



## WSTĘP

Uszkodzenie ładunku przewożonego na CTU (Jednostkach Transportu - Cargo Transport Unit) ze względu na brak odpowiedniego opakowania lub też właściwego mocowania i zabezpieczenia jest sprawą wielkiej wagi dla gąłęzi przemysłu i załadowców.

Ładunki niebezpieczne stanowią zagrożenie dla ludzi i środowiska.

Świadczy się dużą ilość usług w zakresie transportu multimodalnego, obejmującego zarówno transport morski, jak i lądowy. Te różne typy transportu wymagają dużej wiedzy w zakresie mocowania ładunku.

Międzynarodowa Organizacja Morska (IMO) opracowała Wskazówki IMO/ILO/UN-ECE w zakresie załadunku CTU wraz z załącznikiem przedstawiającym zagadnienia, które powinny zostać ujęte w programie szkoleniowym ładowania i zabezpieczania ładunku na CTU.

Niestety, nie ma prostych wskazówek w zakresie bezpiecznego świadczenia usług Ro-Ro dla tych, którzy takie usługi świadczą.

Niniejsza instrukcja ma za zadanie pokazać kierowcom i załadowcom sposoby bezpiecznego i prawidłowego mocowania i zabezpieczania ładunku na CTU na potrzeby transportu morskiego.

## SPIS TREŚCI

Tytuł	Strona
Siły w transporcie multimodalnym	2
Oględziny przed załadunkiem	3
Załadunek, mocowanie i zabezpieczanie ładunku	4
Zabezpieczanie pojazdów na statkach typu Ro-Ro	5
Tarcie	6
“Nakazy” i “Zakazy”	7-10
Przykłady mocowania	18
Praktyczne rady	19
Tabele przeliczeniowe	21
Kątomierz	okładka

## 1. SIŁY W TRANSPORCIE MULTIMODALNYM

Przepisy regulujące ruch drogowy dotyczą bardzo specyficznych sił, które mogą powstać podczas transportu. Siły te znacznie się różnią w stosunku do innych form transportu, takich jak statki czy też kolej ze względu na fakt, iż tarcie nie zawsze wspomaga działanie osprzętu do mocowania.

Tabela niżej przedstawia przyspieszenia w g, gdzie  $1\text{ g} = 9,81\text{ m/sec}^2$ .

Typ Transportu	do przodu	do tyłu	na boki
DROGOWY	1.0	0.5	0.5
KOLEJOWY			
Wagony podczas przetaczania	4.0	4.0	$0.5 \pm 0.3$
Transport kombinowany *	1.0	1.0	$0.5 \pm 0.3$
MORSKI			
Morze Bałtyckie	$0.3 \pm 0.5$	$0.3 \pm 0.5$	0.5
Morze Północne	$0.3 \pm 0.7$	$0.3 \pm 0.7$	0.7
Bez ograniczeń	$0.4 \pm 0.8$	$0.4 \pm 0.8$	0.8

\*Transport kombinowany oznacza wagony z kontenerami, pojazdy holujące, naczepy i ciężarówki, jak również "pociągi drogowe" (UIC i RIV).

Jak to przedstawiono wyżej, mocowanie stosowane w przypadku transportu lądowego nie odpowiada wymogom innych form transportu.

### Reguła praktyczna

Powyższe wartości można przełożyć w prosty sposób, aby ukazać jakie siły są potrzebne dla zabezpieczenia ładunku. Na przykład dla Bałtyku, kierunek do tyłu jest  $0,5 \approx 50\%$  masy. Osprzęt do mocowania w tym przypadku powinien mieć wytrzymałość wynoszącą  $50\%$  masy.

## 2. INSPEKCJE WZROKOWE PRZED ZAŁADUNKIEM

Przed załadowaniem CTU (Jednostka Transportu) należy poddać dokładnym oględzinom. Następujące punkty mogą zostać wykorzystane jako wskazówki formy kontroli jednostki przed załadunkiem.

### STRONA ZEWNĘTRZNA

1. W razie stwierdzenia obniżenia wytrzymałości konstrukcyjnej CTU, jednostka ta nie powinna być w ruchu.
2. Ściany, podłoga i dach CTU powinny znajdować się w dobrym stanie i nie powinny mieć widocznych odkształceń.
3. Drzwi powinny stanowić bezpieczne i szczelne zamknięcie w pozycji zamkniętej i być prawidłowo zabezpieczone w pozycji otwartej. Uszczelnienia drzwi i taśma uszczelniająca powinny być w dobrym stanie.
4. Nieaktualne nalepki, plakietki, oznaczenia i znaki powinny zostać usunięte lub zastonięte.
5. Na pojazdach powinny znajdować się zaczepy umożliwiające zabezpieczenie go na statku (por. ISO 9367-1 i ISO 9367-2).
6. W przypadku stosowania plandek płóciennych należy sprawdzić czy ich stan jest zadowalający i czy możliwe jest ich zamocowanie. Pętle lub ucha w takich plandekach, przez które przechodzi linka mocująca, jak również sama linka, muszą być w dobrym stanie.
7. Podczas załadunku pojazdów holowanych należy mieć na względzie, że konstrukcja podłogi i spodu jest w większości przypadków głównym obszarem wytrzymałości konstrukcyjnej.

### WNĘTRZE POJAZDU

1. CTU powinien być odporny na działanie czynników atmosferycznych, o ile nie jest zbudowany w taki sposób, że jest to w sposób oczywisty niemożliwe.
2. CTU nie powinien mieć śladów poważnych uszkodzeń, złamanych desek podłogowych lub wystających gwoździ, śrub, specjalnych mocowań, które mogą spowodować obrażenia ciała lub uszkodzenia ładunku.
3. Zaczepy i pierścienie, jeżeli stanowią wyposażenie CTU, powinny być w dobrym stanie i powinny być dobrze przymocowane. W przypadku zabezpieczania na CTU ciężkich jednostek ładunku należy skontaktować się z agentem spedytora lub załadowcy w celu uzyskania informacji w zakresie wytrzymałości uchwytów oraz odpowiednich czynności, jakie zostały wykonane.
4. CTU powinien być czysty, suchy i wolny od pozostałości i trwałych zapachów po poprzednich ładunkach.
5. CTU składane, mające elementy ruchome lub zdejmowane musi być prawidłowo złożone. Należy zwrócić uwagę, czy części, które nie są w użyciu zostały umieszczone i zabezpieczone wewnątrz jednostki.

### 3. ZAŁADUNEK, MOCOWANIE I ZABEZPIECZANIE ŁADUNKU

Podczas planowania załadunku CTU należy uwzględnić potencjalne problemy, jakie mogą wyniknąć podczas jego załadunku, jak i rozładunku.

1. Zasadnicze znaczenie ma zabezpieczenie ładunku przed możliwym do przewidzenia przesuwaniem się go wewnątrz CTU. Sposób zabezpieczenia ładunku nie powinien powodować jego uszkodzenia lub pogorszenia się jakości ładunku, kontenera bądź pojazdu.
2. Nie należy zakładać, że ładunek nie będzie przesuwiał się podczas transportu, ponieważ jest ciężki.
3. W przypadku ładunków foremnych ścisłość sztauwowania należy uzyskać poprzez ułożenie ich w zwarty sposób pomiędzy ścianami bocznymi. Jednakże w wielu przypadkach mogą powstać niewypełnione przestrzenie. Jeżeli niewypełnione przestrzenie między ładunkami są zbyt duże, wówczas należy użyć drewna sztauerskiego, tektury falistej, poduszek powietrznych lub innych odpowiednich środków.
4. W przypadku użycia poduszek powietrznych należy ściśle przestrzegać instrukcji producenta odnośnie ich ciśnienia roboczego. Należy uwzględnić możliwość znacznego wzrostu tego ciśnienia w temperaturach wyższych od temperatury podczas załadunku CTU.
5. Ciężar ładunku powinien zostać równomiernie rozłożony na całej podłodze CTU.
6. Rozmieszczenie ładunku powinno być tak zaplanowane, aby środek ciężkości ładunku znajdował się w pobliżu środka długości CTU. Należy zwrócić szczególną uwagę na dopuszczalny nacisk na oś.
7. Ładunków ciężkich nie należy umieszczać na ładunkach lekkich, a płynów na powierzchni ciał stałych.
8. Ładunki uszkodzone nie powinny być umieszczone w CTU przed podjęciem środków ostrożności, zapobiegającym ich uszkodzeniu przez rozsyp lub wycieki.
9. Stałe wyposażenie zabezpieczające, stanowiące część konstrukcji CTU powinno być wykorzystywane wszędzie tam, gdzie jest to niezbędne w celu zapobieżenia przemieszczania się ładunków.
10. Należy przestrzegać specjalnych instrukcji umieszczonych na ładunkach lub też dostarczanych w inny sposób, np.:
  - 10.1. towary oznakowane "zabezpieczyć przed mrozem" powinny być umieszczone z dala od ścian CTU,
  - 10.2. towary oznakowane "górze, nie przewracać" powinny być układane stosownie do tego zalecenia,
  - 10.3. należy przestrzegać maksymalnej wysokości stosu ładunkowego.
11. W przypadku wykorzystania mocowań ładunku znajdujących się w pojeździe, należy zwrócić szczególną uwagę na to, czy siły po obu stronach ładunku są takie same. Można to uzyskać stosując zabezpieczenie krawędzi tam, gdzie mocowanie biegnie wokół ostrych krawędzi i występów.

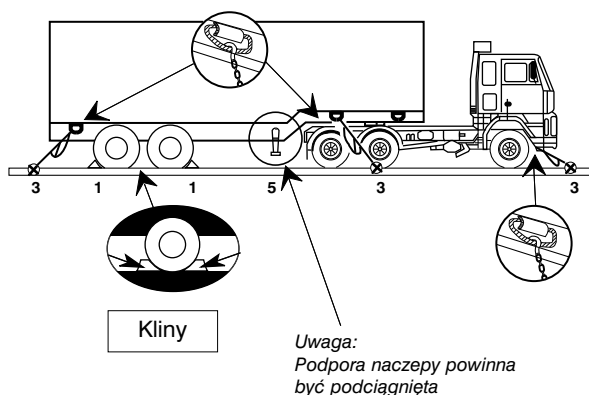
### 4. ZABEZPIECZANIE POJAZDÓW NA STATKACH TYPU RO-RO

Nigdy nie należy zakładać, że pojazd nie będzie się przesuwał podczas transportu ze względu na tarcie, ponieważ jest ciężki.

*Czy pamiętacie jazdę po wzgórzu, kiedy właśnie macie zacząć zjeżdżać w dół, bardzo często macie uczucie, że "lecciecie" - to "latanie" stanowi dokładnie taką samą sytuację razy 10 w przypadku waszego ładunku, jak i pojazdu znajdującego się na pokładzie statku.*

Aby załoga na pokładzie mogła zamocować pojazdy, muszą one być wyposażone w odpowiednie otwory (uchwyty). Ilość takich otworów (uchwyty) jest określona we wspomnianych przepisach ISO. Jako regułę praktyczną można wyliczyć wielkość na jeden punkt mocowania po każdej stronie pojazdu na każde 12 ton równo rozłożonego ciężaru całkowitego, jednakże nie mniej niż 2 punkty mocowania.

Każdy z otworów (uchwyty) powinien mieć maksymalną wytrzymałość wynoszącą 12 ton.



#### Przed opuszczeniem pojazdu:

- Spuść powietrze z zawieszenia.
- Zaciągnij hamulec.
- Pojazdy z silnikami diesla nie powinny zostawać na biegu podczas podróży, gdyż w każdym momencie mogą być uruchomione.



5. Tarcie

Siła tarcia to siła zapobiegająca przesuwaniu się ładunku. Siła tarcia nie zależy od ciężaru, tzn. w takich samych warunkach ładunek ciężki przesuwa się z taką samą prędkością, jak ładunek lekki.

Siłę tarcia możemy podzielić na siłę przylegania i siłę przeciwdziałającą ślizganiu się, które to siły mogą znacznie się różnić.

*Łatwiej jest pchnąć pudełko, gdy już się porusza, ale trudniej jest wprowadzić je w ruch.*

W kwestiach zabezpieczania należy zawsze uwzględniać siłę przeciwdziałającą ślizganiu się, a nie siłę przylegania.

Tabela wartości tarcia

Tarcie = $\mu$			
Materiał	Suchy	Mokry	Tłusty
Drewno/ Drewno	0.20-0.50	0.20-0.25	0.05-0.15
Stal/ Drewno	0.20-0.50	0.20-0.25	0.02-0.10
Stal/ Stal	0.10-0.25	0.10-0.20	0.01-0.10
Beton/ Drewno	0.30-0.60	0.30-0.50	0.10-0.20

**Reguła praktyczna dla mocowania (Przez górę) patrz na przykłady**

Przykład: Waga 1000 kg, Kąt = 90°, przyspieszenie 1G

*Nacisk na każdej stronie =  $2 * 1000 = 2000$  daN (kp), co wymaga 5 odciągów o naprężeniu wynoszącym 400 daN (kp).*

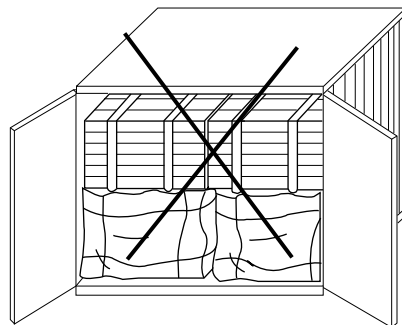
**Uwaga:** Wszystkie rodzaje ładunków muszą posiadać co najmniej 2 odciągi. Obliczona siła (CS) urządzeń mocujących powinna być zmniejszona w stosunku do MSL, używając współczynnika bezpieczeństwa 1,5 następująco:

$$CS = MSL/1,5$$

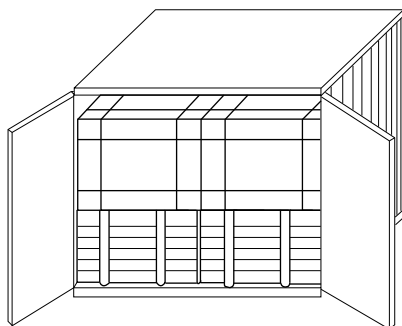
Metoda zabezpieczania przez górę ładunku powinna być stosowana wyłącznie w przypadku małych ciężarów. Nie ma sensu owijanie ładunków mocowaniami, gdy inne metody są wystarczające. Przy metodzie mocowania przez górę ładunku ciężar 25 000 kg wymagałby 125 mocowań (Maksymalna wytrzymałość = 400 kg,  $\mu = 0,2$  i kąt = 90°).

Możliwe jest precyzyjne wyliczenie wytrzymałości systemu mocującego, jednakże wymaga to czasu i wyliczenia takie wychodzą poza ramy niniejszego poradnika. Tabele do wyliczenia odpowiedniej siły mocowania znajdują się na końcu niniejszego poradnika wraz z przykładami.

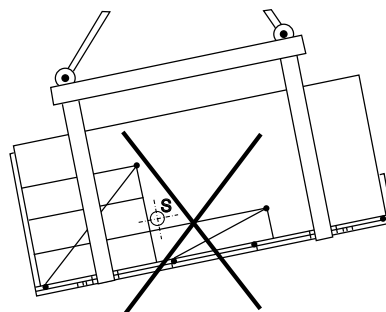
Rysunki „nakazów” i „zakazów”



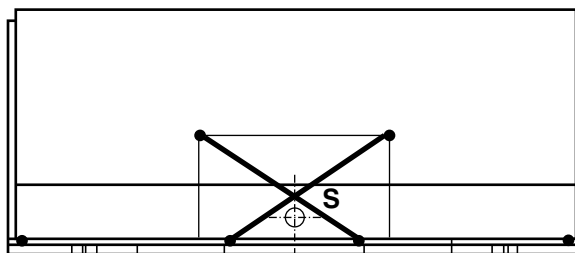
**NIGDY** nie umieszczać ładunków ciężkich na ładunkach lekkich



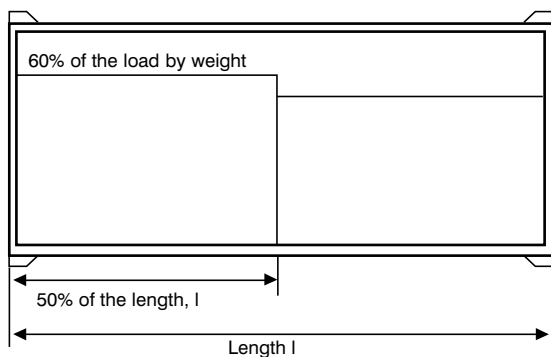
**ZAWSZE** umieszczać ładunki lekkie na ciężkich



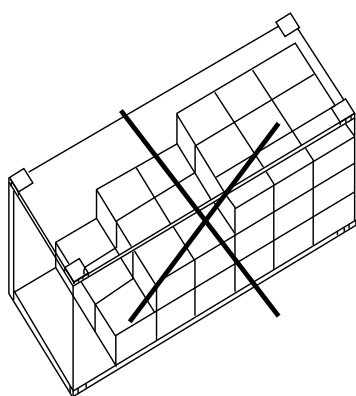
**NIGDY** nie umieszczać ładunku niesymetrycznie



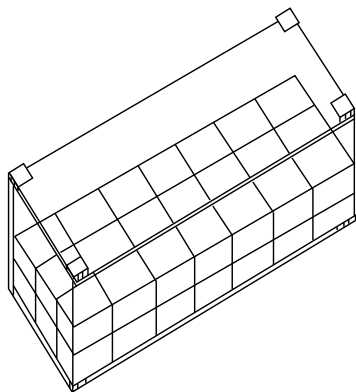
**ZAWSZE** umieszczać ładunek w osi symetrii



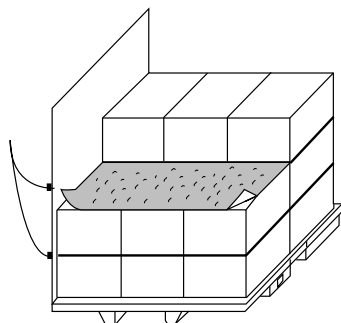
Równomierne rozmieszczenie ładunku:  
**NIE** więcej niż 60 % ładunku na połowie kontenera



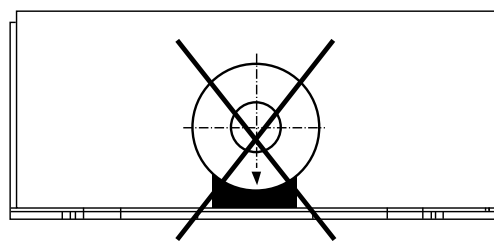
**NIE** układać nieregularnych warstw paczek



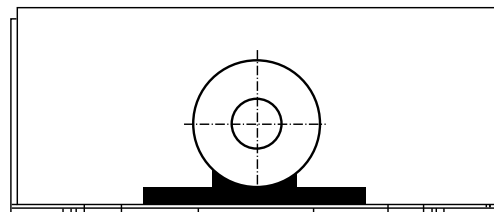
**ZAWSZE** układaj paczki w równych blokach



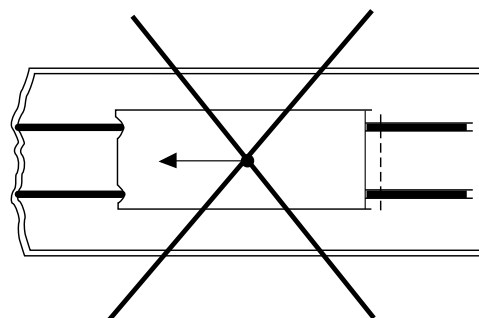
**ZAWSZE** używaj przyczepnych materiałów powierzchniowych zapobiegających przesuwaniu się paczek



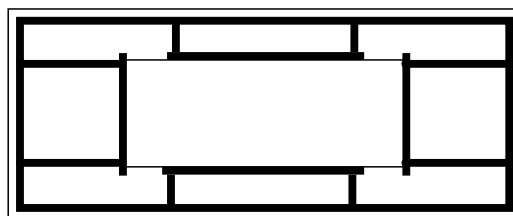
**NIGDY** nie skupiaj ciężkich ładunków na małej powierzchni



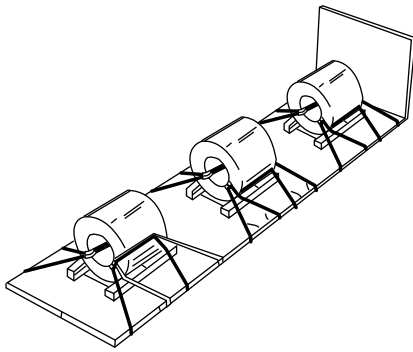
**ZAWSZE** rozkładaj masę ciężkich ładunków na dużej powierzchni



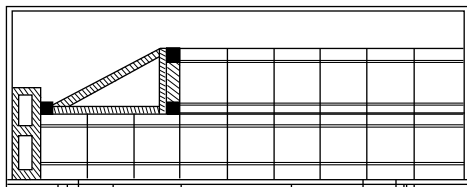
**NIGDY** nie zabezpieczaj ładunku za pomocą urządzeń powodujących powstanie dużych sił na małej powierzchni konstrukcji wewnętrznej pojazdu



**ZAWSZE** zabezpieczaj ładunek w sposób powodujący równomierne rozłożenie sił na dużej powierzchni



**ZAWSZE** zabezpieczaj niezależnie każdą pojedynczą sztukę ładunku



**ZAWSZE** odpowiednio zabezpieczaj górną warstwę

### Przykłady obliczeń

**Podsumowanie:** Przedstawione metody mocowania są liczone zgodnie z przyspieszeniem  $9,81 \text{ m/s}^2$  we wszystkich kierunkach i współczynniku tarcia 0,2.

Każde mocowanie ma siłę zrywającą 4 000 kg, przy współczynniku bezpieczeństwa 2. Dopuszczalne Obciążenie Robocze (DOR) jest 2 000 kg.

**Naprężenie:** Wszystkie zamocowania mogą być naprężane maksymalnie. W wielu krajach, najwyższa siła napinająca jest określona na 10 % siły zrywającej. Często jest niemożliwym naprężanie mocniej niż 400 kg, co odpowiada zamocowaniu z siłą zrywającą 4 000 kg.

**Rozmieszczenie punktów mocujących:** Punkty mocujące w podłodze pojazdu powinny mieć wytrzymałość 2 000 kg. Rama pojazdu powinna mieć wytrzymałość 12 000 kg.

**Uwaga:** Wyliczone siły mocujące/naprężenia odpowiadają całkowitym siłom po każdej stronie obiektu, którego dotyczy.

Wyliczenia uwzględniają zabezpieczenie przed przesunięciem i przewróceniem. Środek ciężkości we wszystkich przykładach jest przyjęty w środku pojazdu i jeżeli środek ciężkości znajduje się w innym miejscu, należy przeprowadzić dodatkowe wyliczenia.

**Przykłady ilustrują:**

1. Mocowanie górne + przed przewróceniem.
2. Mocowanie kątowe + przed przewróceniem.
3. Mocowanie poziome + przed przewróceniem.
4. Mocowanie krzyżowe + przed przewróceniem.
5. Mocowanie okrężne.
6. Mocowanie górne przedmiotów okrągłych.
7. Mocowanie krzyżowe obiektów okrągłych.

**Praktyczne rady patrz strona 20.**

Przykłady zabezpieczenia przed przewróceniem mogą być używane niezależnie z różnymi poziomymi metodami mocowania. Pionowe siły w zabezpieczeniu przed przewróceniem nie są uwzględniane, gdy jest stosowane łącznie z mocowaniem poziomym.

W przedstawionych przykładach są używane następujące wartości, w przypadku gdy nie są one określone:

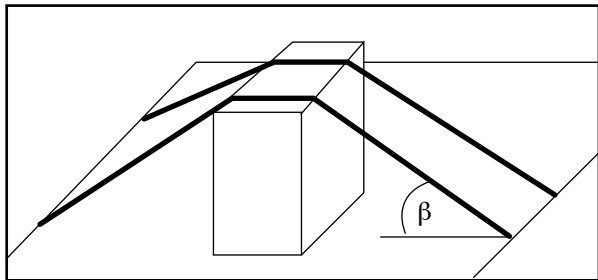
Przyspieszenie ( $1=9,81 \text{ m/s}^2$ )	1	f
Waga	3000 kg	G
Tarcie	0,2	$\mu$
Kąt poziomy mocowania wzdłuż pojazdu	50	$\alpha_2$
Kąt poziomy mocowania w poprzek pojazdu	40	$\alpha$
Kąt pionowy mocowania	30	$\beta$
Wymiary obiektu H : B : L (wysokość:szerokość:dlugość)	6:2:3	
Siła zrywająca zamocowań	4000 kg	
Maksymalne naprężenie (10% siły zrywającej)	400 kg	

### UWAGA:

Obliczenia mocowania ładunku zabezpieczające przed przewróceniem powinny być opuszczone w przypadku, kiedy występują następujące zależności:  $L:H > 1$ , i  $B:H > 1$ .

## Przykłady obliczeń

### 1. Mocowanie przez górną powierzchnię ładunku + przed przewróceniem



#### Zabezpieczenie poziomego momentu:

$$\text{Wzór: } Z = G/2 \cdot (f/\mu - 1) / \sin\beta$$

$\beta =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\mu = 0,2$	#	11,52	5,85	4,00	3,11	2,61	2,31	2,13	2,03	2,00

#### Zabezpieczenie przed przewróceniem:

$$\text{Wzór: } Z = G \cdot (f \cdot H/B, L - 1)/(2 \cdot \sin\beta)$$

$\beta =$ H/B, L	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1,00	#	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,50	#	1,44	0,73	0,50	0,39	0,33	0,29	0,27	0,25	0,25
2,00	#	2,88	1,46	1,00	0,78	0,65	0,58	0,53	0,51	0,50
3,00	#	5,76	2,92	2,00	1,56	1,31	1,15	1,06	1,02	1,00
4,00	#	8,64	4,39	3,00	2,33	1,96	1,73	1,60	1,52	1,50
5,00	#	11,52	5,85	4,00	3,11	2,61	2,31	2,13	2,03	2,00

#### Przykład zabezpieczenia momentu poziomego:

$$3\ 000 \cdot 4,00 = 12\ 000 \text{ kg naprężenia po każdej stronie}$$

To może być zrobione 30 odciągami, które mają wytrzymałość 400 kg na obie strony. Odciągi o wytrzymałości 400 kg mają siłę zrywającą 4 000 kg.

Przedmiot jest dociśnięty wagą 12 000 kg + waga przedmiotu = 15 000 kg i należy tę całkowitą wagę uwzględnić przy określaniu oporu tarcia we wszystkich kierunkach. Jeżeli kąt się zmieni z 30 do 90 stopni, zamocowanie tego samego przedmiotu może być osiągnięte tylko 15 odciągami.

#### Przykład zabezpieczenia przed przewróceniem:

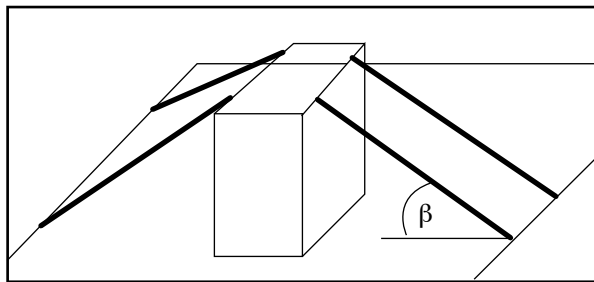
$$3\ 000 \cdot 2,00 = 6\ 000 \text{ kg siła mocowania}$$

To może być zrealizowane przy użyciu 3 odciągów, każdy o wytrzymałości 2 000 kg.

Jeżeli przedmiot jest zabezpieczony przed przesunięciem, może być zamocowany przy użyciu 3 odciągów.

## Przykłady obliczeń

### 2. Mocowanie kątowe + przed przewróceniem



#### Poziome zabezpieczenie przed przesunięciem

$$\text{Wzór: } Z = G \cdot (f - \mu)/(\mu \cdot \sin\beta + \cos\beta)$$

$\beta =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\mu = 0,2$	#	0,78	0,79	0,83	0,89	1,01	1,19	1,51	2,16	4,00

#### Zabezpieczenie przed przewróceniem

$$\text{Wzór: } Z = G \cdot (f - B/H)/(2 \cdot (B/H \cdot \sin\beta + \cos\beta))$$

$\beta =$ B, L/H	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,80	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,13
0,75	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,14	0,17
0,50	0,25	0,23	0,23	0,22	0,23	0,24	0,27	0,31	0,38	0,50
0,25	0,38	0,36	0,37	0,38	0,40	0,45	0,52	0,65	0,89	1,50
0,20	0,40	0,39	0,40	0,41	0,45	0,50	0,59	0,75	1,08	2,00

#### Przykład zabezpieczenia momentu poziomego:

$$3\ 000 \cdot 0,83 = 2\ 490 \text{ kg siła mocowania po każdej stronie. To może być osiągnięte 4 odciągami o wytrzymałości 1 245 kg każdy.}$$

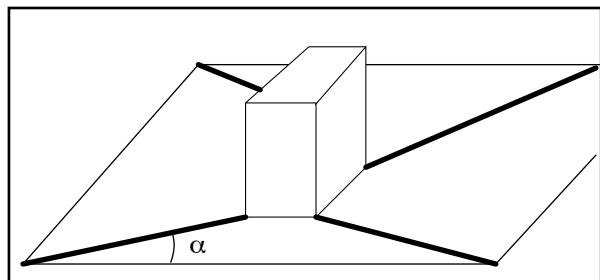
#### Przykład zabezpieczenia przed przewróceniem (H : L = 6 : 3)

$$3\ 000 \cdot 0,22 = 660 \text{ kg siła mocowania po każdej stronie.}$$

Kiedy mocowanie jest określone na 2 000 kg, to zabezpieczenie wymaga jednego odciągu po każdej stronie o wytrzymałości 660 kg.

Jeżeli przedmiot jest zabezpieczony przed przesunięciem, może być zamocowany przy użyciu 2 odciągów.

### 3. Mocowanie poziome + przed przewróceniem



#### Zabezpieczenie momentu poziomego

Wzór:  $Z = G \cdot (f - \mu) / \cos \alpha_2$

$\alpha =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$\mu = 0,2$	0,80	0,81	0,85	0,92	1,04	1,24	1,60	2,34	4,61	#

#### Zabezpieczenie przed przewróceniem (To mocowanie jest robione, jak w mocowaniu kątowym)

Wzór:  $Z = G \cdot (f - B/H) / (2 \cdot (B/H \cdot \sin \beta + \cos \beta))$

$\beta =$ B,L/H	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,80	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,13
0,75	0,13	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,14	0,17
0,50	0,25	0,23	0,23	0,22	0,23	0,24	0,27	0,31	0,38	0,50
0,25	0,38	0,36	0,37	0,38	0,40	0,45	0,52	0,65	0,89	1,50
0,20	0,40	0,39	0,40	0,41	0,45	0,50	0,59	0,75	1,08	2,00

#### Przykład zabezpieczenia momentu poziomego:

$3\ 000 \cdot 1,04 = 3\ 120$  kg siła trzymania po każdej stronie.  
To może być osiągnięte przy mocowaniu 4 odciągami o wytrzymałości 1 560 kg.

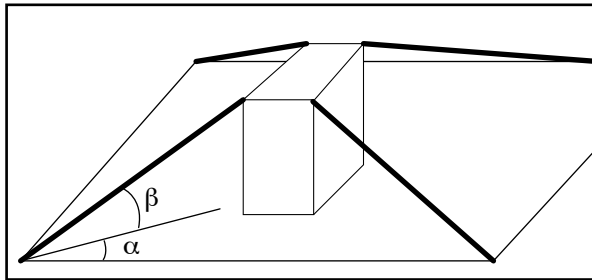
#### Przykład zabezpieczenia przed przewróceniem (H : L = 6 : 3)

$3\ 000 \cdot 0,22 = 660$  kg siła trzymania po każdej stronie.

Kiedy mocowanie jest określone na 2 000 kg, to zabezpieczenie wymaga jednego odciążu po każdej stronie o wytrzymałości 660 kg.

Jeżeli przedmiot jest zabezpieczony przed przesunięciem, może być zamocowany przy użyciu 2 odciągów.

### 4. Mocowanie krzyżowe + przed przewróceniem



#### Zabezpieczenie momentu poziomego

Wzór:  $Z = G \cdot (f - \mu) / (\mu \cdot \sin \beta + \cos \beta \cdot \sin \alpha)$

$\alpha =$ $\beta =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10	23,04	3,89	2,15	1,52	1,20	1,01	0,90	0,83	0,80	0,78
20	11,70	3,45	2,05	1,49	1,19	1,01	0,91	0,84	0,80	0,79
30	8,00	3,20	2,02	1,50	1,22	1,05	0,94	0,88	0,84	0,83
40	6,22	3,06	2,05	1,56	1,29	1,12	1,01	0,94	0,91	0,89
50	5,22	3,02	2,14	1,69	1,41	1,24	1,13	1,06	1,02	1,01
60	4,62	3,08	2,32	1,89	1,62	1,44	1,32	1,24	1,20	1,19
70	4,26	3,23	2,62	2,23	1,96	1,78	1,65	1,57	1,52	1,51
80	4,06	3,52	3,12	2,82	2,59	2,42	2,30	2,22	2,17	2,16
90	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00

#### Zabezpieczenie przed przewróceniem (B, L/H = 0,5)

Wzór:  $Z = G \cdot (f - L, B/H) / (L, B/H \cdot \sin \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \beta)$

$\mu = 0,2$ $\beta =$	$\alpha =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	#	1,44	0,73	0,50	0,39	0,33	0,29	0,27	0,25	0,25	
10	2,88	0,97	0,59	0,43	0,35	0,30	0,27	0,25	0,24	0,23	
20	1,46	0,75	0,51	0,39	0,32	0,28	0,25	0,24	0,23	0,23	
30	1,00	0,62	0,46	0,37	0,31	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	
40	0,78	0,55	0,43	0,35	0,31	0,28	0,25	0,24	0,23	0,23	
50	0,65	0,51	0,41	0,35	0,31	0,29	0,27	0,25	0,25	0,24	
60	0,58	0,48	0,41	0,37	0,33	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	
70	0,53	0,47	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31	
80	0,51	0,48	0,45	0,43	0,41	0,40	0,39	0,38	0,38	0,38	
90	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	

#### Przykład zabezpieczenia momentu poziomego: $3\ 000 \cdot 1,22 = 3\ 660$ kg siły trzymania po każdej stronie

To może być osiągnięte przy mocowaniu 4 odciągami o wytrzymałości 1 830 kg każdy.

#### Przykład zabezpieczenia przed przewróceniem (B, L : H = 2 : 1):

$3\ 000 \cdot 0,31 = 930$  kg siły trzymania po każdej stronie

Kiedy mocowanie jest określone na 2 000 kg, to zabezpieczenie wymaga 2 odciągów po każdej stronie o wytrzymałości 930 kg.

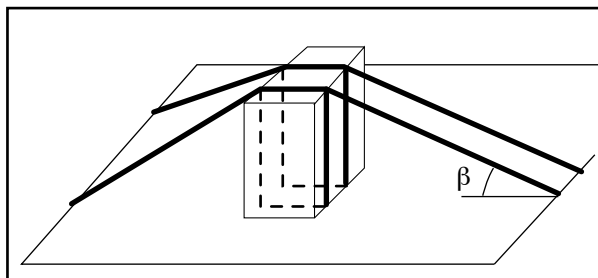
Jeżeli przedmiot jest zabezpieczony przed przesunięciem, może być zamocowany przy użyciu 4 odciągów.



### 5. Mocowanie okrężne

Często jest stosowane mocowanie okrężne z powodu braku punktów do mocowania. Celem wyliczeń jest znalezienie siły naprężenia dla uniknięcia luzu. To może być określone stosunkiem części załadowanej do części niezaladowanej wyrażeniem

$e^{\mu \cdot \phi} \cdot (Z_{j+} : Z_{j-} = e^{\mu \cdot \phi}) e = 2,71828$ ,  $\phi$  = obwód w radiach i  $\mu$  = współczynnik tarcia pomiędzy przedmiotem a zamocowaniem.



Zabezpieczenie przed przewróceniem przykł. 2 dla mocowania kątownego jest używane dla siły powyżej 660 kg.

#### Wzór dla mocowania okrężnego:

$$e^{((360 + 2 \cdot \beta) \cdot \pi / 180) 180} \cdot \mu$$

$\mu =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
$Z_{j+} : Z_{j-}$	3,51	3,77	4,04	4,33	4,65	4,98	5,34	5,73	6,14	6,59

Wzór 2:  $Z_{j+}$  = poprzednia siła mocowania/(1 - 1/wartość)

$Z_{j-}$  =  $Z_{j+}$  - poprzednia siła mocowania

Minimalne naprężenie =  $(Z_{j+} + Z_{j-})/2$

Dopuszczalny minimalny naciąg = osiągnięte naprężenie =  $(Z_{j+} + Z_{j-})/2$

Przykł.  $Z_{j+} = 660 / (1 - 1/4,33) = 858$  kg

$Z_{j-} = 858 - 660 = 198$  kg

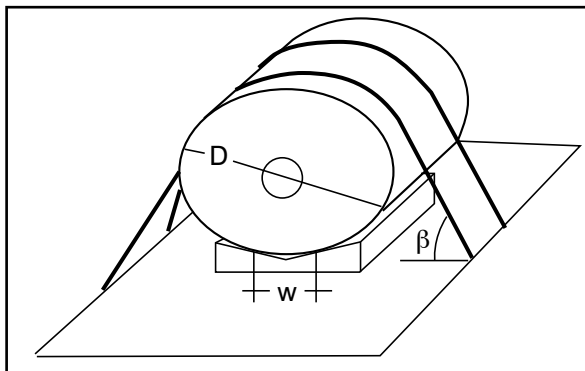
Minimalne naprężenie =  $(858 + 198) / 2 = 528$  kg

Dopuszczalny min. naciąg =  $(858 - 198) / 2 = 330$  kg

Wynik: Każda część zamocowania powinna mieć naprężenie co najmniej 528 kg, a każdy odciąg powinien utrzymać co najmniej  $528 + 330 = 858$  kg. (Normalnie jest podwójnie "Minimalne naprężenie" używane jako siła każdego odciągu i w tym przypadku jest 1 048 kg).

Ażeby uzyskać odpowiednie naprężenie po każdej stronie należy użyć specjalnego przyrządu odpowiedniego do zadanego naprężenia.

### 6. Górne mocowanie okrągłych przedmiotów



#### Zabezpieczenie poziomego momentu

Wzór:  $Z = G \cdot (f \cdot \text{SQR}(D^2/W^2 - 1) - 1) / (2 \cdot \sin \beta)$

$D/W$	$\beta =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
2	#	2,11	1,07	0,73	0,57	0,48	0,42	0,39	0,37	0,37	0,37
3	#	5,26	2,67	1,83	1,42	1,19	1,06	0,97	0,93	0,91	0,91
4	#	8,27	4,20	2,87	2,23	1,88	1,66	1,53	1,46	1,44	1,44
5	#	11,23	5,70	3,90	3,03	2,54	2,25	2,07	1,98	1,95	1,95
6	#	14,16	7,19	4,92	3,82	3,21	2,84	2,62	2,50	2,46	2,46
7	#	17,07	8,67	5,93	4,61	3,87	3,42	3,15	3,01	2,96	2,96
8	#	19,98	10,14	6,94	5,40	4,53	4,01	3,69	3,52	3,47	3,47
9	#	22,87	11,61	7,94	6,18	5,19	4,59	4,23	4,03	3,97	3,97

D = średnica

W = odległość pomiędzy punktami podparcia kręgu

#### Przykład zabezpieczenia momentu poziomego: $D/W = 10/5 = 2$

$3\ 000 \cdot 0,73 = 2\ 190$  kg naprężenie po każdej stronie

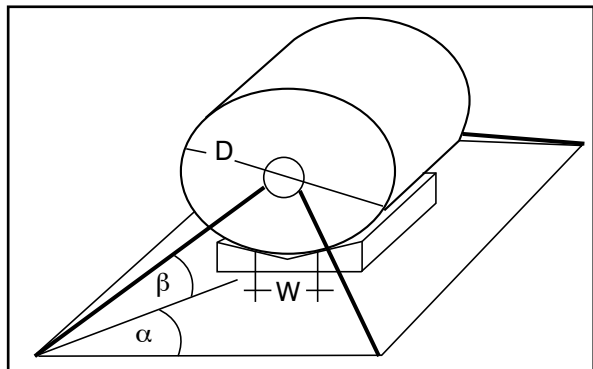
Ponieważ każdy odciąg ma dopuszczalne naprężenie maksymalne 400 kg

6 odciągów należy zastosować, gdy każdy ma naprężenie co najmniej 365 kg.

Rolka powinna być zabezpieczona przed przesunięciem w innych kierunkach.

Rolka powinna być zabezpieczona przed przewróceniem, jak w poprzednich przykładach. Odległość W przy obliczeniach należy zastąpić L lub B.

### 7. Krzyżowe mocowanie okrągłych przedmiotów



#### Zabezpieczenie poziomego momentu

Wzór:  
 $Z = G \cdot (f \cdot \sqrt{D^2/W^2 - 1}) / (\sin\beta + \sqrt{D^2/W^2 - 1}) \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta$

$\beta =$	$\alpha =$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
10		7,44	2,28	1,37	0,99	0,80	0,68	0,61	0,56	0,54	0,53
20		3,78	1,80	1,20	0,91	0,75	0,65	0,59	0,55	0,52	0,52
30		2,58	1,53	1,10	0,87	0,73	0,64	0,58	0,55	0,53	0,52
40		2,01	1,36	1,04	0,85	0,73	0,65	0,60	0,56	0,54	0,54
50		1,69	1,26	1,02	0,86	0,75	0,68	0,63	0,60	0,58	0,58
60		1,49	1,21	1,03	0,90	0,81	0,74	0,69	0,66	0,65	0,64
70		1,37	1,20	1,07	0,97	0,89	0,84	0,80	0,77	0,75	0,75
80		1,31	1,23	1,15	1,09	1,04	1,00	0,97	0,95	0,94	0,93
90		1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29

D = średnica  
 W = odległość pomiędzy punktami podparcia rolki

#### Przykład zabezpieczenia momentu poziomego $D/W = 10/5 = 2$

$3\ 000 \cdot 0,73 = 2\ 190$  kg siła mocowania na każdym końcu

Ponieważ każdy odciąg może utrzymywać 2 000 kg, 2 odciągi na każdym końcu powinny być zastosowane, gdzie każdy utrzymuje 1 095 kg.

Rolka powinna być zabezpieczona przed przesunięciem w innych kierunkach.

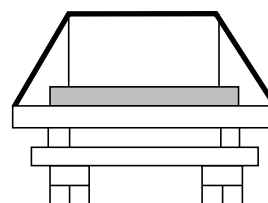
Rolka może być zabezpieczona przed przewróceniem, jak w poprzednich przykładach. Odległość W przy obliczeniach należy zastąpić L lub B.

### Praktyczne rady

Wypożyczenie do mocowania

- Oka odciagu powinny mieć wytrzymałość 2 ton,
- Stałe punkty mocowania powinny mieć wytrzymałość 12 ton,
- Jeżeli przedmiot jest zabezpieczony przed przesunięciem we wszystkich kierunkach, to siła zrywająca powinna odpowiadać podwójnej masie przedmiotu,
- Każdy odciąg powinien mieć siłę zrywającą co najmniej 4 000 kg,
- Powinno się uzyskać naprężenie wstępne równe 10 % siły zrywającej,
- Nie wolno nigdy przyjmować w wyliczeniach więcej niż 400 kg naprężenia wstępnego.

### Jak mocować



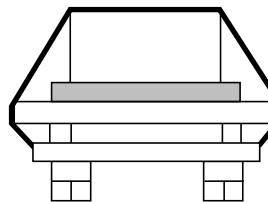
Ładunek zabezpieczony przed przesunięciem we wszystkich kierunkach i przy użyciu zaczepów podłogowych:

- używaj jednego 4-tonowego odciagu na każde 2 tony ładunku

Ładunek zabezpieczony przed przesunięciem w jednym kierunku i przy użyciu zaczepów podłogowych:

- używaj 1 odciagu na każde 0,25 tony ładunku, jeżeli przedmiot jest zabezpieczony przed przesunięciem tylko w jednym kierunku (4-tonowy odciąg, współczynnik tarcia = 0,2)

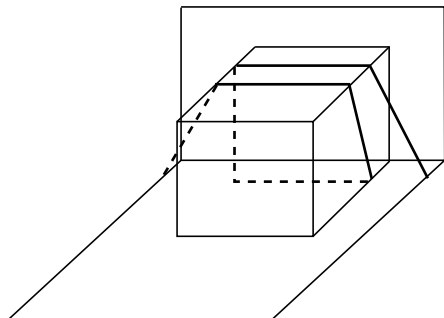
Współczynnik tarcia = 0,3 potrzebny 1 odciąg/0,6 tony  
 Współczynnik tarcia = 0,4 potrzebny 1 odciąg/1,6 tony  
 Współczynnik tarcia = 0,5 zawsze potrzebny 1 odciąg zabezpieczający przed przewróceniem



Ładunek zabezpieczony przed przesunięciem we wszystkich kierunkach przy użyciu stałych punktów do mocowania:

- Używaj jednego 4-tonowego odciagu na każde 4 tony ładunku.

Mocowanie okrężne



Ładunek zabezpieczony przed przesunięciem w jednym kierunku przy użyciu uchwytów podłogowych:

- Używaj jednego 4-tonowego odciągu na każde 2,5 tony ładunku

Ładunek zabezpieczony przed przesunięciem w jednym kierunku przy użyciu stałych punktów mocowania:

- Używaj jednego 4-tonowego odciągu na każde 6 ton ładunku

**UWAGA:**

Długi ładunek potrzebuje więcej niż jednego okrężnego odciągu.

Współczynniki zamienne

Jednostki angielskie/ metryczne

Jednostki angielskie		razy	=Jednostki metryczne		razy	=Jednostki angielskie	
cal	in	22,5	milimetr	mm	0,03937	cal	in
stopa	ft	0,3048	metr	m	3,281	stopa	ft
jard	yd	0,9144	metr		1,0936	jard	yd
sążeń	fm	1,8288	metr		0,5468	sążeń	fm
uncja	oz	28,35	gram	g	0,03527	uncja	oz
funt	lb	0,4536	kilogram	kg	2,205	funt	lb
cetnar angielski	cwt	50,8	kilogram		0,01968	cetnar angielski	cwt
tona amerykańska = 2000 lb		0,9072	tona metryczna	t	1,102	tona amerykańska = 2000 lb	
tona angielska = 2240 lb		1,016	tona metryczna		0,9842	tona angielska = 2240 lb	
oz/ft <sup>2</sup>		305,156	g/m <sup>2</sup>		0,00327	oz/ft <sup>2</sup>	
lb/ft		1,488	kg/m		0,6720	lb/ft	
lb/in <sup>2</sup>		0,000703	kg/mm <sup>2</sup>		1422,0	lb/in <sup>2</sup>	
tona ang./in <sup>2</sup>		1,575	kg/mm <sup>2</sup>		0,6349	tona ang./in <sup>2</sup>	

Jednostki SI

Jednostki SI		razy	=poprzednie jednostki		razy	Jednostki SI	
Newton	N	0,102	kilofunt	kp	9,81	Newton	N
decanewton	daN	1,02	kilofunt	kp	0,981	decanewton	daN
kilonewton	kN	102,0	kilofunt	kp	0,00981	kilonewton	kN
megapascal =N/mm <sup>2</sup>	mPa	0,102	kg/mm <sup>2</sup>		9,81	megapascal =N/mm <sup>2</sup>	mPa

Wytrzymałość wyposażenia do mocowania

“Maksymalne dopuszczalne obciążenie” (MSL) jest określeniem stosowanym dla zdefiniowania dopuszczalnego obciążenia urządzenia stosowanego do zabezpieczenia ładunku. Maksymalne obciążenie jest tym dla urządzeń mocujących co dopuszczalne obciążenie robocze (DOR) dla urządzeń dźwigowych.

Współczynnik bezpieczeństwa

Wyliczona wytrzymałość urządzeń zabezpieczających powinna zostać zmniejszona do maksymalnego dopuszczalnego obciążenia (MSL) stosując współczynnik 1,5. Powodem takiego zmniejszenia jest ewentualne nierówne rozłożenie sił pomiędzy urządzeniami, zmniejszenie wytrzymałości ze względu na utrudniony montaż lub inne.

