	0,20	-0,12	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41	
<b>ΔH11</b>	-0,06	0,68	-0,06	0,67	-0,11	0,23	-0,17	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH12</b>	-0,05	0,73	-0,05	0,67	-0,14	0,27	-0,18	-0,27	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH13</b>	-0,08	0,75	-0,05	0,67	-0,11	0,19	-0,14	-0,27	0,08	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH14</b>	-0,09	0,70	-0,06	0,66	-0,14	0,23	-0,22	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,40	
<b>ΔH15</b>	-0,04	0,73	-0,05	0,66	-0,15	0,22	-0,23	-0,27	0,07	0,04	-0,01	0,41	
<b>ΔH16</b>	-0,02	0,75	-0,05	0,66	-0,12	0,25	-0,24	-0,27	0,07	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH17</b>	-0,03	0,70	-0,06	0,66	-0,14	0,24	-0,22	-0,27	0,07	0,03	-0,01	0,41	
<b>ΔH18</b>	-0,08	0,72	-0,05	0,67	-0,19	0,26	-0,16	-0,26	0,08	0,04	0,00	0,41	
<b>ΔH19</b>	-0,11	0,71	-0,06	0,65	-0,17	0,25	-0,25	-0,26	0,08	0,05	0,00	0,41	
<b>ΔH20</b>	-0,06	0,66	-0,07	0,67	-0,15	0,20	-0,12	-0,26	0,08	0,06	0,00	0,41	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	-0,02	0,03	0,05	-0,04	0,00	-0,03	0,07	-0,07	0,09	-0,04	0,00	0,01	
<b>min-sym.</b>	-0,14	-0,09	0,02	-0,07	-0,09	-0,11	-0,08	-0,08	0,07	-0,07	-0,01	0,00	
<b>mΔH1</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH4</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH5</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH12</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH16</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

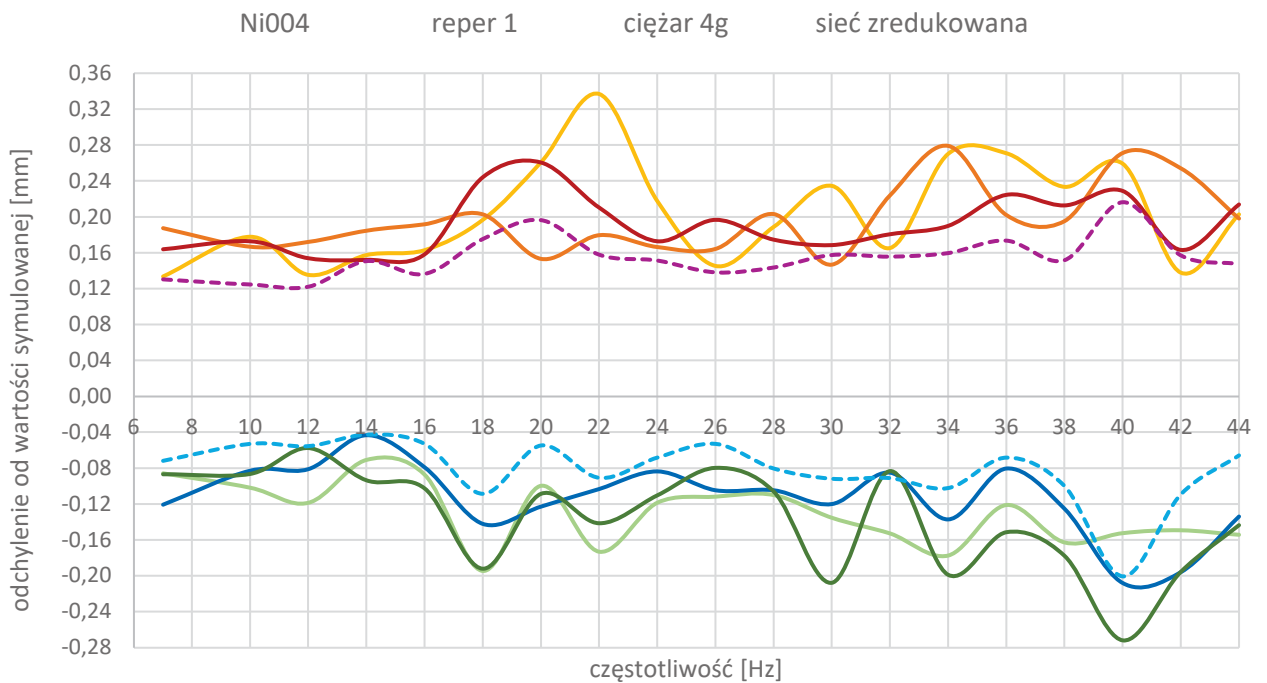
	Ni 002 pełna		średnie ust. ciężar 4g					26 Hz				
	max m0	1,22	% m0 przekraczających kryterium:									
	mdh teoret.	bd.	mdh z wyrównania					0,08 mm				
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	-0,11	-0,15	0,28	-0,19	0,25	-0,24	0,36	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26
<b>ΔH2</b>	-0,03	-0,17	0,28	-0,20	0,18	-0,22	0,31	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,26
<b>ΔH3</b>	-0,12	-0,20	0,27	-0,18	0,19	-0,21	0,42	0,24	0,15	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH4</b>	-0,08	-0,20	0,27	-0,20	0,16	-0,25	0,34	0,24	0,15	-0,25	-0,03	-0,26
<b>ΔH5</b>	-0,15	-0,17	0,28	-0,20	0,15	-0,19	0,33	0,25	0,15	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH6</b>	-0,11	-0,17	0,28	-0,19	0,19	-0,23	0,39	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25
<b>ΔH7</b>	-0,08	-0,17	0,28	-0,20	0,18	-0,19	0,32	0,25	0,15	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH8</b>	-0,11	-0,19	0,27	-0,19	0,15	-0,20	0,37	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25
<b>ΔH9</b>	-0,10	-0,16	0,28	-0,18	0,16	-0,23	0,41	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH10</b>	-0,08	-0,12	0,29	-0,19	0,19	-0,23	0,35	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH11</b>	-0,05	-0,24	0,26	-0,19	0,20	-0,21	0,37	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH12</b>	-0,05	-0,11	0,29	-0,19	0,19	-0,19	0,33	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH13</b>	-0,07	-0,14	0,28	-0,18	0,18	-0,25	0,42	0,24	0,15	-0,25	-0,03	-0,26
<b>ΔH14</b>	-0,08	-0,16	0,28	-0,19	0,19	-0,23	0,36	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH15</b>	-0,11	-0,12	0,29	-0,20	0,18	-0,23	0,32	0,24	0,15	-0,24	-0,03	-0,26
<b>ΔH16</b>	-0,01	-0,14	0,28	-0,19	0,14	-0,19	0,37	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH17</b>	-0,14	-0,22	0,27	-0,20	0,16	-0,20	0,31	0,24	0,15	-0,25	-0,02	-0,26
<b>ΔH18</b>	-0,13	-0,16	0,28	-0,19	0,17	-0,21	0,36	0,25	0,16	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH19</b>	-0,11	-0,21	0,27	-0,19	0,16	-0,19	0,36	0,24	0,15	-0,24	-0,02	-0,25
<b>ΔH20</b>	-0,05	-0,20	0,27	-0,18	0,20	-0,24	0,42	0,25	0,16	-0,23	-0,02	-0,25
<b>ΔH symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>	0,07	-0,01	-0,01	-0,09	0,04	0,01	0,02	-0,05	0,05	-0,04	-0,02	-0,05
<b>min-sym.</b>	-0,07	-0,14	-0,04	-0,11	-0,06	-0,05	-0,09	-0,06	0,04	-0,05	-0,03	-0,06
<b>mΔH1</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH2</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH3</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH4</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH5</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH6</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH7</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH8</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH9</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH10</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH11</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH12</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH13</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH14</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05
<b>mΔH15</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH16</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH17</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH18</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05
<b>mΔH19</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>mΔH20</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05

Ni 002 pełna		średnie ust.		ciężar 4g		26 Hz							
max m0		% m0 przekraczających kryterium:		0,08		mm							
mdh teoret.		bd.		mdh z wyrównania									
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	0,02	-0,77	0,36	-0,85	0,36	-0,47	0,53	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH2</b>	0,03	-0,84	0,34	-0,85	0,33	-0,46	0,56	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH3</b>	-0,02	-0,89	0,33	-0,85	0,37	-0,41	0,59	0,51	0,07	-0,30	-0,02	-0,66	
<b>ΔH4</b>	0,03	-0,87	0,34	-0,85	0,29	-0,46	0,57	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH5</b>	-0,02	-0,90	0,33	-0,85	0,33	-0,44	0,60	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH6</b>	-0,01	-0,88	0,33	-0,85	0,33	-0,44	0,59	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH7</b>	-0,06	-0,86	0,34	-0,86	0,29	-0,42	0,54	0,51	0,08	-0,28	-0,01	-0,66	
<b>ΔH8</b>	-0,08	-0,90	0,33	-0,86	0,32	-0,44	0,55	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH9</b>	-0,02	-0,84	0,34	-0,84	0,31	-0,46	0,63	0,50	0,07	-0,30	-0,03	-0,66	
<b>ΔH10</b>	-0,03	-0,83	0,34	-0,87	0,31	-0,43	0,47	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66	
<b>ΔH11</b>	0,01	-0,91	0,32	-0,86	0,31	-0,44	0,54	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH12</b>	-0,01	-0,84	0,34	-0,86	0,32	-0,46	0,52	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH13</b>	0,01	-0,89	0,33	-0,85	0,29	-0,44	0,56	0,51	0,07	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH14</b>	0,02	-0,86	0,34	-0,85	0,33	-0,46	0,59	0,52	0,08	-0,27	-0,02	-0,66	
<b>ΔH15</b>	-0,07	-0,86	0,34	-0,86	0,33	-0,46	0,55	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH16</b>	0,01	-0,89	0,33	-0,85	0,26	-0,44	0,60	0,52	0,08	-0,27	-0,01	-0,66	
<b>ΔH17</b>	-0,11	-0,92	0,32	-0,86	0,29	-0,43	0,53	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH18</b>	-0,06	-0,88	0,33	-0,86	0,36	-0,47	0,52	0,51	0,08	-0,28	-0,02	-0,66	
<b>ΔH19</b>	-0,01	-0,92	0,33	-0,85	0,33	-0,44	0,61	0,51	0,08	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH20</b>	0,01	-0,87	0,34	-0,86	0,34	-0,45	0,55	0,51	0,07	-0,29	-0,02	-0,66	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,03	0,04	-0,04	-0,03	0,06	0,08	0,04	0,03	-0,01	0,03	-0,01	-0,06	
<b>min-sym.</b>	-0,11	-0,11	-0,08	-0,06	-0,04	0,02	-0,12	0,01	-0,02	0,00	-0,03	-0,07	
<b>mΔH1</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH2</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH3</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH4</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH5</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH6</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH7</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH8</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH9</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH10</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH11</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH12</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH13</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH14</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH15</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH16</b>	0,07	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH18</b>	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
<b>mΔH19</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

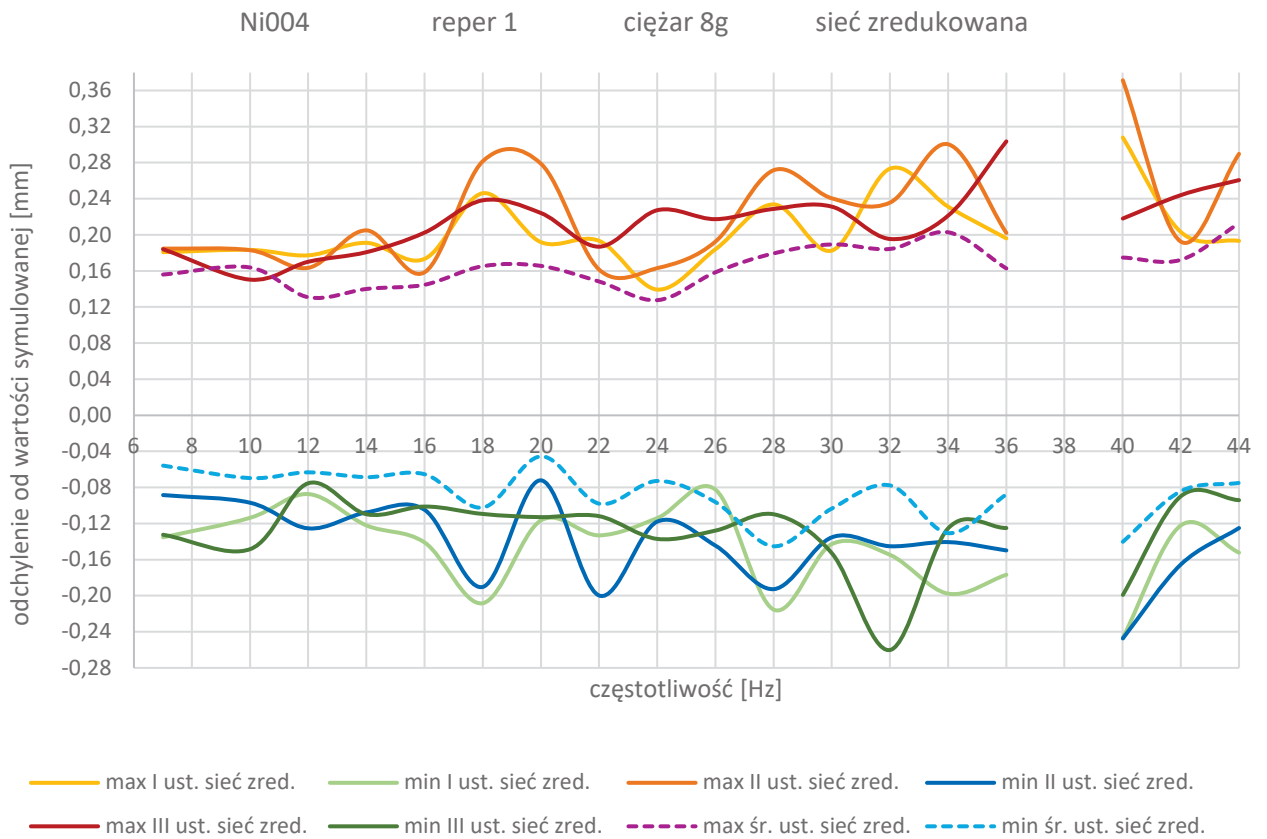
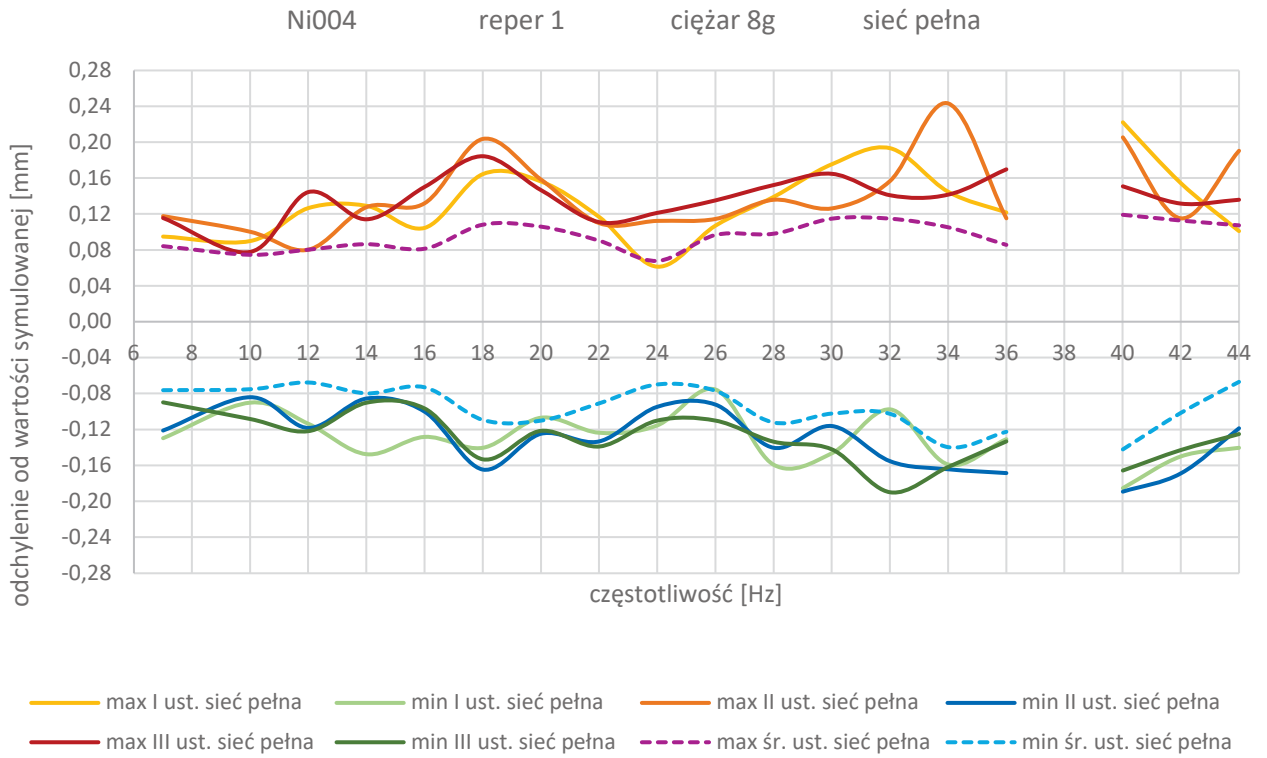
**Załącznik 13.** Wykresy ekstremalnych odchyłek wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 1 – niwelator Ni 004

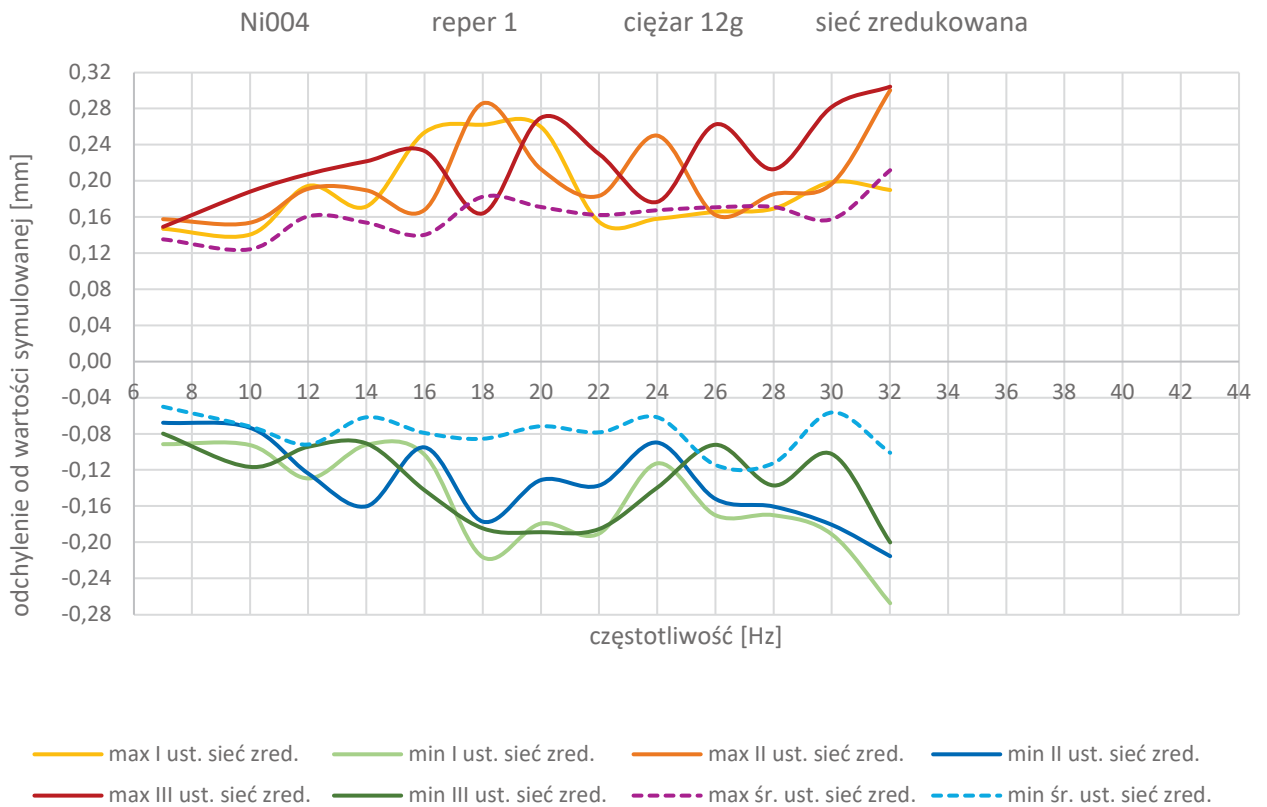
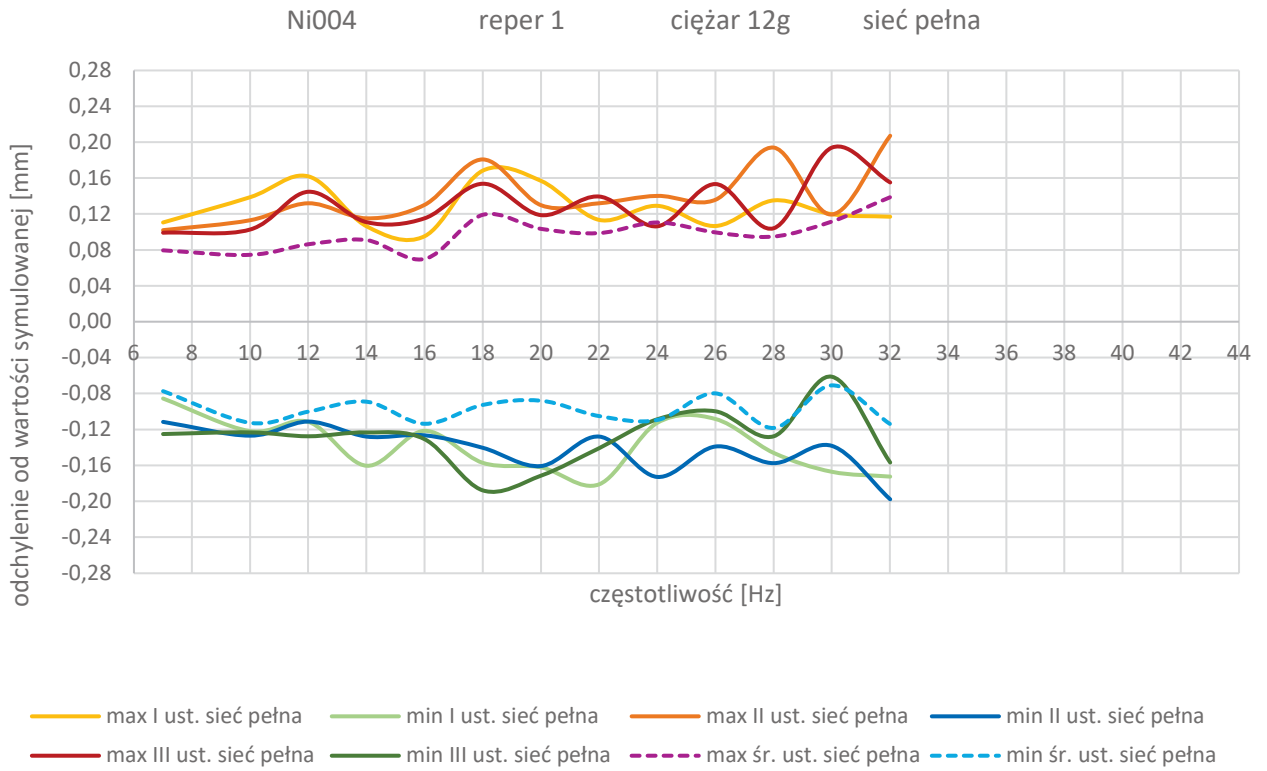


— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna



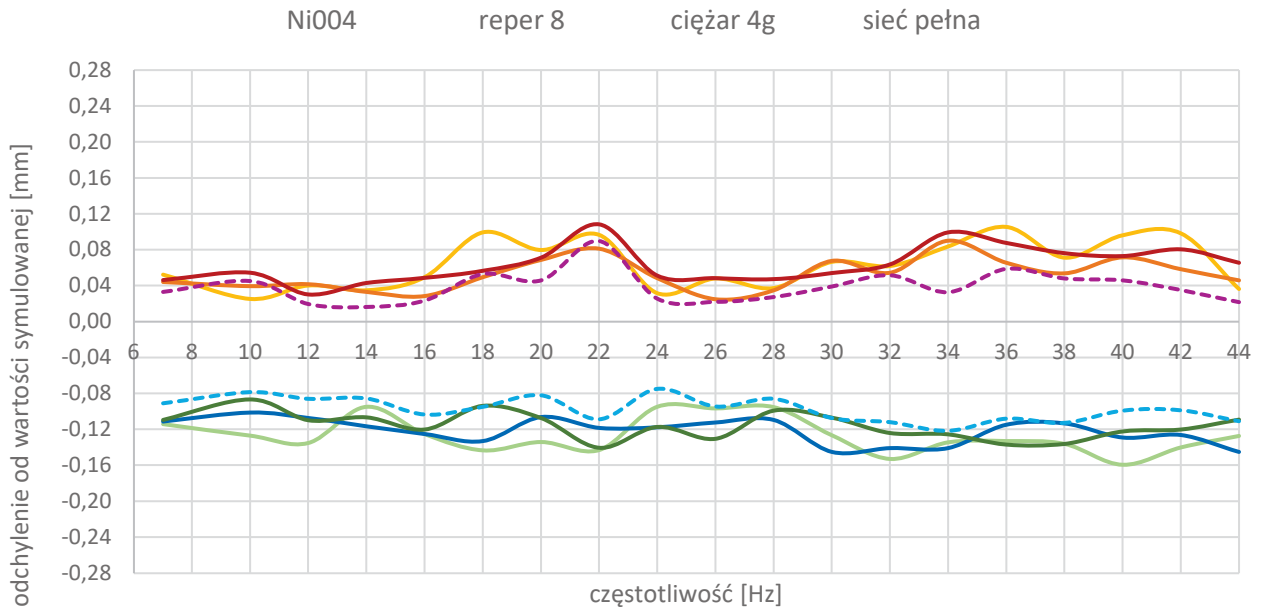
— max I ust. sieć zred.    — min I ust. sieć zred.    — max II ust. sieć zred.    — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.    — min III ust. sieć zred.    - - - max śr. ust. sieć zred.    - - - min śr. ust. sieć zred.



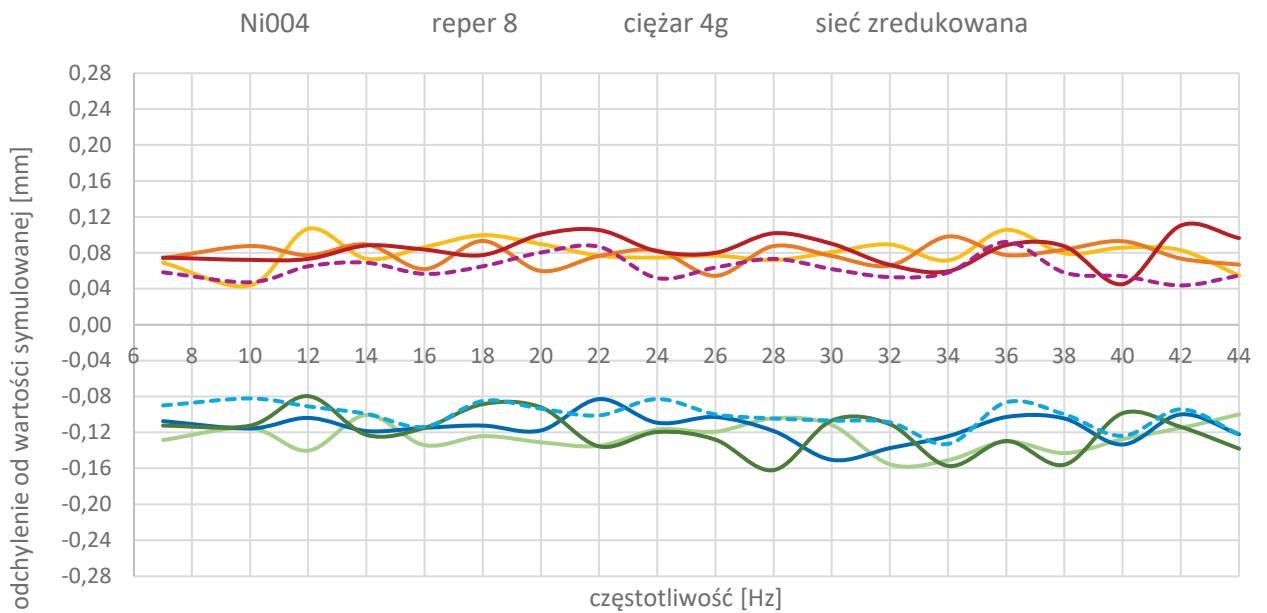




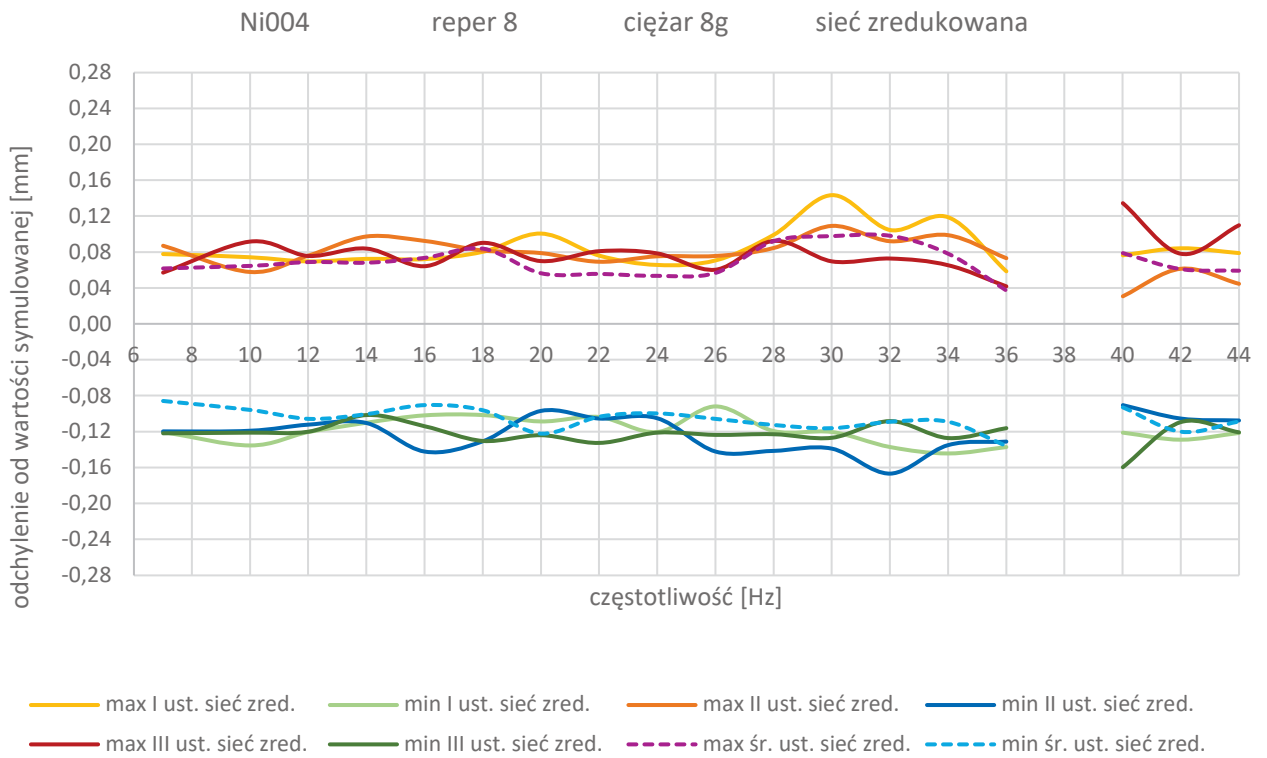
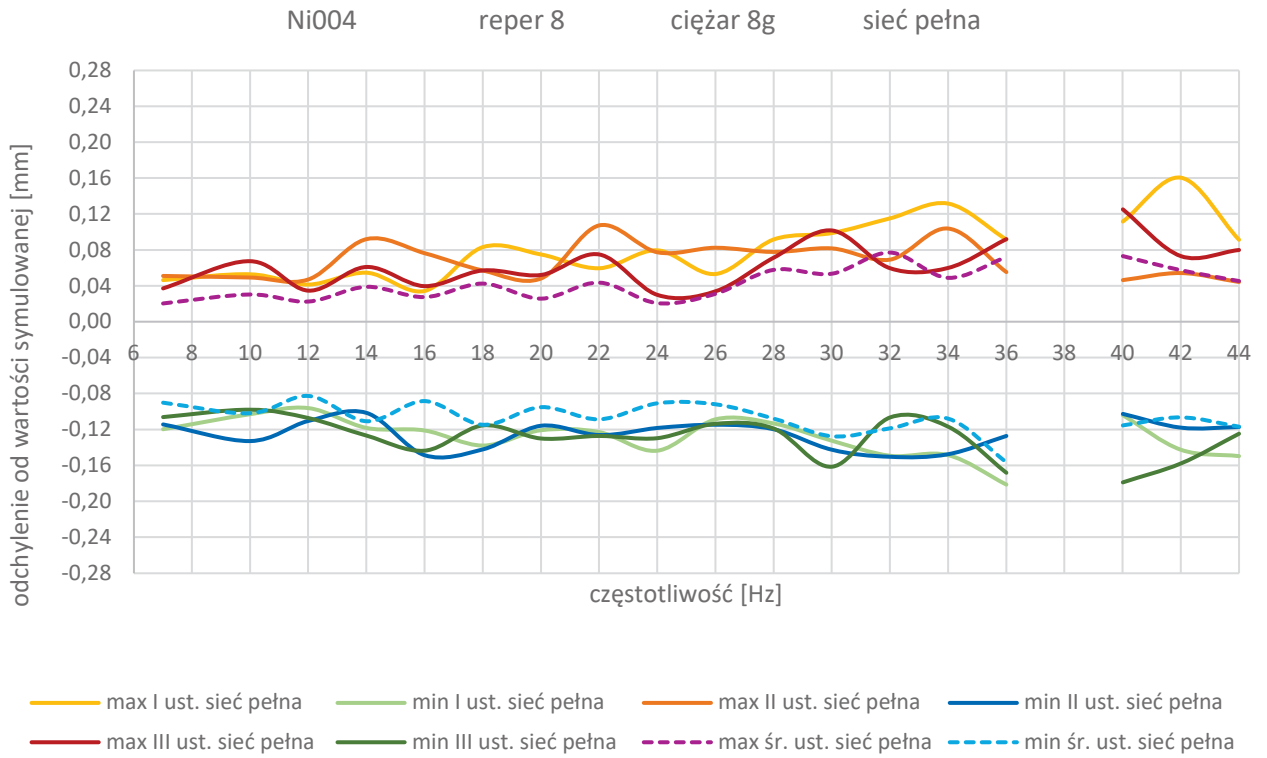
**Załącznik 14.** Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 8 – niwelator Ni 004

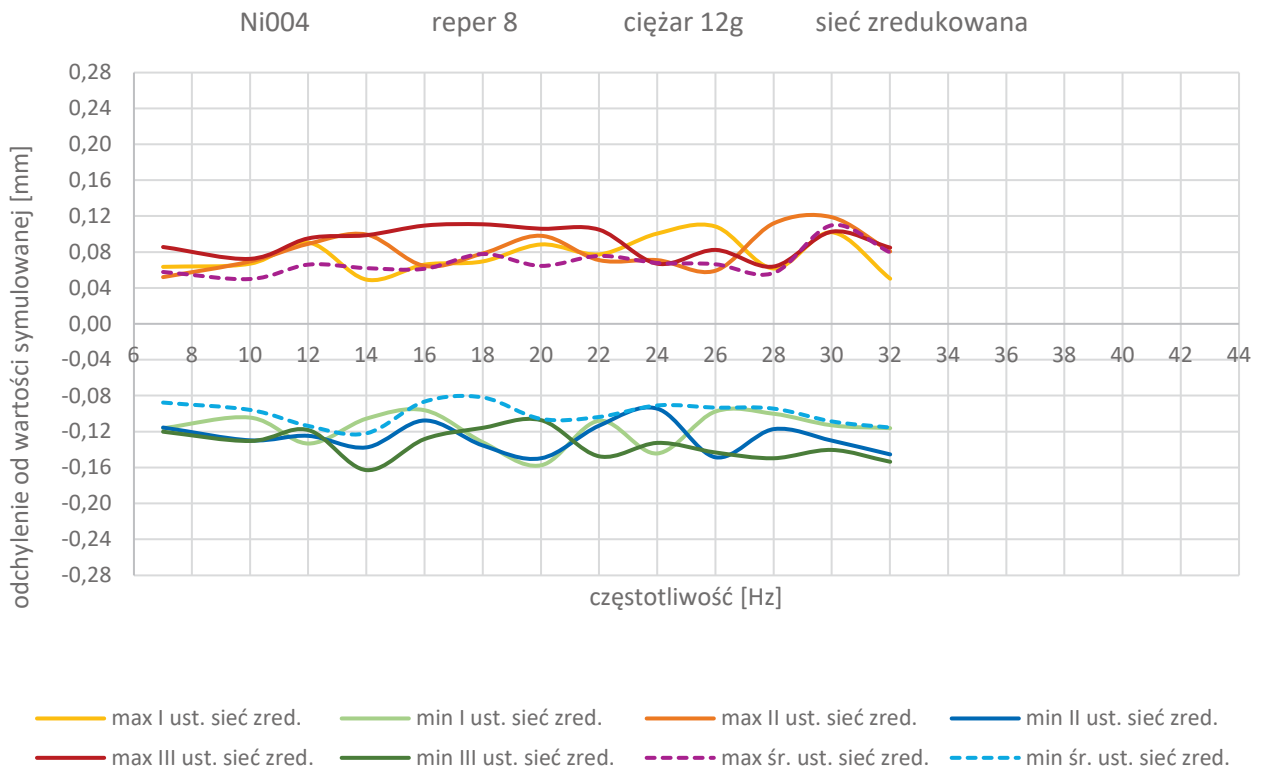
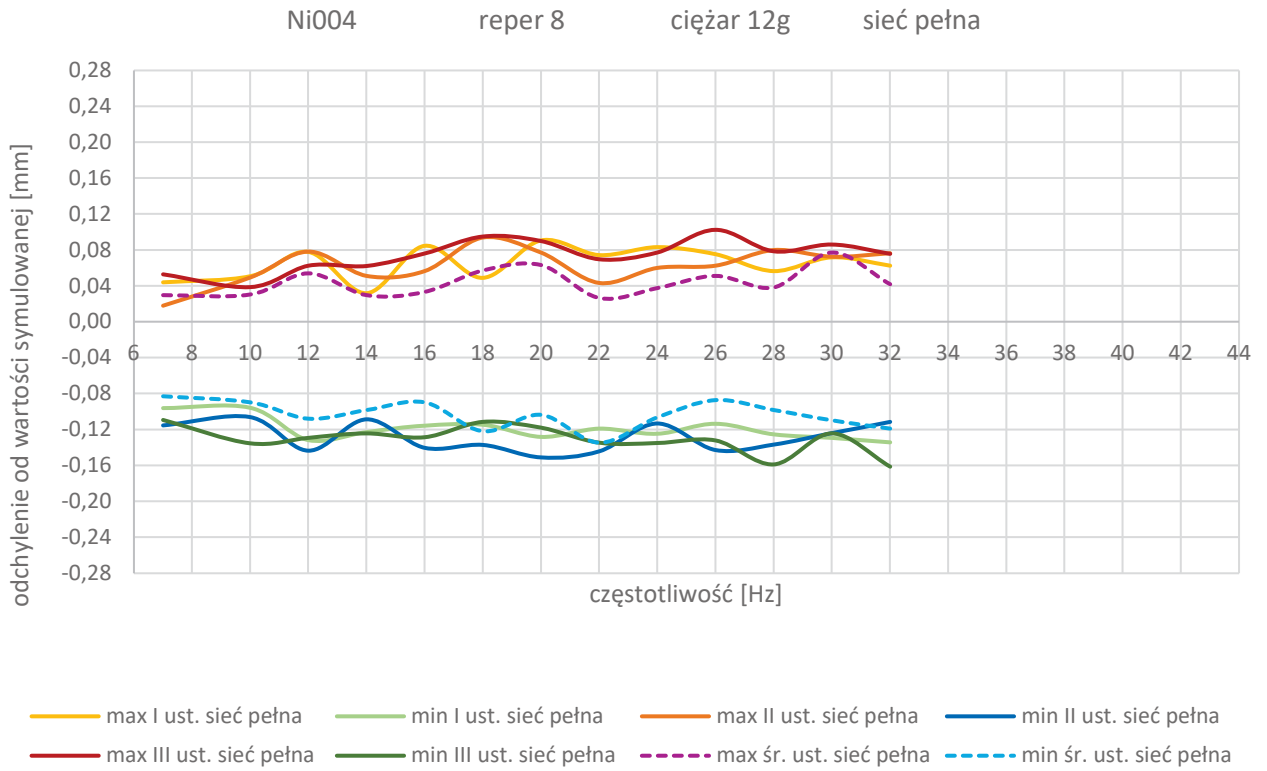


— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna

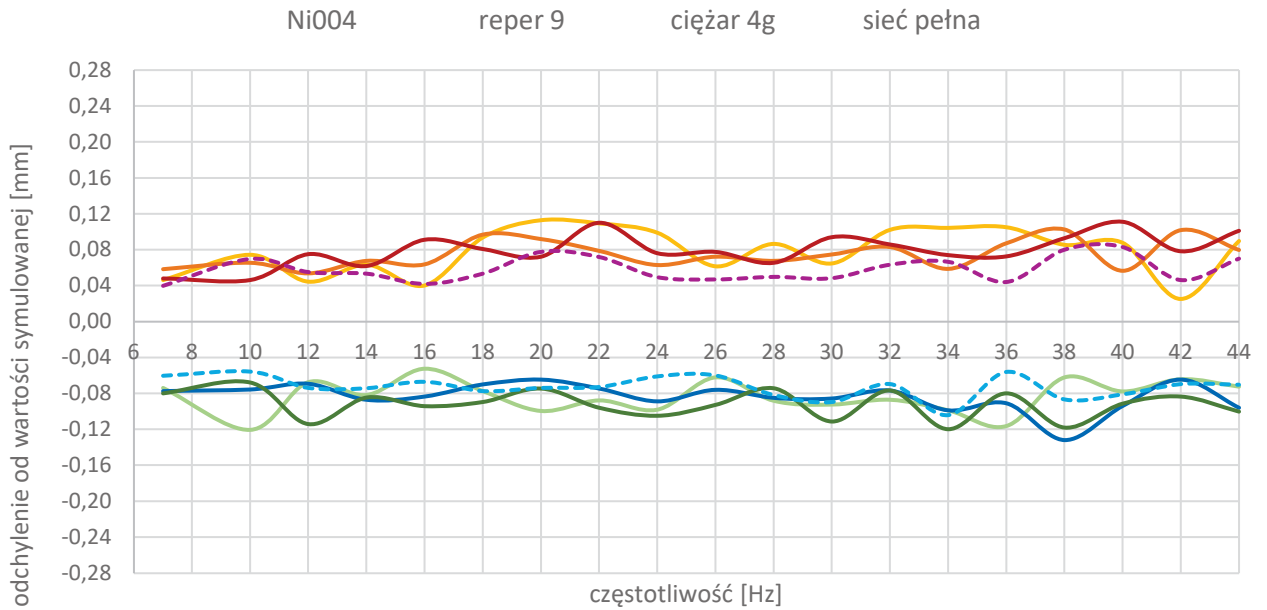


— max I ust. sieć zredu.    — min I ust. sieć zredu.    — max II ust. sieć zredu.    — min II ust. sieć zredu.  
— max III ust. sieć zredu.    — min III ust. sieć zredu.    - - - max śr. ust. sieć zredu.    - - - min śr. ust. sieć zredu.

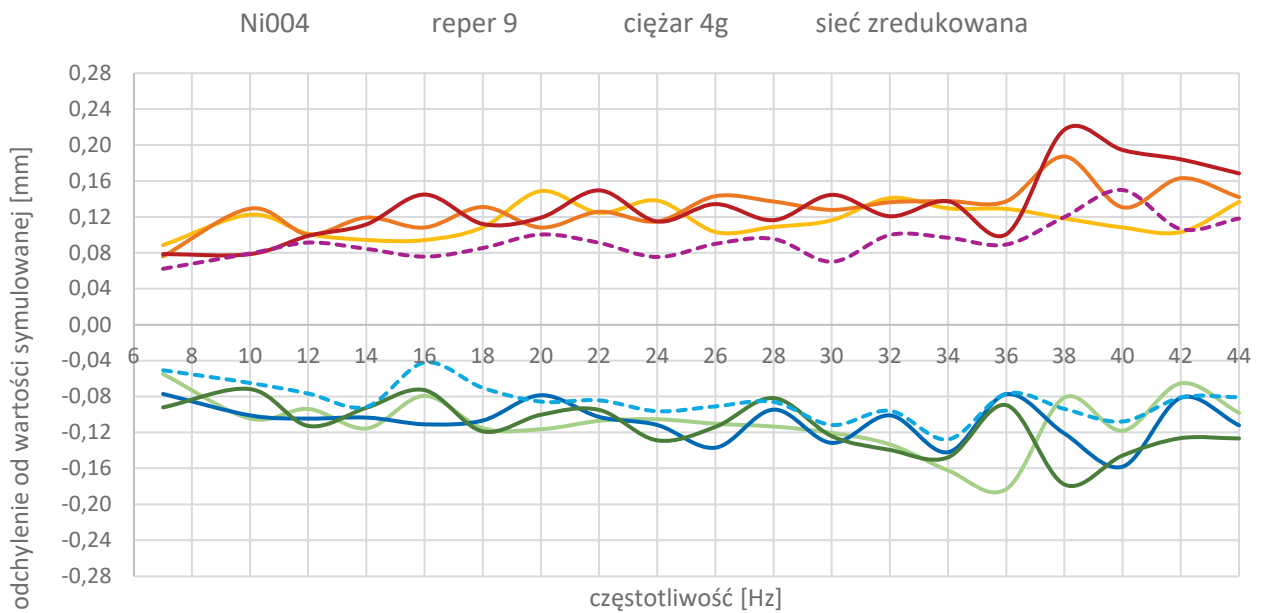




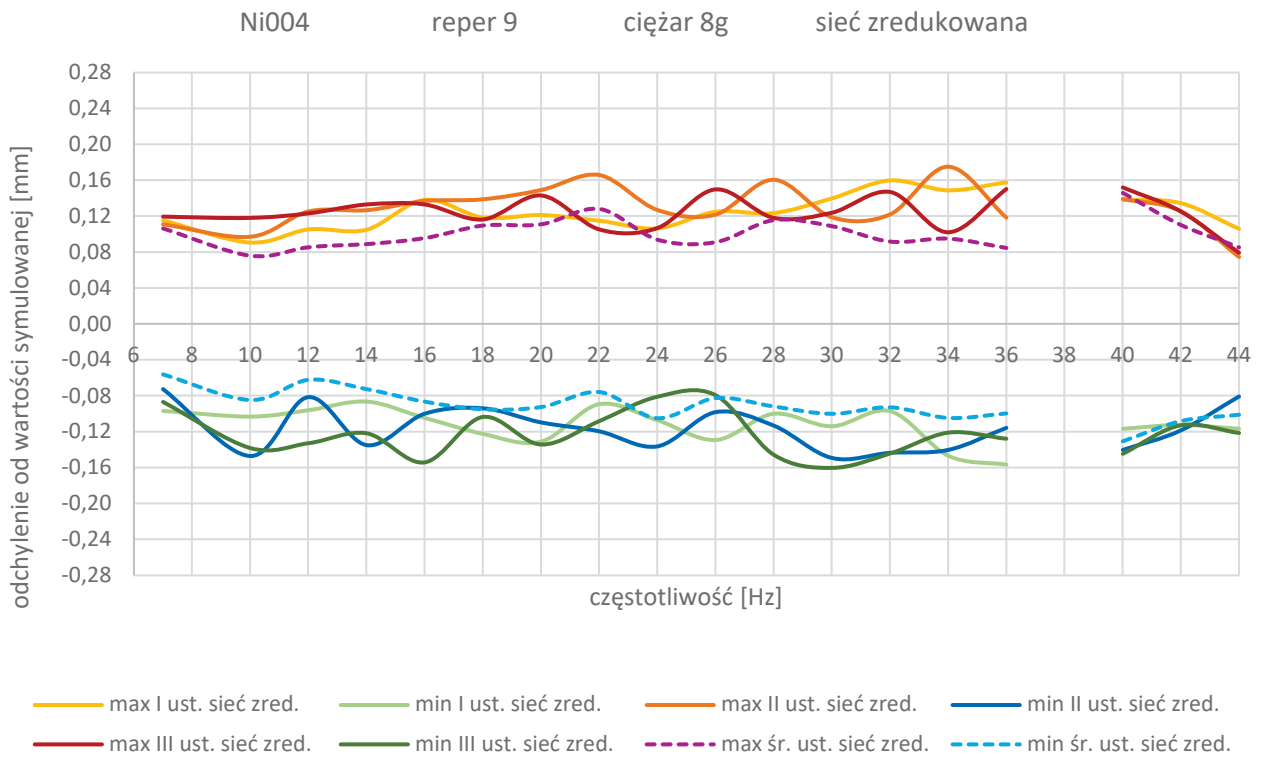
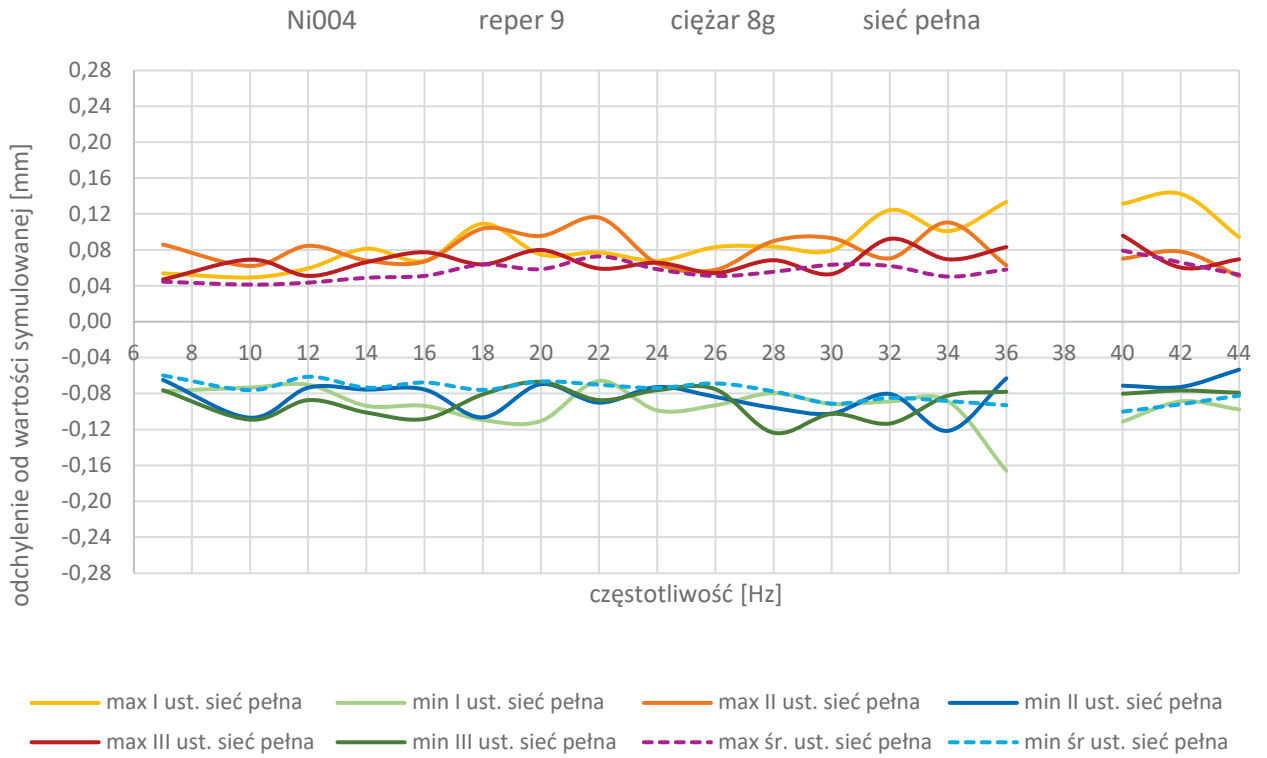
**Załącznik 15.** Wykresy ekstremalnych odchyłeń wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 9 – niwelator Ni 004

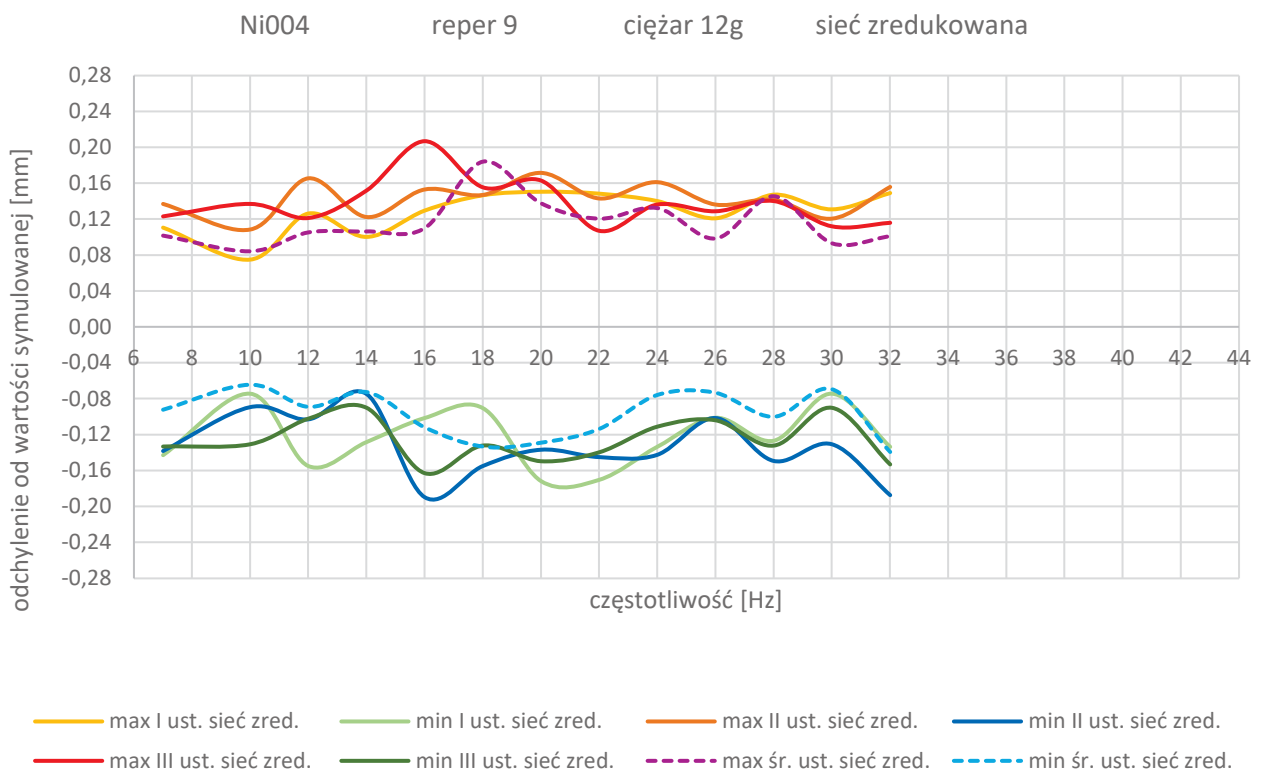
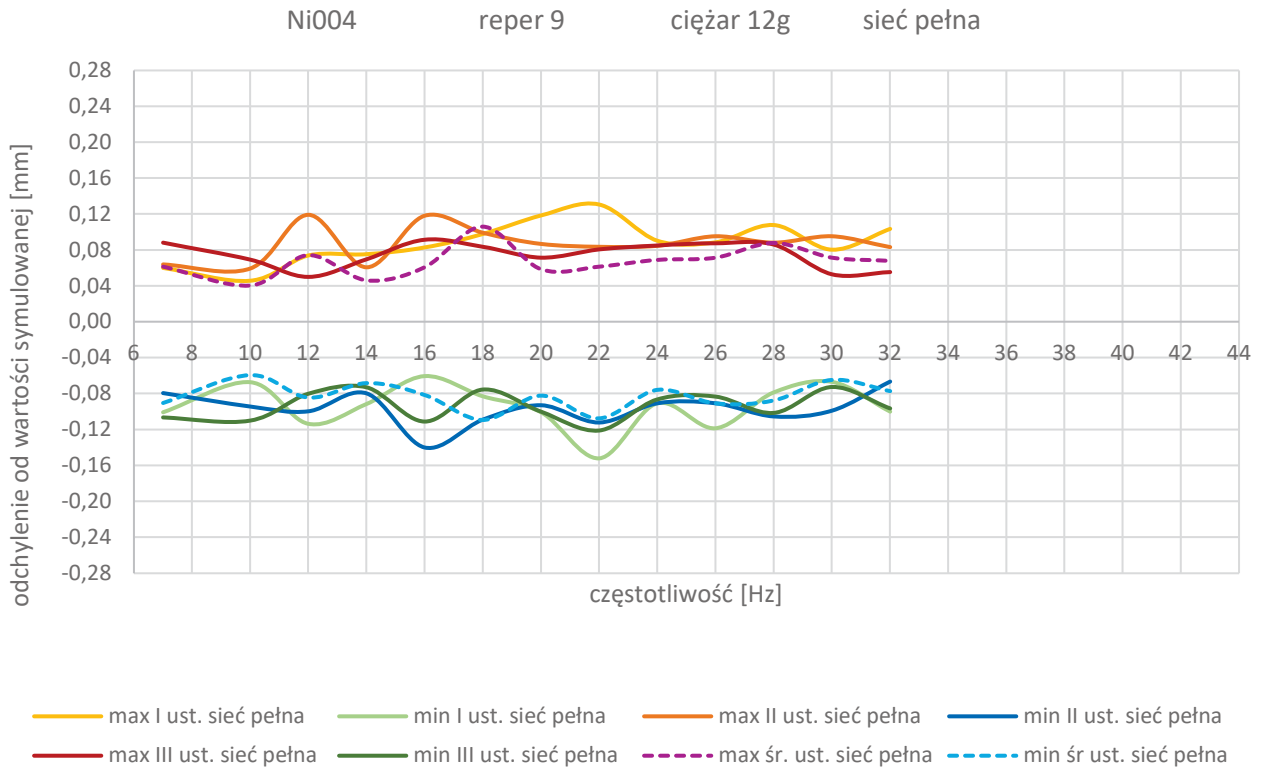


— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna



— max I ust. sieć zredu.    — min I ust. sieć zredu.    — max II ust. sieć zredu.    — min II ust. sieć zredu.  
— max III ust. sieć zredu.    — min III ust. sieć zredu.    - - - max śr. ust. sieć zredu.    - - - min śr. ust. sieć zredu.





**Załącznik 16.** Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni004, 8 g, 40 Hz, sieć zred.

Ni 004 zreduk.		I ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma_0$	1,43	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania					0,12 mm				
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	-0,12	0,53	-0,04	0,71	-0,18	0,27	-0,30	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H2$	-0,04	0,71	-0,04	0,71	-0,15	0,18	-0,42	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H3$	-0,04	0,87	-0,04	0,71	-0,13	0,23	-0,30	-0,26	0,14	0,10	0,35
$\Delta H4$	-0,10	0,78	-0,04	0,71	-0,16	0,34	-0,34	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H5$	-0,02	0,69	-0,04	0,71	-0,15	0,31	-0,18	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H6$	-0,05	0,71	-0,04	0,71	-0,21	0,31	-0,19	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H7$	0,05	0,73	-0,04	0,71	-0,17	0,27	-0,20	-0,26	0,13	0,10	0,34
$\Delta H8$	0,03	0,85	-0,04	0,71	-0,17	0,32	-0,31	-0,27	0,12	0,07	0,34
$\Delta H9$	-0,08	0,65	-0,04	0,71	-0,15	0,24	-0,23	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H10$	0,01	0,72	-0,04	0,71	-0,19	0,25	-0,24	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H11$	0,02	0,64	-0,04	0,71	-0,14	0,28	-0,24	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H12$	-0,07	0,65	-0,04	0,71	-0,17	0,24	-0,21	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H13$	0,05	0,68	-0,04	0,71	-0,18	0,24	-0,41	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H14$	-0,18	0,67	-0,04	0,71	-0,15	0,25	-0,23	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H15$	0,07	0,66	-0,04	0,71	-0,17	0,31	-0,24	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H16$	-0,09	0,59	-0,04	0,71	-0,18	0,29	-0,24	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H17$	0,17	0,83	-0,04	0,71	-0,15	0,27	-0,11	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H18$	0,03	0,67	-0,04	0,71	-0,11	0,26	-0,17	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H19$	-0,13	0,79	-0,04	0,71	-0,22	0,37	-0,19	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H20$	-0,09	0,72	-0,04	0,71	-0,16	0,27	-0,28	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
max-sym.	0,17	0,15	0,06	-0,01	-0,01	0,07	0,08	-0,07	0,14	0,00	-0,05
min-sym.	-0,18	-0,19	0,06	-0,01	-0,12	-0,12	-0,23	-0,08	0,12	-0,03	-0,06
m $\Delta H1$	0,15	0,12	0,07	0,09	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07
m $\Delta H2$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H3$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H4$	0,17	0,14	0,08	0,11	0,10	0,12	0,14	0,07	0,09	0,09	0,08
m $\Delta H5$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H6$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H7$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H8$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07
m $\Delta H9$	0,16	0,14	0,07	0,11	0,09	0,12	0,14	0,07	0,09	0,09	0,07
m $\Delta H10$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H11$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H12$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
m $\Delta H13$	0,15	0,12	0,07	0,09	0,08	0,11	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
m $\Delta H14$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
m $\Delta H15$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,09	0,11	0,13	0,07	0,08	0,08	0,07
m $\Delta H16$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
m $\Delta H17$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
m $\Delta H18$	0,15	0,12	0,07	0,10	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07
m $\Delta H19$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,09	0,11	0,13	0,07	0,08	0,08	0,07
m $\Delta H20$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		I ustawienie		ciężar 8g		40 Hz					
max $\sigma$	1,43	% $\sigma$ przekraczających kryterium:						5,0			
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania		0,12		mm					
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	-0,06	-0,35	0,28	-0,06	0,21	-0,23	0,32	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H2$	-0,06	-0,26	0,28	-0,06	0,21	-0,23	0,37	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H3$	-0,29	-0,09	0,28	-0,06	0,18	-0,20	0,28	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H4$	-0,08	-0,05	0,28	-0,06	0,18	-0,13	0,38	0,21	0,19	-0,20	-0,20
$\Delta H5$	-0,01	-0,08	0,28	-0,06	0,17	-0,09	0,41	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H6$	-0,04	-0,34	0,28	-0,06	0,16	-0,25	0,46	0,22	0,21	-0,17	-0,20
$\Delta H7$	0,09	-0,17	0,28	-0,06	0,14	-0,13	0,54	0,22	0,21	-0,18	-0,20
$\Delta H8$	-0,05	-0,17	0,28	-0,06	0,11	-0,16	0,36	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H9$	-0,09	-0,31	0,28	-0,06	0,16	-0,20	0,33	0,22	0,20	-0,18	-0,20
$\Delta H10$	-0,02	-0,15	0,28	-0,06	0,15	-0,20	0,40	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H11$	0,07	-0,14	0,28	-0,06	0,18	-0,19	0,34	0,22	0,20	-0,20	-0,20
$\Delta H12$	-0,02	-0,20	0,28	-0,06	0,15	-0,24	0,46	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H13$	0,11	-0,16	0,28	-0,06	0,14	-0,23	0,42	0,22	0,20	-0,18	-0,20
$\Delta H14$	-0,12	-0,32	0,28	-0,06	0,18	-0,15	0,50	0,22	0,20	-0,20	-0,20
$\Delta H15$	0,03	-0,25	0,28	-0,06	0,17	-0,17	0,31	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H16$	-0,07	-0,27	0,28	-0,06	0,16	-0,13	0,39	0,22	0,20	-0,20	-0,20
$\Delta H17$	0,23	-0,05	0,28	-0,06	0,20	-0,29	0,58	0,22	0,21	-0,18	-0,20
$\Delta H18$	0,15	-0,23	0,28	-0,06	0,24	-0,14	0,37	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H19$	-0,05	-0,12	0,28	-0,06	0,14	-0,06	0,47	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H20$	-0,15	-0,17	0,28	-0,06	0,16	-0,17	0,57	0,22	0,20	-0,19	-0,20
$\Delta H$ symul.	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>
max-sym.	0,31	0,05	-0,02	0,04	0,04	0,14	0,18	-0,08	0,10	0,02	0,00
min-sym.	-0,21	-0,25	-0,02	0,04	-0,09	-0,10	-0,12	-0,09	0,08	0,00	-0,01
$m\Delta H1$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H2$	0,14	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H3$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H4$	0,16	0,14	0,07	0,10	0,09	0,12	0,14	0,07	0,09	0,09	0,07
$m\Delta H5$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H6$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H7$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H8$	0,14	0,12	0,07	0,09	0,08	0,11	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H9$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,09	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H10$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H11$	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H12$	0,14	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H13$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H14$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H15$	0,14	0,12	0,07	0,09	0,08	0,11	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H16$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H17$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H18$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,09	0,11	0,13	0,07	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H19$	0,16	0,14	0,07	0,10	0,09	0,12	0,14	0,07	0,09	0,09	0,07
$m\Delta H20$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06



Ni 004 zreduk.		I ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma_0$	1,32	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 2,5									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,12 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	0,07	-0,87	0,32	-0,77	0,38	-0,50	0,61	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H2$	-0,02	-0,98	0,32	-0,77	0,36	-0,42	0,80	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H3$	-0,25	-0,96	0,32	-0,77	0,31	-0,43	0,59	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H4$	0,02	-0,84	0,32	-0,77	0,34	-0,47	0,71	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H5$	0,01	-0,77	0,32	-0,77	0,32	-0,40	0,60	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H6$	0,01	-1,05	0,32	-0,77	0,37	-0,56	0,65	0,48	0,08	-0,26	-0,54
$\Delta H7$	0,04	-0,90	0,32	-0,77	0,31	-0,40	0,74	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H8$	-0,08	-1,03	0,32	-0,77	0,28	-0,47	0,66	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H9$	-0,01	-0,96	0,32	-0,77	0,31	-0,45	0,56	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H10$	-0,03	-0,87	0,32	-0,77	0,34	-0,45	0,64	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H11$	0,05	-0,79	0,32	-0,77	0,32	-0,47	0,58	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H12$	0,05	-0,86	0,32	-0,77	0,31	-0,48	0,67	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H13$	0,06	-0,84	0,32	-0,77	0,32	-0,47	0,83	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H14$	0,06	-0,99	0,32	-0,77	0,33	-0,40	0,73	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H15$	-0,04	-0,91	0,32	-0,77	0,34	-0,48	0,54	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H16$	0,02	-0,86	0,32	-0,77	0,34	-0,42	0,64	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H17$	0,06	-0,88	0,32	-0,77	0,35	-0,56	0,69	0,48	0,08	-0,26	-0,54
$\Delta H18$	0,12	-0,90	0,32	-0,77	0,35	-0,40	0,55	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H19$	0,07	-0,91	0,32	-0,77	0,36	-0,42	0,66	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H20$	-0,05	-0,89	0,32	-0,77	0,33	-0,44	0,85	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
max-sym.	0,12	0,05	-0,08	0,04	0,08	0,10	0,26	-0,01	-0,01	0,04	0,06
min-sym.	-0,25	-0,24	-0,08	0,04	-0,02	-0,07	-0,05	-0,01	-0,02	0,00	0,05
$m\Delta H1$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H2$	0,12	0,10	0,05	0,08	0,07	0,09	0,10	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H3$	0,14	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H4$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,08	0,11	0,13	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H5$	0,14	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H6$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H7$	0,12	0,10	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H8$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H9$	0,15	0,13	0,07	0,10	0,09	0,11	0,13	0,07	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H10$	0,12	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H11$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H12$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H13$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H14$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,09	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H15$	0,13	0,11	0,06	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H16$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H17$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H18$	0,14	0,12	0,06	0,09	0,08	0,10	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H19$	0,14	0,12	0,07	0,09	0,08	0,11	0,12	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H20$	0,13	0,11	0,06	0,08	0,07	0,10	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		II ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma_0$	1,32	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 2,5									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,18 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	0,10	0,89	-0,04	0,71	-0,15	0,16	-0,28	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,14	0,87	-0,04	0,71	-0,15	0,18	-0,35	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_3</math></b>	-0,07	0,64	-0,04	0,71	-0,19	0,26	-0,30	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,07	0,85	-0,04	0,71	-0,15	0,21	-0,31	-0,27	0,12	0,07	0,34
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,25	0,65	-0,04	0,71	-0,13	0,24	-0,36	-0,26	0,13	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,03	0,64	-0,04	0,71	-0,19	0,25	-0,21	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_7</math></b>	0,00	0,71	-0,04	0,71	-0,17	0,23	-0,44	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,07	0,72	-0,04	0,71	-0,16	0,26	-0,24	-0,26	0,13	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,11	0,51	-0,04	0,71	-0,17	0,24	-0,40	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,14	0,77	-0,04	0,71	-0,13	0,25	-0,30	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,11	0,69	-0,04	0,71	-0,14	0,22	-0,47	-0,26	0,13	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	0,09	0,92	-0,04	0,71	-0,19	0,29	-0,23	-0,26	0,13	0,10	0,34
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,01	0,62	-0,04	0,71	-0,15	0,26	-0,28	-0,26	0,13	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,07	0,67	-0,04	0,71	-0,14	0,24	-0,47	-0,26	0,13	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,09	0,76	-0,04	0,71	-0,14	0,24	-0,21	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,01	0,60	-0,04	0,71	-0,18	0,31	-0,28	-0,27	0,12	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,01	0,60	-0,04	0,71	-0,13	0,24	-0,26	-0,27	0,12	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,09	0,85	-0,04	0,71	-0,17	0,23	-0,31	-0,27	0,12	0,08	0,34
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,16	0,74	-0,04	0,71	-0,12	0,23	-0,12	-0,26	0,13	0,09	0,34
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,07	0,60	-0,04	0,71	-0,16	0,24	-0,33	-0,26	0,13	0,08	0,34
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
<b>max-sym.</b>	0,14	0,21	0,06	-0,01	-0,02	0,01	0,07	-0,07	0,13	0,00	-0,06
<b>min-sym.</b>	-0,25	-0,21	0,06	-0,01	-0,09	-0,14	-0,28	-0,08	0,12	-0,03	-0,06
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,16	0,16	0,06	0,08	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,17	0,16	0,06	0,08	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,16	0,16	0,06	0,08	0,08	0,11	0,15	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,05	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,16	0,16	0,06	0,08	0,08	0,11	0,15	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,20	0,19	0,07	0,10	0,10	0,13	0,19	0,07	0,09	0,09	0,07
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,11	0,15	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,15	0,15	0,05	0,08	0,07	0,10	0,14	0,05	0,07	0,07	0,05
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,20	0,19	0,07	0,10	0,10	0,13	0,19	0,07	0,09	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		II ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma$	1,36	% $\sigma$ 0 przekraczających kryterium: 10,0									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,18 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	0,02	-0,12	0,28	-0,06	0,13	-0,20	0,45	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,07	-0,14	0,28	-0,06	0,16	-0,19	0,41	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,03	-0,33	0,28	-0,06	0,13	-0,16	0,35	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,05	-0,17	0,28	-0,06	0,14	-0,18	0,30	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,04	-0,05	0,28	-0,06	0,14	-0,14	0,39	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H6</math></b>	0,06	-0,11	0,28	-0,06	0,13	-0,12	0,56	0,22	0,20	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,25	-0,02	0,28	-0,06	0,15	-0,15	0,22	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,12	-0,15	0,28	-0,06	0,15	-0,19	0,50	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,10	-0,33	0,28	-0,06	0,16	-0,16	0,34	0,21	0,19	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,29	-0,25	0,28	-0,06	0,18	-0,20	0,52	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,01	-0,16	0,28	-0,06	0,16	-0,19	0,22	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,06	-0,05	0,28	-0,06	0,11	-0,15	0,38	0,22	0,21	-0,17	-0,20
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,06	-0,12	0,28	-0,06	0,17	-0,18	0,43	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,05	-0,28	0,28	-0,06	0,17	-0,19	0,31	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,03	-0,13	0,28	-0,06	0,20	-0,20	0,43	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,08	-0,04	0,28	-0,06	0,12	-0,07	0,46	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,08	-0,15	0,28	-0,06	0,18	-0,16	0,37	0,21	0,19	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,06	-0,15	0,28	-0,06	0,12	-0,12	0,44	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,06	-0,07	0,28	-0,06	0,19	-0,19	0,48	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,02	-0,26	0,28	-0,06	0,14	-0,16	0,29	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>	0,37	0,08	-0,02	0,04	-0,01	0,13	0,15	-0,08	0,10	0,03	0,00
<b>min-sym.</b>	-0,04	-0,23	-0,02	0,04	-0,09	-0,01	-0,18	-0,09	0,08	-0,01	-0,01
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,13	0,18	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,10	0,15	0,05	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,20	0,19	0,07	0,10	0,10	0,13	0,19	0,07	0,09	0,09	0,07
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,20	0,19	0,07	0,10	0,10	0,13	0,19	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,09	0,11	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,21	0,20	0,08	0,11	0,10	0,14	0,20	0,07	0,09	0,09	0,07
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,18	0,18	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,17	0,17	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,06	0,08	0,08	0,07

Ni 004 zreduk.		II ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma_0$	1,36	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,18 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	-0,08	-1,01	0,32	-0,77	0,28	-0,35	0,73	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H2$	0,06	-1,01	0,32	-0,77	0,31	-0,37	0,76	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H3$	0,04	-0,97	0,32	-0,77	0,32	-0,42	0,66	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H4$	0,02	-1,03	0,32	-0,77	0,30	-0,40	0,60	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H5$	0,21	-0,70	0,32	-0,77	0,27	-0,39	0,75	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H6$	0,09	-0,75	0,32	-0,77	0,32	-0,37	0,77	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H7$	0,24	-0,73	0,32	-0,77	0,31	-0,38	0,66	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H8$	-0,05	-0,87	0,32	-0,77	0,31	-0,45	0,75	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H9$	0,01	-0,83	0,32	-0,77	0,33	-0,40	0,73	0,48	0,06	-0,29	-0,55
$\Delta H10$	0,15	-1,02	0,32	-0,77	0,31	-0,45	0,82	0,48	0,06	-0,29	-0,55
$\Delta H11$	0,12	-0,85	0,32	-0,77	0,30	-0,41	0,69	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H12$	-0,04	-0,98	0,32	-0,77	0,30	-0,43	0,61	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H13$	0,06	-0,73	0,32	-0,77	0,32	-0,45	0,71	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H14$	0,02	-0,95	0,32	-0,77	0,31	-0,42	0,78	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H15$	0,06	-0,88	0,32	-0,77	0,34	-0,44	0,65	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H16$	0,09	-0,65	0,32	-0,77	0,30	-0,38	0,73	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H17$	0,07	-0,75	0,32	-0,77	0,31	-0,40	0,63	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H18$	-0,03	-0,99	0,32	-0,77	0,29	-0,35	0,75	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H19$	0,09	-0,82	0,32	-0,77	0,32	-0,41	0,60	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H20$	0,09	-0,86	0,32	-0,77	0,30	-0,40	0,62	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
max-sym.	0,24	0,16	-0,08	0,04	0,03	0,14	0,23	-0,01	-0,01	0,03	0,05
min-sym.	-0,08	-0,21	-0,08	0,04	-0,04	0,04	0,01	-0,01	-0,03	0,00	0,05
$m\Delta H1$	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H2$	0,18	0,18	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H3$	0,16	0,15	0,06	0,08	0,08	0,11	0,15	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H4$	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H5$	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H6$	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H7$	0,18	0,18	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H8$	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H9$	0,19	0,18	0,07	0,10	0,09	0,12	0,18	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H10$	0,18	0,18	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H11$	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H12$	0,18	0,18	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H13$	0,20	0,19	0,07	0,10	0,10	0,13	0,19	0,07	0,09	0,09	0,07
$m\Delta H14$	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H15$	0,18	0,18	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H16$	0,17	0,17	0,06	0,09	0,09	0,11	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H17$	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H18$	0,18	0,17	0,07	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H19$	0,17	0,16	0,06	0,09	0,08	0,11	0,16	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H20$	0,18	0,17	0,06	0,09	0,09	0,12	0,17	0,06	0,08	0,08	0,06

Ni 004 zreduk.		III ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma$	1,39	% $\sigma$ przekraczających kryterium: 10,0									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,10 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	-0,06	0,84	-0,04	0,71	-0,21	0,18	-0,18	-0,26	0,14	0,12	0,35
$\Delta H2$	0,01	0,99	-0,04	0,71	-0,19	0,23	-0,25	-0,26	0,14	0,11	0,35
$\Delta H3$	0,08	0,75	-0,04	0,71	-0,19	0,27	-0,42	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H4$	0,04	0,84	-0,04	0,71	-0,19	0,24	-0,31	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H5$	-0,19	0,69	-0,04	0,71	-0,16	0,31	-0,17	-0,26	0,14	0,11	0,35
$\Delta H6$	-0,01	0,78	-0,04	0,71	-0,16	0,26	-0,06	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H7$	-0,02	0,61	-0,04	0,71	-0,21	0,27	-0,04	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H8$	-0,06	0,64	-0,04	0,71	-0,11	0,15	-0,37	-0,26	0,14	0,11	0,35
$\Delta H9$	-0,02	0,69	-0,04	0,71	-0,16	0,32	-0,25	-0,27	0,12	0,07	0,34
$\Delta H10$	-0,03	0,70	-0,04	0,71	-0,23	0,20	-0,32	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H11$	0,03	0,74	-0,04	0,71	-0,24	0,25	-0,26	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H12$	0,02	0,64	-0,04	0,71	-0,17	0,30	-0,17	-0,27	0,12	0,06	0,34
$\Delta H13$	-0,04	0,79	-0,04	0,71	-0,18	0,30	-0,28	-0,27	0,12	0,07	0,34
$\Delta H14$	-0,20	0,69	-0,04	0,71	-0,19	0,34	-0,07	-0,27	0,12	0,07	0,34
$\Delta H15$	-0,06	0,86	-0,04	0,71	-0,23	0,30	-0,22	-0,27	0,12	0,08	0,34
$\Delta H16$	0,06	0,80	-0,04	0,71	-0,18	0,29	-0,17	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H17$	0,03	0,72	-0,04	0,71	-0,08	0,30	-0,24	-0,27	0,11	0,04	0,34
$\Delta H18$	-0,02	0,79	-0,04	0,71	-0,19	0,29	-0,33	-0,26	0,14	0,11	0,35
$\Delta H19$	-0,18	0,72	-0,04	0,71	-0,26	0,23	-0,37	-0,26	0,13	0,09	0,34
$\Delta H20$	0,05	0,69	-0,04	0,71	-0,16	0,21	0,00	-0,26	0,13	0,08	0,34
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
max-sym.	0,08	0,28	0,06	-0,01	0,03	0,04	0,19	-0,07	0,14	0,02	-0,05
min-sym.	-0,20	-0,10	0,06	-0,01	-0,16	-0,14	-0,22	-0,08	0,11	-0,06	-0,06
$m\Delta H1$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H2$	0,12	0,11	0,07	0,10	0,09	0,11	0,12	0,07	0,09	0,08	0,07
$m\Delta H3$	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H4$	0,09	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
$m\Delta H5$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H6$	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H7$	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H8$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H9$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H10$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H11$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H12$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H13$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H14$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H15$	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H16$	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,05	0,07	0,06	0,05
$m\Delta H17$	0,12	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H18$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,05	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H19$	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,06
$m\Delta H20$	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,05	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		III ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma_0$	1,39	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,10 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	0,14	-0,03	0,28	-0,06	0,19	-0,30	0,40	0,22	0,21	-0,17	-0,20
<b><math>\Delta H2</math></b>	0,11	-0,01	0,28	-0,06	0,25	-0,16	0,55	0,22	0,21	-0,17	-0,20
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,01	-0,03	0,28	-0,06	0,14	-0,20	0,27	0,22	0,21	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,08	-0,06	0,28	-0,06	0,16	-0,21	0,37	0,22	0,21	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,12	-0,05	0,28	-0,06	0,13	-0,19	0,42	0,22	0,22	-0,16	-0,20
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,01	-0,07	0,28	-0,06	0,18	-0,14	0,48	0,22	0,20	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H7</math></b>	-0,03	-0,22	0,28	-0,06	0,16	-0,24	0,46	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,04	-0,05	0,28	-0,06	0,21	-0,19	0,35	0,22	0,21	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,13	-0,09	0,28	-0,06	0,13	-0,17	0,36	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,01	-0,10	0,28	-0,06	0,12	-0,18	0,36	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,07	-0,07	0,28	-0,06	0,13	-0,09	0,42	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,05	-0,15	0,28	-0,06	0,15	-0,14	0,35	0,21	0,19	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,01	-0,13	0,28	-0,06	0,22	-0,21	0,42	0,21	0,19	-0,22	-0,20
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,14	-0,02	0,28	-0,06	0,13	-0,09	0,43	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,09	-0,13	0,28	-0,06	0,14	-0,15	0,39	0,22	0,20	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,09	-0,15	0,28	-0,06	0,13	-0,22	0,36	0,22	0,21	-0,17	-0,20
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,00	0,07	0,28	-0,06	0,21	-0,18	0,45	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,03	-0,10	0,28	-0,06	0,17	-0,10	0,33	0,22	0,20	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,04	-0,09	0,28	-0,06	0,18	-0,22	0,30	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,07	-0,33	0,28	-0,06	0,14	-0,27	0,62	0,22	0,21	-0,17	-0,20
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>	0,22	0,16	-0,02	0,04	0,05	0,10	0,22	-0,08	0,11	0,04	0,00
<b>min-sym.</b>	-0,06	-0,23	-0,02	0,04	-0,08	-0,10	-0,13	-0,09	0,08	-0,02	-0,01
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,10	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,13	0,11	0,08	0,11	0,09	0,11	0,12	0,07	0,09	0,09	0,07
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,13	0,12	0,08	0,11	0,09	0,11	0,12	0,07	0,09	0,09	0,07
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,10	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06	0,05
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,10	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		III ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma$	1,29	% $\sigma$ przekraczających kryterium: 0,0									
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,10 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	0,20	-0,87	0,32	-0,77	0,39	-0,48	0,58	0,48	0,07	-0,29	-0,55
<b><math>\Delta H2</math></b>	0,10	-1,00	0,32	-0,77	0,44	-0,39	0,80	0,48	0,07	-0,28	-0,55
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,09	-0,78	0,32	-0,77	0,32	-0,47	0,68	0,48	0,08	-0,25	-0,54
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,04	-0,90	0,32	-0,77	0,35	-0,45	0,68	0,48	0,08	-0,27	-0,54
<b><math>\Delta H5</math></b>	0,07	-0,75	0,32	-0,77	0,29	-0,50	0,59	0,48	0,08	-0,27	-0,54
<b><math>\Delta H6</math></b>	0,00	-0,84	0,32	-0,77	0,34	-0,40	0,55	0,48	0,08	-0,26	-0,54
<b><math>\Delta H7</math></b>	-0,01	-0,83	0,32	-0,77	0,37	-0,50	0,50	0,48	0,07	-0,29	-0,55
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,10	-0,69	0,32	-0,77	0,32	-0,35	0,72	0,48	0,07	-0,29	-0,55
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,11	-0,77	0,32	-0,77	0,29	-0,49	0,61	0,48	0,08	-0,27	-0,54
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,02	-0,80	0,32	-0,77	0,35	-0,39	0,69	0,48	0,08	-0,27	-0,54
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,04	-0,81	0,32	-0,77	0,37	-0,34	0,68	0,48	0,06	-0,30	-0,55
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,03	-0,79	0,32	-0,77	0,31	-0,44	0,52	0,48	0,08	-0,27	-0,54
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,03	-0,92	0,32	-0,77	0,39	-0,52	0,70	0,48	0,07	-0,29	-0,55
<b><math>\Delta H14</math></b>	0,06	-0,70	0,32	-0,77	0,32	-0,43	0,49	0,48	0,07	-0,28	-0,55
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,03	-0,98	0,32	-0,77	0,37	-0,45	0,61	0,48	0,08	-0,26	-0,54
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,03	-0,95	0,32	-0,77	0,32	-0,52	0,52	0,48	0,08	-0,25	-0,54
<b><math>\Delta H17</math></b>	-0,03	-0,65	0,32	-0,77	0,29	-0,48	0,69	0,49	0,09	-0,25	-0,54
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,05	-0,89	0,32	-0,77	0,36	-0,39	0,66	0,48	0,07	-0,29	-0,55
<b><math>\Delta H19</math></b>	0,14	-0,81	0,32	-0,77	0,44	-0,45	0,67	0,48	0,07	-0,28	-0,55
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,12	-1,01	0,32	-0,77	0,30	-0,48	0,63	0,49	0,09	-0,25	-0,54
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,20	0,16	-0,08	0,04	0,13	0,15	0,21	-0,01	0,00	0,05	0,06
<b>min-sym.</b>	-0,12	-0,20	-0,08	0,04	-0,02	-0,02	-0,10	-0,01	-0,03	0,00	0,05
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,12	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,11	0,10	0,07	0,09	0,08	0,10	0,11	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,11	0,10	0,06	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,12	0,11	0,07	0,10	0,08	0,11	0,11	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		śr ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma_0$ 1,22		% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 0,0										
mdh teoret		mdh z wyrównania 0,09 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,02	0,76	-0,04	0,71	-0,18	0,17	-0,26	-0,26	0,13	0,09	0,34	
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,05	0,86	-0,04	0,71	-0,16	0,17	-0,35	-0,26	0,13	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,02	0,75	-0,04	0,71	-0,18	0,25	-0,34	-0,26	0,13	0,10	0,34	
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,05	0,83	-0,04	0,71	-0,16	0,26	-0,32	-0,27	0,12	0,06	0,34	
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,14	0,68	-0,04	0,71	-0,12	0,31	-0,22	-0,26	0,13	0,09	0,34	
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,04	0,71	-0,04	0,71	-0,20	0,27	-0,16	-0,26	0,13	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,00	0,68	-0,04	0,71	-0,19	0,25	-0,23	-0,26	0,13	0,10	0,34	
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,01	0,74	-0,04	0,71	-0,13	0,26	-0,30	-0,27	0,12	0,07	0,34	
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,07	0,61	-0,04	0,71	-0,16	0,27	-0,29	-0,26	0,13	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,05	0,73	-0,04	0,71	-0,17	0,24	-0,28	-0,26	0,13	0,09	0,34	
<b><math>\Delta H11</math></b>	-0,01	0,70	-0,04	0,71	-0,16	0,25	-0,32	-0,27	0,12	0,07	0,34	
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,02	0,74	-0,04	0,71	-0,18	0,29	-0,20	-0,26	0,13	0,09	0,34	
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,01	0,70	-0,04	0,71	-0,16	0,28	-0,32	-0,27	0,12	0,07	0,34	
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,14	0,68	-0,04	0,71	-0,15	0,28	-0,25	-0,27	0,12	0,07	0,34	
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,01	0,76	-0,04	0,71	-0,16	0,29	-0,21	-0,27	0,12	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H16</math></b>	-0,01	0,67	-0,04	0,71	-0,18	0,33	-0,22	-0,27	0,12	0,07	0,34	
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,08	0,72	-0,04	0,71	-0,09	0,28	-0,19	-0,27	0,11	0,05	0,34	
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,04	0,77	-0,04	0,71	-0,15	0,26	-0,27	-0,27	0,12	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,14	0,75	-0,04	0,71	-0,19	0,28	-0,22	-0,26	0,13	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,04	0,67	-0,04	0,71	-0,15	0,24	-0,20	-0,26	0,13	0,08	0,34	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,08	0,15	0,06	-0,01	0,01	0,03	0,03	-0,07	0,13	0,00	-0,06	
<b>min-sym.</b>	-0,14	-0,10	0,06	-0,01	-0,09	-0,13	-0,16	-0,08	0,11	-0,04	-0,06	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,08	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,06	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,08	0,08	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06	
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,09	0,08	0,06	0,08	0,06	0,08	0,08	0,05	0,07	0,06	0,05	



Ni 004 zreduk.		śr ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma_0$ 1,36		% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5										
mdh teoret		mdh z wyrównania 0,09 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H1</math></b>		0,03	-0,16	0,28	-0,06	0,17	-0,26	0,38	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H2</math></b>		0,00	-0,13	0,28	-0,06	0,22	-0,20	0,45	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H3</math></b>		-0,11	-0,15	0,28	-0,06	0,14	-0,18	0,30	0,21	0,19	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H4</math></b>		0,00	-0,09	0,28	-0,06	0,17	-0,17	0,35	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H5</math></b>		-0,05	-0,06	0,28	-0,06	0,15	-0,12	0,42	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H6</math></b>		-0,01	-0,18	0,28	-0,06	0,15	-0,16	0,50	0,22	0,21	-0,17	-0,20
<b><math>\Delta H7</math></b>		0,09	-0,14	0,28	-0,06	0,15	-0,16	0,41	0,22	0,20	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H8</math></b>		-0,03	-0,12	0,28	-0,06	0,16	-0,18	0,40	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H9</math></b>		-0,12	-0,25	0,28	-0,06	0,15	-0,17	0,35	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H10</math></b>		0,08	-0,17	0,28	-0,06	0,16	-0,20	0,43	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H11</math></b>		0,06	-0,12	0,28	-0,06	0,17	-0,15	0,33	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H12</math></b>		0,04	-0,13	0,28	-0,06	0,12	-0,18	0,39	0,22	0,20	-0,18	-0,20
<b><math>\Delta H13</math></b>		0,06	-0,14	0,28	-0,06	0,19	-0,21	0,43	0,21	0,19	-0,20	-0,20
<b><math>\Delta H14</math></b>		-0,09	-0,20	0,28	-0,06	0,17	-0,13	0,42	0,21	0,19	-0,22	-0,20
<b><math>\Delta H15</math></b>		-0,01	-0,16	0,28	-0,06	0,20	-0,17	0,39	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H16</math></b>		0,04	-0,15	0,28	-0,06	0,14	-0,09	0,42	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H17</math></b>		0,09	-0,05	0,28	-0,06	0,22	-0,21	0,47	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H18</math></b>		0,08	-0,16	0,28	-0,06	0,18	-0,09	0,40	0,21	0,19	-0,21	-0,20
<b><math>\Delta H19</math></b>		-0,04	-0,09	0,28	-0,06	0,20	-0,13	0,43	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H20</math></b>		-0,06	-0,25	0,28	-0,06	0,15	-0,19	0,50	0,22	0,20	-0,19	-0,20
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>		<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>		0,17	0,05	-0,02	0,04	0,02	0,11	0,10	-0,08	0,10	0,02	0,00
<b>min-sym.</b>		-0,04	-0,15	-0,02	0,04	-0,08	-0,06	-0,10	-0,09	0,08	-0,02	-0,01
<b>m<math>\Delta H1</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>		0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H3</math></b>		0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>		0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H5</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>		0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>		0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>		0,11	0,09	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H9</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H10</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>		0,10	0,09	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H14</math></b>		0,10	0,09	0,07	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>		0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>		0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>		0,10	0,09	0,07	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>		0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06
<b>m<math>\Delta H19</math></b>		0,10	0,09	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,08	0,07
<b>m<math>\Delta H20</math></b>		0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06

Ni 004 zreduk.		śr ustawienie ciężar 8g 40 Hz									
max $\sigma$ 1,36		% $\sigma$ 0 przekraczających kryterium: 7,5									
mdh teoret		mdh z wyrównania 0,09 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
$\Delta H1$	0,05	-0,92	0,32	-0,77	0,35	-0,43	0,64	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H2$	0,05	-1,00	0,32	-0,77	0,38	-0,37	0,80	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H3$	-0,09	-0,90	0,32	-0,77	0,32	-0,43	0,64	0,48	0,06	-0,30	-0,55
$\Delta H4$	0,04	-0,92	0,32	-0,77	0,33	-0,43	0,67	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H5$	0,09	-0,74	0,32	-0,77	0,27	-0,42	0,64	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H6$	0,03	-0,88	0,32	-0,77	0,34	-0,43	0,66	0,48	0,08	-0,26	-0,54
$\Delta H7$	0,09	-0,82	0,32	-0,77	0,33	-0,41	0,64	0,48	0,06	-0,30	-0,55
$\Delta H8$	-0,02	-0,87	0,32	-0,77	0,29	-0,44	0,70	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H9$	-0,05	-0,86	0,32	-0,77	0,31	-0,44	0,64	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H10$	0,03	-0,90	0,32	-0,77	0,33	-0,44	0,71	0,48	0,06	-0,30	-0,55
$\Delta H11$	0,07	-0,82	0,32	-0,77	0,33	-0,40	0,65	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H12$	0,02	-0,87	0,32	-0,77	0,30	-0,47	0,59	0,48	0,08	-0,27	-0,54
$\Delta H13$	0,05	-0,83	0,32	-0,77	0,35	-0,49	0,74	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H14$	0,04	-0,88	0,32	-0,77	0,32	-0,41	0,67	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H15$	0,00	-0,93	0,32	-0,77	0,36	-0,46	0,60	0,48	0,07	-0,27	-0,55
$\Delta H16$	0,05	-0,82	0,32	-0,77	0,32	-0,42	0,64	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H17$	0,01	-0,77	0,32	-0,77	0,31	-0,49	0,67	0,48	0,08	-0,26	-0,54
$\Delta H18$	0,04	-0,93	0,32	-0,77	0,33	-0,35	0,67	0,48	0,07	-0,29	-0,55
$\Delta H19$	0,10	-0,85	0,32	-0,77	0,38	-0,41	0,65	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H20$	-0,02	-0,92	0,32	-0,77	0,31	-0,43	0,70	0,48	0,07	-0,28	-0,55
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
max-sym.	0,10	0,07	-0,08	0,04	0,08	0,15	0,21	-0,01	-0,01	0,04	0,06
min-sym.	-0,09	-0,18	-0,08	0,04	-0,04	0,00	0,00	-0,02	-0,03	0,00	0,05
$m\Delta H1$	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H2$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H3$	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H4$	0,10	0,09	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H5$	0,10	0,09	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
$m\Delta H6$	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H7$	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H8$	0,10	0,09	0,07	0,09	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H9$	0,11	0,10	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H10$	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H11$	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H12$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,08	0,07	0,06
$m\Delta H13$	0,11	0,09	0,07	0,10	0,08	0,10	0,10	0,06	0,08	0,08	0,07
$m\Delta H14$	0,09	0,08	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H15$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H16$	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H17$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H18$	0,10	0,09	0,06	0,09	0,07	0,09	0,09	0,06	0,07	0,07	0,06
$m\Delta H19$	0,10	0,09	0,07	0,09	0,07	0,09	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06
$m\Delta H20$	0,09	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,05	0,07	0,07	0,06

**Załącznik 17. Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Ni004, 8 g, 40 Hz, sieć pełna**

Ni 004 pełna		I ustawienie ciężar 8g 40 Hz											
max $\sigma_0$	1,33	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0											
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,12 mm											
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,08	0,61	-0,09	0,67	-0,15	0,28	-0,28	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,09	0,69	-0,07	0,67	-0,16	0,23	-0,34	-0,26	0,08	-0,01	-0,01	0,35	
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,08	0,76	-0,05	0,67	-0,16	0,23	-0,34	-0,24	0,10	0,03	0,01	0,36	
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,02	0,75	-0,06	0,67	-0,15	0,28	-0,35	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36	
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,01	0,71	-0,06	0,69	-0,16	0,27	-0,20	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,02	0,69	-0,07	0,69	-0,21	0,27	-0,24	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36	
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,03	0,68	-0,07	0,69	-0,12	0,25	-0,20	-0,24	0,10	0,03	0,01	0,37	
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,07	0,79	-0,04	0,68	-0,14	0,30	-0,30	-0,26	0,09	-0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,06	0,66	-0,07	0,68	-0,18	0,23	-0,26	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,00	0,68	-0,07	0,69	-0,14	0,24	-0,20	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,00	0,70	-0,07	0,69	-0,17	0,27	-0,23	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,04	0,64	-0,08	0,68	-0,12	0,25	-0,24	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,05	0,64	-0,08	0,67	-0,14	0,27	-0,30	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,15	0,69	-0,07	0,69	-0,16	0,25	-0,24	-0,26	0,09	0,00	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H15</math></b>	0,04	0,66	-0,07	0,69	-0,14	0,29	-0,20	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H16</math></b>	-0,05	0,63	-0,08	0,68	-0,15	0,28	-0,25	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,13	0,75	-0,05	0,71	-0,11	0,27	-0,14	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,04	0,68	-0,07	0,70	-0,12	0,28	-0,18	-0,26	0,09	0,00	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,09	0,69	-0,07	0,68	-0,20	0,32	-0,27	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36	
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,13	0,67	-0,07	0,69	-0,13	0,26	-0,24	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,13	0,07	0,05	-0,01	-0,01	0,02	0,05	-0,05	0,10	-0,07	0,01	-0,03	
<b>min-sym.</b>	-0,15	-0,11	0,01	-0,05	-0,10	-0,07	-0,16	-0,07	0,08	-0,11	-0,01	-0,05	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,10	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,10	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,10	0,06	0,07	0,06	0,06	0,07	
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	

Ni 004 pełna		I ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma_0$	1,33	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5										
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,12 mm										
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H1$	-0,06	-0,26	0,28	-0,07	0,19	-0,22	0,35	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H2$	-0,04	-0,20	0,30	-0,06	0,20	-0,22	0,37	0,21	0,18	-0,26	-0,01	-0,19
$\Delta H3$	-0,24	-0,11	0,32	-0,07	0,16	-0,22	0,26	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H4$	0,03	-0,07	0,33	-0,07	0,15	-0,19	0,30	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19
$\Delta H5$	-0,08	-0,14	0,31	-0,04	0,18	-0,15	0,44	0,21	0,18	-0,25	0,01	-0,18
$\Delta H6$	-0,07	-0,27	0,28	-0,05	0,15	-0,24	0,44	0,22	0,19	-0,23	0,00	-0,18
$\Delta H7$	0,06	-0,17	0,30	-0,03	0,16	-0,19	0,51	0,22	0,19	-0,23	0,01	-0,18
$\Delta H8$	0,01	-0,15	0,31	-0,06	0,15	-0,19	0,36	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H9$	-0,05	-0,23	0,29	-0,07	0,13	-0,24	0,33	0,21	0,19	-0,24	0,00	-0,19
$\Delta H10$	-0,01	-0,16	0,31	-0,05	0,16	-0,24	0,43	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,19
$\Delta H11$	0,01	-0,15	0,31	-0,06	0,18	-0,18	0,38	0,20	0,17	-0,27	0,00	-0,19
$\Delta H12$	-0,06	-0,18	0,30	-0,05	0,15	-0,21	0,43	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H13$	0,05	-0,19	0,30	-0,05	0,15	-0,22	0,44	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H14$	-0,05	-0,20	0,30	-0,05	0,15	-0,19	0,43	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H15$	-0,01	-0,25	0,28	-0,06	0,23	-0,16	0,36	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19
$\Delta H16$	0,03	-0,21	0,29	-0,07	0,14	-0,18	0,34	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
$\Delta H17$	0,14	-0,15	0,31	-0,03	0,23	-0,24	0,53	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,18
$\Delta H18$	0,00	-0,19	0,30	-0,05	0,19	-0,15	0,43	0,21	0,17	-0,27	0,00	-0,19
$\Delta H19$	-0,06	-0,19	0,30	-0,06	0,10	-0,14	0,38	0,22	0,18	-0,24	0,01	-0,18
$\Delta H20$	-0,07	-0,17	0,30	-0,03	0,19	-0,22	0,53	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,18
$\Delta H$ symul.	-0,08	-0,10	0,30	-0,09	0,20	-0,19	0,40	0,30	0,11	-0,20	0,00	-0,20
max-sym.	0,22	0,03	0,03	0,06	0,03	0,06	0,13	-0,08	0,08	-0,03	0,01	0,02
min-sym.	-0,16	-0,17	-0,02	0,02	-0,10	-0,04	-0,14	-0,10	0,06	-0,07	-0,01	0,01
$m\Delta H1$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H2$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H3$	0,08	0,07	0,04	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H4$	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
$m\Delta H5$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H6$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H7$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H8$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H9$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H10$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H11$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$m\Delta H12$	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H13$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H14$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H15$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H16$	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H17$	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H18$	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
$m\Delta H19$	0,10	0,08	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
$m\Delta H20$	0,08	0,07	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06

Ni 004 pełna		I ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma$	0,94	% $\sigma$ przekraczających kryterium: 0,0										
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,12 mm										
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	0,00	-0,88	0,37	-0,75	0,32	-0,58	0,61	0,47	0,09	-0,24	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H2</math></b>	0,09	-0,89	0,36	-0,72	0,42	-0,40	0,76	0,49	0,11	-0,21	0,03	-0,53
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,19	-0,90	0,36	-0,76	0,32	-0,45	0,58	0,40	0,03	-0,39	-0,05	-0,58
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,02	-0,81	0,38	-0,74	0,27	-0,51	0,63	0,42	0,04	-0,36	-0,04	-0,57
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,04	-0,84	0,38	-0,73	0,37	-0,36	0,68	0,45	0,08	-0,29	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,09	-1,04	0,33	-0,75	0,33	-0,60	0,65	0,47	0,10	-0,24	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,03	-0,86	0,37	-0,72	0,26	-0,42	0,73	0,45	0,07	-0,29	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,11	-1,02	0,33	-0,75	0,21	-0,56	0,63	0,47	0,10	-0,23	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,02	-0,93	0,35	-0,76	0,28	-0,51	0,56	0,47	0,10	-0,24	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,04	-0,86	0,37	-0,75	0,27	-0,53	0,60	0,45	0,08	-0,28	-0,02	-0,56
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,01	-0,84	0,37	-0,75	0,37	-0,43	0,62	0,43	0,06	-0,33	-0,03	-0,56
<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,06	-0,84	0,38	-0,74	0,22	-0,51	0,66	0,42	0,05	-0,34	-0,04	-0,57
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,08	-0,82	0,38	-0,72	0,27	-0,54	0,75	0,47	0,10	-0,24	-0,01	-0,54
<b><math>\Delta H14</math></b>	0,12	-0,91	0,36	-0,73	0,31	-0,41	0,70	0,47	0,09	-0,25	0,01	-0,54
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,05	-0,95	0,35	-0,76	0,39	-0,44	0,56	0,45	0,08	-0,29	-0,01	-0,56
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,06	-0,83	0,38	-0,75	0,26	-0,49	0,56	0,45	0,08	-0,29	-0,02	-0,56
<b><math>\Delta H17</math></b>	-0,02	-0,95	0,35	-0,74	0,32	-0,60	0,64	0,48	0,11	-0,21	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,04	-0,88	0,37	-0,75	0,30	-0,40	0,61	0,44	0,07	-0,30	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H19</math></b>	0,02	-0,91	0,36	-0,74	0,30	-0,46	0,64	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,04	-0,85	0,37	-0,72	0,30	-0,53	0,78	0,44	0,07	-0,31	-0,03	-0,56
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,12	0,01	-0,02	0,10	0,11	0,13	0,19	0,00	0,02	0,09	0,03	0,07
<b>min-sym.</b>	-0,19	-0,23	-0,07	0,05	-0,09	-0,11	-0,03	-0,09	-0,06	-0,10	-0,05	0,02
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,06	0,05	0,07	0,11	0,05	0,06	0,06	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,05	0,05	0,07	0,10	0,05	0,06	0,05	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,07	0,06	0,09	0,13	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,08	0,07	0,10	0,15	0,07	0,09	0,08	0,12	0,13	0,10	0,12	0,13
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,07	0,06	0,08	0,12	0,06	0,07	0,07	0,10	0,10	0,08	0,09	0,11
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,07	0,06	0,08	0,13	0,06	0,07	0,07	0,10	0,10	0,08	0,09	0,11
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,05	0,05	0,07	0,10	0,05	0,06	0,05	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,07	0,06	0,09	0,13	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,08	0,07	0,10	0,15	0,07	0,09	0,08	0,12	0,13	0,10	0,11	0,13
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,06	0,06	0,08	0,12	0,06	0,07	0,06	0,09	0,10	0,08	0,09	0,10
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,05	0,05	0,07	0,10	0,05	0,06	0,05	0,08	0,08	0,07	0,07	0,09
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,06	0,06	0,08	0,12	0,06	0,07	0,06	0,10	0,10	0,08	0,09	0,11
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,06	0,05	0,08	0,11	0,05	0,07	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08	0,10
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,07	0,06	0,09	0,13	0,06	0,08	0,07	0,11	0,11	0,09	0,10	0,12
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,06	0,05	0,07	0,11	0,05	0,06	0,06	0,09	0,09	0,07	0,08	0,10
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,07	0,06	0,09	0,13	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,09	0,10	0,11
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,07	0,06	0,09	0,14	0,06	0,08	0,07	0,11	0,11	0,09	0,10	0,12
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,07	0,06	0,08	0,13	0,06	0,07	0,07	0,10	0,11	0,08	0,09	0,11
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,07	0,06	0,09	0,13	0,06	0,08	0,07	0,11	0,11	0,09	0,10	0,12
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,06	0,05	0,08	0,12	0,06	0,07	0,06	0,09	0,10	0,08	0,09	0,10

Ni 004 pełna		II ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma_0$	1,28	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:										10,0
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania										0,18 mm
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H1$	-0,02	0,76	-0,05	0,68	-0,16	0,23	-0,27	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H2$	-0,19	0,75	-0,05	0,68	-0,15	0,23	-0,31	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H3$	-0,15	0,66	-0,07	0,67	-0,19	0,26	-0,32	-0,24	0,10	0,02	0,01	0,36
$\Delta H4$	-0,12	0,72	-0,06	0,67	-0,15	0,24	-0,36	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H5$	-0,18	0,67	-0,07	0,66	-0,13	0,25	-0,37	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H6$	-0,12	0,69	-0,07	0,68	-0,18	0,26	-0,25	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
$\Delta H7$	-0,13	0,71	-0,06	0,67	-0,19	0,26	-0,37	-0,25	0,09	0,02	0,00	0,36
$\Delta H8$	-0,01	0,72	-0,06	0,68	-0,15	0,27	-0,30	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36
$\Delta H9$	-0,14	0,66	-0,08	0,66	-0,17	0,26	-0,36	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
$\Delta H10$	-0,04	0,71	-0,06	0,68	-0,16	0,26	-0,30	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
$\Delta H11$	-0,17	0,71	-0,06	0,66	-0,14	0,26	-0,38	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36
$\Delta H12$	0,01	0,73	-0,06	0,68	-0,19	0,28	-0,28	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
$\Delta H13$	-0,10	0,69	-0,07	0,68	-0,18	0,26	-0,29	-0,25	0,09	0,02	0,01	0,36
$\Delta H14$	-0,11	0,69	-0,07	0,66	-0,16	0,26	-0,40	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H15$	-0,14	0,73	-0,06	0,68	-0,16	0,26	-0,28	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H16$	-0,06	0,69	-0,07	0,67	-0,19	0,29	-0,33	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
$\Delta H17$	-0,06	0,66	-0,07	0,68	-0,13	0,26	-0,28	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H18$	-0,07	0,76	-0,05	0,68	-0,18	0,26	-0,30	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H19$	-0,18	0,72	-0,06	0,69	-0,15	0,25	-0,24	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
$\Delta H20$	-0,15	0,66	-0,07	0,67	-0,16	0,26	-0,32	-0,25	0,09	0,02	0,01	0,36
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>
max-sym.	0,01	0,04	0,05	-0,03	-0,02	-0,01	-0,05	-0,05	0,10	-0,07	0,01	-0,04
min-sym.	-0,19	-0,05	0,02	-0,06	-0,09	-0,07	-0,21	-0,06	0,09	-0,10	0,00	-0,04
$m\Delta H1$	0,13	0,08	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H2$	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H3$	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H4$	0,12	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$m\Delta H5$	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H6$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H7$	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H8$	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H9$	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
$m\Delta H10$	0,14	0,09	0,05	0,07	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
$m\Delta H11$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H12$	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H13$	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
$m\Delta H14$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H15$	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H16$	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H17$	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
$m\Delta H18$	0,14	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
$m\Delta H19$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
$m\Delta H20$	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

Ni 004 pełna		II ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma_0$	1,20	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 0,0										
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,18 mm										
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,07	-0,17	0,31	-0,05	0,13	-0,20	0,42	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,03	-0,15	0,31	-0,06	0,17	-0,21	0,38	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,05	-0,24	0,29	-0,07	0,14	-0,17	0,33	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,08	-0,17	0,30	-0,06	0,13	-0,20	0,33	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,10	-0,14	0,31	-0,06	0,13	-0,19	0,37	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H6</math></b>	0,03	-0,15	0,31	-0,04	0,13	-0,18	0,45	0,21	0,18	-0,24	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,04	-0,16	0,31	-0,07	0,15	-0,16	0,31	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,04	-0,16	0,31	-0,05	0,16	-0,22	0,40	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,14	-0,22	0,29	-0,06	0,15	-0,18	0,35	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,13	-0,19	0,30	-0,04	0,15	-0,19	0,46	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H11</math></b>	-0,08	-0,14	0,31	-0,07	0,13	-0,19	0,30	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,04	-0,14	0,31	-0,06	0,10	-0,17	0,34	0,22	0,19	-0,24	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,03	-0,14	0,31	-0,05	0,15	-0,19	0,38	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,10	-0,20	0,30	-0,07	0,16	-0,19	0,33	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,15	-0,17	0,30	-0,06	0,19	-0,18	0,37	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,01	-0,12	0,32	-0,05	0,12	-0,14	0,38	0,21	0,18	-0,25	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,03	-0,17	0,30	-0,06	0,17	-0,18	0,34	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,02	-0,16	0,31	-0,05	0,10	-0,16	0,39	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,11	-0,13	0,31	-0,05	0,16	-0,20	0,40	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,03	-0,19	0,30	-0,07	0,15	-0,17	0,31	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>	0,21	-0,02	0,01	0,05	-0,01	0,05	0,06	-0,08	0,08	-0,04	0,01	0,02
<b>min-sym.</b>	-0,07	-0,14	-0,01	0,02	-0,10	-0,02	-0,10	-0,09	0,07	-0,06	0,00	0,01
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,12	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,12	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,12	0,08	0,04	0,06	0,07	0,06	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

Ni 004 pełna		II ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma$	1,28	% $\sigma$ 0 przekraczających kryterium:										10,0
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania										0,18 mm
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,05	-0,92	0,36	-0,73	0,29	-0,43	0,69	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H2</math></b>	0,15	-0,91	0,36	-0,73	0,31	-0,44	0,69	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H3</math></b>	0,02	-0,91	0,36	-0,74	0,32	-0,44	0,64	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,03	-0,89	0,36	-0,73	0,28	-0,45	0,68	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H5</math></b>	0,08	-0,81	0,38	-0,72	0,26	-0,44	0,74	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H6</math></b>	0,08	-0,84	0,38	-0,73	0,31	-0,44	0,69	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,12	-0,87	0,37	-0,74	0,33	-0,42	0,66	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,00	-0,88	0,37	-0,73	0,31	-0,48	0,71	0,46	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,05	-0,88	0,37	-0,73	0,31	-0,45	0,70	0,46	0,09	-0,27	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,08	-0,92	0,36	-0,72	0,31	-0,45	0,74	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,09	-0,85	0,37	-0,73	0,27	-0,45	0,68	0,46	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,05	-0,87	0,37	-0,74	0,29	-0,45	0,62	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,01	-0,83	0,38	-0,73	0,32	-0,45	0,66	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,02	-0,89	0,37	-0,72	0,32	-0,45	0,73	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,01	-0,89	0,36	-0,74	0,35	-0,45	0,65	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,01	-0,81	0,38	-0,73	0,31	-0,44	0,70	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,07	-0,84	0,38	-0,74	0,30	-0,45	0,62	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,01	-0,92	0,36	-0,74	0,28	-0,43	0,67	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H19</math></b>	0,06	-0,85	0,37	-0,74	0,31	-0,45	0,64	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,07	-0,86	0,37	-0,74	0,30	-0,44	0,63	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,15	0,00	-0,02	0,09	0,05	0,07	0,15	-0,03	0,00	0,05	0,00	0,06
<b>min-sym.</b>	-0,05	-0,11	-0,04	0,07	-0,05	0,01	0,03	-0,03	-0,01	0,03	0,00	0,05
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,07	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,08	0,08	0,08	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,13	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,08	0,07	0,11	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,14	0,09	0,05	0,07	0,08	0,07	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,12	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,13	0,08	0,05	0,07	0,07	0,07	0,11	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06



Ni 004 pełna		III ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma$	1,24	% $\sigma$ 0 przekraczających kryterium: 10,0										
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,11 mm										
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,11	0,73	-0,06	0,69	-0,20	0,23	-0,22	-0,25	0,10	0,02	0,00	0,36
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,15	0,82	-0,04	0,69	-0,19	0,27	-0,23	-0,25	0,10	0,01	0,01	0,36
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,05	0,71	-0,06	0,67	-0,18	0,28	-0,32	-0,26	0,09	0,00	0,00	0,36
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,04	0,77	-0,05	0,68	-0,12	0,27	-0,30	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,09	0,71	-0,06	0,69	-0,14	0,26	-0,26	-0,24	0,10	0,03	0,01	0,37
<b><math>\Delta H6</math></b>	0,01	0,72	-0,06	0,71	-0,16	0,24	-0,14	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,09	0,66	-0,07	0,70	-0,24	0,23	-0,17	-0,25	0,10	0,02	0,00	0,36
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,07	0,67	-0,07	0,67	-0,11	0,22	-0,35	-0,25	0,10	0,02	0,00	0,36
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,04	0,72	-0,06	0,68	-0,15	0,30	-0,26	-0,25	0,09	0,00	0,01	0,36
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,04	0,66	-0,08	0,68	-0,16	0,25	-0,29	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,04	0,73	-0,06	0,68	-0,21	0,26	-0,29	-0,25	0,09	0,02	0,01	0,36
<b><math>\Delta H12</math></b>	0,06	0,71	-0,06	0,69	-0,17	0,27	-0,23	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,00	0,73	-0,06	0,68	-0,14	0,28	-0,31	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,07	0,71	-0,06	0,69	-0,26	0,23	-0,21	-0,25	0,10	0,02	0,00	0,36
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,10	0,73	-0,06	0,68	-0,20	0,29	-0,26	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36
<b><math>\Delta H16</math></b>	0,07	0,78	-0,05	0,69	-0,21	0,27	-0,24	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,04	0,76	-0,05	0,69	-0,09	0,27	-0,26	-0,26	0,08	-0,01	0,00	0,36
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,06	0,75	-0,05	0,67	-0,17	0,29	-0,33	-0,24	0,10	0,02	0,01	0,36
<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,17	0,72	-0,06	0,66	-0,28	0,24	-0,37	-0,25	0,09	0,02	0,00	0,36
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,05	0,66	-0,07	0,71	-0,15	0,28	-0,09	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,37
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>
<b>max-sym.</b>	0,09	0,11	0,06	-0,01	0,01	0,00	0,10	-0,05	0,10	-0,07	0,01	-0,03
<b>min-sym.</b>	-0,17	-0,06	0,02	-0,05	-0,18	-0,08	-0,18	-0,07	0,08	-0,11	0,00	-0,04
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,08	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06

		III ustawienie ciężar 8g 40 Hz											
Ni 004 pełna		% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5											
max $\sigma_0$		mdh z wyrównania 0,11 mm											
mdh teoret													
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>		0,04	-0,13	0,31	-0,04	0,18	-0,26	0,44	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H2</math></b>		-0,06	-0,08	0,33	-0,02	0,17	-0,20	0,54	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,18
<b><math>\Delta H3</math></b>		-0,10	-0,13	0,31	-0,06	0,17	-0,21	0,37	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H4</math></b>		-0,01	-0,12	0,31	-0,05	0,19	-0,19	0,40	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,18
<b><math>\Delta H5</math></b>		-0,06	-0,12	0,31	-0,05	0,13	-0,24	0,38	0,22	0,19	-0,22	0,00	-0,18
<b><math>\Delta H6</math></b>		-0,02	-0,13	0,31	-0,04	0,14	-0,22	0,45	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,18
<b><math>\Delta H7</math></b>		0,02	-0,19	0,30	-0,05	0,11	-0,26	0,41	0,21	0,18	-0,25	-0,01	-0,19
<b><math>\Delta H8</math></b>		0,01	-0,14	0,31	-0,06	0,21	-0,21	0,34	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H9</math></b>		-0,12	-0,13	0,31	-0,06	0,14	-0,21	0,35	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H10</math></b>		-0,06	-0,15	0,31	-0,06	0,13	-0,19	0,37	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H11</math></b>		-0,01	-0,10	0,32	-0,05	0,12	-0,13	0,38	0,21	0,18	-0,26	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H12</math></b>		-0,02	-0,17	0,30	-0,05	0,16	-0,17	0,40	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H13</math></b>		-0,02	-0,15	0,31	-0,05	0,21	-0,23	0,43	0,20	0,17	-0,26	-0,01	-0,19
<b><math>\Delta H14</math></b>		-0,10	-0,08	0,32	-0,05	0,12	-0,19	0,39	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H15</math></b>		-0,11	-0,16	0,31	-0,05	0,16	-0,19	0,40	0,21	0,18	-0,24	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H16</math></b>		-0,04	-0,18	0,30	-0,05	0,11	-0,20	0,40	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H17</math></b>		-0,08	-0,04	0,33	-0,05	0,18	-0,19	0,41	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H18</math></b>		-0,04	-0,13	0,31	-0,06	0,15	-0,17	0,36	0,21	0,18	-0,24	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H19</math></b>		-0,11	-0,13	0,31	-0,06	0,15	-0,21	0,32	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19
<b><math>\Delta H20</math></b>		-0,10	-0,26	0,28	-0,03	0,16	-0,21	0,55	0,22	0,19	-0,23	0,01	-0,18
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>		<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>		0,12	0,06	0,03	0,07	0,01	0,06	0,15	-0,08	0,08	-0,03	0,01	0,02
<b>min-sym.</b>		-0,04	-0,16	-0,02	0,03	-0,09	-0,07	-0,08	-0,10	0,06	-0,07	-0,01	0,01
<b>m<math>\Delta H1</math></b>		0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>		0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H3</math></b>		0,09	0,07	0,05	0,07	0,07	0,07	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H5</math></b>		0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>		0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>		0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H9</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H10</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H11</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H12</math></b>		0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>		0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H14</math></b>		0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>		0,07	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H16</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H17</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H18</math></b>		0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H19</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H20</math></b>		0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

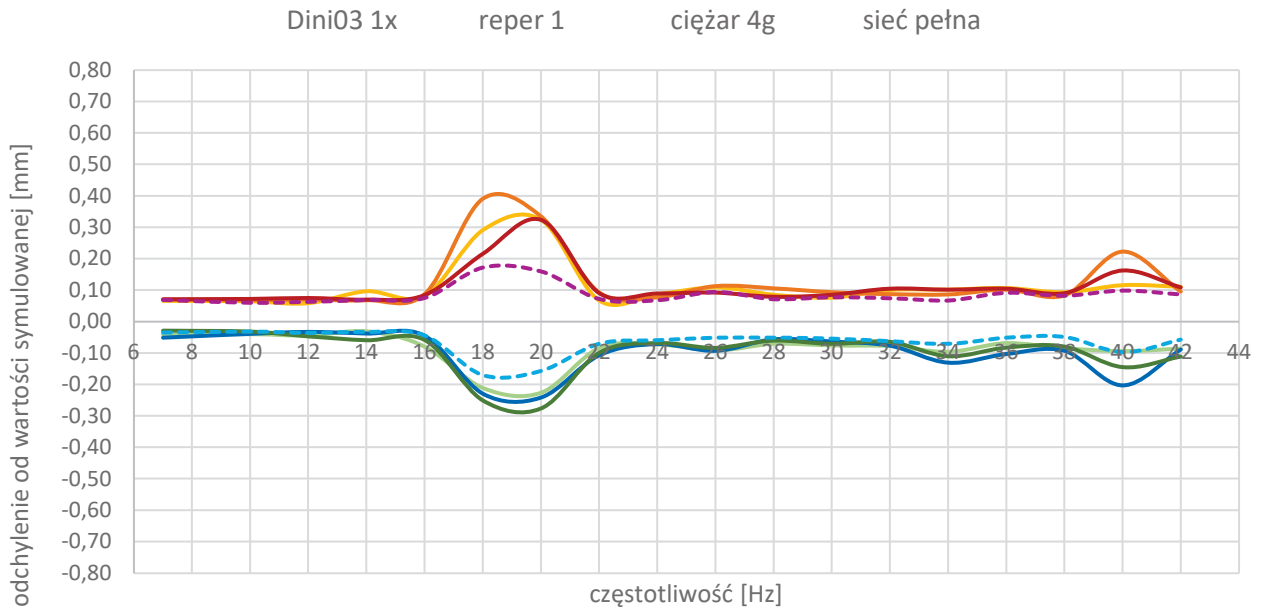
Ni 004 pełna		III ustawienie ciężar 8g 40 Hz										
max $\sigma_0$	1,24	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 5,0										
mdh teoret	0,10	mdh z wyrównania 0,11 mm										
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	0,15	-0,86	0,37	-0,74	0,38	-0,49	0,66	0,46	0,08	-0,27	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H2</math></b>	0,09	-0,90	0,36	-0,72	0,36	-0,46	0,77	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,06	-0,85	0,37	-0,73	0,35	-0,50	0,69	0,47	0,09	-0,24	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,05	-0,90	0,36	-0,73	0,31	-0,46	0,70	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H5</math></b>	0,03	-0,83	0,38	-0,74	0,27	-0,50	0,64	0,46	0,09	-0,26	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,03	-0,85	0,37	-0,75	0,30	-0,46	0,59	0,46	0,09	-0,25	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H7</math></b>	-0,07	-0,86	0,37	-0,75	0,35	-0,49	0,57	0,45	0,08	-0,27	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H8</math></b>	0,08	-0,80	0,39	-0,73	0,32	-0,42	0,69	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,08	-0,85	0,37	-0,74	0,29	-0,51	0,61	0,46	0,09	-0,25	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H10</math></b>	-0,02	-0,81	0,38	-0,73	0,29	-0,44	0,66	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H11</math></b>	-0,05	-0,83	0,38	-0,73	0,33	-0,40	0,67	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,08	-0,87	0,37	-0,74	0,34	-0,44	0,62	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,02	-0,88	0,37	-0,72	0,35	-0,51	0,74	0,46	0,08	-0,27	-0,01	-0,55
<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,03	-0,79	0,39	-0,74	0,38	-0,42	0,60	0,46	0,09	-0,27	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,01	-0,89	0,36	-0,74	0,36	-0,48	0,66	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H16</math></b>	-0,11	-0,96	0,35	-0,74	0,33	-0,46	0,64	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H17</math></b>	-0,12	-0,79	0,39	-0,73	0,27	-0,46	0,66	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,54
<b><math>\Delta H18</math></b>	0,02	-0,88	0,37	-0,73	0,32	-0,46	0,70	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H19</math></b>	0,06	-0,85	0,37	-0,73	0,43	-0,45	0,70	0,46	0,09	-0,27	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,06	-0,92	0,36	-0,74	0,31	-0,49	0,64	0,47	0,10	-0,24	0,00	-0,55
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,15	0,02	-0,01	0,09	0,13	0,10	0,17	-0,02	0,01	0,06	0,00	0,06
<b>min-sym.</b>	-0,12	-0,15	-0,05	0,06	-0,04	-0,02	-0,02	-0,04	-0,01	0,02	-0,01	0,05
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,07	0,06	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,09	0,07	0,05	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,08	0,06	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,08	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,08	0,07	0,05	0,07	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06

	Ni 004 pełna												
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16	
max $\sigma$	1,20												
mdh teoret	śr ustawienie ciężar 8g 40 Hz												
	% $\sigma$ 0 przekraczających kryterium: 0,0												
	mdh z wyrównania 0,08 mm												
<b><math>\Delta H</math> przemieszczenia aktualny - wyjściowy (B-A)</b>	<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,07	0,71	-0,06	0,69	-0,17	0,21	-0,24	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,14	0,78	-0,05	0,68	-0,16	0,20	-0,28	-0,26	0,09	0,00	-0,01	0,35
	<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,07	0,71	-0,06	0,67	-0,18	0,25	-0,31	-0,25	0,10	0,02	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H4</math></b>	-0,01	0,77	-0,05	0,68	-0,12	0,25	-0,32	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,08	0,69	-0,07	0,68	-0,12	0,25	-0,26	-0,24	0,10	0,03	0,01	0,36
	<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,01	0,70	-0,06	0,70	-0,18	0,25	-0,17	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
	<b><math>\Delta H7</math></b>	0,01	0,68	-0,07	0,69	-0,19	0,22	-0,23	-0,24	0,10	0,03	0,01	0,36
	<b><math>\Delta H8</math></b>	0,00	0,74	-0,06	0,68	-0,11	0,26	-0,30	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,06	0,66	-0,07	0,68	-0,16	0,25	-0,28	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H10</math></b>	0,01	0,69	-0,07	0,69	-0,14	0,24	-0,23	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H11</math></b>	-0,05	0,72	-0,06	0,68	-0,17	0,25	-0,29	-0,26	0,09	0,00	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H12</math></b>	0,03	0,70	-0,06	0,69	-0,15	0,27	-0,22	-0,25	0,10	0,02	0,01	0,36
	<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,03	0,68	-0,07	0,68	-0,14	0,27	-0,28	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H14</math></b>	-0,11	0,69	-0,07	0,68	-0,20	0,22	-0,28	-0,26	0,09	0,00	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,05	0,72	-0,06	0,69	-0,15	0,29	-0,21	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36
	<b><math>\Delta H16</math></b>	0,01	0,69	-0,07	0,69	-0,19	0,29	-0,25	-0,25	0,09	0,01	0,01	0,36
	<b><math>\Delta H17</math></b>	0,06	0,73	-0,06	0,70	-0,07	0,28	-0,18	-0,26	0,09	-0,01	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,03	0,76	-0,05	0,69	-0,14	0,29	-0,23	-0,25	0,09	0,00	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,14	0,71	-0,06	0,68	-0,22	0,25	-0,27	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
	<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,08	0,65	-0,08	0,70	-0,12	0,27	-0,18	-0,25	0,09	0,01	0,00	0,36
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,06	0,07	0,05	-0,02	0,03	-0,01	0,02	-0,05	0,10	-0,07	0,01	-0,04	
<b>min-sym.</b>	-0,14	-0,06	0,02	-0,04	-0,12	-0,10	-0,13	-0,07	0,09	-0,11	-0,01	-0,05	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

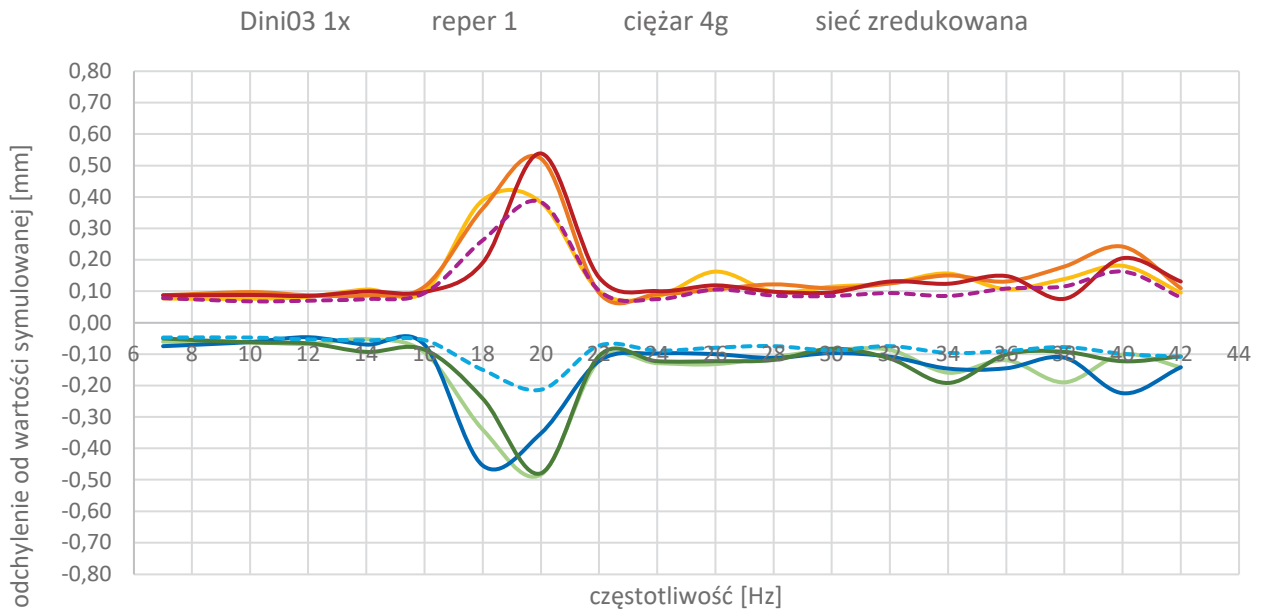
Ni 004 pełna		śr ustawienie ciężar 8g 40 Hz											
max $\sigma$		% $\sigma$ przekraczających kryterium: 7,5											
mdh teoret		mdh z wyrównania 0,08 mm											
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H1$	-0,04	-0,21	0,30	-0,05	0,16	-0,26	0,43	0,21	0,18	-0,26	-0,01	-0,19	
$\Delta H2$	-0,04	-0,15	0,31	-0,04	0,20	-0,24	0,47	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19	
$\Delta H3$	-0,14	-0,20	0,30	-0,07	0,15	-0,21	0,33	0,21	0,18	-0,26	0,00	-0,19	
$\Delta H4$	-0,03	-0,12	0,31	-0,06	0,15	-0,21	0,36	0,20	0,17	-0,26	-0,01	-0,19	
$\Delta H5$	-0,07	-0,13	0,31	-0,05	0,15	-0,20	0,43	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,18	
$\Delta H6$	-0,01	-0,20	0,30	-0,04	0,14	-0,22	0,50	0,22	0,19	-0,23	0,01	-0,18	
$\Delta H7$	0,04	-0,19	0,30	-0,05	0,14	-0,20	0,44	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19	
$\Delta H8$	0,00	-0,15	0,31	-0,05	0,18	-0,22	0,40	0,21	0,18	-0,24	0,00	-0,19	
$\Delta H9$	-0,12	-0,24	0,29	-0,06	0,13	-0,23	0,36	0,21	0,18	-0,26	-0,01	-0,19	
$\Delta H10$	0,01	-0,19	0,30	-0,04	0,15	-0,22	0,46	0,20	0,17	-0,26	-0,01	-0,19	
$\Delta H11$	-0,03	-0,13	0,31	-0,06	0,13	-0,17	0,37	0,20	0,17	-0,27	0,00	-0,19	
$\Delta H12$	-0,03	-0,17	0,30	-0,05	0,12	-0,18	0,42	0,21	0,18	-0,24	0,01	-0,18	
$\Delta H13$	0,00	-0,16	0,31	-0,04	0,18	-0,22	0,45	0,20	0,18	-0,26	-0,01	-0,19	
$\Delta H14$	-0,09	-0,18	0,30	-0,05	0,14	-0,20	0,41	0,20	0,17	-0,27	0,00	-0,19	
$\Delta H15$	-0,08	-0,21	0,29	-0,05	0,23	-0,16	0,42	0,21	0,18	-0,25	0,01	-0,18	
$\Delta H16$	0,01	-0,17	0,30	-0,05	0,12	-0,15	0,41	0,21	0,18	-0,26	0,01	-0,19	
$\Delta H17$	0,04	-0,12	0,32	-0,04	0,22	-0,21	0,46	0,20	0,17	-0,27	-0,01	-0,19	
$\Delta H18$	-0,02	-0,17	0,30	-0,05	0,14	-0,14	0,43	0,21	0,17	-0,27	0,00	-0,19	
$\Delta H19$	-0,09	-0,15	0,31	-0,05	0,14	-0,19	0,40	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,19	
$\Delta H20$	-0,07	-0,24	0,29	-0,04	0,17	-0,21	0,50	0,21	0,18	-0,25	0,00	-0,18	
$\Delta H$ symul.	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>	
max-sym.	0,12	-0,02	0,01	0,06	0,02	0,06	0,10	-0,08	0,08	-0,03	0,01	0,02	
min-sym.	-0,06	-0,14	-0,01	0,03	-0,08	-0,07	-0,07	-0,10	0,06	-0,07	-0,01	0,01	
$m\Delta H1$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H2$	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
$m\Delta H3$	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H4$	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
$m\Delta H5$	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
$m\Delta H6$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H7$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H8$	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
$m\Delta H9$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H10$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H11$	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H12$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H13$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H14$	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H15$	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H16$	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
$m\Delta H17$	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
$m\Delta H18$	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
$m\Delta H19$	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
$m\Delta H20$	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	

Ni 004 pełna		śr ustawienie ciężar 8g 40 Hz											
max σ0		% σ0 przekraczających kryterium: 7,5											
mdh teoret		mdh z wyrównania 0,08 mm											
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>	0,03	-0,92	0,36	-0,74	0,33	-0,47	0,67	0,46	0,09	-0,27	-0,01	-0,55	
<b>ΔH2</b>	0,10	-0,93	0,36	-0,72	0,35	-0,43	0,75	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,54	
<b>ΔH3</b>	-0,08	-0,91	0,36	-0,74	0,33	-0,46	0,64	0,45	0,08	-0,28	-0,01	-0,55	
<b>ΔH4</b>	-0,02	-0,89	0,36	-0,73	0,27	-0,46	0,68	0,46	0,08	-0,27	-0,01	-0,55	
<b>ΔH5</b>	0,01	-0,82	0,38	-0,73	0,27	-0,45	0,69	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55	
<b>ΔH6</b>	0,00	-0,90	0,36	-0,74	0,32	-0,47	0,67	0,47	0,09	-0,25	0,00	-0,55	
<b>ΔH7</b>	0,03	-0,87	0,37	-0,74	0,33	-0,42	0,67	0,45	0,08	-0,28	-0,01	-0,55	
<b>ΔH8</b>	0,00	-0,89	0,36	-0,73	0,29	-0,48	0,70	0,46	0,09	-0,25	0,00	-0,55	
<b>ΔH9</b>	-0,06	-0,90	0,36	-0,74	0,29	-0,49	0,64	0,46	0,08	-0,27	-0,01	-0,55	
<b>ΔH10</b>	0,00	-0,88	0,37	-0,73	0,29	-0,46	0,69	0,45	0,08	-0,28	-0,01	-0,55	
<b>ΔH11</b>	0,01	-0,84	0,38	-0,74	0,30	-0,42	0,66	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55	
<b>ΔH12</b>	-0,06	-0,88	0,37	-0,74	0,28	-0,45	0,63	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55	
<b>ΔH13</b>	0,03	-0,84	0,38	-0,72	0,33	-0,50	0,73	0,46	0,09	-0,26	-0,01	-0,55	
<b>ΔH14</b>	0,02	-0,87	0,37	-0,73	0,34	-0,41	0,69	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55	
<b>ΔH15</b>	-0,02	-0,92	0,36	-0,74	0,38	-0,45	0,64	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55	
<b>ΔH16</b>	0,00	-0,86	0,37	-0,74	0,31	-0,44	0,66	0,46	0,09	-0,27	0,00	-0,55	
<b>ΔH17</b>	-0,02	-0,85	0,37	-0,74	0,29	-0,48	0,64	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55	
<b>ΔH18</b>	0,01	-0,93	0,35	-0,74	0,28	-0,42	0,67	0,46	0,08	-0,27	0,00	-0,55	
<b>ΔH19</b>	0,05	-0,86	0,37	-0,73	0,36	-0,44	0,67	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55	
<b>ΔH20</b>	0,02	-0,89	0,36	-0,73	0,30	-0,48	0,68	0,46	0,09	-0,26	0,00	-0,55	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,10	-0,01	-0,02	0,09	0,07	0,08	0,16	-0,03	0,00	0,05	0,00	0,06	
<b>min-sym.</b>	-0,08	-0,12	-0,05	0,07	-0,04	0,00	0,04	-0,04	-0,01	0,01	-0,01	0,05	
<b>mΔH1</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH2</b>	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH3</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH4</b>	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>mΔH5</b>	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
<b>mΔH6</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH7</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH8</b>	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>mΔH9</b>	0,07	0,06	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	
<b>mΔH10</b>	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>mΔH11</b>	0,06	0,05	0,04	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH12</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH13</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH14</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH15</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH16</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
<b>mΔH17</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH18</b>	0,07	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	
<b>mΔH19</b>	0,06	0,05	0,05	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	
<b>mΔH20</b>	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	

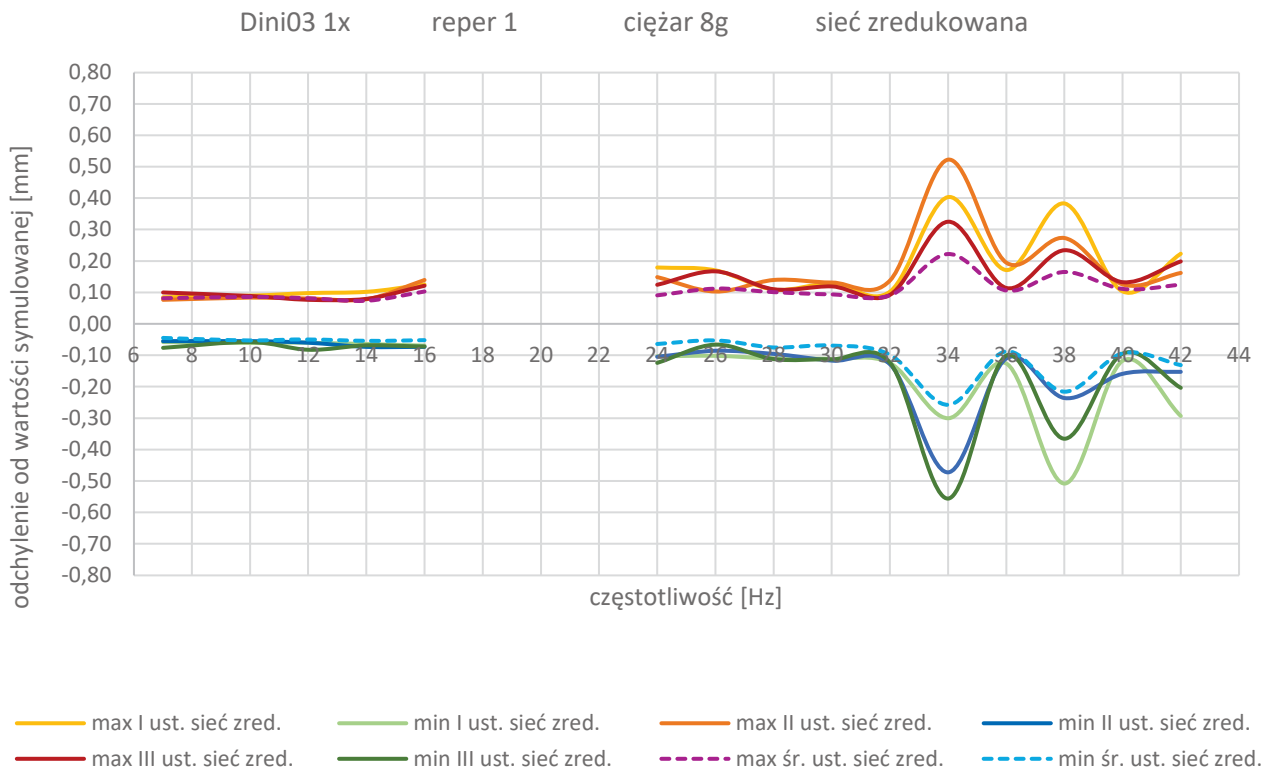
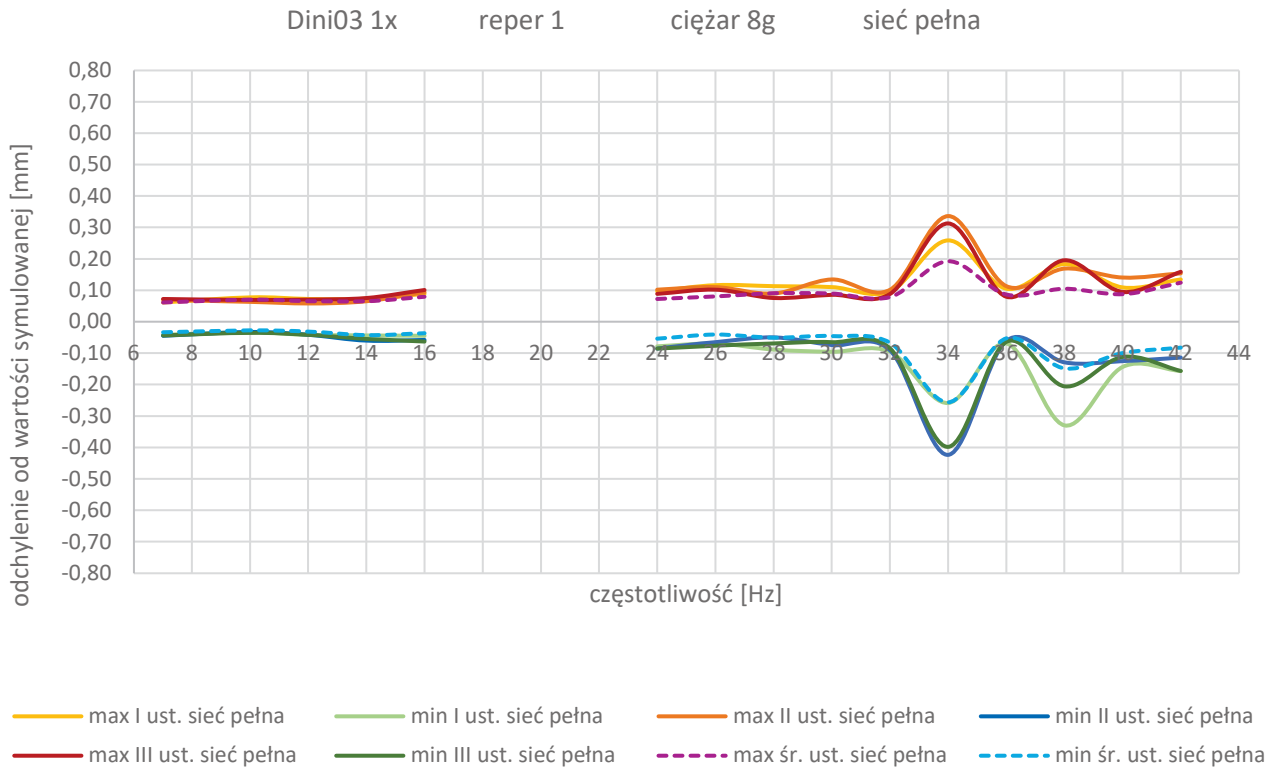
**Załącznik 18.** Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 1 – niwelator Dini 03



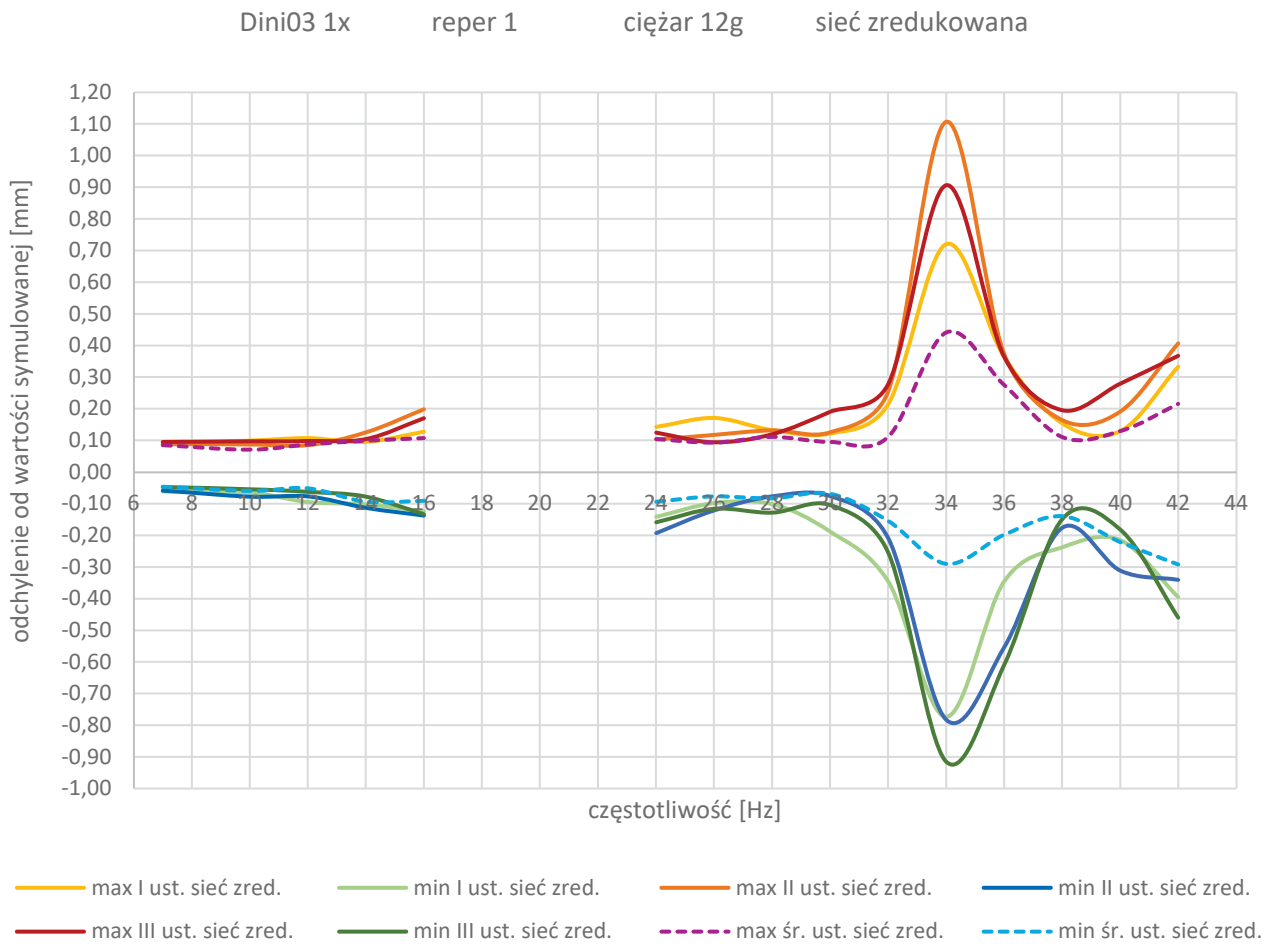
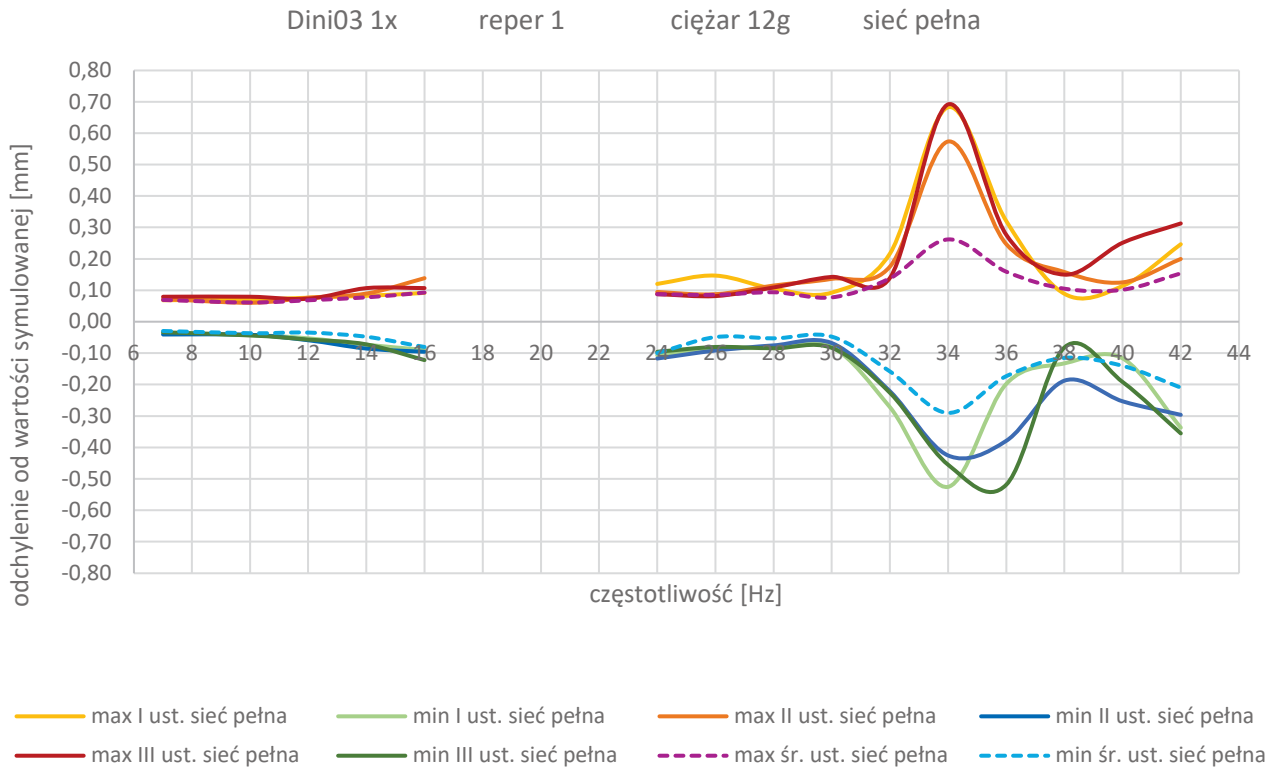
— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna



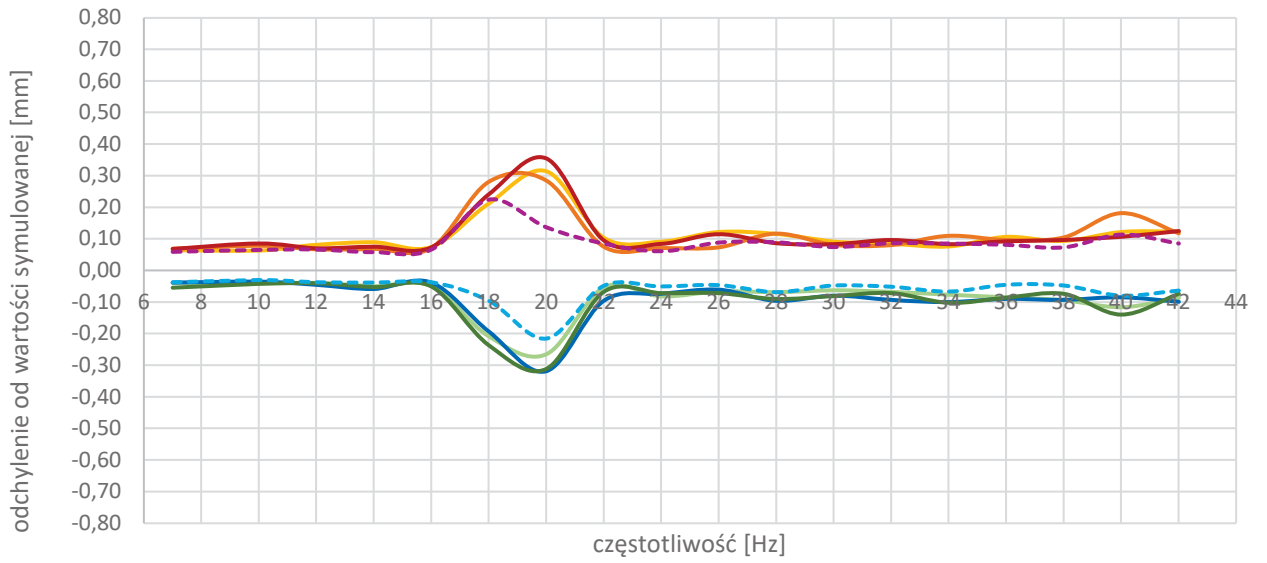
— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna





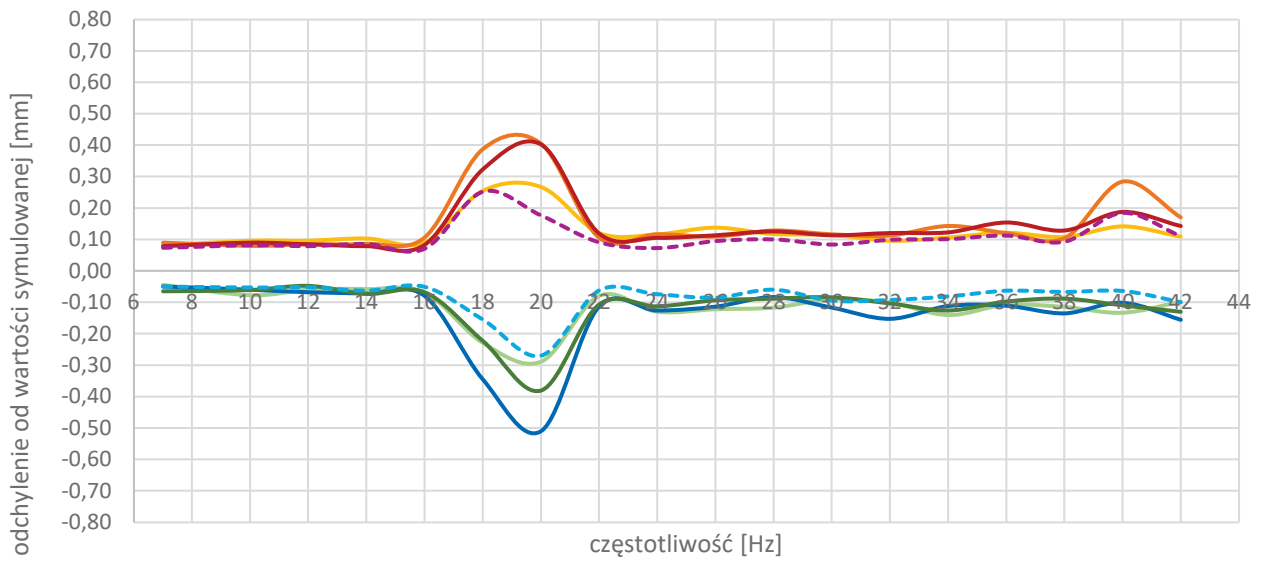


Dini03 3x      reper 1      ciężar 4g      sieć pełna

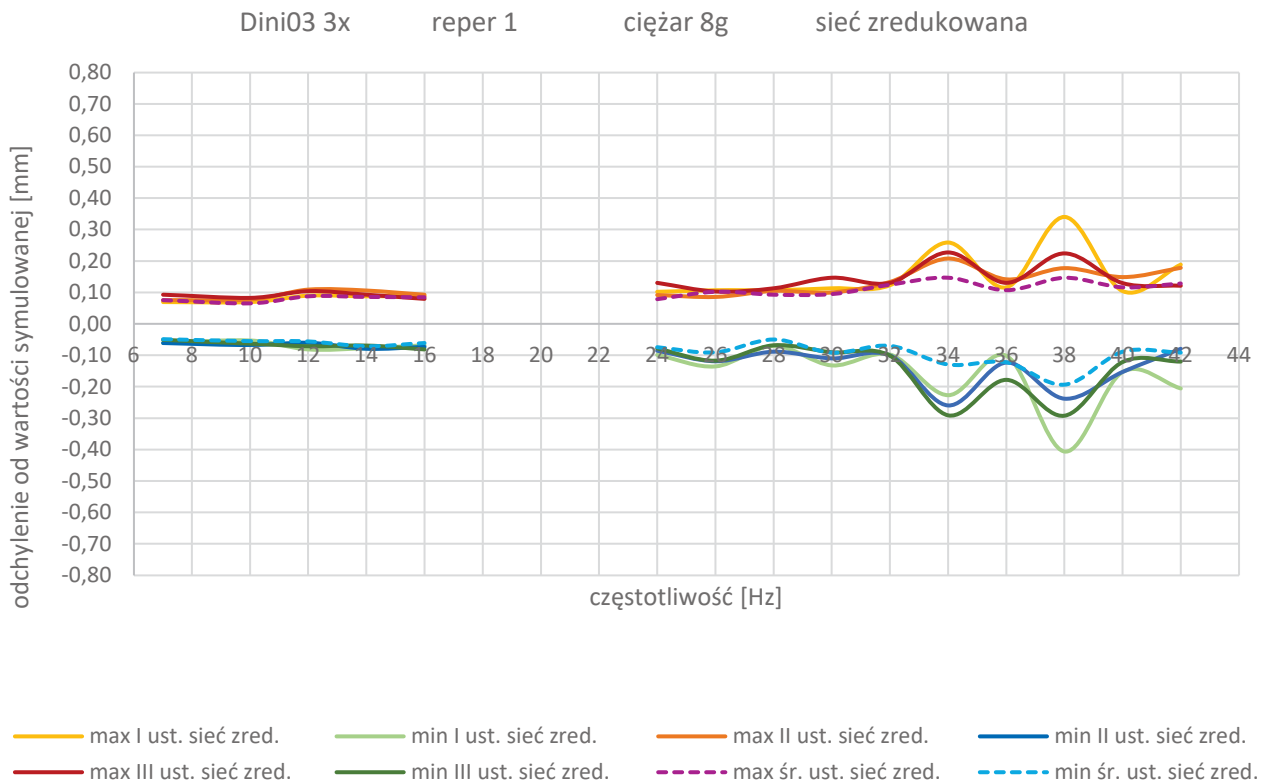
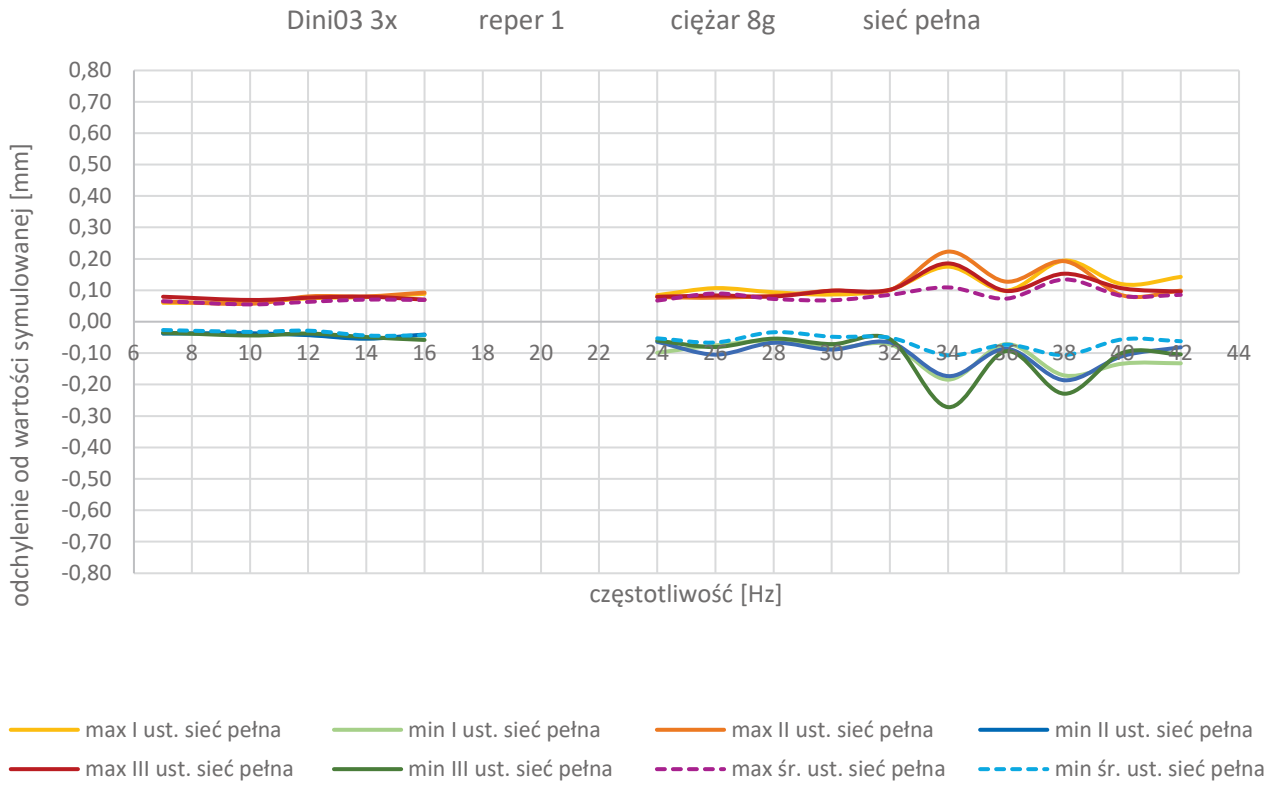


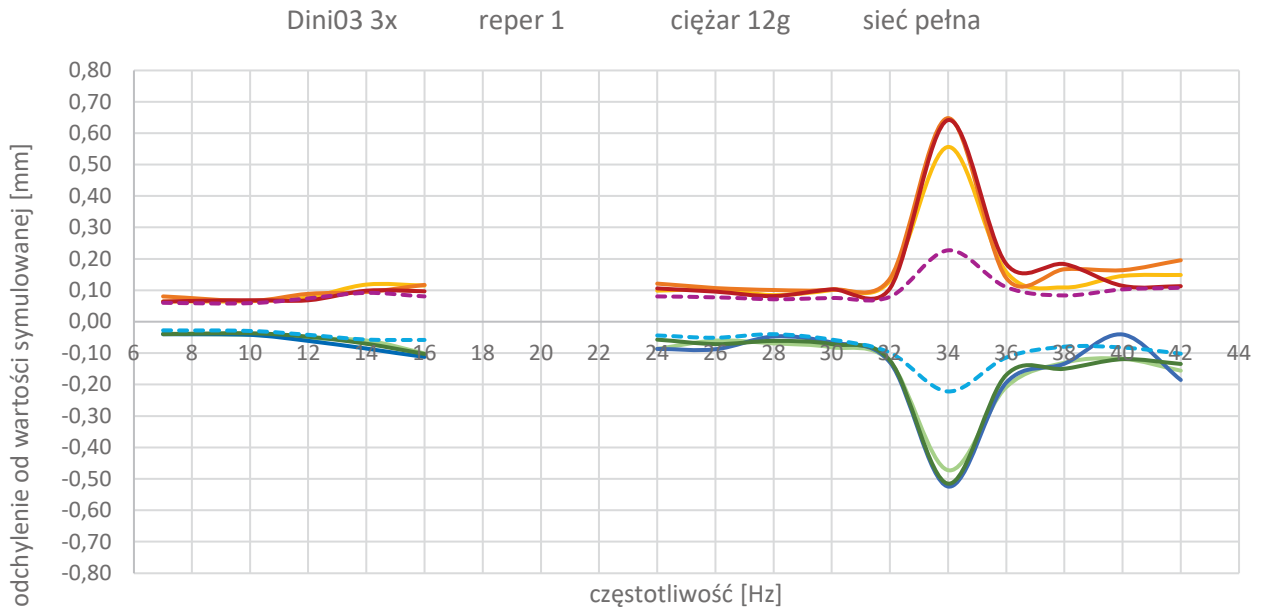
- max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna
- max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna

Dini03 3x      reper 1      ciężar 4g      sieć zredukowana

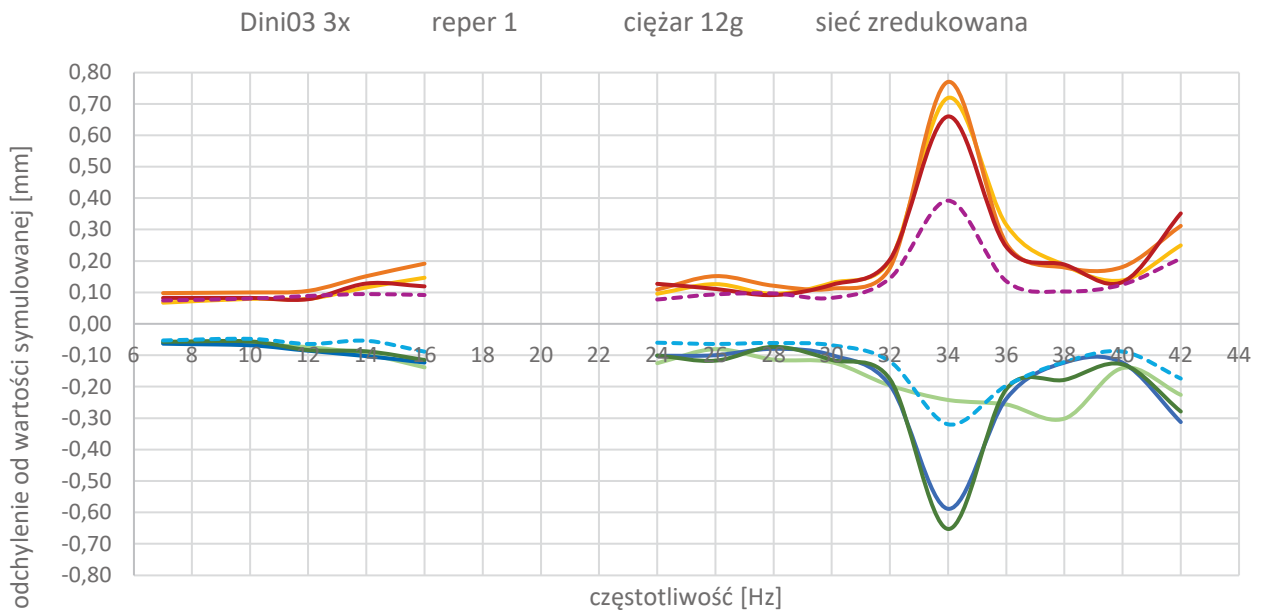


- max I ust. sieć zred.      — min I ust. sieć zred.      — max II ust. sieć zred.      — min II ust. sieć zred.
- max III ust. sieć zred.      — min III ust. sieć zred.      - - - max śr. ust. sieć zred.      - - - min śr. ust. sieć zred.



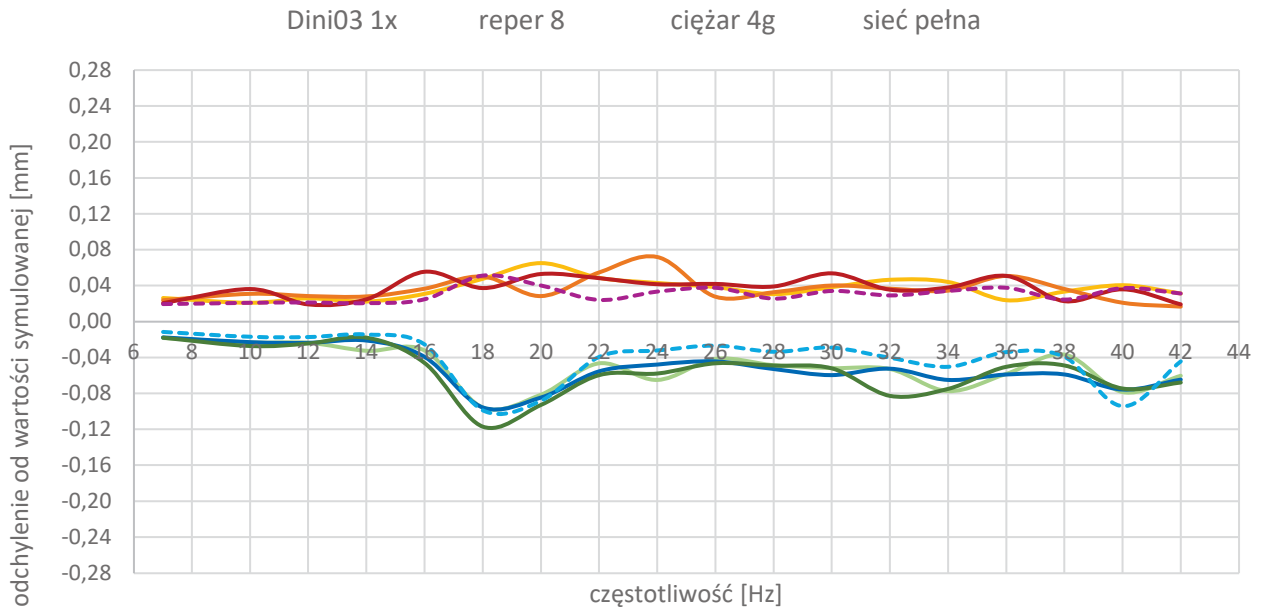


— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna

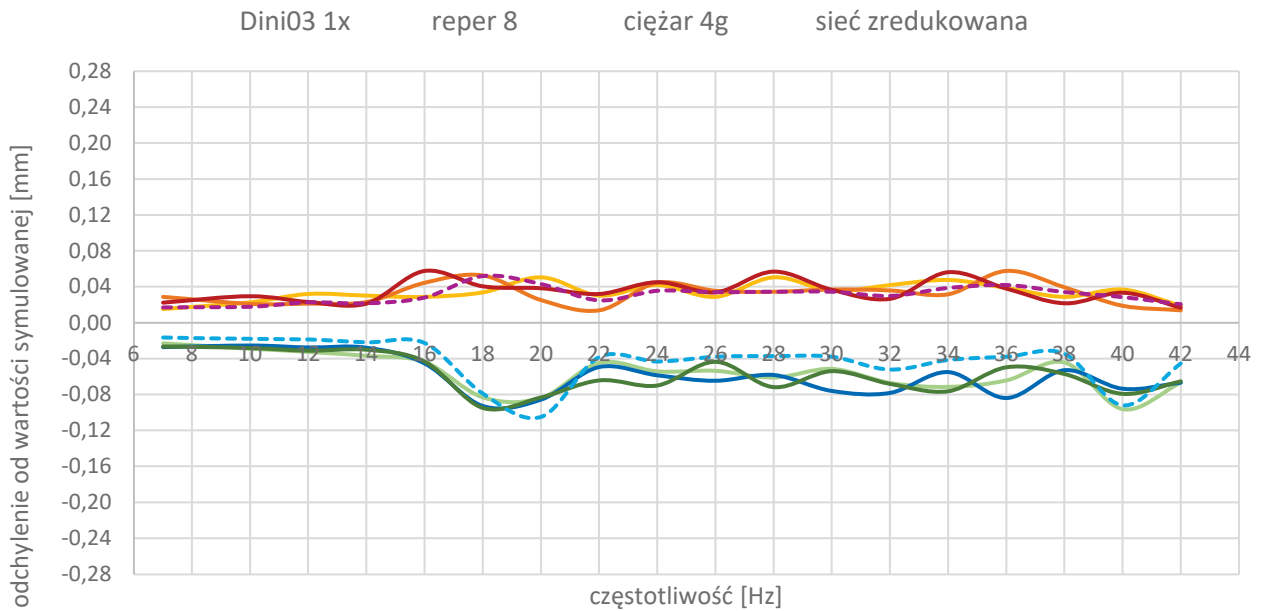


— max I ust. sieć zred.      — min I ust. sieć zred.      — max II ust. sieć zred.      — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.      — min III ust. sieć zred.      - - - max śr. ust. sieć zred.      - - - min śr. ust. sieć zred.

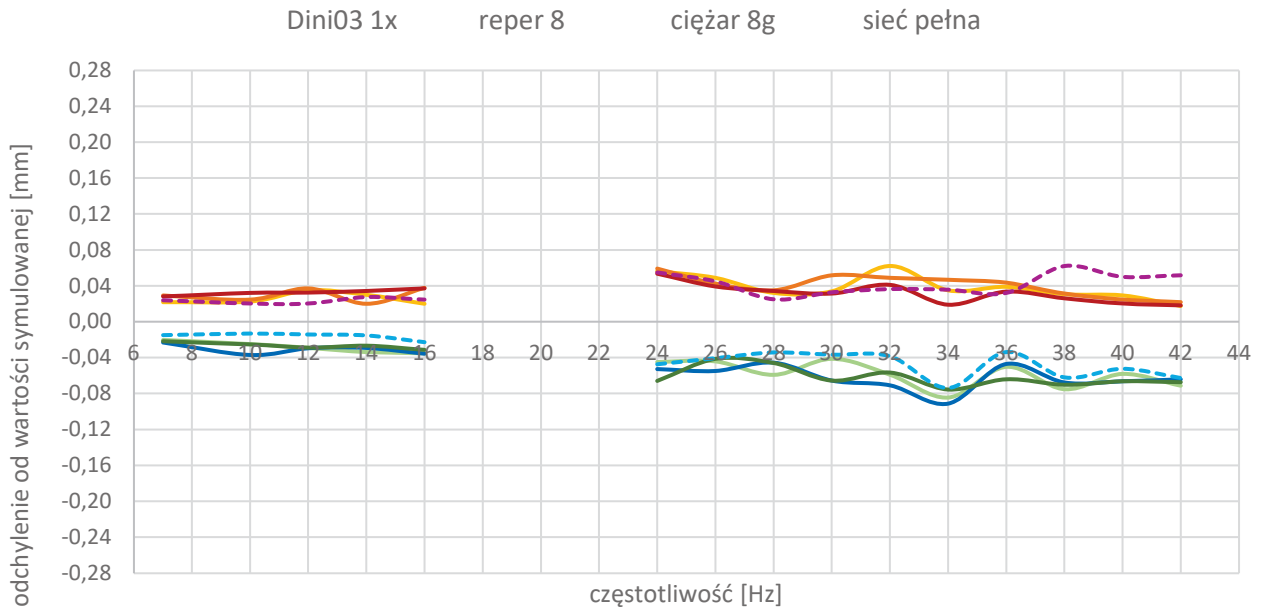
**Załącznik 19.** Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 8 – niwelator Dini 03



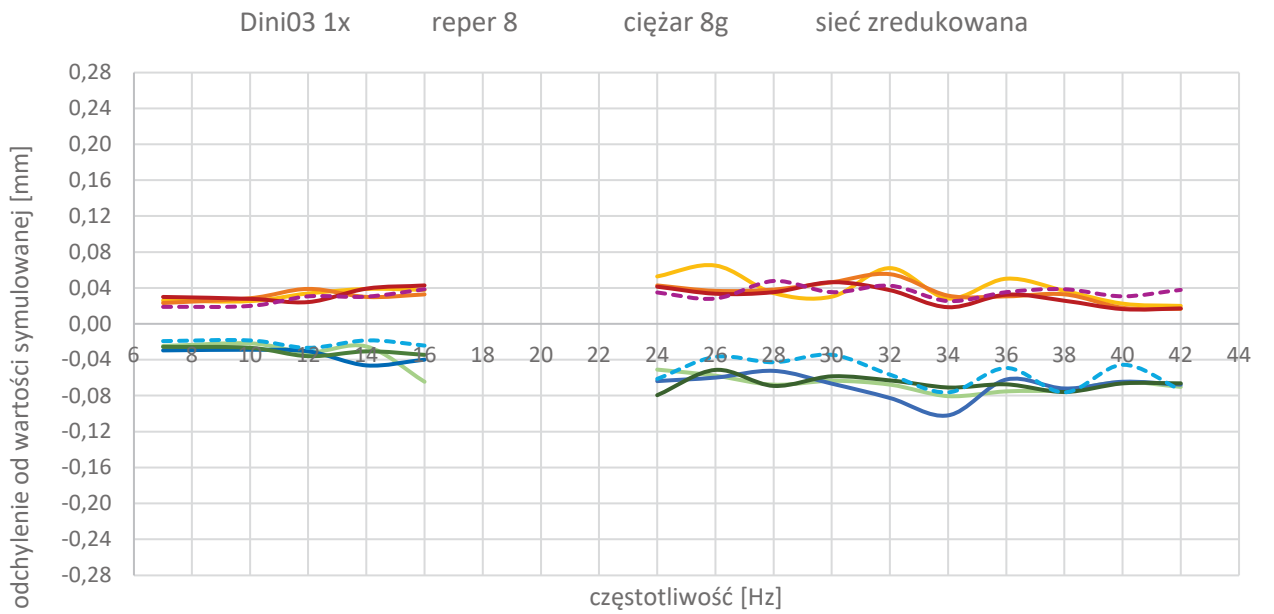
— max I ust. sieć pełna   
 — min I ust. sieć pełna   
 — max II ust. sieć pełna   
 — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna   
 — min III ust. sieć pełna   
- - - max śr. ust. sieć pełna   
- - - min śr. ust. sieć pełna



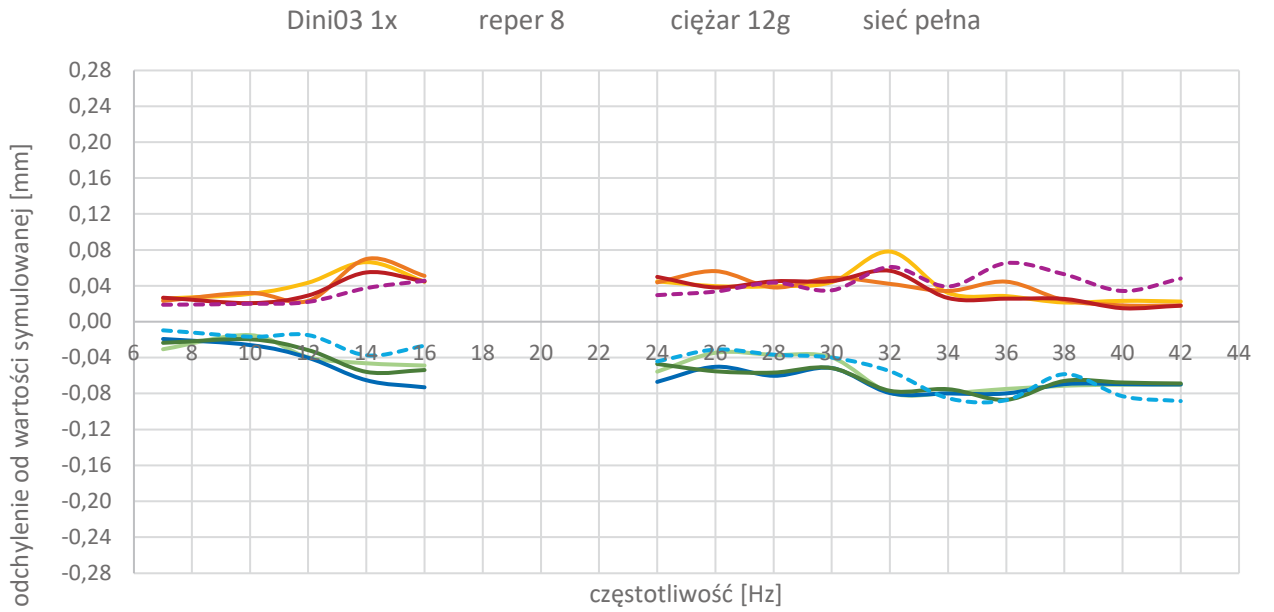
— max I ust. sieć pełna   
 — min I ust. sieć pełna   
 — max II ust. sieć pełna   
 — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna   
 — min III ust. sieć pełna   
- - - max śr. ust. sieć pełna   
- - - min śr. ust. sieć pełna



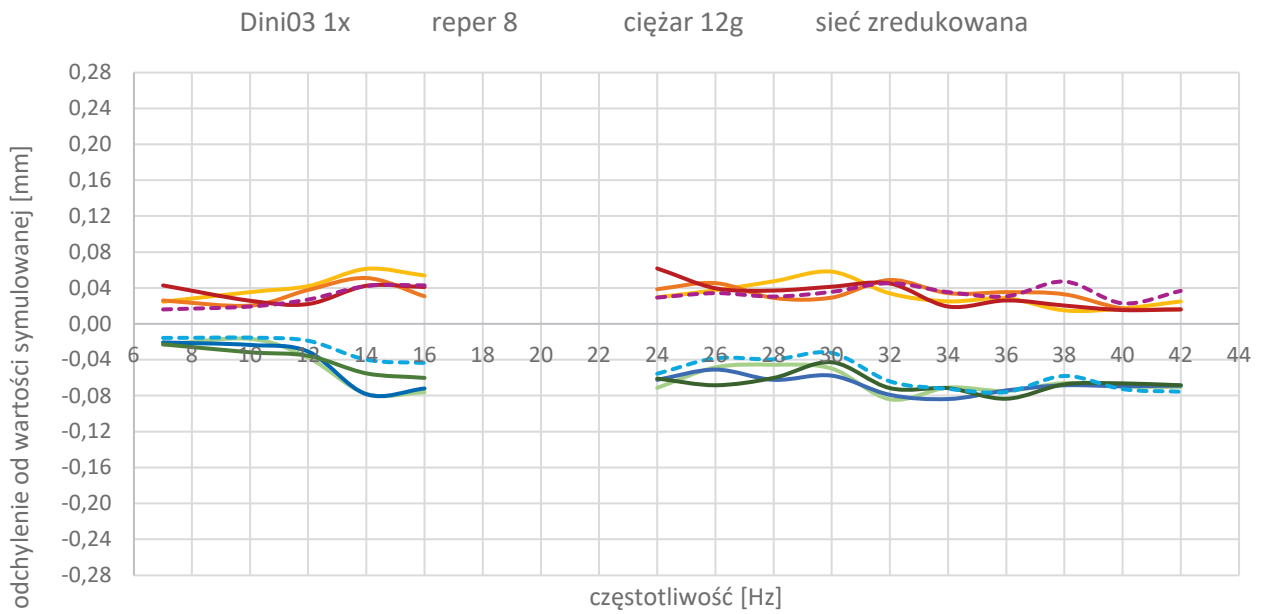
— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna



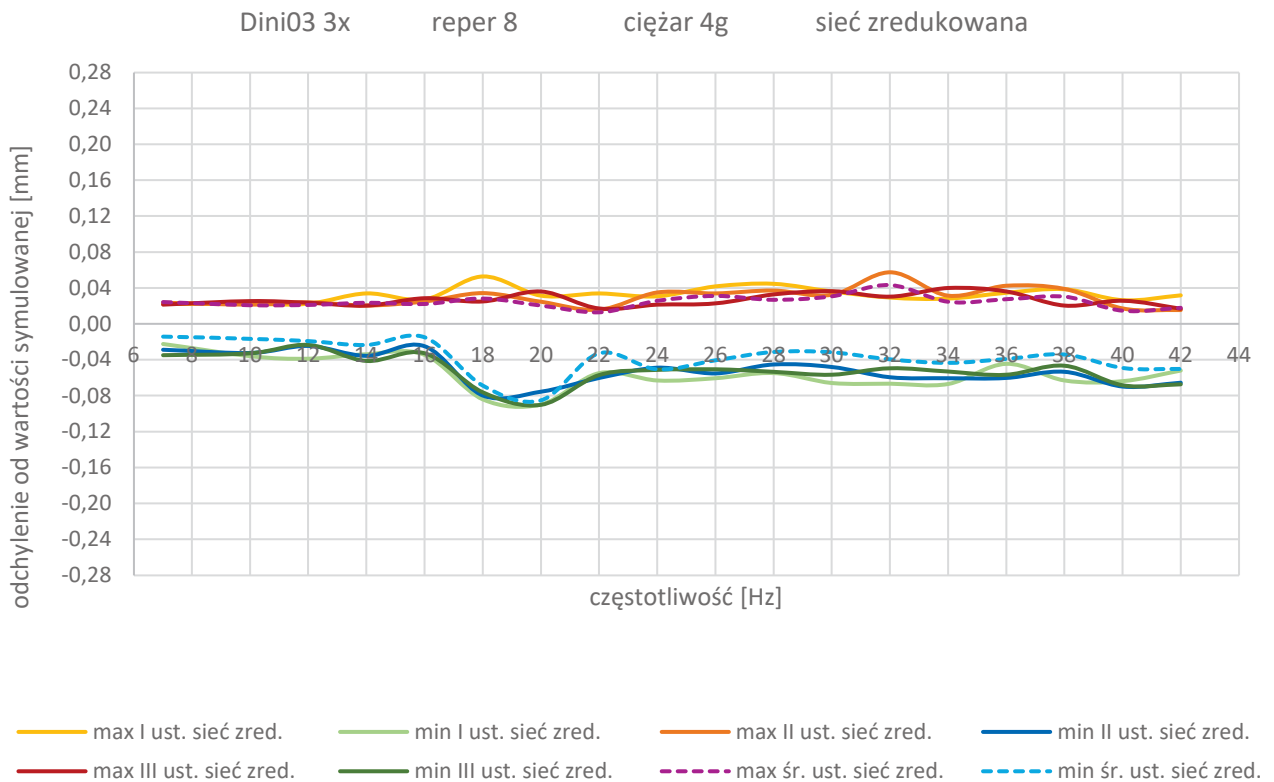
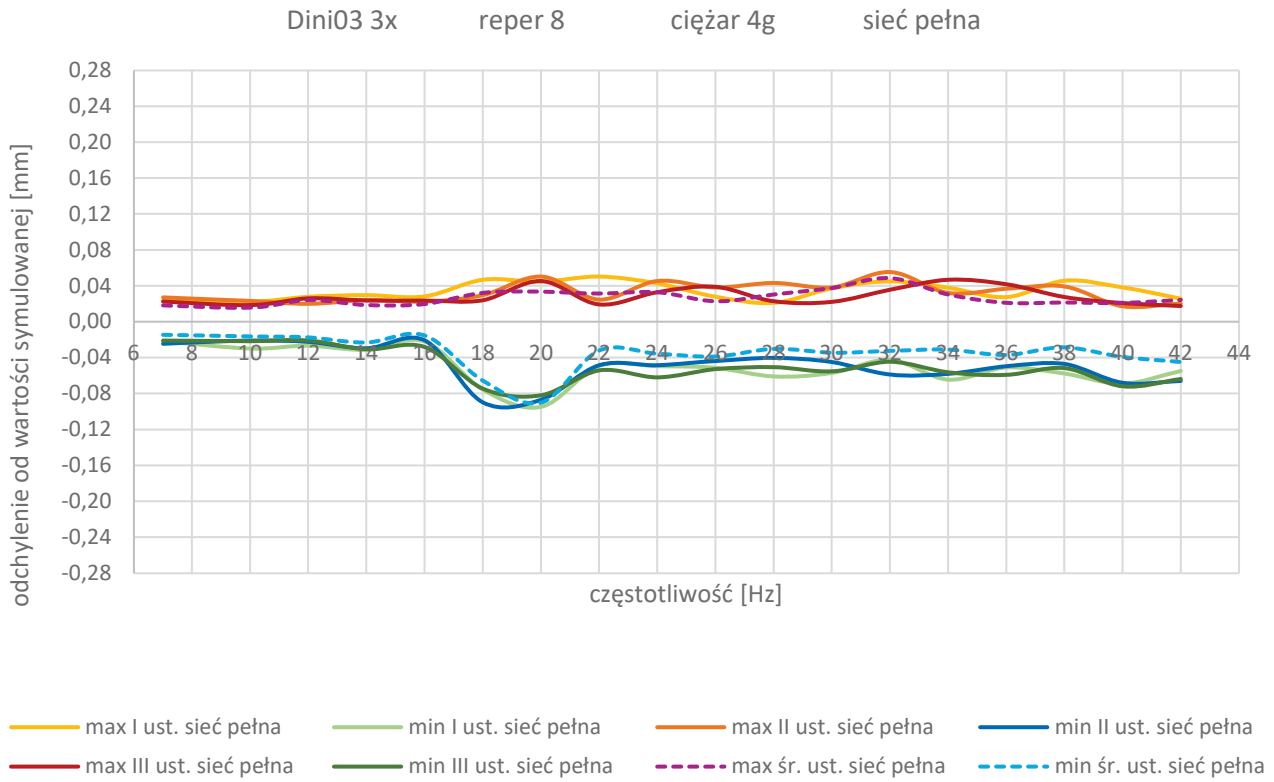
— max I ust. sieć zred.      — min I ust. sieć zred.      — max II ust. sieć zred.      — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.      — min III ust. sieć zred.      - - - max śr. ust. sieć zred.      - - - min śr. ust. sieć zred.



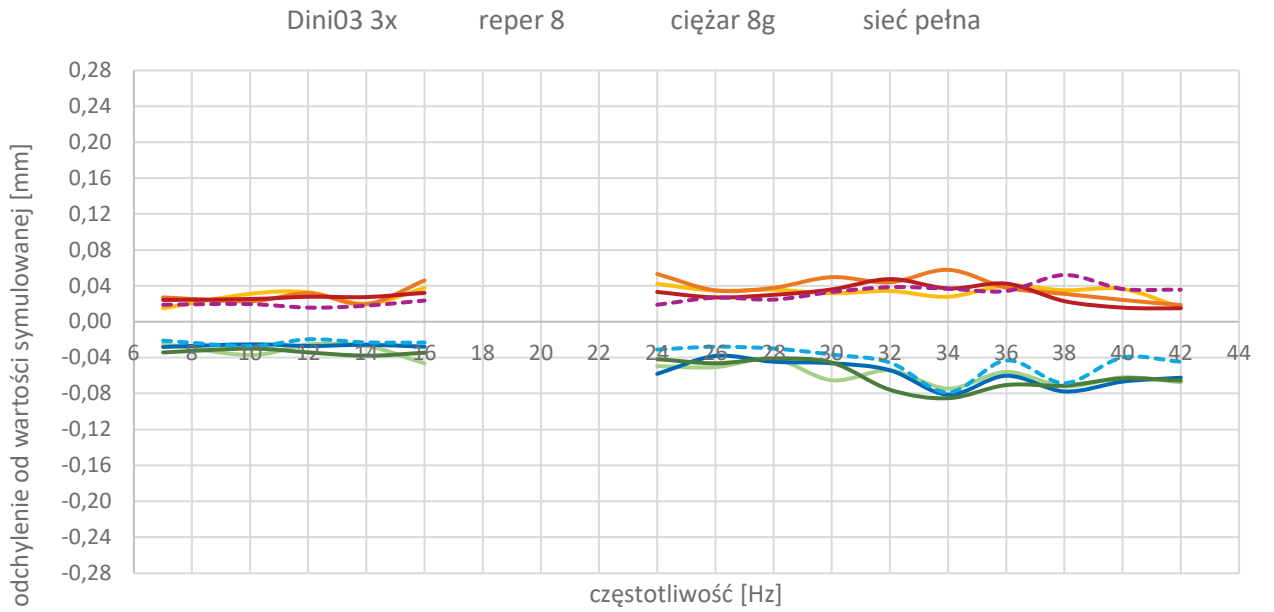
— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna



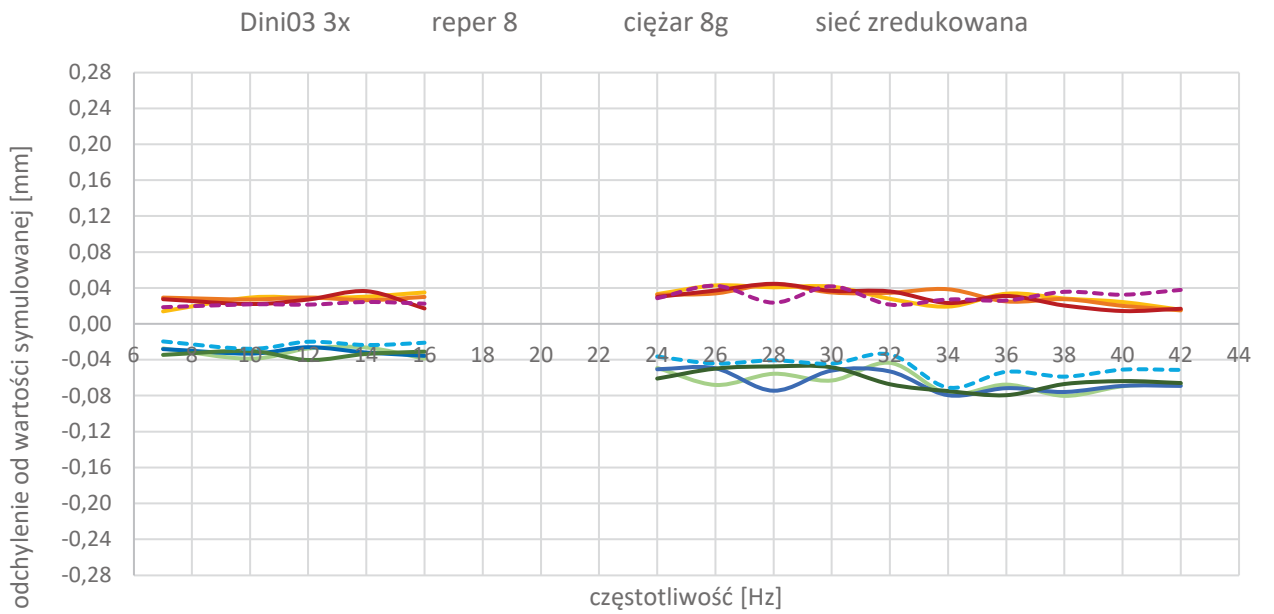
— max I ust. sieć zred.    — min I ust. sieć zred.    — max II ust. sieć zred.    — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.    — min III ust. sieć zred.    - - - max śr. ust. sieć zred.    - - - min śr. ust. sieć zred.



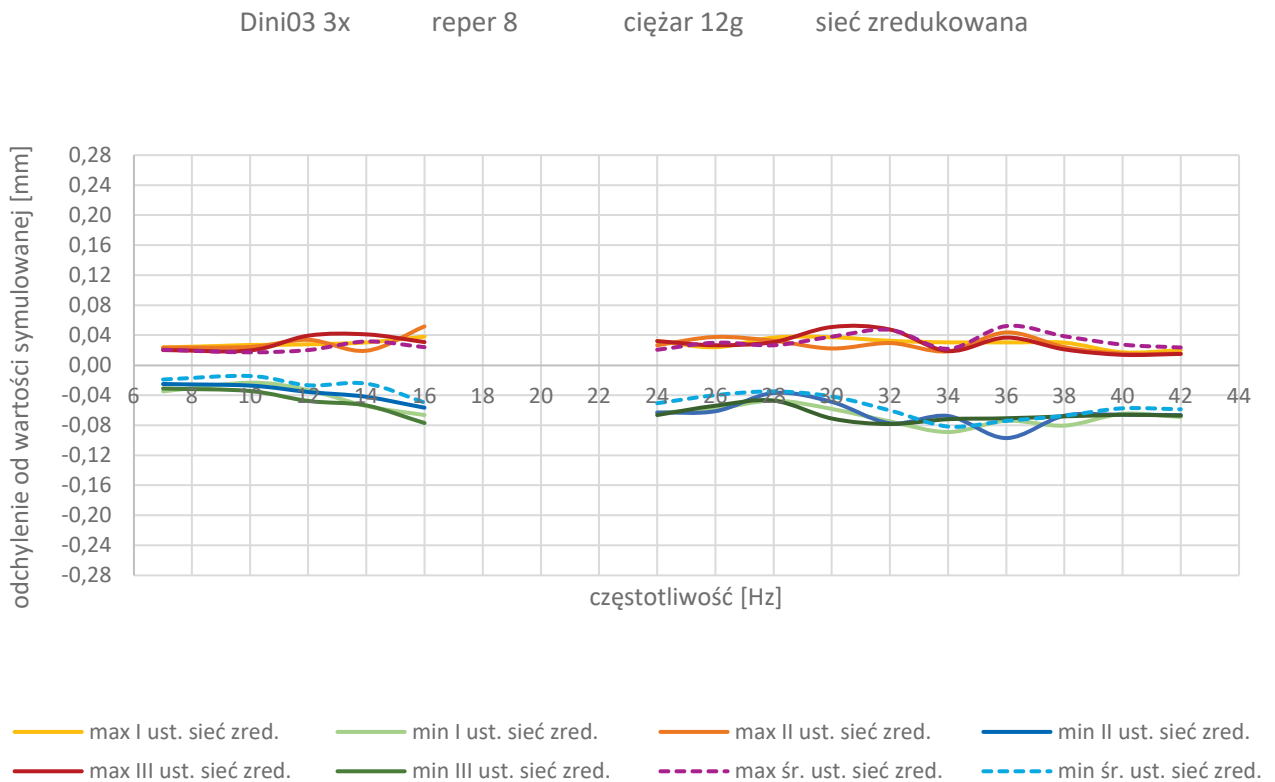
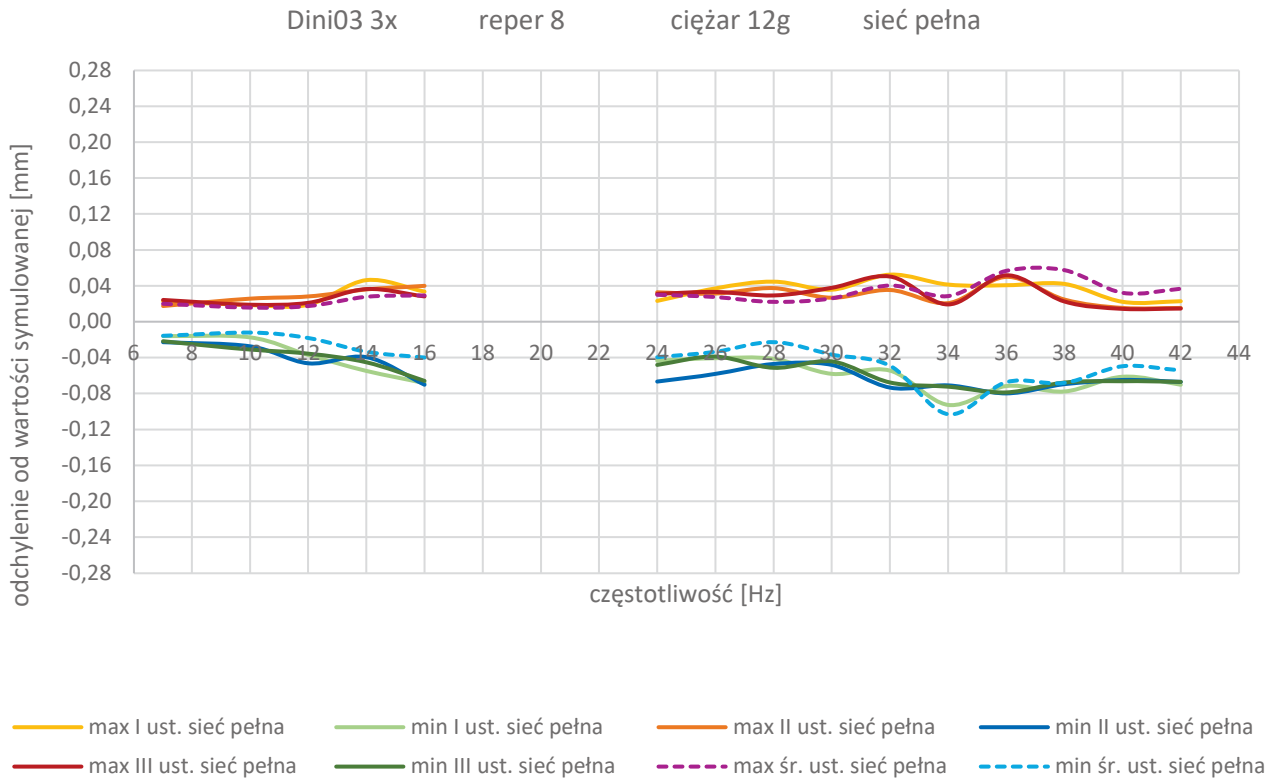




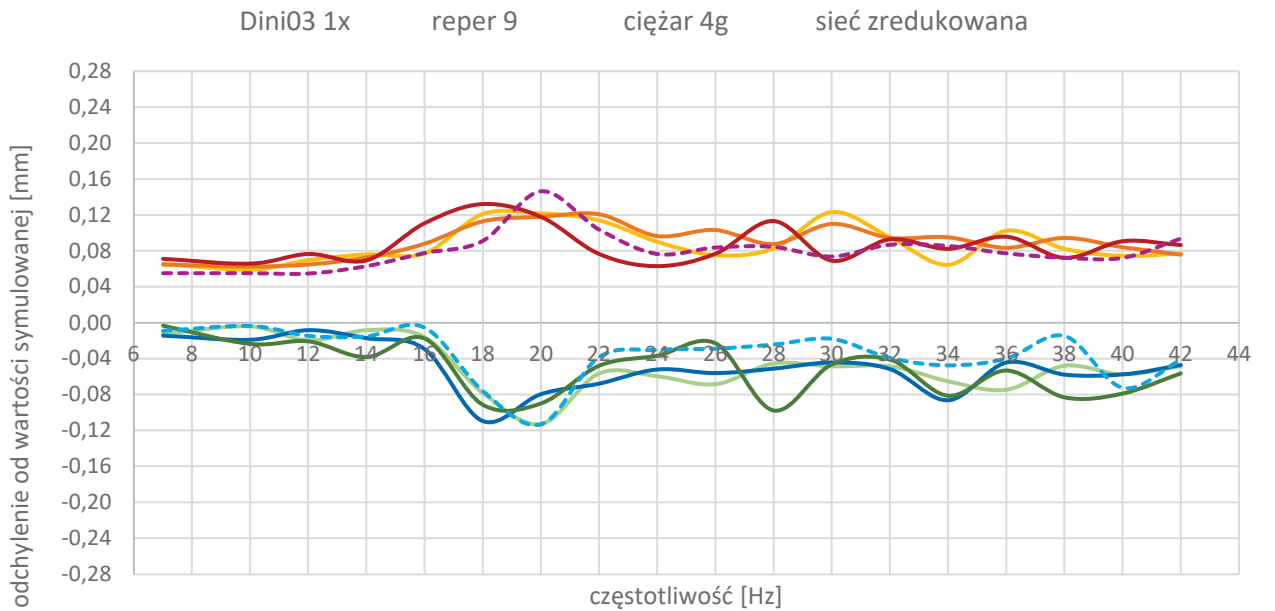
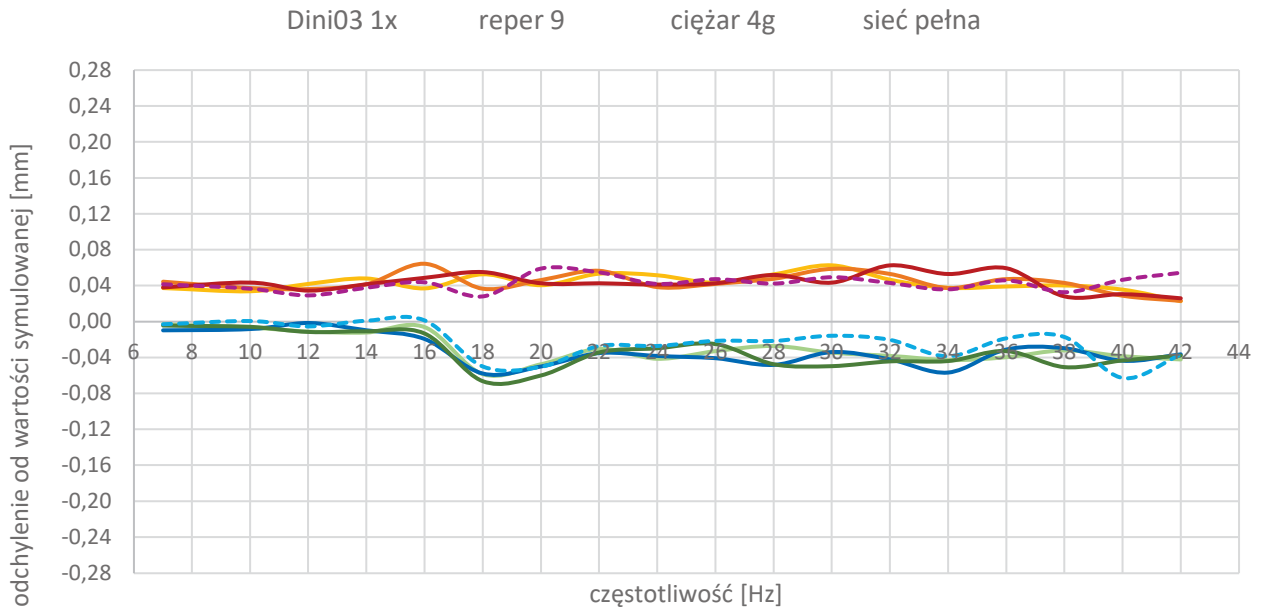
— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna

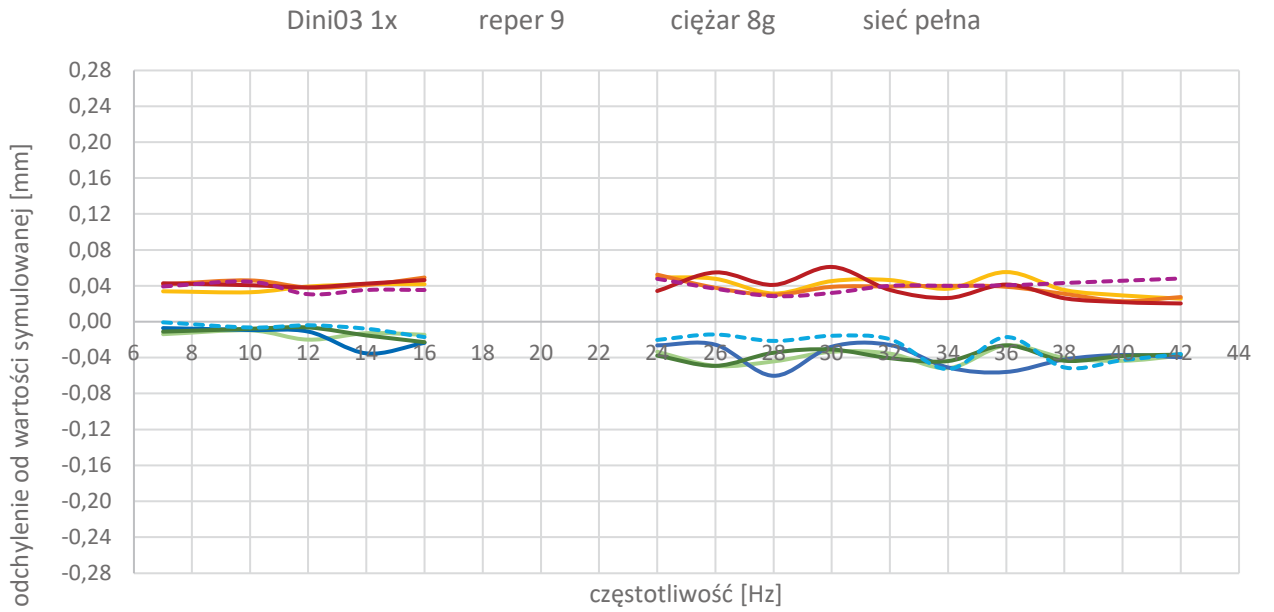


— max I ust. sieć zred.      — min I ust. sieć zred.      — max II ust. sieć zred.      — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.      — min III ust. sieć zred.      - - - max śr. ust. sieć zred.      - - - min śr. ust. sieć zred.

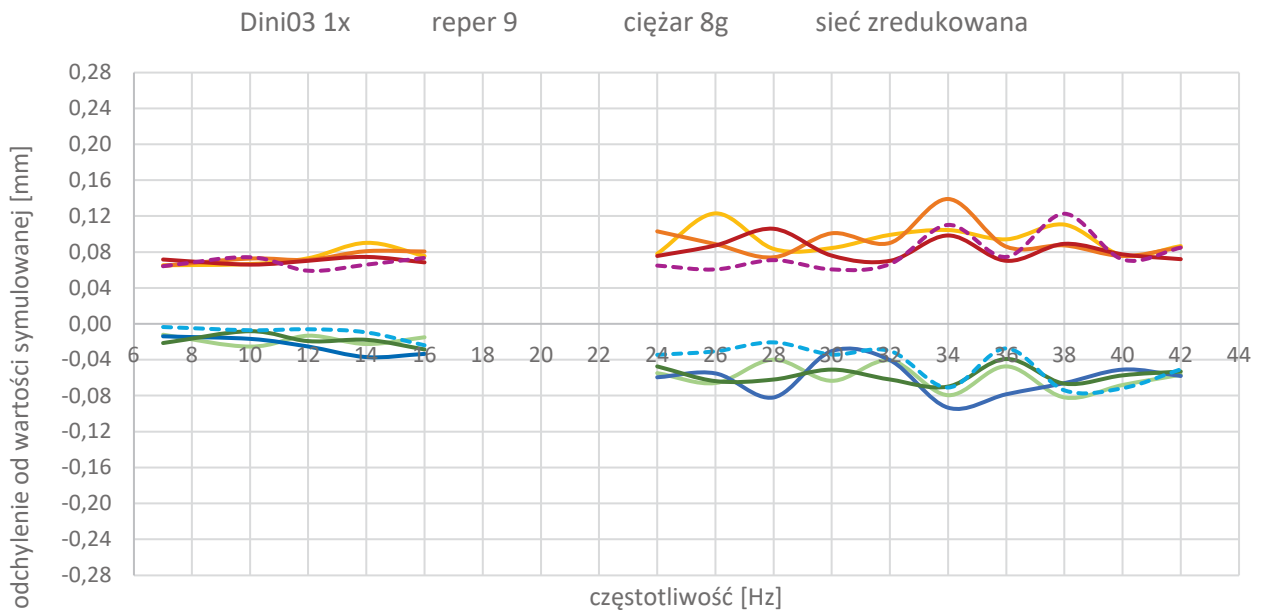


**Załącznik 20.** Wykresy ekstremalnych odchyień wartości obliczonych przemieszczeń od wartości przemieszczeń symulowanych dla repera nr 9 – niwelator Dini 03

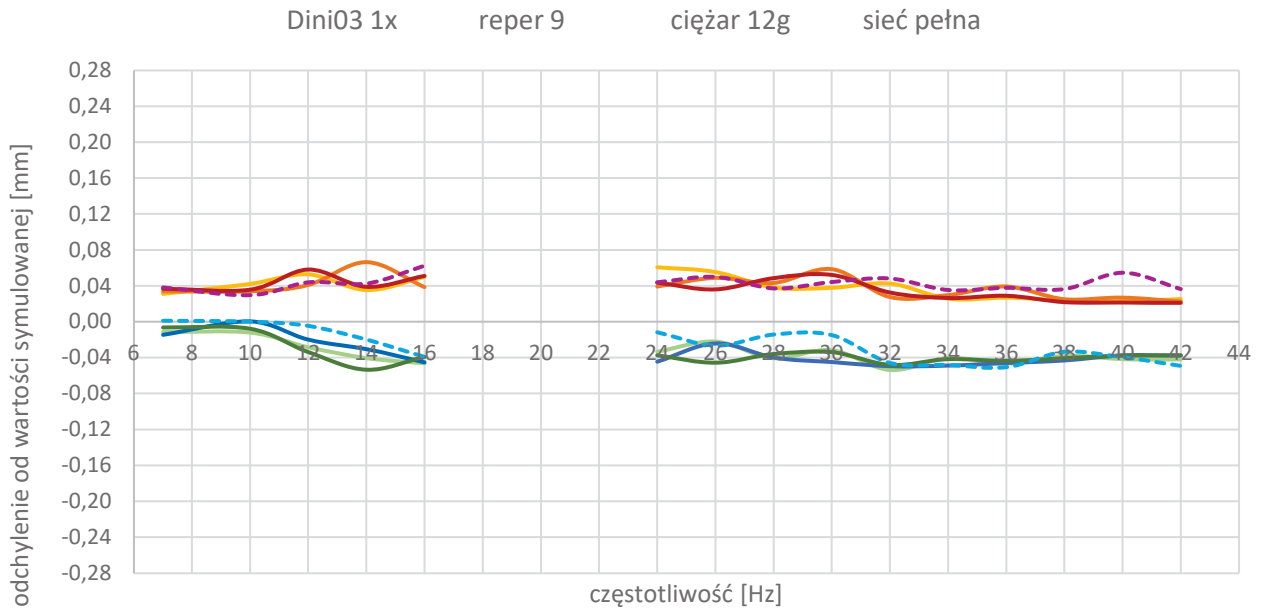




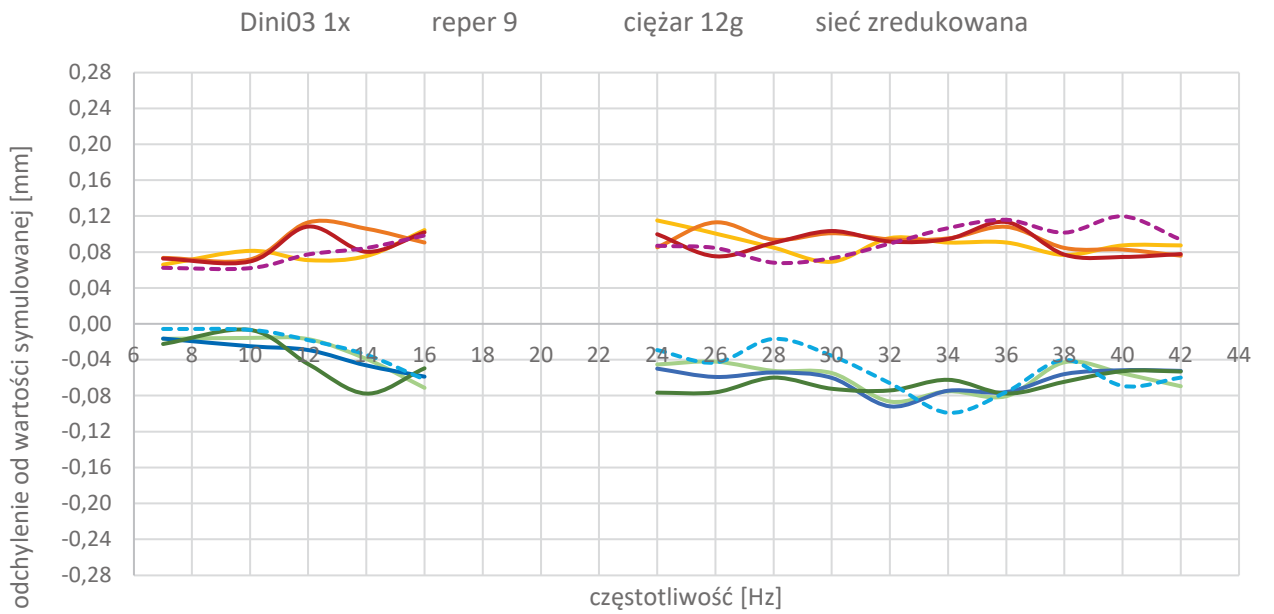
— max I ust. sieć pełna    — min I ust. sieć pełna    — max II ust. sieć pełna    — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna    — min III ust. sieć pełna    - - - max śr. ust. sieć pełna    - - - min śr. ust. sieć pełna



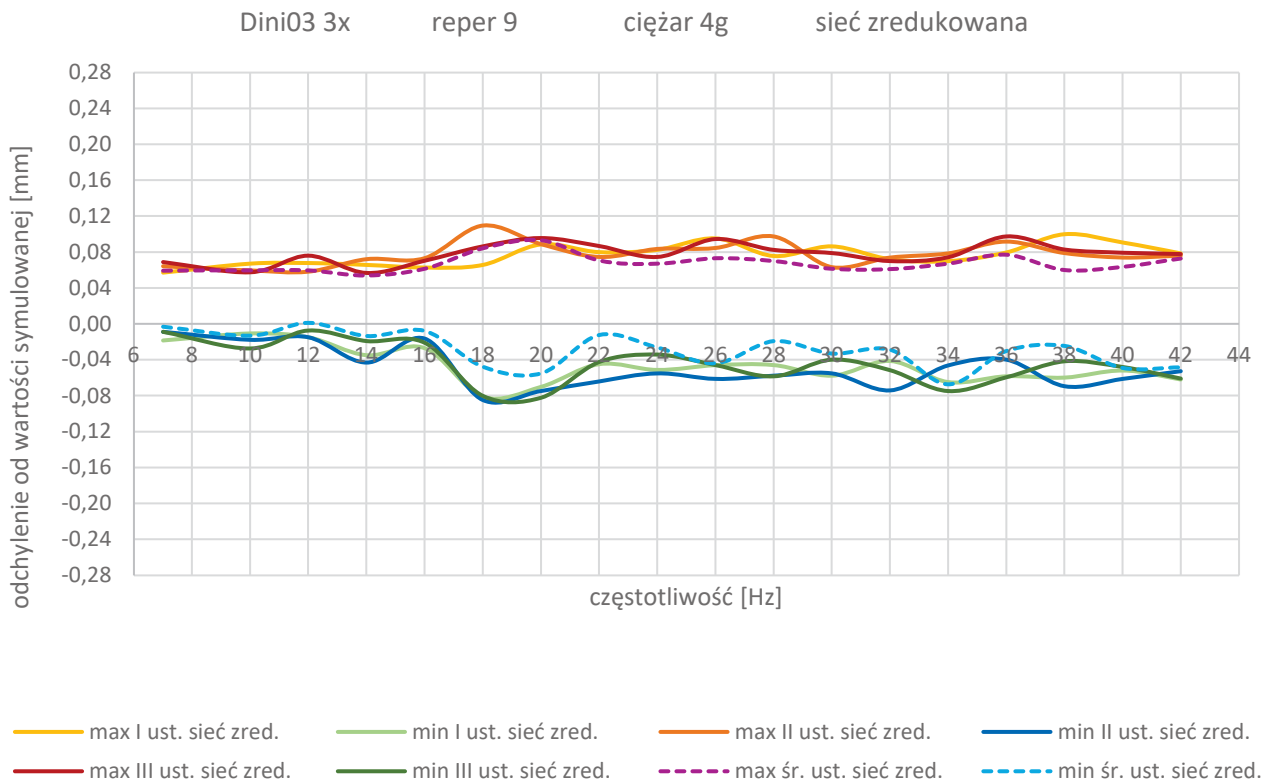
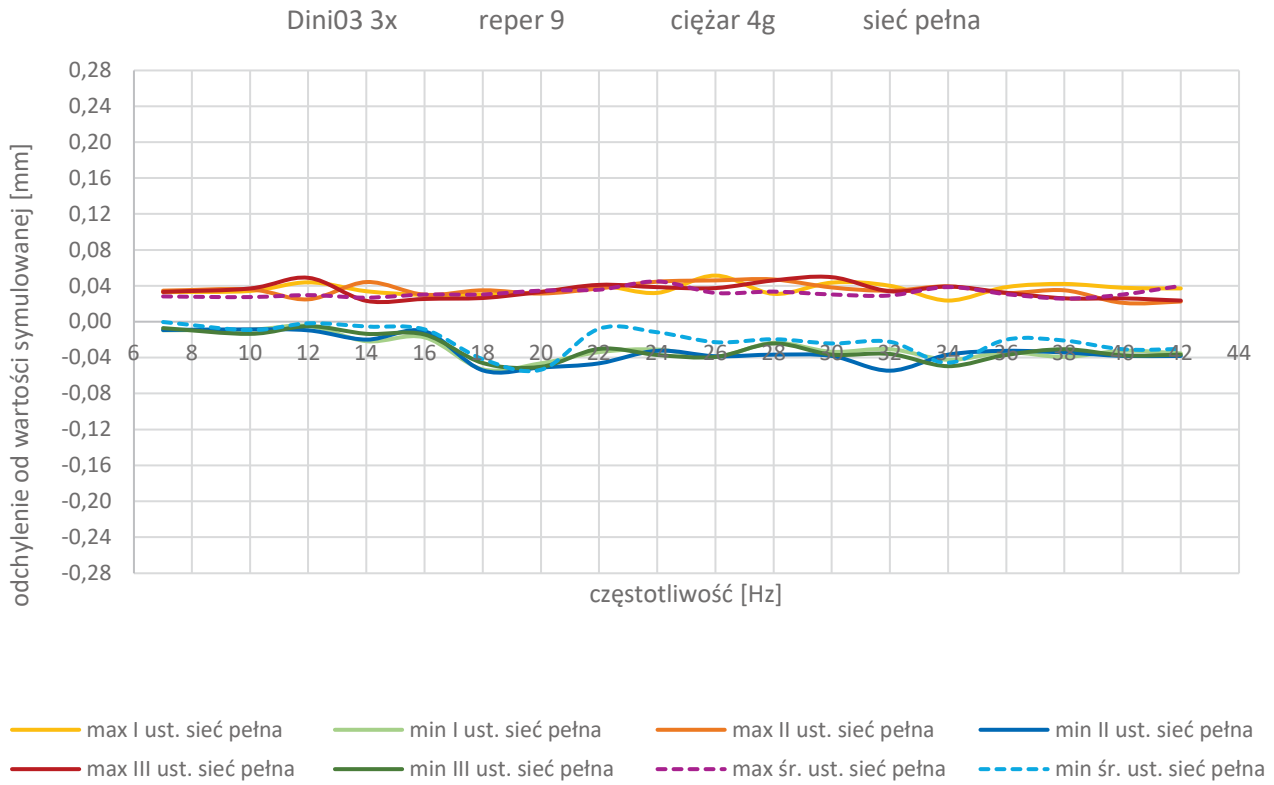
— max I ust. sieć zred.    — min I ust. sieć zred.    — max II ust. sieć zred.    — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.    — min III ust. sieć zred.    - - - max śr. ust. sieć zred.    - - - min śr. ust. sieć zred.

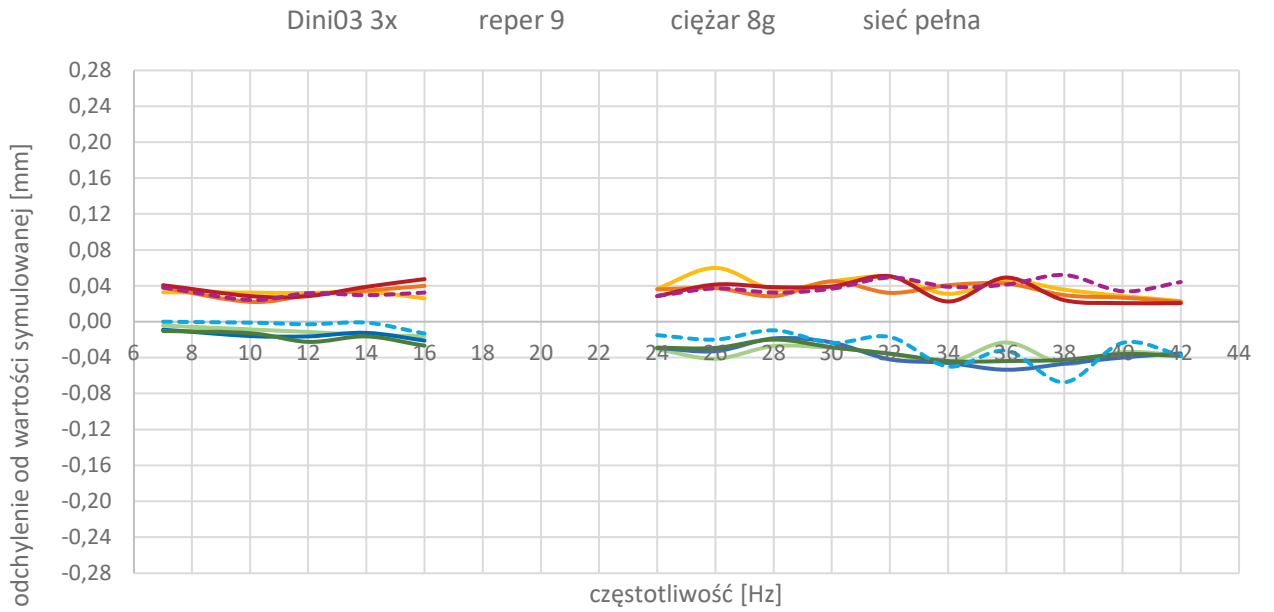


— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna

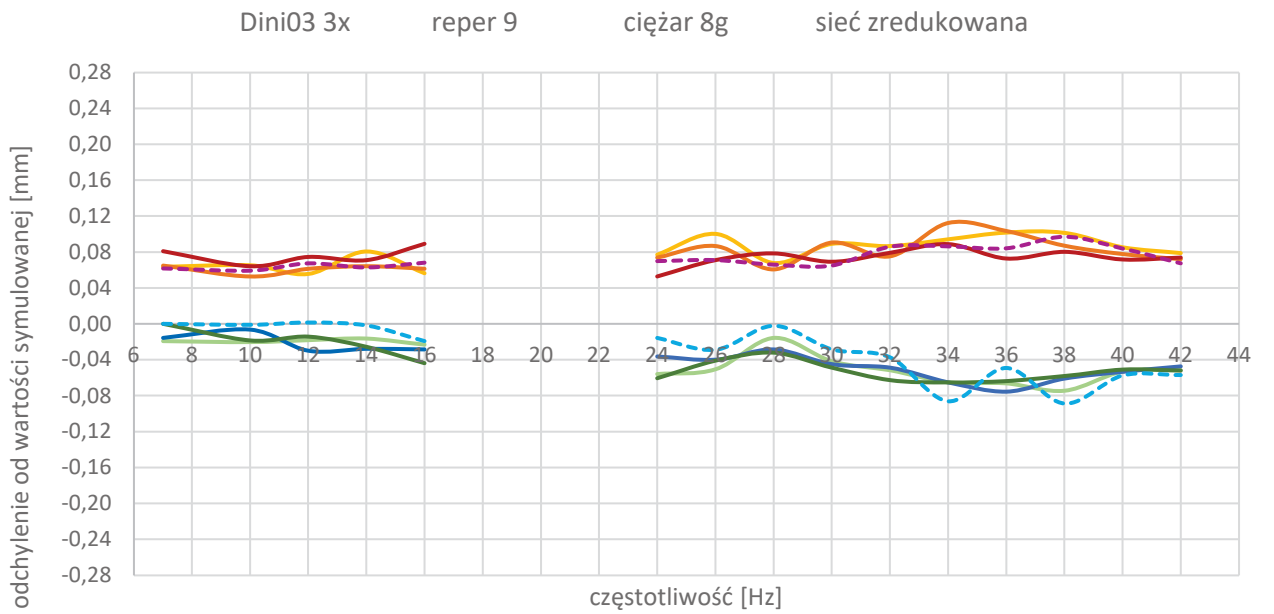


— max I ust. sieć zred.      — min I ust. sieć zred.      — max II ust. sieć zred.      — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.      — min III ust. sieć zred.      - - - max śr. ust. sieć zred.      - - - min śr. ust. sieć zred.

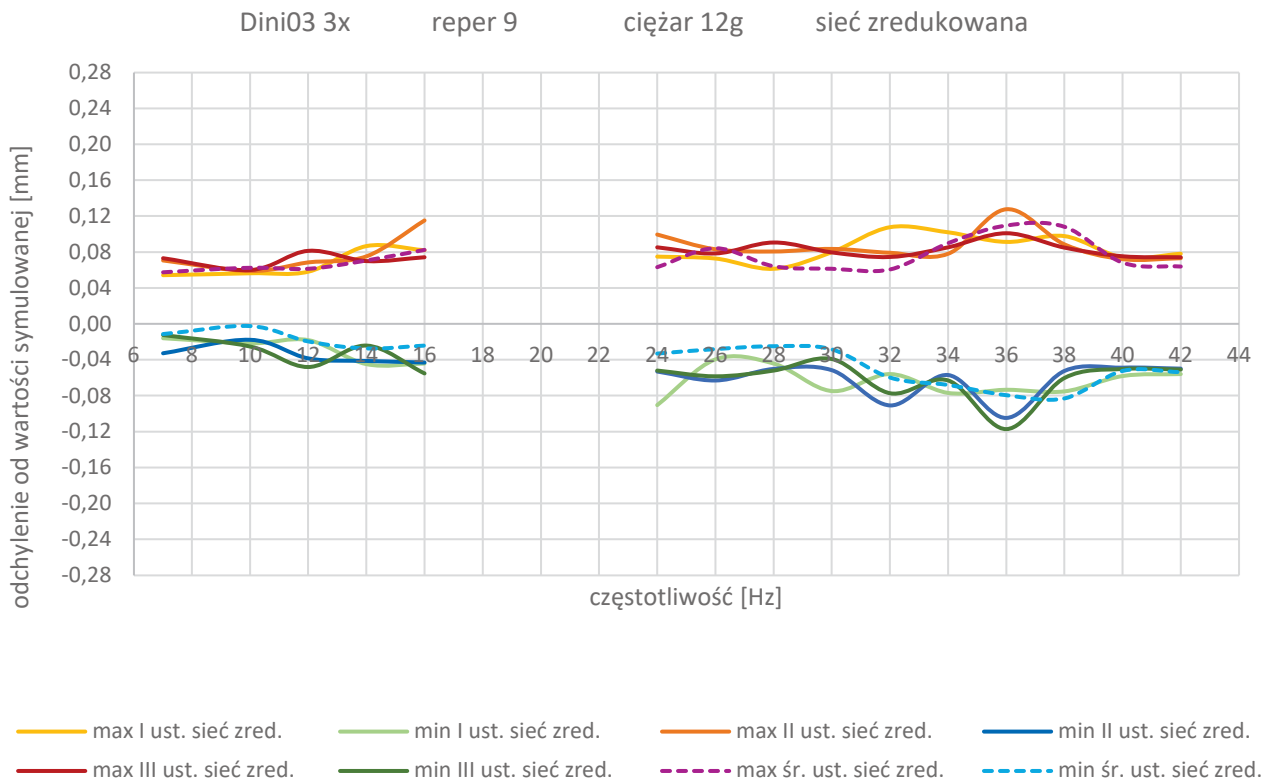
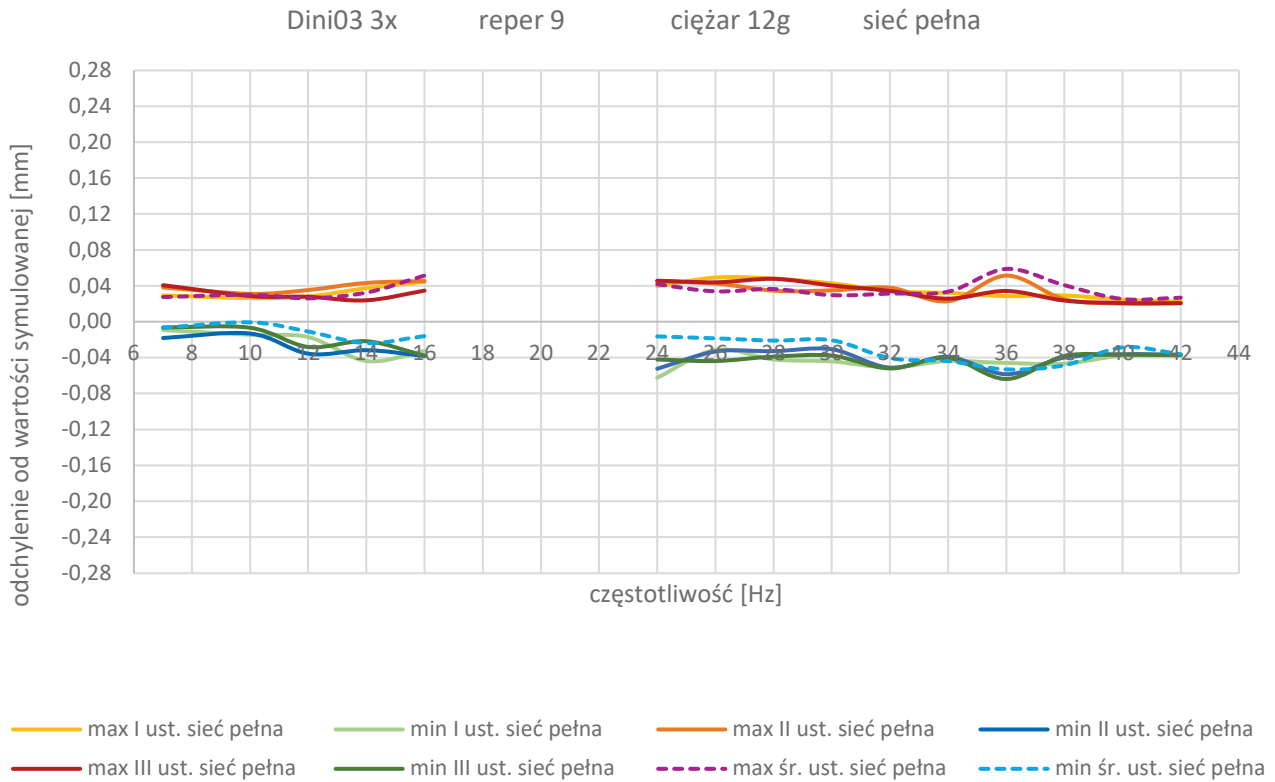




— max I ust. sieć pełna      — min I ust. sieć pełna      — max II ust. sieć pełna      — min II ust. sieć pełna  
— max III ust. sieć pełna      — min III ust. sieć pełna      - - - max śr. ust. sieć pełna      - - - min śr. ust. sieć pełna



— max I ust. sieć zred.      — min I ust. sieć zred.      — max II ust. sieć zred.      — min II ust. sieć zred.  
— max III ust. sieć zred.      — min III ust. sieć zred.      - - - max śr. ust. sieć zred.      - - - min śr. ust. sieć zred.





**Załącznik 21.** Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Dini03, 1x, 12 g, 42 Hz, s. zred

1_dini zreduk.		I ustawienie ciężar 12g 42 Hz									
max $\sigma_0$	1,48	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 2,5									
mdh teoret	0,16	mdh z wyrównania					0,23 mm				
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,21	0,63	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,15	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,02	0,74	-0,09	0,66	-0,08	0,23	-0,30	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_3</math></b>	-0,05	0,89	-0,09	0,66	-0,09	0,24	0,00	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,27	0,98	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,09	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,06	0,64	-0,09	0,66	-0,09	0,27	0,05	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,15	0,81	-0,09	0,66	-0,09	0,24	-0,09	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,35	0,54	-0,09	0,66	-0,10	0,28	0,00	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,09	0,89	-0,09	0,66	-0,10	0,27	0,10	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,17	0,58	-0,09	0,66	-0,08	0,23	-0,11	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,07	0,65	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,03	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,17	0,91	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,22	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	0,11	0,60	-0,09	0,66	-0,11	0,28	-0,18	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,32	0,73	-0,09	0,66	-0,10	0,28	-0,22	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,04	0,80	-0,09	0,66	-0,08	0,24	0,00	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	0,07	0,57	-0,09	0,66	-0,09	0,24	-0,34	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,02	0,60	-0,09	0,66	-0,09	0,24	0,05	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,09	0,52	-0,09	0,66	-0,11	0,27	-0,12	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,02	0,86	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,34	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,08	0,65	-0,09	0,66	-0,10	0,27	-0,30	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,07	0,50	-0,09	0,66	-0,09	0,26	0,01	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
<b>max-sym.</b>	0,27	0,26	0,01	-0,06	0,03	-0,02	0,29	-0,08	0,01	-0,06	-0,03
<b>min-sym.</b>	-0,35	-0,22	0,01	-0,06	0,00	-0,07	-0,15	-0,08	0,01	-0,06	-0,03
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,26	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,22	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,05	0,08	0,20	0,04	0,04	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,22	0,19	0,03	0,05	0,05	0,07	0,18	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,21	0,19	0,03	0,05	0,05	0,07	0,18	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,20	0,18	0,03	0,04	0,04	0,06	0,17	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,22	0,19	0,03	0,05	0,05	0,07	0,18	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,21	0,19	0,03	0,05	0,05	0,07	0,18	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,29	0,26	0,04	0,06	0,06	0,09	0,24	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,20	0,18	0,03	0,04	0,05	0,06	0,17	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,20	0,18	0,03	0,04	0,04	0,06	0,16	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,05	0,08	0,20	0,04	0,04	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,21	0,18	0,03	0,04	0,05	0,06	0,17	0,03	0,04	0,04	0,03

	1_dini zreduk.		I ustawienie ciężar 12g 42 Hz										
	max $\sigma_0$	1,43	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5										
	mdh teoret	0,16	mdh z wyrównania 0,23 mm										
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,40	-0,20	0,34	-0,15	0,16	-0,18	0,44	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,02	-0,05	0,34	-0,15	0,16	-0,19	0,38	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,03	-0,12	0,34	-0,15	0,17	-0,19	0,75	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,18	0,08	0,34	-0,15	0,16	-0,16	0,23	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,02	0,06	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,59	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,11	-0,03	0,34	-0,15	0,15	-0,16	0,40	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,47	-0,16	0,34	-0,15	0,16	-0,16	0,48	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,18	-0,23	0,34	-0,15	0,16	-0,18	0,56	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,08	-0,25	0,34	-0,15	0,16	-0,21	0,30	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,15	-0,12	0,34	-0,15	0,16	-0,19	0,51	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,25	0,06	0,34	-0,15	0,16	-0,19	0,51	0,28	0,11	-0,20	-0,27		
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,09	-0,35	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,34	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,29	0,02	0,34	-0,15	0,16	-0,18	0,46	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,16	-0,11	0,34	-0,15	0,17	-0,18	0,61	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,02	-0,17	0,34	-0,15	0,16	-0,18	0,39	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,05	-0,22	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,43	0,28	0,11	-0,20	-0,27		
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,05	-0,28	0,34	-0,15	0,14	-0,16	0,57	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,07	-0,13	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,23	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,13	-0,22	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,57	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,03	-0,25	0,34	-0,15	0,16	-0,17	0,49	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,33	0,17	0,04	-0,06	-0,03	0,03	0,35	-0,02	0,00	-0,01	-0,07		
<b>min-sym.</b>	-0,39	-0,25	0,04	-0,06	-0,06	-0,02	-0,17	-0,02	0,00	-0,01	-0,07		
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,29	0,25	0,04	0,06	0,06	0,09	0,24	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,28	0,25	0,04	0,06	0,06	0,09	0,23	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,27	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,22	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,30	0,27	0,05	0,06	0,07	0,09	0,25	0,04	0,05	0,06	0,04		
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,05	0,08	0,20	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03		
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,29	0,25	0,04	0,06	0,06	0,09	0,24	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,27	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,22	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03		
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,27	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,22	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,23	0,20	0,04	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03		
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,29	0,26	0,04	0,06	0,06	0,09	0,24	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,26	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,27	0,24	0,04	0,06	0,06	0,08	0,23	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,23	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03		
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,26	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04		

	1_dini zreduk.		I ustawienie		ciężar 12g		42 Hz					
	max $\sigma_0$	1,48	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:		mdh z wyrównania		0,23 mm		10,0			
	mdh teoret	0,16										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,19	-0,83	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,59	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,03	-0,79	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,68	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,08	-1,00	0,43	-0,81	0,26	-0,43	0,75	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,09	-0,90	0,43	-0,81	0,25	-0,42	0,31	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,08	-0,58	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,54	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,27	-0,84	0,43	-0,81	0,24	-0,41	0,48	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,12	-0,70	0,43	-0,81	0,25	-0,44	0,48	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,09	-1,12	0,43	-0,81	0,25	-0,45	0,47	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,09	-0,82	0,43	-0,81	0,25	-0,44	0,41	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,09	-0,77	0,43	-0,81	0,25	-0,44	0,54	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,08	-0,85	0,43	-0,81	0,25	-0,46	0,74	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,19	-0,95	0,43	-0,81	0,25	-0,45	0,52	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,03	-0,71	0,43	-0,81	0,26	-0,46	0,69	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,12	-0,91	0,43	-0,81	0,25	-0,42	0,61	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,09	-0,74	0,43	-0,81	0,25	-0,41	0,73	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,03	-0,82	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,38	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,14	-0,79	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,69	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,09	-0,99	0,43	-0,81	0,24	-0,41	0,57	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,05	-0,87	0,43	-0,81	0,26	-0,44	0,87	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	0,05	-0,74	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,48	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,27	0,23	0,03	0,00	-0,04	0,09	0,28	0,06	0,01	0,05	-0,04	
<b>min-sym.</b>	-0,19	-0,31	0,03	0,00	-0,07	0,03	-0,28	0,06	0,01	0,05	-0,04	
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,28	0,25	0,04	0,06	0,06	0,09	0,23	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,26	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,28	0,24	0,04	0,06	0,06	0,08	0,23	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,23	0,20	0,04	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,05	0,08	0,20	0,04	0,04	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,32	0,28	0,05	0,07	0,07	0,10	0,26	0,05	0,06	0,06	0,05	
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,25	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,26	0,22	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,26	0,23	0,04	0,05	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,19	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,24	0,21	0,04	0,05	0,05	0,07	0,20	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,26	0,23	0,04	0,06	0,06	0,08	0,21	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,22	0,20	0,03	0,05	0,05	0,07	0,18	0,03	0,04	0,04	0,03	

	1_dini zreduk.		II ustawienie		ciężar 12g	42 Hz					
	max $\sigma_0$	1,12	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:		0,0	mdh z wyrównania		0,55	mm		
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,09	0,73	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,16	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,07	0,70	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,23	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,27	1,09	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,20	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,06	0,79	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,20	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,05	0,77	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,10	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,09	0,85	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,41	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,19	0,81	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,05	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,13	0,88	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,37	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,14	1,01	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,29	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,15	0,95	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,26	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,30	0,49	-0,09	0,66	-0,09	0,26	0,00	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,15	0,61	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,41	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,08	0,65	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,20	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,05	0,86	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,21	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,02	0,65	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,16	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,31	0,46	-0,09	0,66	-0,09	0,25	0,10	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,21	0,82	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,05	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,08	0,68	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,08	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,06	0,91	-0,09	0,66	-0,09	0,25	0,03	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,25	0,44	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,01	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
<b>max-sym.</b>	0,27	0,37	0,01	-0,06	0,02	-0,04	0,29	-0,08	0,01	-0,06	-0,03
<b>min-sym.</b>	-0,31	-0,27	0,01	-0,06	0,01	-0,05	-0,22	-0,08	0,01	-0,06	-0,03
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,45	0,45	0,03	0,05	0,05	0,07	0,42	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,41	0,41	0,03	0,04	0,05	0,06	0,39	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,05	0,05	0,07	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,43	0,43	0,03	0,04	0,05	0,07	0,40	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,45	0,45	0,03	0,05	0,05	0,07	0,43	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,41	0,41	0,03	0,04	0,05	0,06	0,39	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,41	0,41	0,03	0,04	0,05	0,06	0,39	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,05	0,05	0,07	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,49	0,49	0,04	0,05	0,05	0,08	0,46	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,44	0,44	0,03	0,05	0,05	0,07	0,42	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,45	0,45	0,03	0,05	0,05	0,07	0,43	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,46	0,46	0,03	0,05	0,05	0,07	0,43	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,44	0,44	0,03	0,05	0,05	0,07	0,41	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,43	0,43	0,03	0,05	0,05	0,07	0,41	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,44	0,44	0,03	0,05	0,05	0,07	0,42	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,46	0,46	0,03	0,05	0,05	0,07	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,51	0,51	0,04	0,05	0,06	0,08	0,48	0,04	0,04	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,42	0,42	0,03	0,04	0,05	0,06	0,39	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,49	0,48	0,04	0,05	0,05	0,08	0,46	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,49	0,49	0,04	0,05	0,05	0,08	0,46	0,03	0,04	0,04	0,04

	1_dini zreduk.		II ustawienie ciężar 12g 42 Hz										
	max $\sigma_0$	1,35	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0										
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,55 mm										
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,42	-0,68	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,27	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,02	-0,10	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,34	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,17	0,09	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,26	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,25	0,04	0,34	-0,15	0,15	-0,16	0,42	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,06	-0,08	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,33	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,11	-0,17	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,06	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,25	-0,01	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,34	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,07	-0,16	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,38	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,01	-0,16	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,37	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,14	0,18	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,21	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,13	-0,32	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,21	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,39	-0,51	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,21	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,18	-0,16	0,34	-0,15	0,15	-0,16	0,24	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,05	-0,10	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,48	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,01	-0,09	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,43	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	0,10	-0,05	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,34	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,04	-0,13	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,41	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,42	-0,24	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,49	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,26	-0,25	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,33	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,24	-0,28	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,43	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,33	0,28	0,04	-0,06	-0,05	0,03	0,09	-0,02	0,00	-0,01	-0,07		
<b>min-sym.</b>	-0,34	-0,59	0,04	-0,06	-0,06	0,01	-0,34	-0,02	0,00	-0,01	-0,07		
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,54	0,54	0,04	0,06	0,06	0,08	0,51	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,06	0,06	0,09	0,54	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,52	0,51	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,50	0,50	0,04	0,05	0,06	0,08	0,47	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,54	0,54	0,04	0,06	0,06	0,08	0,51	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,55	0,55	0,04	0,06	0,06	0,09	0,52	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,54	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,54	0,54	0,04	0,06	0,06	0,08	0,51	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,54	0,54	0,04	0,06	0,06	0,08	0,51	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,56	0,56	0,04	0,06	0,06	0,09	0,52	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,56	0,56	0,04	0,06	0,06	0,09	0,53	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04		

1_dini zreduk.		II ustawienie ciężar 12g 42 Hz									
max $\sigma_0$	1,35	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0									
mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,55 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,33	-1,41	0,43	-0,81	0,24	-0,43	0,43	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,09	-0,80	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,57	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_3</math></b>	-0,09	-1,00	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,46	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,31	-0,75	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,62	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,11	-0,84	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,44	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,01	-1,01	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,48	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,06	-0,81	0,43	-0,81	0,24	-0,43	0,39	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,06	-1,04	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,75	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,15	-1,17	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,66	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,29	-0,77	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,47	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,16	-0,81	0,43	-0,81	0,24	-0,43	0,21	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,24	-1,12	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,61	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,11	-0,81	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,44	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,10	-0,96	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,69	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	0,00	-0,74	0,43	-0,81	0,24	-0,43	0,59	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	0,41	-0,51	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,24	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,25	-0,95	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,45	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,34	-0,92	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,57	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,20	-1,16	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,31	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	0,01	-0,72	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,45	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,41	0,30	0,03	0,00	-0,06	0,08	0,16	0,06	0,01	0,05	-0,04
<b>min-sym.</b>	-0,34	-0,60	0,03	0,00	-0,07	0,06	-0,38	0,06	0,01	0,05	-0,04
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,53	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,49	0,49	0,04	0,05	0,05	0,08	0,46	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,50	0,50	0,04	0,05	0,05	0,08	0,47	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,51	0,51	0,04	0,05	0,06	0,08	0,48	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,50	0,50	0,04	0,05	0,05	0,08	0,47	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,06	0,06	0,09	0,54	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,53	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,51	0,51	0,04	0,05	0,06	0,08	0,48	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,51	0,51	0,04	0,05	0,06	0,08	0,48	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,50	0,50	0,04	0,05	0,05	0,08	0,47	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,49	0,49	0,04	0,05	0,05	0,08	0,46	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,56	0,55	0,04	0,06	0,06	0,09	0,52	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,52	0,52	0,04	0,05	0,06	0,08	0,49	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,51	0,51	0,04	0,05	0,06	0,08	0,48	0,04	0,04	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,53	0,53	0,04	0,06	0,06	0,08	0,50	0,04	0,05	0,05	0,04

1_dini zreduk.		III ustawienie ciężar 12g 42 Hz									
max $\sigma_0$	1,09	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 0,0									
mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,63 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,04	0,83	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,25	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,01	0,54	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,09	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,13	0,65	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,27	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,05	0,47	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,24	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,01	0,83	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,19	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,19	0,40	-0,09	0,66	-0,09	0,25	0,05	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_7</math></b>	0,02	0,63	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,10	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,07	0,70	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,15	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,04	0,79	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,08	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,29	0,85	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,18	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,33	0,83	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,28	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,11	0,74	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,34	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,29	0,74	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,02	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,24	0,69	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,07	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	0,02	0,97	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,14	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,22	0,62	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,07	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,20	0,97	-0,09	0,66	-0,09	0,26	-0,12	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,03	0,64	-0,09	0,66	-0,09	0,25	0,22	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,29	0,78	-0,09	0,66	-0,09	0,26	0,17	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,05	0,48	-0,09	0,66	-0,09	0,25	-0,43	-0,27	0,01	0,04	0,37
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
<b>max-sym.</b>	0,33	0,26	0,01	-0,06	0,02	-0,04	0,41	-0,08	0,01	-0,06	-0,03
<b>min-sym.</b>	-0,22	-0,31	0,01	-0,06	0,01	-0,05	-0,24	-0,08	0,01	-0,06	-0,03
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,46	0,46	0,03	0,04	0,04	0,06	0,43	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,50	0,49	0,03	0,05	0,05	0,07	0,47	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,50	0,50	0,03	0,05	0,05	0,07	0,47	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,04	0,04	0,06	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,04	0,05	0,06	0,45	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,04	0,05	0,06	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,41	0,41	0,03	0,04	0,04	0,06	0,39	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,45	0,45	0,03	0,04	0,04	0,06	0,42	0,03	0,03	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,45	0,44	0,03	0,04	0,04	0,06	0,42	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,46	0,46	0,03	0,04	0,04	0,06	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,46	0,46	0,03	0,04	0,04	0,06	0,43	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,43	0,43	0,03	0,04	0,04	0,06	0,41	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,51	0,51	0,03	0,05	0,05	0,07	0,48	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,44	0,44	0,03	0,04	0,04	0,06	0,41	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,41	0,41	0,03	0,04	0,04	0,06	0,39	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,55	0,55	0,04	0,05	0,05	0,07	0,52	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,44	0,44	0,03	0,04	0,04	0,06	0,41	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,50	0,50	0,03	0,05	0,05	0,07	0,47	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,04	0,04	0,06	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,47	0,47	0,03	0,04	0,04	0,06	0,44	0,03	0,04	0,04	0,03

	1_dini zreduk.		III ustawienie ciężar 12g 42 Hz										
	max $\sigma_0$	1,32	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0										
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,63 mm										
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,02	-0,42	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,31	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,29	0,00	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,07	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,16	-0,36	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,17	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,04	-0,29	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,50	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,08	-0,30	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,29	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,21	-0,21	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,36	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,44	-0,45	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,40	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,04	-0,21	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,11	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,02	0,00	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,25	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,12	-0,37	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,46	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,05	-0,26	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,34	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,32	-0,38	0,34	-0,15	0,15	-0,17	-0,04	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,04	-0,24	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,30	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,02	-0,51	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,34	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,22	-0,27	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,30	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,03	-0,21	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,44	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,05	-0,17	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,30	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,02	-0,22	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,00	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,28	-0,15	0,34	-0,15	0,15	-0,17	-0,17	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,16	-0,39	0,34	-0,15	0,15	-0,17	0,09	0,28	0,11	-0,21	-0,27		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,37	0,10	0,04	-0,06	-0,05	0,03	0,10	-0,02	0,00	-0,01	-0,07		
<b>min-sym.</b>	-0,36	-0,41	0,04	-0,06	-0,05	0,02	-0,57	-0,02	0,00	-0,01	-0,07		
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,62	0,62	0,04	0,06	0,06	0,08	0,58	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,57	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,62	0,62	0,04	0,06	0,06	0,08	0,58	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,05	0,05	0,08	0,54	0,03	0,04	0,04	0,04		
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,58	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,57	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,58	0,57	0,04	0,05	0,06	0,08	0,54	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,58	0,58	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,58	0,58	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,58	0,57	0,04	0,05	0,06	0,08	0,54	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,05	0,05	0,08	0,54	0,03	0,04	0,04	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,58	0,58	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,57	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,57	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,59	0,59	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,65	0,64	0,04	0,06	0,06	0,09	0,61	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,58	0,58	0,04	0,05	0,06	0,08	0,54	0,04	0,04	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,61	0,60	0,04	0,06	0,06	0,08	0,57	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,64	0,64	0,04	0,06	0,06	0,09	0,60	0,04	0,05	0,05	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,58	0,58	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,04	0,05	0,04		



1_dini zreduk.		III ustawienie ciężar 12g 42 Hz									
max $\sigma_0$	1,32	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0									
mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,63 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	0,02	-1,25	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,56	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,29	-0,54	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,16	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,03	-1,01	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,44	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,01	-0,76	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,74	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,09	-1,13	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,48	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,01	-0,61	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,31	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,46	-1,08	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,51	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,11	-0,92	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,26	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,06	-0,79	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,33	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,18	-1,23	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,64	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,28	-1,10	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,62	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,22	-1,13	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,29	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,25	-0,97	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,32	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,27	-1,20	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,41	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,24	-1,24	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,44	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	0,19	-0,83	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,51	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,14	-1,14	0,43	-0,81	0,24	-0,43	0,42	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,01	-0,86	0,43	-0,81	0,24	-0,43	-0,22	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,01	-0,93	0,43	-0,81	0,24	-0,42	-0,34	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,11	-0,87	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,51	0,55	0,10	-0,25	-0,64
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,29	0,27	0,03	0,00	-0,06	0,08	0,15	0,06	0,01	0,05	-0,04
<b>min-sym.</b>	-0,46	-0,44	0,03	0,00	-0,07	0,06	-0,93	0,06	0,01	0,05	-0,04
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,59	0,59	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,59	0,59	0,04	0,05	0,06	0,08	0,55	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,56	0,56	0,04	0,05	0,05	0,08	0,53	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,56	0,56	0,04	0,05	0,05	0,08	0,53	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,05	0,06	0,08	0,54	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,55	0,55	0,04	0,05	0,05	0,07	0,52	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,05	0,05	0,08	0,54	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,54	0,54	0,04	0,05	0,05	0,07	0,51	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,54	0,54	0,03	0,05	0,05	0,07	0,51	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,55	0,54	0,04	0,05	0,05	0,07	0,51	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,53	0,53	0,03	0,05	0,05	0,07	0,50	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,55	0,55	0,04	0,05	0,05	0,07	0,52	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,59	0,59	0,04	0,05	0,06	0,08	0,56	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,56	0,56	0,04	0,05	0,05	0,08	0,53	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,52	0,52	0,03	0,05	0,05	0,07	0,49	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,57	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,52	0,52	0,03	0,05	0,05	0,07	0,49	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,61	0,61	0,04	0,06	0,06	0,08	0,58	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,56	0,56	0,04	0,05	0,05	0,08	0,53	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,57	0,57	0,04	0,05	0,05	0,08	0,54	0,03	0,04	0,04	0,04

	1_dini zreduk.		śr ustawienie		ciężar 12g		42 Hz					
	max σ0	1,57	% σ0 przekraczających kryterium:		mdh z wyrównania		0,55 mm		7,5			
	mdh teoret	0,20										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b>ΔH1</b>	-0,11	0,73	-0,09	0,66	-0,10	0,31	-0,17	-0,27	0,01	0,03	0,37	
<b>ΔH2</b>	-0,02	0,66	-0,09	0,66	-0,11	0,28	-0,19	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH3</b>	0,10	0,87	-0,09	0,66	-0,10	0,24	-0,17	-0,27	0,01	0,05	0,37	
<b>ΔH4</b>	0,03	0,74	-0,09	0,66	-0,11	0,27	-0,17	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH5</b>	0,00	0,75	-0,09	0,66	-0,10	0,27	-0,08	-0,27	0,01	0,05	0,37	
<b>ΔH6</b>	-0,14	0,69	-0,09	0,66	-0,09	0,24	-0,15	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH7</b>	-0,16	0,66	-0,09	0,66	-0,10	0,34	-0,03	-0,27	0,01	0,05	0,37	
<b>ΔH8</b>	-0,12	0,82	-0,09	0,66	-0,09	0,30	-0,13	-0,27	0,01	0,03	0,37	
<b>ΔH9</b>	-0,03	0,79	-0,09	0,66	-0,07	0,25	-0,15	-0,27	0,00	0,03	0,37	
<b>ΔH10</b>	-0,01	0,81	-0,09	0,66	-0,08	0,28	-0,14	-0,27	0,01	0,03	0,37	
<b>ΔH11</b>	0,06	0,74	-0,09	0,66	-0,08	0,28	-0,16	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH12</b>	-0,04	0,65	-0,09	0,66	-0,11	0,29	-0,30	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH13</b>	-0,02	0,71	-0,09	0,66	-0,12	0,33	-0,13	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH14</b>	0,06	0,79	-0,09	0,66	-0,07	0,24	-0,09	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH15</b>	0,02	0,73	-0,09	0,66	-0,09	0,29	-0,20	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH16</b>	-0,20	0,55	-0,09	0,66	-0,09	0,25	0,03	-0,27	0,01	0,03	0,37	
<b>ΔH17</b>	0,14	0,76	-0,09	0,66	-0,09	0,33	-0,07	-0,27	0,01	0,04	0,37	
<b>ΔH18</b>	-0,06	0,72	-0,09	0,66	-0,11	0,29	-0,06	-0,27	0,01	0,05	0,37	
<b>ΔH19</b>	0,03	0,78	-0,09	0,66	-0,11	0,32	-0,02	-0,27	0,01	0,03	0,37	
<b>ΔH20</b>	-0,12	0,47	-0,09	0,66	-0,09	0,27	-0,14	-0,27	0,01	0,05	0,37	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,14	0,15	0,01	-0,06	0,04	0,04	0,22	-0,08	0,01	-0,05	-0,03	
<b>min-sym.</b>	-0,20	-0,24	0,01	-0,06	-0,01	-0,06	-0,11	-0,08	0,00	-0,07	-0,03	
<b>mΔH1</b>	0,12	0,12	0,04	0,06	0,06	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH2</b>	0,09	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>mΔH3</b>	0,08	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>mΔH4</b>	0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH5</b>	0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH6</b>	0,09	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>mΔH7</b>	0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH8</b>	0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH9</b>	0,12	0,11	0,04	0,06	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH10</b>	0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,09	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH11</b>	0,09	0,09	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH12</b>	0,13	0,13	0,04	0,06	0,06	0,08	0,13	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH13</b>	0,09	0,09	0,03	0,04	0,04	0,06	0,09	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH14</b>	0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH15</b>	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH16</b>	0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH17</b>	0,13	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH18</b>	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH19</b>	0,14	0,13	0,05	0,06	0,06	0,08	0,13	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH20</b>	0,11	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	

	1_dini zreduk.		śr ustawienie		ciężar 12g		42 Hz						
	max σ0	1,44	%σ0 przekraczających kryterium:		mdh z wyrównania		0,12 mm		2,5				
	mdh teoret	?											
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b>ΔH1</b>			-0,25	-0,42	0,34	-0,15	0,19	-0,17	0,35	0,28	0,10	-0,21	-0,27
<b>ΔH2</b>			0,08	-0,06	0,34	-0,15	0,14	-0,16	0,27	0,28	0,11	-0,21	-0,27
<b>ΔH3</b>			0,14	-0,13	0,34	-0,15	0,16	-0,21	0,38	0,28	0,11	-0,21	-0,27
<b>ΔH4</b>			0,12	-0,06	0,34	-0,15	0,15	-0,13	0,39	0,28	0,11	-0,21	-0,27
<b>ΔH5</b>			-0,05	-0,11	0,34	-0,15	0,17	-0,19	0,40	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH6</b>			-0,08	-0,14	0,34	-0,15	0,16	-0,16	0,28	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH7</b>			-0,37	-0,20	0,34	-0,15	0,16	-0,16	0,41	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH8</b>			-0,09	-0,21	0,34	-0,15	0,16	-0,15	0,36	0,28	0,11	-0,21	-0,27
<b>ΔH9</b>			-0,04	-0,14	0,34	-0,15	0,18	-0,22	0,30	0,28	0,10	-0,21	-0,27
<b>ΔH10</b>			0,01	-0,11	0,34	-0,15	0,16	-0,14	0,41	0,28	0,10	-0,22	-0,27
<b>ΔH11</b>			0,04	-0,18	0,34	-0,15	0,15	-0,18	0,35	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH12</b>			-0,26	-0,41	0,34	-0,15	0,14	-0,21	0,15	0,28	0,11	-0,21	-0,27
<b>ΔH13</b>			-0,13	-0,12	0,34	-0,15	0,15	-0,15	0,34	0,28	0,10	-0,22	-0,27
<b>ΔH14</b>			-0,02	-0,23	0,34	-0,15	0,20	-0,19	0,49	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH15</b>			-0,06	-0,17	0,34	-0,15	0,17	-0,18	0,37	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH16</b>			-0,01	-0,17	0,34	-0,15	0,16	-0,19	0,40	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH17</b>			-0,02	-0,20	0,34	-0,15	0,16	-0,14	0,43	0,28	0,11	-0,21	-0,27
<b>ΔH18</b>			-0,13	-0,20	0,34	-0,15	0,19	-0,23	0,23	0,28	0,10	-0,22	-0,27
<b>ΔH19</b>			-0,03	-0,20	0,34	-0,15	0,17	-0,22	0,24	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH20</b>			-0,14	-0,31	0,34	-0,15	0,17	-0,16	0,34	0,28	0,11	-0,20	-0,27
<b>ΔH symul.</b>			<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>			0,22	0,04	0,04	-0,06	0,00	0,07	0,09	-0,02	0,00	0,00	-0,07
<b>min-sym.</b>			-0,29	-0,32	0,04	-0,06	-0,06	-0,03	-0,25	-0,02	-0,01	-0,02	-0,07
<b>mΔH1</b>			0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH2</b>			0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>mΔH3</b>			0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>mΔH4</b>			0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH5</b>			0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH6</b>			0,11	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>mΔH7</b>			0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH8</b>			0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH9</b>			0,12	0,12	0,04	0,06	0,06	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH10</b>			0,13	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH11</b>			0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH12</b>			0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH13</b>			0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>mΔH14</b>			0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH15</b>			0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH16</b>			0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>mΔH17</b>			0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH18</b>			0,12	0,11	0,04	0,06	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04
<b>mΔH19</b>			0,11	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03
<b>mΔH20</b>			0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04

	1_dini zreduk.		śr ustawienie		ciężar 12g		42 Hz					
	max σ0	1,57	% σ0 przekraczających kryterium:		mdh z wyrównania		0,12 mm		10,0			
	mdh teoret	?										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	16
<b>ΔH1</b>	-0,14	-1,16	0,43	-0,81	0,28	-0,49	0,52	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH2</b>	0,09	-0,72	0,43	-0,81	0,24	-0,44	0,46	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b>ΔH3</b>	0,04	-0,99	0,43	-0,81	0,26	-0,44	0,55	0,55	0,09	-0,25	-0,64	
<b>ΔH4</b>	0,09	-0,80	0,43	-0,81	0,25	-0,40	0,56	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b>ΔH5</b>	-0,05	-0,85	0,43	-0,81	0,27	-0,47	0,48	0,55	0,09	-0,25	-0,64	
<b>ΔH6</b>	0,06	-0,82	0,43	-0,81	0,24	-0,40	0,43	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH7</b>	-0,21	-0,86	0,43	-0,81	0,26	-0,49	0,44	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b>ΔH8</b>	0,03	-1,03	0,43	-0,81	0,26	-0,45	0,49	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH9</b>	0,00	-0,93	0,43	-0,81	0,24	-0,47	0,45	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH10</b>	0,02	-0,92	0,43	-0,81	0,24	-0,42	0,55	0,55	0,09	-0,25	-0,64	
<b>ΔH11</b>	-0,02	-0,92	0,43	-0,81	0,23	-0,46	0,51	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH12</b>	-0,22	-1,06	0,43	-0,81	0,25	-0,50	0,45	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH13</b>	-0,11	-0,84	0,43	-0,81	0,27	-0,48	0,47	0,55	0,09	-0,26	-0,64	
<b>ΔH14</b>	-0,08	-1,02	0,43	-0,81	0,27	-0,43	0,58	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b>ΔH15</b>	-0,09	-0,90	0,43	-0,81	0,26	-0,48	0,57	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH16</b>	0,19	-0,72	0,43	-0,81	0,24	-0,44	0,37	0,55	0,10	-0,23	-0,64	
<b>ΔH17</b>	-0,15	-0,95	0,43	-0,81	0,25	-0,47	0,51	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH18</b>	-0,07	-0,92	0,43	-0,81	0,30	-0,52	0,29	0,55	0,09	-0,27	-0,64	
<b>ΔH19</b>	-0,06	-0,98	0,43	-0,81	0,28	-0,54	0,26	0,55	0,10	-0,24	-0,64	
<b>ΔH20</b>	-0,02	-0,78	0,43	-0,81	0,25	-0,43	0,48	0,55	0,10	-0,25	-0,64	
<b>ΔH symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>-0,60</b>	
<b>max-sym.</b>	0,19	0,09	0,03	0,00	-0,01	0,09	-0,01	0,06	0,01	0,06	-0,04	
<b>min-sym.</b>	-0,22	-0,34	0,03	0,00	-0,08	-0,04	-0,34	0,05	0,00	0,03	-0,04	
<b>mΔH1</b>	0,13	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH2</b>	0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH3</b>	0,10	0,09	0,03	0,05	0,04	0,06	0,09	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH4</b>	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH5</b>	0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH6</b>	0,10	0,10	0,03	0,05	0,05	0,06	0,10	0,03	0,04	0,04	0,03	
<b>mΔH7</b>	0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH8</b>	0,12	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH9</b>	0,13	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH10</b>	0,13	0,12	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH11</b>	0,12	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH12</b>	0,13	0,13	0,04	0,06	0,06	0,08	0,12	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH13</b>	0,11	0,10	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH14</b>	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH15</b>	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,10	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>mΔH16</b>	0,11	0,11	0,04	0,05	0,05	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH17</b>	0,14	0,13	0,05	0,06	0,06	0,08	0,13	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH18</b>	0,12	0,12	0,04	0,06	0,06	0,07	0,11	0,04	0,05	0,05	0,04	
<b>mΔH19</b>	0,14	0,13	0,05	0,07	0,06	0,09	0,13	0,04	0,06	0,06	0,05	
<b>mΔH20</b>	0,10	0,09	0,03	0,05	0,04	0,06	0,09	0,03	0,04	0,04	0,03	

**Załącznik 22.** Wartości przemieszczeń i ich dokładności dla: Dini03, 1x, 12 g, 42 Hz, s. pełn.

1_dini pełna		I ustawienie ciężar 12g 42 Hz										
max $\sigma 0$	1,20	% $\sigma 0$ przekraczających kryterium:										0,0
mdh teoret	0,16	mdh z wyrównania					0,27 mm					
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
$\Delta H1$	0,05	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H2$	-0,05	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H3$	-0,11	0,72	-0,11	0,65	-0,10	0,26	-0,16	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H4$	-0,08	0,72	-0,11	0,65	-0,10	0,27	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H5$	-0,07	0,71	-0,11	0,65	-0,10	0,27	-0,15	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H6$	-0,10	0,72	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H7$	-0,20	0,70	-0,11	0,65	-0,10	0,27	-0,16	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H8$	-0,11	0,71	-0,11	0,65	-0,10	0,27	-0,15	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H9$	-0,15	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H10$	-0,19	0,69	-0,12	0,64	-0,09	0,27	-0,16	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H11$	0,07	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,27	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H12$	-0,04	0,70	-0,11	0,65	-0,10	0,27	-0,15	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H13$	-0,18	0,70	-0,11	0,64	-0,10	0,27	-0,21	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H14$	-0,12	0,72	-0,11	0,65	-0,09	0,26	-0,16	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H15$	0,02	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,21	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H16$	-0,04	0,69	-0,12	0,65	-0,08	0,26	-0,14	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H17$	0,09	0,69	-0,12	0,64	-0,11	0,27	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H18$	-0,22	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,27	-0,22	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H19$	-0,07	0,71	-0,11	0,64	-0,10	0,27	-0,21	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H20$	-0,10	0,69	-0,12	0,65	-0,09	0,27	-0,15	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
$\Delta H$ symul.	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>
max-sym.	0,09	0,01	-0,01	-0,07	0,02	-0,02	0,05	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,02
min-sym.	-0,22	-0,03	-0,02	-0,08	-0,01	-0,04	-0,03	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,02
m $\Delta H1$	0,20	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H2$	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H3$	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H4$	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H5$	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
m $\Delta H6$	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H7$	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H8$	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H9$	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H10$	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H11$	0,17	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
m $\Delta H12$	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H13$	0,17	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
m $\Delta H14$	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
m $\Delta H15$	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
m $\Delta H16$	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
m $\Delta H17$	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H18$	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H19$	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
m $\Delta H20$	0,19	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04

	1_dini pełna		I ustawienie ciężar 12g 42 Hz									
	max $\sigma_0$	1,37	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:									
	mdh teoret	0,16	mdh z wyrównania					0,27 mm				
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,14	-0,13	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,38	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,19	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_3</math></b>	-0,03	-0,13	0,30	-0,16	0,16	-0,22	0,46	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,01	-0,12	0,30	-0,18	0,16	-0,20	0,36	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,07	-0,11	0,30	-0,16	0,15	-0,22	0,43	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,15	-0,11	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,42	-0,13	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,41	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_8</math></b>	-0,06	-0,14	0,29	-0,17	0,16	-0,22	0,42	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,09	-0,13	0,29	-0,17	0,16	-0,22	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,25	-0,13	0,29	-0,17	0,16	-0,21	0,41	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,08	-0,12	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,41	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,09	-0,14	0,29	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,19	-0,12	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,40	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	-0,04	-0,12	0,30	-0,17	0,17	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,09	-0,12	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,08	-0,14	0,29	-0,17	0,16	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,08	-0,14	0,29	-0,17	0,15	-0,21	0,42	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,10	-0,13	0,29	-0,18	0,15	-0,20	0,36	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,02	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,41	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,10	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,43	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>	0,23	-0,01	0,00	-0,07	-0,04	0,00	0,06	0,00	0,01	-0,02	0,04	-0,05
<b>min-sym.</b>	-0,34	-0,05	-0,01	-0,08	-0,06	-0,03	-0,05	-0,01	0,00	-0,02	0,04	-0,05
<b><math>m\Delta H_1</math></b>	0,22	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b><math>m\Delta H_2</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_3</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_4</math></b>	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_5</math></b>	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_6</math></b>	0,20	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_7</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_8</math></b>	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b><math>m\Delta H_9</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{10}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{11}</math></b>	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{12}</math></b>	0,20	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{13}</math></b>	0,17	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b><math>m\Delta H_{14}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{15}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{16}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{17}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{18}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{19}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b><math>m\Delta H_{20}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04

	1_dini pełna		I ustawienie ciężar 12g 42 Hz									
	max $\sigma_0$	1,37	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 5,0									
	mdh teoret	0,16	mdh z wyrównania 0,27 mm									
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,20	-0,84	0,41	-0,82	0,25	-0,47	0,56	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,14	-0,84	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,59	0,55	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,08	-0,85	0,41	-0,81	0,26	-0,48	0,62	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,07	-0,84	0,41	-0,82	0,26	-0,47	0,53	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,14	-0,82	0,41	-0,81	0,25	-0,48	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,25	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,55	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,22	-0,83	0,41	-0,81	0,26	-0,48	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,05	-0,85	0,40	-0,81	0,26	-0,48	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,06	-0,83	0,41	-0,82	0,25	-0,48	0,56	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,06	-0,83	0,41	-0,81	0,25	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,02	-0,84	0,41	-0,81	0,25	-0,48	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,05	-0,84	0,41	-0,82	0,25	-0,48	0,55	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,01	-0,82	0,41	-0,81	0,26	-0,49	0,61	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,08	-0,83	0,41	-0,81	0,25	-0,48	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,11	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,60	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,04	-0,83	0,41	-0,82	0,24	-0,47	0,54	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,00	-0,83	0,41	-0,81	0,26	-0,48	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,12	-0,84	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,05	-0,84	0,41	-0,80	0,25	-0,48	0,63	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	0,00	-0,82	0,41	-0,81	0,24	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,25	-0,01	0,01	0,01	-0,04	0,03	0,03	0,05	0,01	0,07	0,02	-0,03
<b>min-sym.</b>	-0,22	-0,04	0,00	-0,01	-0,07	0,01	-0,07	0,05	0,01	0,07	0,02	-0,03
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,22	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,20	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,18	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,20	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,19	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04

	1_dini pełna	II ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max $\sigma_0$	1,22	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 2,5										
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,57 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	0,19	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_2</math></b>	-0,08	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,04	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,10	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_5</math></b>	-0,01	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,03	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,06	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,27	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,01	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,08	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,18	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,10	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	0,15	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,08	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,27	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,08	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,10	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,19	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,18	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	0,07	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,02	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,01	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,19	0,00	-0,01	-0,07	0,02	-0,03	0,02	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,02	
<b>min-sym.</b>	-0,19	-0,01	-0,01	-0,08	0,01	-0,04	0,00	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,02	
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,39	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,43	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,43	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	



	1_dini pełna		II ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max $\sigma_0$	1,24	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 7,5											
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,57 mm											
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H</math> przemieszczenia aktualny - wyjściowy (C-A)</b>	<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,10	-0,13	0,29	-0,17	0,16	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H2</math></b>	0,02	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H3</math></b>	0,02	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H4</math></b>	0,06	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,05	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,10	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,38	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H7</math></b>	-0,20	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H8</math></b>	0,02	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H9</math></b>	0,04	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H10</math></b>	0,02	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H11</math></b>	0,01	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,20	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H13</math></b>	-0,09	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H14</math></b>	0,12	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H15</math></b>	-0,19	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,41	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H16</math></b>	-0,14	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H17</math></b>	0,08	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,22	-0,13	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,40	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H19</math></b>	-0,14	-0,12	0,30	-0,17	0,16	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H20</math></b>	-0,35	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25	
	<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>	
	<b>max-sym.</b>	0,20	-0,02	0,00	-0,08	-0,04	-0,01	0,01	-0,01	0,01	-0,02	0,04	-0,05	
	<b>min-sym.</b>	-0,27	-0,03	-0,01	-0,08	-0,06	-0,02	-0,02	-0,01	0,00	-0,02	0,04	-0,05	
	<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,44	0,07	0,04	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,43	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,43	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,43	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
	<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
	<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	

	1_dini pełna		II ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max $\sigma_0$	1,24	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 5,0											
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,57 mm											
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,30	-0,84	0,41	-0,81	0,24	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,19	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,09	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_4</math></b>	0,09	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,06	-0,83	0,41	-0,81	0,25	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,08	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,09	-0,83	0,41	-0,81	0,25	-0,48	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,06	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,08	-0,84	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,15	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,03	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,17	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,07	-0,83	0,41	-0,81	0,25	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,14	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	0,05	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	0,11	-0,82	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,06	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,21	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	-0,05	-0,83	0,41	-0,81	0,25	-0,48	0,56	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,23	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>		
<b>max-sym.</b>	0,19	-0,01	0,01	0,00	-0,06	0,02	0,00	0,05	0,01	0,07	0,02	-0,03		
<b>min-sym.</b>	-0,30	-0,03	0,01	0,00	-0,07	0,02	-0,03	0,05	0,01	0,07	0,02	-0,03		
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,39	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,39	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,43	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,40	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,42	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,41	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		

	1_dini pełna		III ustawienie ciężar 12g 42 Hz										
	max $\sigma_0$	1,14	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 0,0										
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,71 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>	-0,11	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,27	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H2</math></b>	-0,04	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H3</math></b>	-0,01	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H4</math></b>	0,01	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H5</math></b>	-0,13	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H6</math></b>	-0,19	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H7</math></b>	0,05	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H8</math></b>	-0,14	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H9</math></b>	-0,02	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H10</math></b>	0,27	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H11</math></b>	0,19	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H12</math></b>	-0,12	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H13</math></b>	0,25	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H14</math></b>	0,07	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H15</math></b>	0,02	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H16</math></b>	-0,36	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H17</math></b>	0,08	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H18</math></b>	-0,03	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H19</math></b>	0,18	0,71	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H20</math></b>	0,05	0,70	-0,11	0,64	-0,09	0,26	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38	
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>	
<b>max-sym.</b>	0,27	-0,01	-0,01	-0,07	0,02	-0,03	0,02	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,02	
<b>min-sym.</b>	-0,36	-0,01	-0,02	-0,08	0,01	-0,04	0,00	-0,06	0,01	-0,09	0,02	-0,02	
<b>m<math>\Delta H1</math></b>	0,45	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H2</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H3</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H4</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H5</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H6</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H7</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H8</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H9</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H10</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H11</math></b>	0,45	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H12</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H13</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H14</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H15</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H16</math></b>	0,50	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H17</math></b>	0,46	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H18</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	
<b>m<math>\Delta H19</math></b>	0,45	0,06	0,03	0,04	0,05	0,04	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	
<b>m<math>\Delta H20</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	

	1_dini pełna		III ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max $\sigma_0$	1,31	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium: 10,0											
	mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania 0,71 mm											
			1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	-0,07	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,13	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,09	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,01	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,00	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_6</math></b>	-0,13	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,16	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,01	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_9</math></b>	-0,02	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	0,09	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	0,06	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,20	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,38	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	0,06	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,09	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,05	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	-0,05	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	0,04	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,11	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,23	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,38	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,13	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25		
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>		
<b>max-sym.</b>	0,31	-0,03	0,00	-0,08	-0,05	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,02	0,04	-0,05		
<b>min-sym.</b>	-0,12	-0,03	-0,01	-0,08	-0,05	-0,02	-0,02	-0,01	0,01	-0,02	0,04	-0,05		
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,50	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,50	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,49	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,52	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,52	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,52	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,52	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,53	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,53	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04		

1_dini pełna		III ustawienie ciężar 12g 42 Hz										
max $\sigma_0$	1,31	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:										10,0
mdh teoret	0,20	mdh z wyrównania										0,71 mm
	1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H_1</math></b>	0,04	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_2</math></b>	0,17	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_3</math></b>	0,11	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_4</math></b>	-0,02	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_5</math></b>	0,14	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_6</math></b>	0,05	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_7</math></b>	-0,21	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_8</math></b>	0,15	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_9</math></b>	0,00	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{10}</math></b>	-0,18	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{11}</math></b>	-0,13	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{12}</math></b>	-0,08	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{13}</math></b>	-0,18	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{14}</math></b>	0,02	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{15}</math></b>	-0,07	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{16}</math></b>	0,30	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{17}</math></b>	-0,04	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{18}</math></b>	-0,09	-0,83	0,41	-0,82	0,25	-0,47	0,56	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{19}</math></b>	0,05	-0,83	0,41	-0,82	0,25	-0,47	0,55	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H_{20}</math></b>	-0,19	-0,83	0,41	-0,81	0,24	-0,47	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>	0,30	-0,02	0,01	0,00	-0,06	0,02	0,00	0,05	0,01	0,07	0,02	-0,03
<b>min-sym.</b>	-0,21	-0,02	0,01	0,00	-0,07	0,02	-0,04	0,05	0,01	0,07	0,02	-0,03
<b>m<math>\Delta H_1</math></b>	0,49	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_2</math></b>	0,49	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_3</math></b>	0,49	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_4</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_5</math></b>	0,49	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_6</math></b>	0,49	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_7</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_8</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_9</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,04	0,06	0,05	0,10	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{10}</math></b>	0,49	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{11}</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{12}</math></b>	0,49	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{13}</math></b>	0,51	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{14}</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{15}</math></b>	0,48	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{16}</math></b>	0,50	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{17}</math></b>	0,47	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{18}</math></b>	0,53	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,12	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>m<math>\Delta H_{19}</math></b>	0,49	0,06	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H_{20}</math></b>	0,49	0,07	0,03	0,05	0,06	0,05	0,11	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04

	1_dini pełna	śr ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max σ0	1,49	% σ0 przekraczających kryterium: 7,5										
	mdh teoret	?	mdh z wyrównania 0,12 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>		0,05	0,72	-0,11	0,64	-0,08	0,27	-0,21	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH2</b>		-0,09	0,67	-0,12	0,64	-0,09	0,28	-0,17	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH3</b>		-0,06	0,72	-0,11	0,65	-0,11	0,27	-0,16	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH4</b>		-0,03	0,72	-0,11	0,64	-0,13	0,28	-0,20	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH5</b>		-0,10	0,71	-0,11	0,65	-0,12	0,28	-0,13	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,39
<b>ΔH6</b>		-0,10	0,71	-0,11	0,64	-0,08	0,26	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH7</b>		-0,08	0,69	-0,12	0,65	-0,11	0,29	-0,16	-0,24	0,02	0,02	0,02	0,39
<b>ΔH8</b>		-0,11	0,72	-0,11	0,64	-0,10	0,28	-0,20	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH9</b>		-0,02	0,72	-0,11	0,64	-0,08	0,25	-0,17	-0,25	0,01	0,00	0,01	0,38
<b>ΔH10</b>		-0,02	0,71	-0,11	0,64	-0,07	0,28	-0,22	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH11</b>		0,08	0,69	-0,12	0,64	-0,08	0,27	-0,19	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH12</b>		-0,08	0,70	-0,12	0,63	-0,11	0,28	-0,23	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH13</b>		0,01	0,69	-0,12	0,64	-0,12	0,30	-0,20	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH14</b>		-0,01	0,72	-0,11	0,65	-0,07	0,27	-0,16	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH15</b>		-0,06	0,69	-0,12	0,64	-0,08	0,29	-0,18	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,38
<b>ΔH16</b>		-0,21	0,65	-0,13	0,66	-0,07	0,26	-0,08	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,39
<b>ΔH17</b>		0,11	0,70	-0,11	0,65	-0,11	0,29	-0,14	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,39
<b>ΔH18</b>		-0,07	0,70	-0,11	0,65	-0,09	0,29	-0,15	-0,24	0,02	0,01	0,02	0,39
<b>ΔH19</b>		0,01	0,71	-0,11	0,65	-0,11	0,29	-0,14	-0,25	0,01	0,01	0,02	0,39
<b>ΔH20</b>		-0,05	0,62	-0,13	0,64	-0,06	0,27	-0,17	-0,24	0,02	0,02	0,02	0,39
<b>ΔH symul.</b>		<b>0,00</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,72</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,40</b>
<b>max-sym.</b>		0,11	0,01	-0,01	-0,06	0,05	0,00	0,11	-0,05	0,02	-0,08	0,02	-0,01
<b>min-sym.</b>		-0,21	-0,09	-0,03	-0,09	-0,02	-0,05	-0,04	-0,06	0,01	-0,10	0,01	-0,02
<b>mΔH1</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH2</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH3</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH4</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH5</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH6</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH7</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH8</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH9</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH10</b>		0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH11</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH12</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH13</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH14</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH15</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH16</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH17</b>		0,10	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH18</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH19</b>		0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH20</b>		0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04

	1_ dini pełna	śr ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max $\sigma_0$	1,19	% $\sigma_0$ przekraczających kryterium:										
	mdh teoret	?	mdh z wyrównania 0,12 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b><math>\Delta H1</math></b>		-0,11	-0,20	0,28	-0,18	0,22	-0,21	0,38	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H2</math></b>		-0,02	-0,14	0,29	-0,18	0,16	-0,19	0,36	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H3</math></b>		0,03	-0,14	0,29	-0,17	0,17	-0,21	0,43	0,29	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H4</math></b>		0,02	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,17	0,39	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H5</math></b>		0,01	-0,10	0,30	-0,17	0,18	-0,22	0,39	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H6</math></b>		-0,04	-0,13	0,30	-0,18	0,17	-0,20	0,33	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H7</math></b>		-0,26	-0,12	0,30	-0,18	0,16	-0,20	0,35	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H8</math></b>		-0,02	-0,14	0,29	-0,18	0,16	-0,20	0,37	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H9</math></b>		-0,03	-0,14	0,29	-0,18	0,18	-0,23	0,37	0,29	0,11	-0,22	0,03	-0,25
<b><math>\Delta H10</math></b>		-0,05	-0,13	0,29	-0,17	0,18	-0,19	0,41	0,29	0,11	-0,23	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H11</math></b>		0,05	-0,15	0,29	-0,18	0,18	-0,20	0,37	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H12</math></b>		-0,20	-0,18	0,28	-0,20	0,15	-0,21	0,27	0,30	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H13</math></b>		-0,07	-0,12	0,30	-0,18	0,17	-0,20	0,36	0,29	0,11	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H14</math></b>		0,07	-0,15	0,29	-0,17	0,22	-0,21	0,39	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H15</math></b>		-0,10	-0,15	0,29	-0,17	0,19	-0,20	0,39	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H16</math></b>		-0,09	-0,13	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,42	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H17</math></b>		0,07	-0,12	0,30	-0,17	0,15	-0,21	0,40	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H18</math></b>		-0,15	-0,14	0,29	-0,18	0,21	-0,22	0,34	0,29	0,11	-0,22	0,03	-0,25
<b><math>\Delta H19</math></b>		0,01	-0,15	0,29	-0,19	0,21	-0,22	0,31	0,30	0,12	-0,22	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H20</math></b>		-0,19	-0,19	0,28	-0,17	0,19	-0,19	0,39	0,30	0,12	-0,21	0,04	-0,25
<b><math>\Delta H</math> symul.</b>		<b>-0,08</b>	<b>-0,10</b>	<b>0,30</b>	<b>-0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>-0,19</b>	<b>0,40</b>	<b>0,30</b>	<b>0,11</b>	<b>-0,20</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,20</b>
<b>max-sym.</b>		0,15	0,00	0,00	-0,07	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	-0,01	0,04	-0,05
<b>min-sym.</b>		-0,18	-0,10	-0,02	-0,10	-0,06	-0,04	-0,14	-0,01	0,00	-0,03	0,03	-0,05
<b>m<math>\Delta H1</math></b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H2</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H3</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H4</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H5</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H6</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H7</math></b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H8</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H9</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H10</math></b>		0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H11</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H12</math></b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H13</math></b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H14</math></b>		0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H15</math></b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H16</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H17</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H18</math></b>		0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>m<math>\Delta H19</math></b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>m<math>\Delta H20</math></b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04

	1_dini pełna	śr ustawienie ciężar 12g 42 Hz											
	max σ0	1,49	% σ0 przekraczających kryterium: 7,5										
	mdh teoret	?	mdh z wyrównania 0,12 mm										
		1	2	4	6	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>ΔH1</b>		-0,15	-0,92	0,39	-0,81	0,30	-0,48	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b>ΔH2</b>		0,07	-0,81	0,41	-0,82	0,25	-0,48	0,53	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,64
<b>ΔH3</b>		0,09	-0,86	0,40	-0,81	0,28	-0,48	0,58	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b>ΔH4</b>		0,05	-0,83	0,41	-0,81	0,28	-0,46	0,59	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b>ΔH5</b>		0,11	-0,81	0,41	-0,82	0,30	-0,50	0,52	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,64
<b>ΔH6</b>		0,06	-0,83	0,41	-0,82	0,25	-0,46	0,51	0,55	0,11	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH7</b>		-0,18	-0,81	0,41	-0,82	0,27	-0,50	0,52	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,64
<b>ΔH8</b>		0,09	-0,85	0,40	-0,82	0,25	-0,49	0,56	0,55	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH9</b>		-0,01	-0,86	0,40	-0,82	0,26	-0,48	0,53	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH10</b>		-0,02	-0,85	0,41	-0,80	0,25	-0,48	0,63	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b>ΔH11</b>		-0,03	-0,84	0,41	-0,82	0,25	-0,48	0,56	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH12</b>		-0,12	-0,88	0,40	-0,83	0,26	-0,49	0,49	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,64
<b>ΔH13</b>		-0,09	-0,81	0,41	-0,81	0,29	-0,50	0,57	0,54	0,10	-0,23	0,01	-0,64
<b>ΔH14</b>		0,07	-0,87	0,40	-0,82	0,28	-0,48	0,55	0,55	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH15</b>		-0,04	-0,84	0,41	-0,81	0,26	-0,49	0,57	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH16</b>		0,12	-0,78	0,42	-0,82	0,22	-0,47	0,50	0,55	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH17</b>		-0,03	-0,82	0,41	-0,82	0,26	-0,49	0,53	0,55	0,10	-0,22	0,02	-0,63
<b>ΔH18</b>		-0,08	-0,85	0,40	-0,83	0,29	-0,51	0,49	0,54	0,10	-0,24	0,01	-0,64
<b>ΔH19</b>		0,00	-0,86	0,40	-0,84	0,32	-0,50	0,44	0,54	0,10	-0,22	0,02	-0,64
<b>ΔH20</b>		-0,14	-0,81	0,41	-0,81	0,24	-0,46	0,56	0,54	0,10	-0,23	0,02	-0,63
<b>ΔH symul.</b>		<b>0,00</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,40</b>	<b>-0,81</b>	<b>0,31</b>	<b>-0,49</b>	<b>0,59</b>	<b>0,49</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,30</b>	<b>0,00</b>	<b>-0,60</b>
<b>max-sym.</b>		0,12	0,03	0,02	0,01	0,01	0,04	0,04	0,05	0,02	0,08	0,02	-0,03
<b>min-sym.</b>		-0,18	-0,11	-0,01	-0,03	-0,09	-0,02	-0,15	0,04	0,01	0,06	0,01	-0,04
<b>mΔH1</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH2</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH3</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH4</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH5</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH6</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH7</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH8</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH9</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH10</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH11</b>		0,09	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
<b>mΔH12</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH13</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH14</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH15</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>mΔH16</b>		0,09	0,05	0,03	0,04	0,05	0,04	0,07	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH17</b>		0,10	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH18</b>		0,09	0,06	0,03	0,04	0,05	0,05	0,07	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04
<b>mΔH19</b>		0,10	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,09	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>mΔH20</b>		0,08	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03