Podręcznik szkoleniowy

Wpływ wiatru na pracę żurawia

W razie zagubienia broszury lub poszczególnych stron, możesz pobrać kopię wersji polskiej ze strony
www.dzwigi24.pl
zakładka “BHP i przydatne dokumenty”

dzwigi24.pl

LIEBHERR

TRANSUS

Signed by: Transus
Date: 2017.09.30 09:27:25 +02

dzwigi24.pl

Notka prawna:

Wydanie 4, 2017
Liebherr-Werk Ehingen GmbH
Dr.-Hans-Liebherr-Straße 1
D-89582 Ehingen/Donau
www.liebherr.com
Schulungszentrum.LWE@liebherr.com

Wszystkie prawa zastrzeżone.

Tłumaczenie nieautoryzowane.

Gdy wieje wiatr.

Tam, gdzie pracują ludzie, mogą popełnić błąd. Szczególnie w pracy żurawia warunki wiatrowe mogą stanowić potencjalne zagrożenie, którego nie należy lekceważyć. Operator żurawia musi zapewnić, że żuraw nie jest narażony na działanie wiatru, który przekracza ograniczenia ustanowione przez producenta.
Właściwe decyzje i środki muszą być podjęte we właściwym czasie. Najpóźniej w momencie osiągnięcia prędkości wiatru krytycznej dla żurawia. Jeżeli istnieje zagrożenie, należy wdrożyć środki, które zostały ustalone przez operatora. Operator żurawia decyduje zatem, na wypadek sytuacji nadzwyczajnej na miejscu, czy wiatr jest zbyt silny i praca musi zostać wstrzymana. Dlatego należy analizować ostrzeżenia przed dużą, długotrwałą burzą. Szczególnie niebezpieczne są również lokalne zawirowania, które mogą wystąpić na przykład w związku z silnymi deszczami i burzami.

Niniejszy dokument szkoleniowy służy do poinformowania operatorów żurawia, planistów projektów i innych osób wykorzystujących żurawie o wpływie wiatru. Ma także na celu pokazanie przykładów możliwości reakcji żurawia pod wpływem wiatru. Na wstępie przedstawiamy podstawowe dane na temat wiatru. Poniżej pokażemy także, jak wyglądają obciążenia spowodowane wiatrem i wreszcie specjalne przypadki obciążenia, takie jak np. podczas instalacji elektrowni wiatrowych. Również przekażemy, jaki jest Ci potrzebny zakres wiedzy.

Nniejsza dokumentacja jest tak opracowana, aby każdy mógł ją wykorzystać w ramach samokształcenia. Przykłady i zadania są dostarczane przez firmę Veran i mają odniesienie do praktyki. Dodatkowo znajdziesz w niej przydatne informacje i narzędzia do codziennej pracy z żurawiem. Dokument szkoleniowy nie zawiera wszystkich możliwych informacji i nie zastępuje w żadnym zakresie instrukcji obsługi dla odpowiedniego żurawia Liebherr. Został opracowany na podstawie 40-letnich doświadczeń podczas pracy i produkcji dużych urządzeń dźwigowych.

Liebherr-Werk Ehingen GmbH

dzwigi24.pl

Jak posługiwać się niniejszym dokumentem?

Objaśnienia
Pytania do poprzedzającego rozdziału (odpowiedzi znajdują się na końcu publikacji).

Ważne wskazówki! Informacje na aktualny temat!

Oznaczenie niebezpiecznych sytuacji w aktualnym temacie.

UWAGI:

Lewe i prawe, puste szpalty służą do wykonania własnych zapisków. Notatki mają służyć do lepszego zrozumienia i powtórki materiałów.

Zasady pracy:

· Przeczytać uważnie treść rozdziału.
· Powtórzyć treść rozdziału posługując się tekstem drukowanym i własnymi notatkami.
· Odpowiedzieć na pytania z końca rozdziału (możliwie bez podglądania).
· Prawidłowe odpowiedzi znajdują się na końcu dokumentu.
· Jeżeli udzielenie prawidłowej odpowiedzi nie jest możliwe bez zaglądania do rozdziału, ponownie przeczytać odpowiedni rozdział.
· Przejść do następnego rozdziału.
· Po zakończeniu szkolenia sprawdzić, czy cel szkolenia został osiągnięty.

Cel szkolenia:

W wyniku szkolenia uzyskasz:

- wiedzę na temat oddziaływania wiatru na żuraw
- wiedzę na temat obliczania siły wiatru
- wiedzę na temat obliczania obciążenia wskutek działania wiatru w standardowych i specjalnych warunkach pracy
- wiedzę na temat obliczania maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru do pracy

dzwigi24.pl

Spis treści

1. Wprowadzenie 7

1. 1 Wpływ wiatru na żuraw i ładunek 8

1. 2 Ćwiczenia 11

2. Podstawowe informacje o wietrze 12

2. 1 Porywy i zależność od terenu 14

2. 2 Informacje o wiatrach i pogodzie 17

2. 2. 1 Zależność wiatru w porywach od wysokości 18

2. 3 Ćwiczenia 19

3. Turbiny wiatrowe 20

4. Współczynniki do obliczania siły wiatru 22

4. 1 Potrzebne wartości 22

4. 1. 1 Ciężar podnoszonego ładunku (m_H) 22

4. 1. 2 Maksymalna powierzchnia projekcji (A_P) 22

4. 1. 3 Wartość c_W 23

4. 1. 4 Aktualna prędkość wiatru (v_{act}) 23

4. 2 Określenie lub obliczenie brakujących wartości 25

4. 2. 1 Powierzchnia wystawiona na działanie wiatru (A_W) 25

4. 2. 2 Dopuszczalna do pracy prędkość wiatru z tabel udźwigu 25

4. 2. 3 Ciśnienie dynamiczne (p) 26

4. 2. 4 Siła wiatru (F_W) 26

4. 3 Ćwiczenia 26

5. Określenie dopuszczalnej prędkości wiatru 27

5. 1 Metoda (1): Wykres siły wiatru 27

5. 1. 1 Przykład określenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunków specjalnych 28

5. 1. 2 Przykład określenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunków standardowych 28

5. 2 Metoda (2): Formuła 33

5. 2. 1 Przykład obliczenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunków standardowych 33

5. 2. 2 Przykład obliczenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunków specjalnych 33

5. 3 Ćwiczenia 34

dzwigi24.pl

6. Wpływ wiatru na żuraw w czasie postoju 36
6. 1 Procedury przy wstrzymanej pracy żurawia. 37
6. 2 Używanie tabel wiatru 38
6. 2. 1 Przykłady dla żurawi teleskopowych 38
6. 2. 2 Przykłady dla żurawi kratowych. 41
7. Uwagi końcowe 44
8. Aneks 45
8. 1 Liebherr w energetyce wiatrowej 45
8. 1. 1 Obecnie produkowane żurawie kołowe (2016). 45
8. 1. 2 Obecnie produkowane żurawie gąsienicowe teleskopowe (2016). 47
8. 1. 3 Obecnie produkowane żurawie gąsienicowe (2016). 47
8. 1. 4 Obecnie produkowane żurawie gąsienicowe kratowe (2016). 50
8. 2 Rozwiązania ćwiczeń 51

dzwigi24.pl

Definicje oznaczeń

N	Newton (jednostka siły)
c_W	współczynnik oporu wiatru
A_P	powierzchnia projekcji ładunku (m^2)
A_W	powierzchnia ładunku wystawiona na działanie wiatru (m^2)
v_{max}	maksymalna dopuszczalna 3-sekundowa prędkość wiatru w porywie dla maksymalnej wysokości podnoszenia (m/s)
v_{max_TAB}	maksymalna dopuszczalna 3-sekundowa prędkość wiatru w porywie dla maksymalnej wysokości podnoszenia, podana dla danego udźwigu w tabelach udźwigu żurawia
v_{act}	aktualnie zmierzona prędkość wiatru (m/s)
v(z)	3-sekundowa średnia wartość prędkości wiatru na wysokości “z” powyżej podłoża (m/s)
p	ciśnienie wiatru (nacisk przy sile wiatru w N/m^2)
F_w	obciążenie wiatrowe (siła działająca w wyniku wiatru na ładunek/żuraw
m_H	masa ładunku (t) (włącznie ze zbloczem i zawiesiami oraz środkami pomocniczymi). Przestrzegać dopuszczalnych udźwigów podanych w tabelach dla żurawia.

Wszystkie określenia prędkości wiatru w tym dokumencie odnoszą się do wiatru w porywach, gdyż są większe niż normalna prędkość wiatru. Dlatego zawsze prędkość wiatru w porywach musi być używana jako podstawa obliczeń.

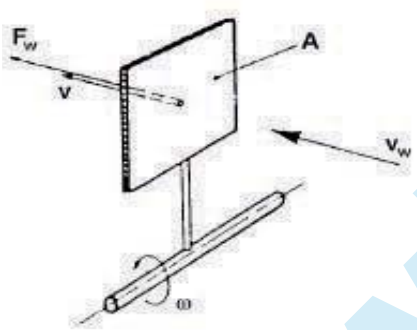
1. Wprowadzenie

Wpływ wiatru na ładunek

Wiatr i wichury są często niedocenianym czynnikiem powodującym wypadki Wpływ wiatru żurawi kołowych i gąsienicowych. Przy podnoszeniu ładunków o dużej powierzchni na ładunek np. płatów śmigieł lub rotorów elektrowni wiatrowych (WKA) podane w normie EN13000 wartości standardowe (patrz rozdz. 7.2), stanowiące podstawę do obliczeń żurawia, mogą być przekraczane.

Jedną z takich wartości standardowych jest współczynnik oporu wiatru (C_w) lub wartość obliczana dla tzw. projekcji ładunku. Obie wartości dostarczają informacji o sile nacisku wywieranej przez wiatr na ładunek. Przy ładunkach o dużej powierzchni tabele udźwigów dla danego żurawia (ustalone dla maksymalnej dopuszczalnej dla pracy prędkości wiatru) stają się po prostu nieaktualne. Nowa prędkość wiatru, która jest niższa niż pierwotnie dozwolona prędkość wiatru, musi być określona dla tego szczególnego przypadku obciążenia.

Zasady fizyki dotyczące oporu

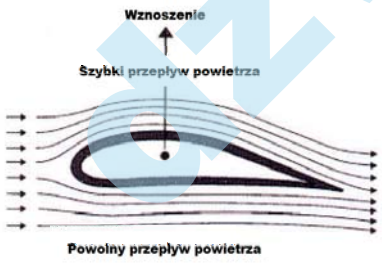


Rys. 1: Zasady fizyki dotyczące oporu na działanie wiatru

Jaką rolę odgrywa wiatr przy przekroczeniu standardowych wartości?

Jeżeli wiatr działa na daną powierzchnię, wywołuje jej opór skierowany przeciwnie.

Opory przepływu



Rys. 2: Opory przepływu powietrza

Powierzchnia/długość górnej części płatu jest większa niż dolnej. Strumień powietrza musi zatem szybciej przepływać nad górną częścią niż nad niższą. W związku z tym nad górną częścią powstaje podciśnienie, a pod dolną nadciśnienie. Z tego powodu płat będzie podnosić się (obracać w przypadku śmigła) do góry.

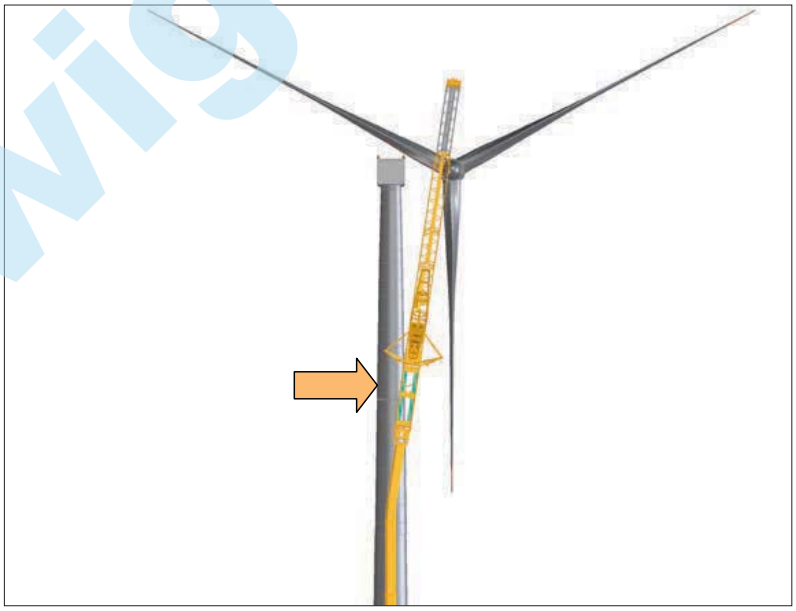
Siła wiatru oddziaływuje także na ładunek. Może zwiększać lub zmniejszać jego ciężar. Z tego powodu zastosowanie mają zasady oporu lub siły nośnej.

dźwigi24.pl

1. 1 Wpływ wiatru na żuraw i ładunek

Zjawiska te mają podobny wpływ na żuraw.

Rys. 3: Wiatr od przodu i od tyłu



Rys. 4: Wiatr z boku

Niebezpieczeństwo wypadku!

Wiatr od przodu nie zmniejsza obciążenia haka, liny, zawiesi i wciągarki, ładunek nadal oddziaływuje całym swoim ciężarem (patrz rozdz. 4.1). Przy podnoszeniu ładunku może nastąpić wyłączenie ruchów żurawia wskutek zadziałania ogranicznika udźwigu (zmniejszenie ciężaru przez nacisk wiatru). Przy zaniku wiatru od przodu może także nastąpić przeciążenie żurawia poprzez zwolnienie nacisku na wysięgnik! **Dlatego operator musi znać ciężar ładunku i nie przekraczać wartości podanych w tabelach udźwigów!**

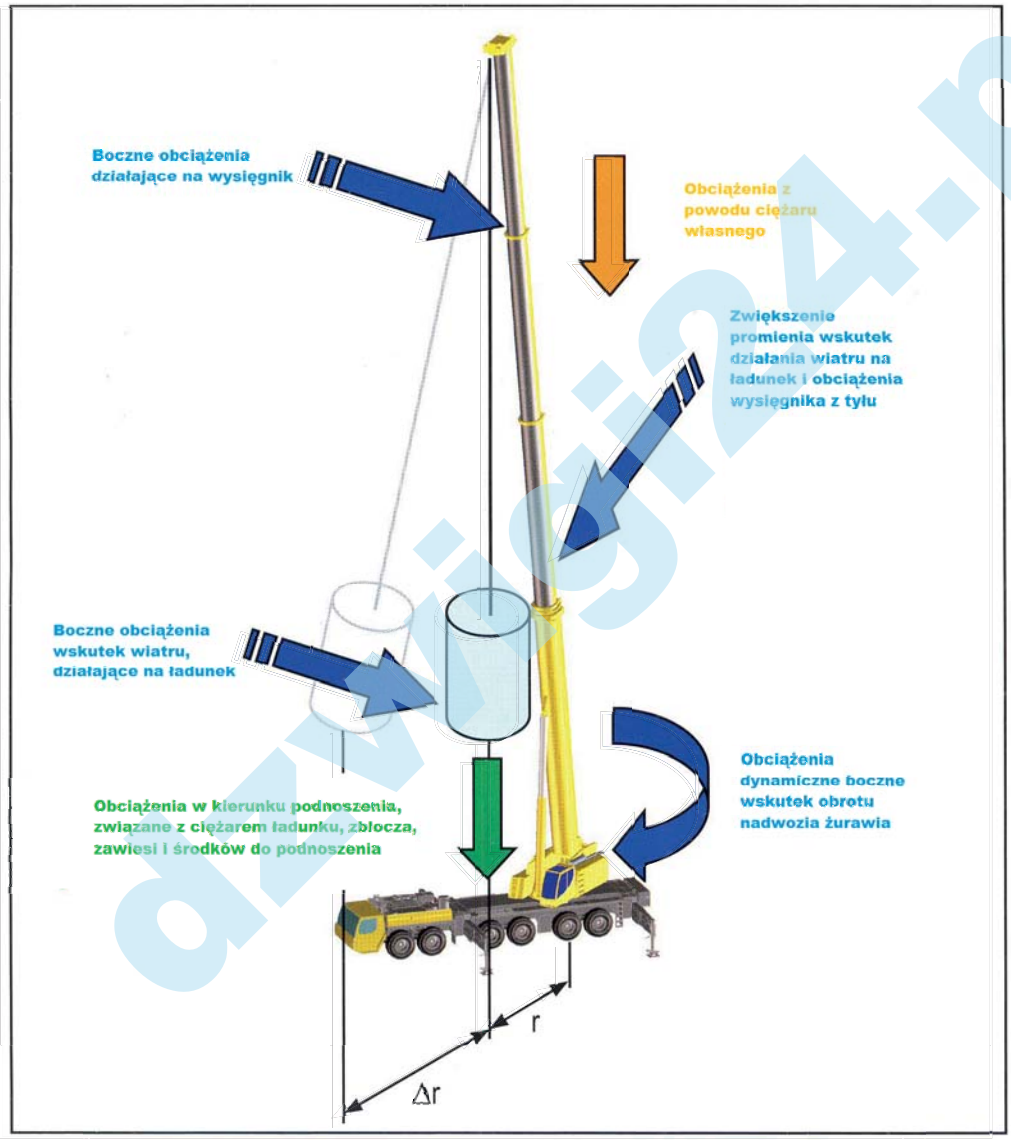
dzwigi24.pl

Wiatr z boku

Szczególnie niebezpieczne jest oddziaływanie na wysięgnik i ładunek wiatru z boku. To obciążenie nie jest uwzględniane przez ogranicznik udźwigu i może powodować przeciążenie żurawia.

Dodatkowe obciążenie spowodowane wiatrem bocznym nie jest uwzględniane przez ogranicznik udźwigu.

Możliwe obciążenia żurawia



Rys. 5: Obciążenia żurawia

r = **promień**
Δr = **zwiększony promień wskutek działania wiatru**

Wpływ wiatru na ładunek

Wiatr wiejący z boku powoduje odchylanie ładunku od osi pionowej. Oznacza to, że ładunek nie wywiera już pionowego obciążenia w dół na wysięgnik. Zależnie od siły i kierunku wiatru oraz powierzchni bocznej ładunku, promień roboczy może się zwiększać, a na wysięgnik działają niekorzystne siły odchylania bocznego.

dzwigi24.pl

Przegląd zagrożeń powodowanych przez wiatr

	Wiatr od przodu	Wiatr od tyłu	Wiatr z boku
Wysięgnik	Wiatr od przodu zmniejsza pozornie ładunek. Wskazania ogranicznika są zbyt niskie. Ogranicznik wyłączy ruchy tylko, jeżeli ładunek jest większy od dopuszczalnego udźwigu.	Wiatr od tyłu zwiększa pozornie ładunek. Wskazania ogranicznika są zbyt wysokie. Ogranicznik wyłączy ruchy nawet, jeżeli ładunek jest mniejszy od dopuszczalnego udźwigu.	Wiatr z boku obciąża wysięgnik tylko bocznie. Wskazania ogranicznika są takie jak bez wiatru. Ogranicznik nie uwzględnia wiatru bocznego.
Ładunek	Kształt i ciężar ładunku odgrywają zasadniczą rolę przy występowaniu wiatru. Wiatr powoduje kołysanie ładunku i w konsekwencji wahania boczne wysięgnika. To kołysanie (dynamiczne) wysięgnika powoduje zwiększanie obciążenia żurawia. Ogranicznik udźwigu może ciągle włączać i wyłączać ruchy żurawia. W specjalnych ładunkach, np. dla wirnika, wiatr może zmniejszać obciążenie żurawia (kształty wirnika).		

Czynniki nieprzewidywalne

Doskonała jakość i technologia produkcji żurawi, wieloletnie doświadczenie zawodowe oraz dobre wyszkolenie operatora żurawia i profesjonalne planowanie operacji żurawia znacząco zmniejszają ryzyko wypadku przy pracy. Jednakże nieprzewidywalne czynniki, takie jak nagłe podmuchy wiatru, są trudne i czasami niemożliwe do dokładnego wyliczenia z wyprzedzeniem. Warunki, takie jak pole powierzchni wystawionej na działanie wiatru i pole projekcji, wartość c_w, podmuchy wiatru, prędkość wiatru, obciążenie powodowane przez wiatr lub warunki terenowe, zostaną omówione poniżej.

Ponowne obliczenie dopuszczalnej prędkości wiatru dla pracy żurawia

Jak odnosi się to do pracy żurawia na wietrze?

W czasie planowania pracy żurawia, szczególnie przy ładunkach o dużej powierzchni projekcji lub wysokich wartościach c_w, konieczne jest zredukowanie maksymalnej, dopuszczalnej do pracy, prędkości wiatru podanej w tabelach udźwigu. Osoba odpowiedzialna za planowanie operacji musi posiadać podstawową wiedzę o wpływie wiatru na pracę żurawia. Dodatkowo, musi być zdolna do wykonania obliczeń koniecznej redukcji dopuszczalnej prędkości wiatru w przypadku specjalnych ładunków o dużej powierzchni. Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru (v_{max}) i maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru zgodna z tabelami udźwigu (v_{max_TAB}) zawsze jest powiązana z 3-sekundową prędkością wiatru w porywach na maksymalnej wysokości podnoszenia.

dzwigi24.pl

1. 2 Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Jakie parametry wiatru mają wpływ na wysięgnik? (możliwych kilka odpowiedzi)

- ◯ siła wiatru
- ◯ wilgotność
- ◯ wiatr od przodu
- ◯ energia wiatru
- ◯ wiatr od tyłu
- ◯ wiatr z boku

Ćwiczenie 2

Jaki typ wiatru wpływa na ogranicznik?

[ ] *(odpowiedź)* — **Wyłącza ruchy przy ciężarze ładunku mniejszym niż maksymalnie dopuszczalny w tabelach udźwigu.**

[ ] *(odpowiedź)* — **Wyłącza ruchy tylko, jeżeli ładunek jest większy niż maksymalnie dopuszczalny w tabelach udźwigu.**

[ ] *(odpowiedź)*

Ćwiczenie 3

Jaki wpływ wywiera wiatr na ładunek? (możliwych kilka odpowiedzi)

- ◯ żadnego
- ◯ ładunek może się kołysać
- ◯ ładunek obraca się na linie
- ◯ promień ładunku zwiększa się

czwigi24.pl

2. Podstawowe informacje o wiatrach

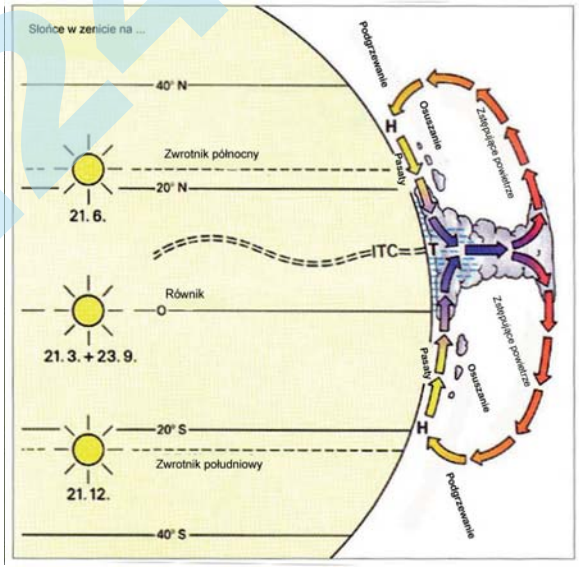
W tym rozdziale zapoznasz się z informacjami o powstawaniu wiatru i objaśnieniem terminologii dotyczącej wiatru.

Wiatr to poruszające się powietrze. Ruch powstaje przez przepływ spowodowany wyrównywaniem różnicy temperatur i ciśnienia pomiędzy obszarami o odmiennych parametrach.

Jak powstaje wiatr?

Siłą napędową wiatru jest promieniowanie słoneczne. Nagrzewa ziemię i jej atmosferę w różnym stopniu: prostopadle na równiku i stycznie na biegunach. Ziemia i powietrze na równiku nagrzewa się, powietrze staje się lżejsze i wznosi do góry. Gorąco nad tropikami, zimno w regionach polarnych: nie może tak pozostać, ponieważ natura zawsze szuka równowagi. Ciepłe powietrze - na górnej krawędzi troposfery - przepływa w kierunku chłodniejszych rejonów.

W drodze na północ lub południe powietrze ochładza się, staje się cięższe i opada w kierunku ziemi. Obieg zamyka się: w górnych warstwach atmosfery powietrze przepływa do chłodniejszych rejonów - polarnych, w dolnej do cieplejszych - tropików. Przepływ powietrza z równika nie osiąga biegunów, ruch obrotowy ziemi "spycha: strumień powietrza na bok. Powoduje to także ruch obrotowy obszarów niskiego i wysokiego ciśnienia.



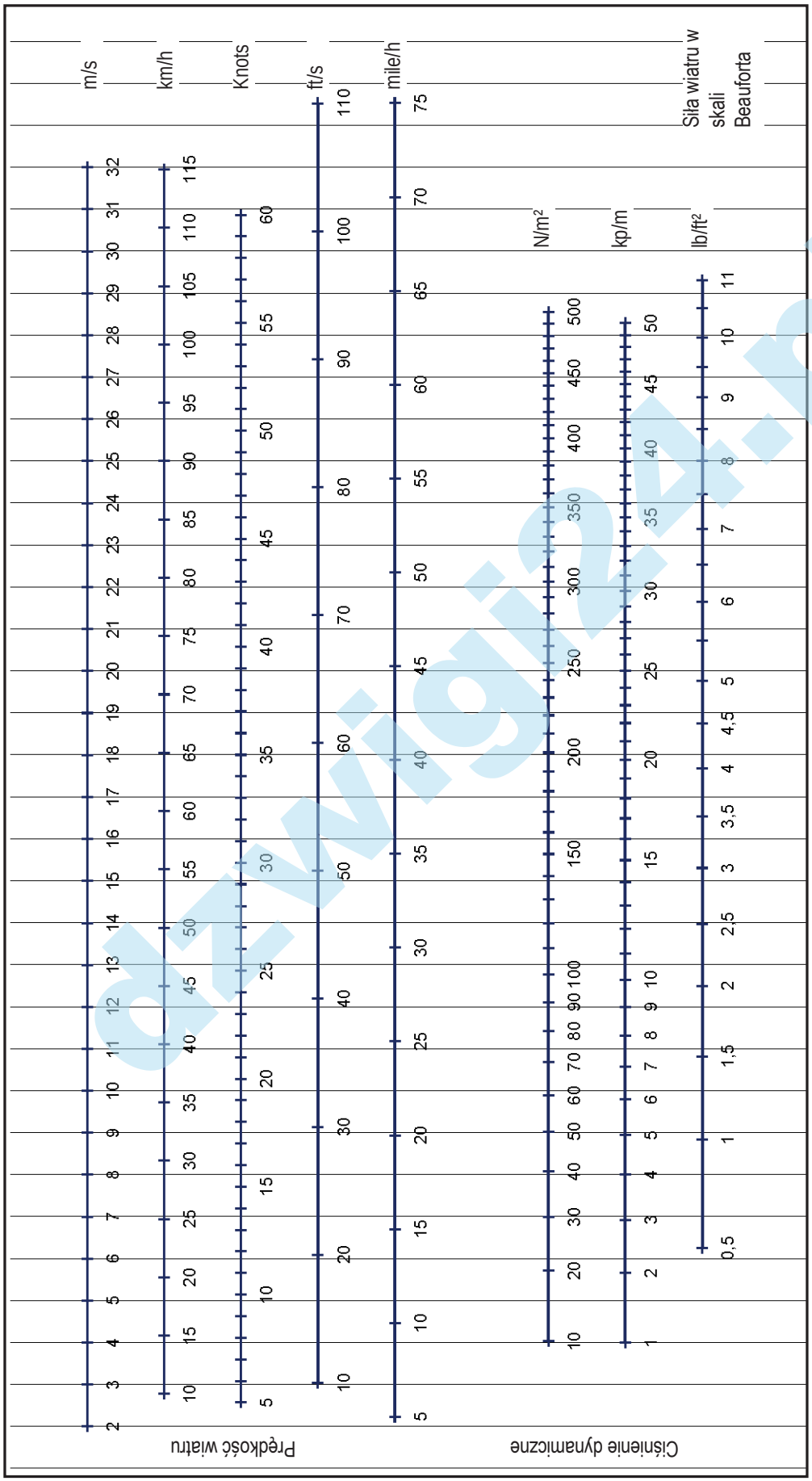
Rys. 6: Powstawanie wiatrów

Największa zmierzona w Niemczech prędkość wiatru wynosiła 335 km/h, pomiar był wykonany w dniu 12 czerwca 1985 na szczycie górskim Zugspitze. Odpowiednikiem tej prędkości wiatru jest 23,1 w skali Beauforta.

Beaufort (bft) jest jednostką "niezależną". Wyraża dostrzegalne skutki wiatru. Jednakże odnosi się do mierzalnych prędkości wiatru. Wykres na następnej stronie pokazuje zależność siły od prędkości wiatru.

dzwigi24.pl

Diagram siły wiatru



Rys. 7: Zależność siły wiatru od jego prędkości

dźwigi24.pl

2. 1 Porywy wiatru i teren

Co to są porywy (podmuchy) wiatru?

Silny strumień powietrza w czasie normalnego wiatru lub burzy jest określany jako poryw. Często ludzie są zdziwieni, że podawany przy prognozie pogody wiatr np. 33 km/h wydaje się jednak dużo silniejszy.

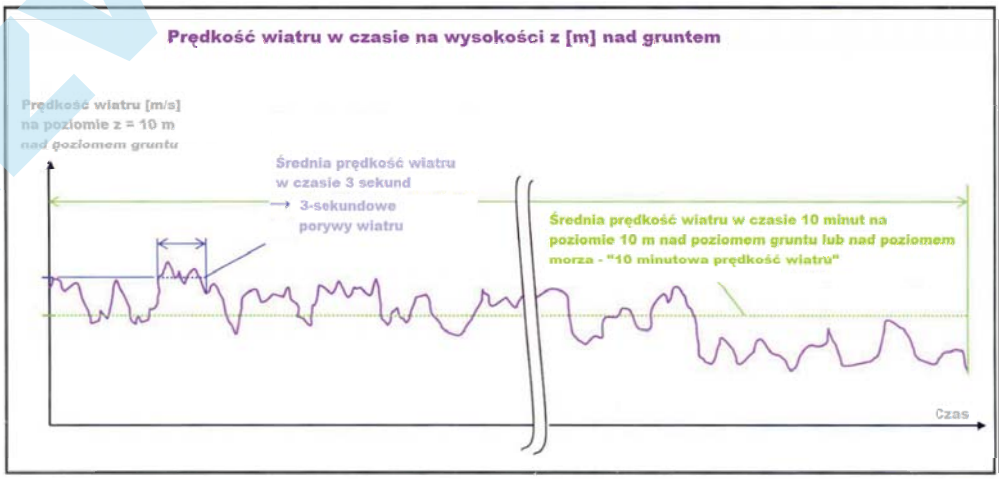
W rzeczywistości, w porywach, mamy do czynienia z wiatrem silniejszym w porównaniu do średniej prędkości. Wiatr w porywach może osiągać np. 60 km/h lub więcej, podczas, gdy średnia prędkość jest wyraźnie niższa.

Porywy wiatru mogą być bardzo niebezpieczne, ponieważ pojawiają się w sposób nieprzewidywalny i trwają krótko. Czas trwania nie jest zwykle problemem, ale raczej nagłość pojawienia się dużo silniejszego wiatru w sposób niespodziewany. Porywy wiatru powodują niebezpieczne sytuacje, nie tylko w ruchu drogowym.

Rys. 8: Autobus wywrócony przez poryw wiatru

Definicja porywu w normie EN 13000

Prędkość porywu wiatru jest średnią pomiaru prędkości wiatru w czasie 3 sekund. Prędkość wiatru w porywach jest wyższa niż średnia prędkość wiatru, mierzona w ciągu 10 minut.



Rys. 9: Wykres prędkości wiatru w czasie i definicje

Są także zewnętrzne czynniki, które powodują zwiększenie lub zmniejszenie porywów wiatru:

- budynki
- wąskie doliny i cieki wodne
- gładka powierzchnia wody
- wysokość nad gruntem

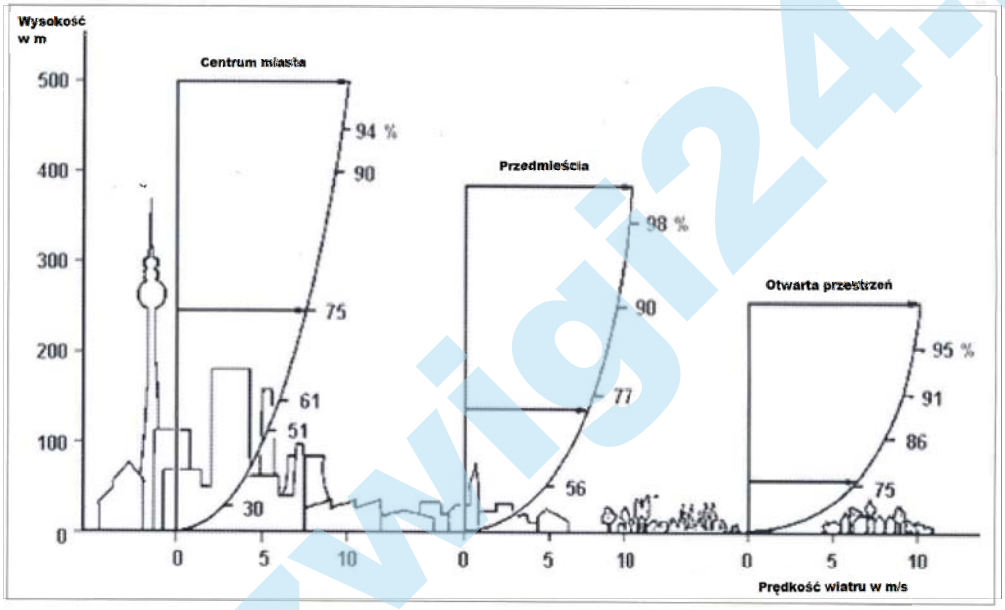
dzwigi24.pl

Zachowania wiatru na dużych wysokościach

Na dużej wysokości ponad podłożem (ok. 1 km) wiatr nie zależy już od ukształtowania terenu. Prędkość wiatru w niższych warstwach atmosfery jest redukowana wskutek tarcia podłoża. Wyróżnia się przy tym nierówności terenu, wpływ przeszkód i konturów terenu, określanych ogólnie jako orografia terenu.

Im bardziej wyraźna jest nierówność terenu, tym większa redukcja prędkości wiatru. Lasy i miasta naturalnie spowalniają wiatr, podczas gdy na betonowych pasach startowych na lotnisku wiatr jest tylko niewiele spowalniany. Gładsze są jeszcze powierzchnie wodne, dlatego też ich wpływ na wiatr jest jeszcze mniejszy. Długie trawy, krzewy i krzaki znacznie spowalniają wiatr.

Prędkość wiatru w zależności od terenu



Rys. 10: Diagram dla różnych klas terenu

W energetyce wiatrowej technicy często mówią o klasach terenu przy określaniu charakterystyki wiatrowej. Klasy 3 i 4 charakteryzują się obecnością dużej ilości budynków i drzew, natomiast jeziora zaliczają się do klasy 0. Betonowe pasy startowe na lotniskach zaliczają się do klasy 0,5.

dzwigi24.pl

Przegląd klas terenu

Klasa terenu	Typ powierzchni
0	Powierzchnia wody
0.5	Teren otwarty, gładkie powierzchnie np. pasy startowe
1	Otwarty teren bez ogrodzenia i żywopłotów, z rzadko rozłożonymi budynkami i bardzo łagodnymi wzgórzami
1.5	Teren z kilkoma domami i żywopłotami o wysokości 8 m z odstępem co najmniej 1 km
2	Teren z kilkoma domami i żywopłotami o wysokości 8 m z odstępem około 500 m
2.5	Teren z kilkoma domami, krzakami i żywopłotami o wysokości 8 m z odstępem około 250 m
3	Wioski, małe miejscowości, tereny z wieloma lub wysokimi żywopłotami, lasy i bardzo nierówne tereny
3.5	Większe miasta z wysokimi budynkami
4	Miasta z bardzo wysokimi budynkami

Tabela 1. Klasyfikacja terenów

Efekt "dyszy"

W miastach o wysokich budynkach klasa wynosi około 4 (patrz tabela 2). Stwarza to wrażenie, że wiatr nie jest silny. Jednak w dużych miastach z wysokimi budynkami znajdują się duże kaniony miejskie. Powietrze jest ściśnięte pomiędzy budynkami, a jego prędkość wzrasta znacząco, podczas gdy przepływa przez kaniony miejskie. Zjawisko to znane jest jako "efekt dyszy". Jeśli normalna prędkość wiatru na otwartym terenie wynosi 6 m / s, na przykład w kanionie miejskim może osiągnąć 9 m / s.

dzwigi24.pl

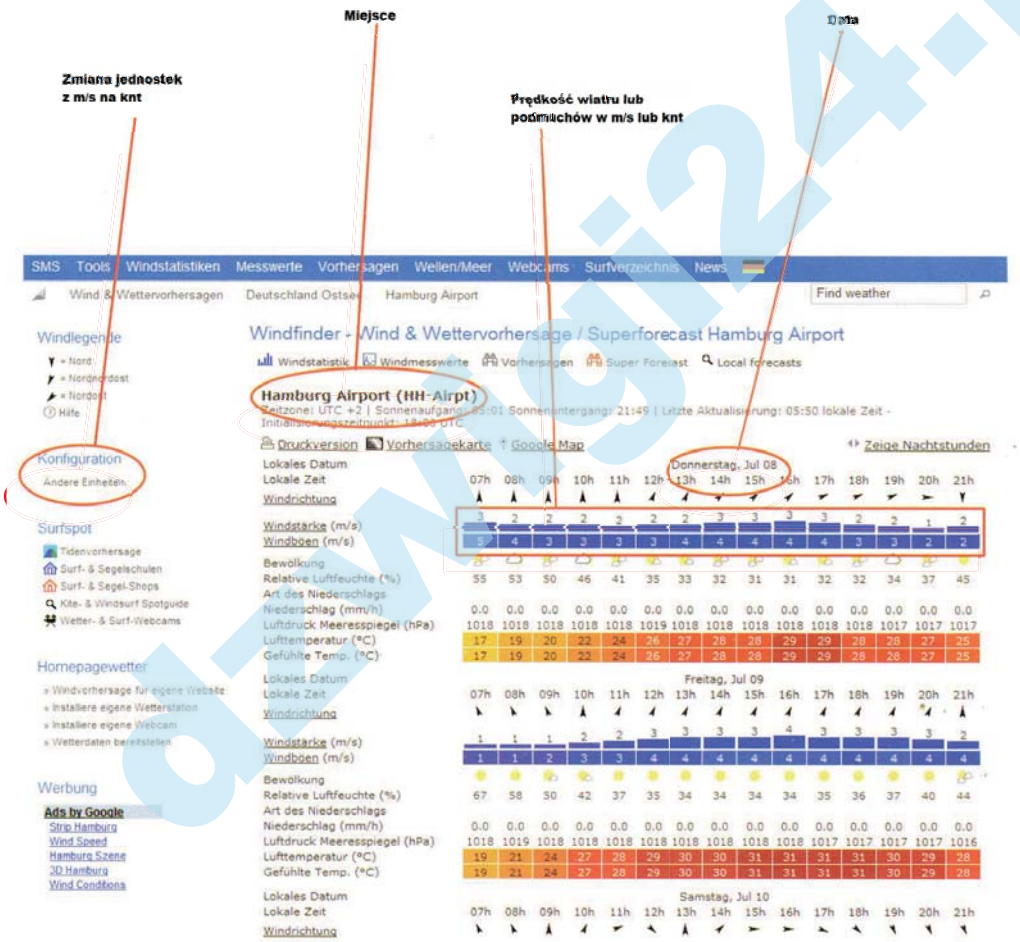
2. 2 Informacje o wietrze i pogodzie

Przy pracy żurawia, szczególnie przy podnoszeniu ładunków o dużej powierzchni, należy uważnie obserwować parametry wiatru.

Przed rozpoczęciem pracy operator żurawia musi określić oczekiwaną maksymalną prędkość wiatru w miejscu pracy, sprawdzając prognozę wiatru. Jeśli spodziewane są niedopuszczalne prędkości wiatru, nie wolno podnosić ładunku ani żurawia.

Aktualne prognozy pogody można znaleźć w internecie (np. www.windfinder.com pod nagłówkiem "Super Forecast"). **Pamiętaj, że podawana prędkość dotyczy wiatru w porywach na poziomie 10 m powyżej gruntu.**

Informacje o wiatrach w internecie



Rys. 11: Przykład ze strony www.windfinder.com

Jeżeli żuraw nie może być złożony w czasie przerwy w pracy, cały czas należy obserwować prędkość wiatru. Aktualna wartość prędkości wiatru nie może przekraczać dopuszczalnej wartości z tabeli.

LIEBHERR

2. 2. 1 Porywy wiatru w zależności od wysokości

Prognozy pogody podają zazwyczaj średnią prędkość wiatru z okresu 10-minutowego i/lub odpowiednią wartość porywów wiatru, zawsze w odniesieniu do poziomu 10 m nad gruntem. Zależnie od tego, jakie informacje są dostępne, należy wziąć pod uwagę inne współczynniki przy obliczaniu prędkości wiatru w porywach na określonej wysokości. Współczynniki do przeliczania prędkości wiatru w zależności od wysokości są podane w poniższej tabeli.

Jeżeli prognoza podaje prędkość wiatru w porywach na wysokości 10 m, do obliczeń należy wziąć współczynniki z niebieskiej kolumny.

Jeżeli prognoza podaje tylko prędkość wiatru z okresu 10 minut, należy użyć współczynników z kolumny żółto-zielonej.

Prędkość wiatru w zależności od wysokości

Współczynniki służą do przeliczenia prędkości w porywach na określonej wysokości.

Wysokość robocza	Współczynnik do przeliczania podanej prędkości wiatru na wysokości 10 m w okresie 10 minut	Współczynnik do przeliczania podanej prędkości wiatru w porywach na wysokości 10 m
10	1,400	1,000
20	1,502	1,073
30	1,566	1,119
40	1,614	1,153
50	1,653	1,181
60	1,685	1,204
70	1,713	1,224
80	1,738	1,241
90	1,760	1,257
100	1,780	1,272
110	1,799	1,285
120	1,816	1,297
130	1,832	1,309
140	1,847	1,319
150	1,861	1,329
160	1,874	1,339
170	1,887	1,348
180	1,899	1,356
190	1,910	1,364
200	1,921	1,372

Tabela 2. Współczynniki określające prędkość wiatru na wysokości w odniesieniu do wartości średniej prędkości wiatru i porywów na wysokości 10 m

Przykład

$6.2\ ^{m}/_{s} \times 1.272 = 7.89\ ^{m}/_{s}$

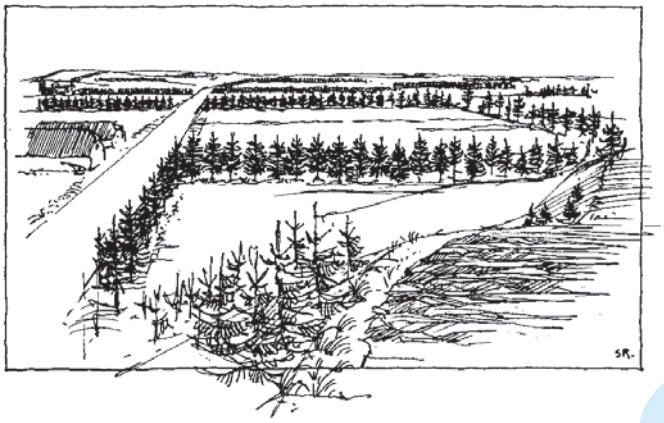
Prognoza podaje prędkość wiatru w porywach 6.2 $^{m}/_{s}$ na wysokości 10 m nad gruntem.
Wysokość podnoszenia ładunku wynosi 100 m. Zgodnie z podanym współczynnikiem (patrz lewa kolumna) prędkość wiatru w porywach na wysokości 100 m wynosi 7.89 $^{m}/_{s}$.
Przy, podanej w manualu żurawia lub tabelach, możliwej pracy do maksymalnej prędkości wiatru 9 $^{m}/_{s}$, można podnieść ładunek na żądaną wysokość.

dźwigi24.pl

2. 3 Ćwiczenia

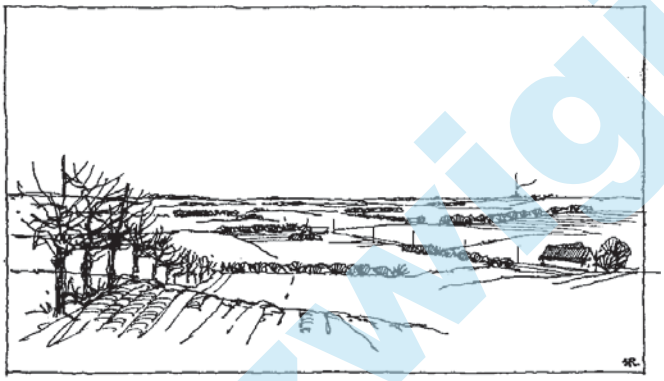
Ćwiczenie 4

Określ, z pomocą tabeli 1: klasę terenu pokazanego na dwóch poniższych rysunkach!



Rys. 12: Określ klasę terenu!

Odpowiedź:



Rys. 13: Określ klasę terenu!

Odpowiedź:

Ćwiczenie 5

Co rozumiemy pod pojęciem "poryw wiatru", zgodnie z EN 13000?

- ◯ **słaby wiatr spowodowany różnicą ciśnień**
- ◯ **krótki gwałtowny powiew wiatru**
- ◯ **wiatr większy niż średnia prędkość wiatru, mierzony w czasie 3 sekund**

Ćwiczenie 6

Z pomocą rysunku 11 (str. 17) i tabeli 2 (str. 18) oblicz jaka była prędkość wiatru w porywach na lotnisku w Hamburgu, 9 lipca, o godzinie 3 po południu, na wysokości 140 m.

Odpowiedź:

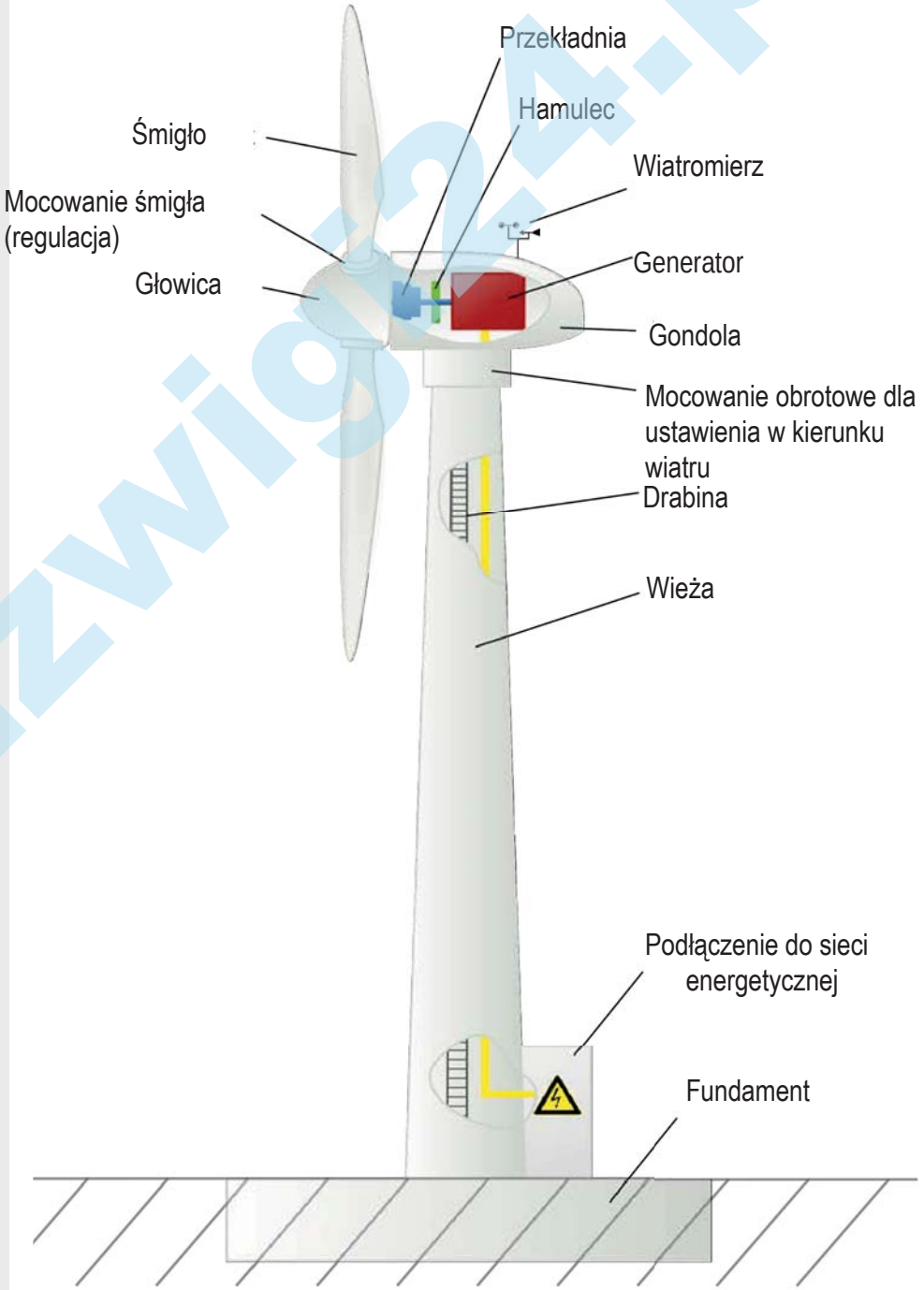
dzwigi24.pl

3. Budowa turbiny wiatrowej

W tym rozdziale zapoznasz się ze schematyczną budową elektrowni wiatrowej. Opiszemy także, jak zachowuje się wiatr na różnych wysokościach ponad gruntem.

Korzystanie z energii wiatru jest zjawiskiem znanym od wieków. Deweloperzy zachęcają do budowy coraz wyższych elektrowni wiatrowych. W związku z tym rośnie wysokość wież elektrowni. Nowe rozwiązania oszołomiają wielkościami. Na wieży o wysokości 135 m rotor obracają śmigła o rozpiętości 126 m. Dla przykładu: rozpiętość skrzydeł samolotu Airbus A380 wynosi zaledwie 80 m.

Elementy turbiny wiatrowej

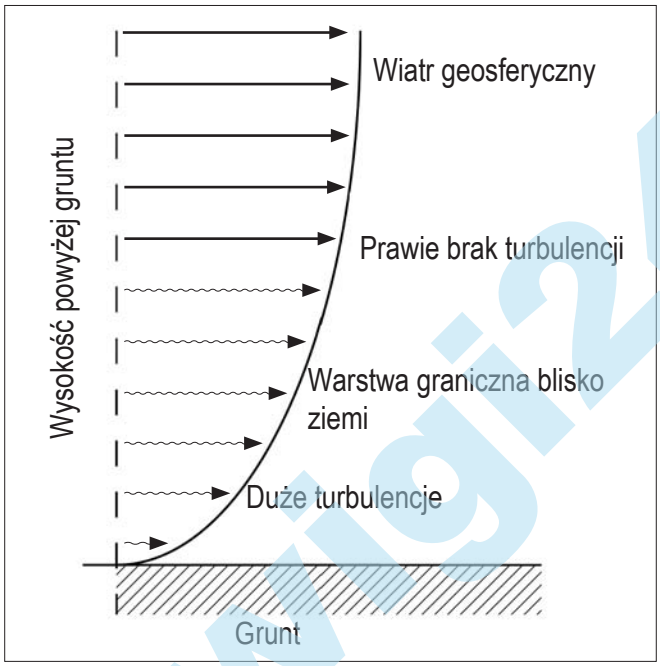


dzwigi24.pl

Composition of air layers

Niezależnie od tego, czy są wznoszone indywidualne elektrownie wiatrowe, czy farmy wiatrowe, zazwyczaj są one instalowane, w miejscach, gdzie wiatr wieje najsilniej. Każdy metr wyżej, ma dla wytwarzania energii duże znaczenie w podwyższaniu wydajności. Biorąc pod uwagę podział pionowy atmosfery, jego dolna warstwa jest odpowiednia do wykorzystania energii wiatru. Jest to spowodowane rozkładem najniższych warstw powietrza. Przy rosnącej wysokości nierówności gruntu mają mniejszy wpływ na prędkość wiatru. Dlatego wiatr wieje bez zaburzeń na dużych wysokościach i nie jest osłabiany przez turbulencje. Ten fakt jest bardzo korzystny dla producentów elektrowni wiatrowych.

Różne typy turbulencji wiatru



Rys. 14: Turbulencje na różnych wysokościach

Kolejnym czynnikiem branym pod uwagę jest fakt, że prędkość wiatru spada im bliżej powierzchni gruntu. W gondoli na wysokości 40 m i o śmigłach rozpiętości 40 m, śmigła rotora w najwyższej pozycji podlegają naciskowi wiatru o prędkości 9.3 m/s, w najniższej pozycji wiatr ma prędkość tylko 7.7 m/s. Oznacza to, że obciążenie działające na płat śmigła w najwyższej pozycji jest znacznie wyższe niż w najniższej (obciążenie łożyska, przekładni, itp.).

dzwigi24.pl

4. Współczynniki do obliczania siły wiatru

W tym rozdziale dowiesz się, jakie są warunki i podstawy obliczania wpływu wiatru na operacje żurawia. Dodatkowo poznasz zasady odczytu dopuszczalnej do pracy prędkości wiatru z wykresów.

Podstawowe dane do obliczania obciążenia wiatrem to:

- ciężar ładunku
- maksymalna powierzchnia projekcji
- współczynik oporu c_W
- maksymalna prędkość wiatru
- powierzchnia wystawiona na działanie wiatru
- ciśnienie dynamiczne

4. 1 Potrzebne wartości

Poniższe wartości muszą być znane przed rozpoczęciem operacji żurawiem:

- **ciężar podnoszonego ładunku** (m_H) (patrz rozdz. 4.1.1)
- **maksymalna powierzchnia projekcji** (A_P) ładunku (patrz rozdz. 4.1.2)
- **współczynnik oporu** (c_w), (patrz rozdz. 4.1.3)
- aktualna **prędkość wiatru** (v_{act}) (patrz rozdz. 4.1.4)

4. 1. 1 Ciężar ładunku i akcesoriów (m_H)

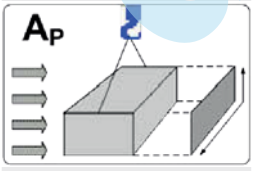
Definicja ładunku do podniesienia

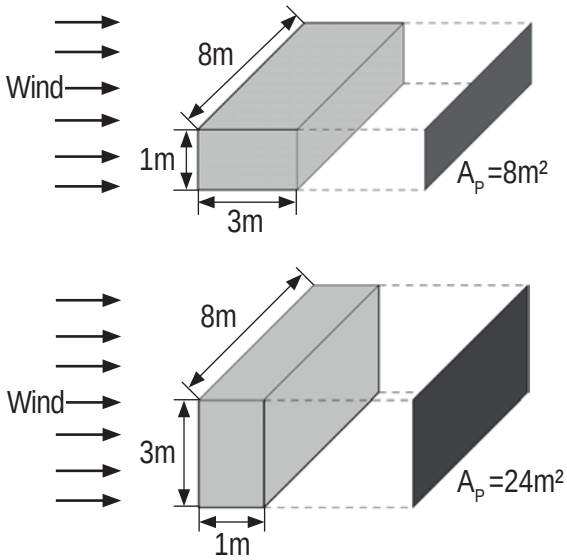
Ciężar podnoszonego ładunku (ładunek i zblocze) jest mierzony w kilogramach (kg) lub tonach (t). Operator może odczytać ciężar z dowodu dostawy, bezpośrednio z oznaczeń ładunku lub zapytać producenta. Ładunku, którego nieznany jest ciężar, współczynnik oporu i powierzchnia projekcji, nie wolno podnosić.

4. 1. 2 Maksymalna powierzchnia projekcji ładunku (A_P)

Definicja powierzchni projekcji ładunku

Jeżeli bryła ładunku zostanie oświetlona, będzie rzucać cień. Ten cień jest **powierzchnią projekcji ładunku** A_P. Jeżeli bryła zostanie wystawiona na wiatr, zamiast oświetlenia, powstanie taki sam "cień". W zależności od kierunku wiatru, będzie on większy lub mniejszy. Producent ładunku może podać maksymalną powierzchnię projekcji.





Przykład po lewej stronie wyraźnie pokazuje, że przedmiot może mieć różne powierzchnie projekcji. Dlatego zawsze należy brać pod uwagę maksymalną powierzchnię projekcji.

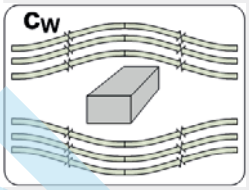
Im większa jest powierzchnia projekcji, tym większa może być powierzchnia wystawiona na działanie wiatru.

dzwigi24.pl

4. 1. 3 Współczynnik c_w

Jeżeli bryła jest wystawiona na działanie strumienia powietrza, prędkość strumienia zmniejszy się wskutek uderzenia lub opływania bryły. Bryła jest przeszkodą dla strumienia powietrza (stawia opór). Opór przepływu zmienia się w zależności od kształtu bryły. Dla poszczególnych kształtów określony jest **współczynnik oporu**. Współczynnik oporu (c_w) bryły określa, jak dużą przeszkodą jest ona dla strumienia powietrza. Producent podaje współczynnik oporu dla dostarczonego produktu.

Definicja współczynnika oporu



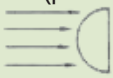
Kształt	Współczynnik oporu c_w
Powierzchnia płaska / Sześcian / Prostopadłościan	1.1 do 2.0
Cylinder	0.6 do 1.0
Kula	0.3 do 0.4
Półkula (przód) 	0.2 do 0.3
Półkula pusta (tył)	0.8 do 1.2
Śmigło rotora	Około 1.6

Tabela 3. Współczynniki oporu niektórych brył

4. 1. 4 Aktualna prędkość wiatru (v_{act})

Aktualna **prędkość wiatru** jest podawana w [m/s] lub [km/h]. Przed rozpoczęciem pracy musisz ustalić przewidywaną prędkość wiatru, na podstawie miejscowej prognozy lub w internecie (np. www.wetterfinder.com). Podnoszenie jest zabronione, jeżeli przewidywana prędkość wiatru jest wyższa od maksymalnej dopuszczalnej! Dodatkowo można odczytać aktualną prędkość wiatru z zamontowanego na żurawiu **wiatromierza**, wyświetloną na ekranie.

Gdzie mogę znaleźć aktualną prędkość wiatru?

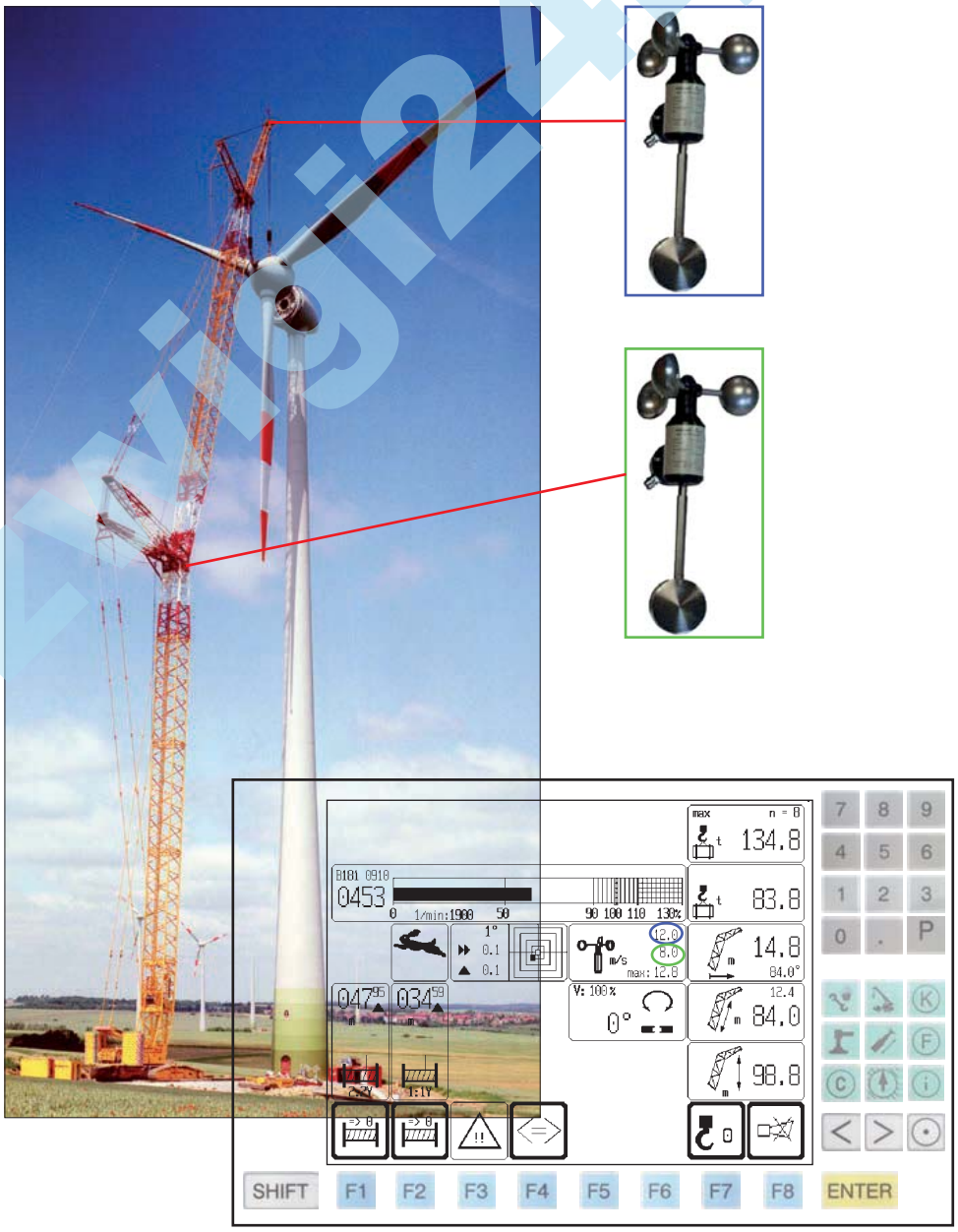
Bieżący odczyt z wiatromierza nie może służyć jako jedyna podstawa do obliczeń dla podnoszonego ładunku. Przed rozpoczęciem podnoszenia należy skontaktować się z lokalnym biurem pogodowym i/lub sprawdzić w internecie przewidywaną/aktualną /w porywach prędkość wiatru w czasie wykonywania podnoszenia ładunku.

dzwigi24.pl

Wiatromierz (wskaźnik prędkości wiatru)

Na żurawiu mogą być zamontowane dwa **wiatromierze**. Ostrzeżenia o prędkości wiatru pokazywane są na ekranie systemu LICCON. Jeżeli aktualna prędkość wiatru przekroczy dopuszczalną ikony zaczynają migać i włącza się alarm dźwiękowy o krótkim sygnale. Ruchy żurawia nie są jednak wstrzymywane. Operacja podnoszenia musi być zakończona w najkrótszym możliwym czasie, a wysięgnik opuszczony w razie potrzeby. Po wykonaniu tych czynności, sprawdzić maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru w tabelach wiatru oraz podnoszenia i opuszczania wysięgnika.

Górna wartość przy symbolu wiatromierza podaje dane z czujnika zamontowanego na stałym przedłużeniu.
Dolna wartość przy symbolu wiatromierza podaje dane z czujnika zamontowanego na wysięgniku głównym.



Rys. 15: Miejsca instalacji wiatromierzy i ekran systemu operacyjnego *LICCON*

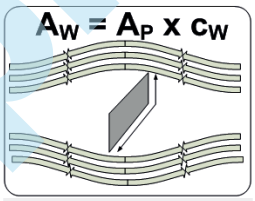
dzwigi24.pl

4. 2 Określenie lub obliczenie brakujących wartości

Jeżeli jest to możliwe, należy określić lub obliczyć, na podstawie znanych danych, poniższe wartości:

- powierzchnię wystawioną na działanie wiatru (patrz rozdz. 4.2.1)
- dopuszczalną prędkość wiatru z tabeli udźwigów (patrz rozdz. 4.2.2)
- ciśnienie dynamiczne (patrz rozdz. 4.2.3)
- siłę wiatru (patrz rozdz. 4.2.4)

4. 2. 1 Powierzchnia wystawiona na działanie wiatru (A_w)



Powierzchnia wystawiona na działanie wiatru A_w określa powierzchnię projekcji bryły A_P skorelowaną ze współczynnikiem oporu przepływu c_w dla danej bryły.

Powierzchnia wystawiona na działanie wiatru (A_W):

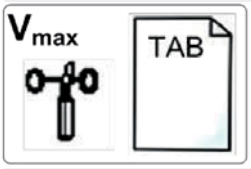
$$A_W = A_P \cdot c_W$$

4. 2. 2 Dopuszczalna prędkość wiatru z tabel udźwigów

Dopuszczalna prędkość wiatru z tabel udźwigów

Obliczona maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru jest podana dla każdego żurawia w jego **tabelach udźwigów**. Zależy ona także od długości wysięgnika i konfiguracji żurawia. Do jej obliczenia używane są standardowe wartości z normy EN 13000 (wartość referencyjna 1.2 m² na tonę).

Jeżeli **aktualna prędkość wiatru** przekracza **dopuszczalną podaną w tabelach**, praca żurawia musi być wstrzymana, a wysięgnik musi być opuszczony.



% 1	92 -	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	92 -
% 2	46 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +
% 3	46 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
% 4	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
% 5	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +
m/s	11,1	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1

Rys. 16: Strona z tabeli udźwigu z dopuszczalną prędkością wiatru dla poszczególnych konfiguracji sekcji teleskopowych/kratowych.

dzwigi24.pl

Definicja ciśnienia dynamicznego

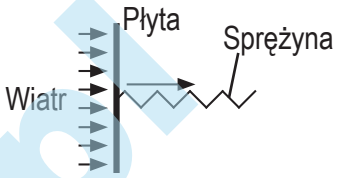
4. 2. 3 Ciśnienie dynamiczne (p)

Jeżeli wiatr wieje na płytkę osadzoną na sprężynie (patrz rys. po prawej), powietrze zaczyna ją omijać. Część powietrza wywiera jednak na nią nacisk, sprężyna jest w rezultacie ściskana. W zależności od siły wiatru nacisk zmienia się lub pozostaje stały w czasie. Ten efekt nazywany jest **ciśnieniem dynamicznym**. Jeżeli prędkość wiatru (v) zwiększa się **dwukrotnie**, ciśnienie dynamiczne zmienia się **czterokrotnie**.

Gęstość powietrza:
$\rho = 1.25\ ^{kg}/_{m^3}$

Formuła dla obliczenia ciśnienia dynamicznego (p):

$p = F_w : A_w$ lub $p = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2$



Definicja siły wiatru

4. 2. 4 Siła wiatru (F_w)

Silny wiatr jest konieczny do obracania śmigieł. Oznacza to, że **ciśnienie dynamiczne** musi być wystarczająco duże do uruchomienia obrotu śmigieł. Większa powierzchnia płatu śmigła wystawiona na działanie wiatru oznacza mniejsze ciśnienie dynamiczne konieczne do uruchomienia obrotu śmigieł.
Formuła dla obliczenia siły wiatru (F_w):

$F_w = A_w \cdot p$

4. 3 Ćwiczenia

Ćwiczenie 7

Musisz wymienić taflę szkła na fasadzie szklanej budynku za pomocą żurawia. Tafla ma powierzchnię projekcji 2.6 m² **i współczynnik oporu** c_w 1.2. **Oblicz powierzchnię tafli wystawioną na działanie wiatru.**

Odpowiedź:

$A_w =$ m²

Ćwiczenie 8 (**uzupełnij brakujące słowa!**)

Jeżeli ..... prędkość wiatru przekracza ..... prędkość wiatru z tabel udźwigów, operacje żurawiem muszą być . .. a wysięgnik .....
jeżeli dopuszczalna prędkość wiatruw tabelach jest.....

Ćwiczenie 9

Użyj rys. 16 (str. 25) do określenia jaka prędkość wiatru jest dopuszczalna dla konfiguracji sekcji teleskopowych 92-/46+/46+/46+/0.

Odpowiedź:

dzwigi24.pl

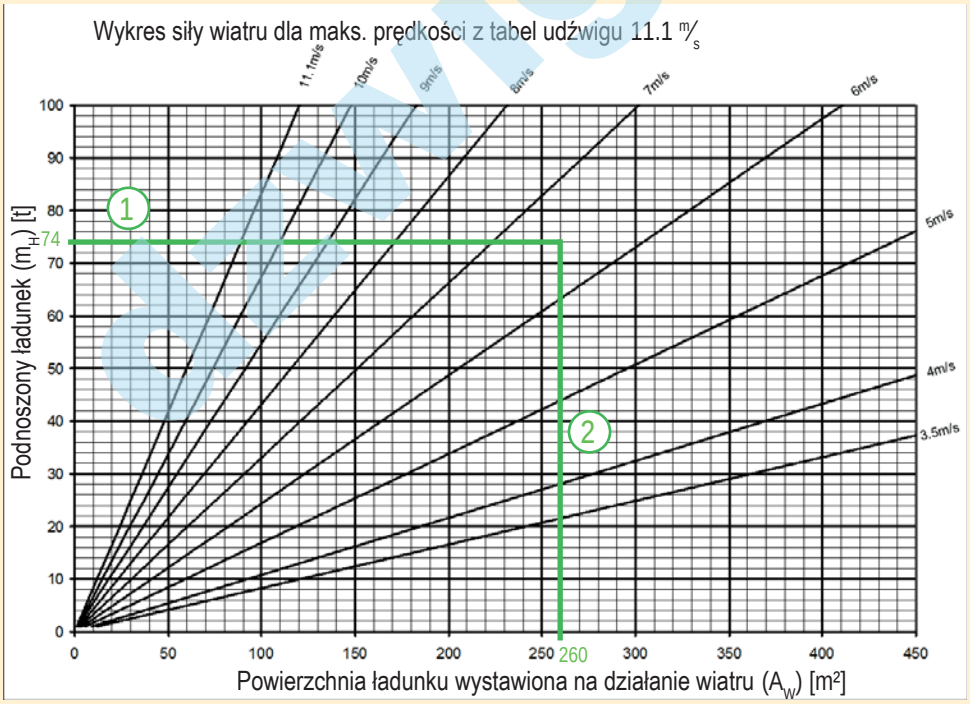
5. Określenie dopuszczalnej prędkości wiatru

Do ustalenia dopuszczalnej maksymalnej prędkości wiatru mogą posłużyć 3 metody:

- Metoda (1): wykresy siły wiatru (patrz rozdz. 5.1)
- Metoda (2): wg formuły (patrz rozdz. 5.2)
- Metoda (3): ze starych tabel udźwigu (wykres 1 i 2) - obecnie nie używana

Ta forma określania dopuszczalnej prędkości wiatru jest nieodłączną częścią tabel udźwigu. W tym rozdziale chcielibyśmy poinformować o tej metodzie.

Jeżeli **powierzchnia ładunku wystawiona na działanie wiatru jest większa niż 1,2 m² na tonę,** maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru, podana w tabelach udźwigu, przestaje obowiązywać. W tym przypadku należy porównać maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru z tabel z prędkością wiatru na wykresach **siły wiatru**. Te dwie wartości muszą się ze sobą zgadzać, gdyż inaczej odczytany wynik będzie nieprawidłowy. Może to spowodować wypadek.



Do określenia maksymalnej dopuszczalnej siły wiatru z pomocą wykresu, należy najpierw poprowadzić linię poziomą (linia 1) od wartości ciężaru ładunku m_H (ładunek + akcesoria do podnoszenia).
Następnie należy poprowadzić linię pionową (linia 2) z wartości powierzchni ładunku wystawionej na działanie wiatru A_W (powierzchnia projekcji ładunku x c_W).
Maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru dla tej operacji żurawia odczytujemy na przecięciu tych dwóch linii.

dźwig24.pl

5. 1. 1 Przykład określenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunku specjalnego

Przykład 1

280 m² / 65 t = 4.31 $^{m^2}/_{t}$

Ciężar ładunku do podniesienia wynosi 65 t, współczynnik oporu c_W = 1,4, a powierzchnia wystawiona na działanie wiatru 280 m² przy powierzchni projekcji 200 m². Z powyższych danych uzyskujemy wynik 4,31 m² na t. Wartość ta przekracza wartość standardową z tabel udźwigu (1,2 m² na tonę). Zgodnie z tabelami udźwigu maksymalna prędkość wiatru dla danej konfiguracji żurawia wynosi 11,1 m/s.
Teraz należy określić maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru dla tego podnoszenia z wykresu siły wiatru dla 11,1 m/s (patrz rys. 22 na str. 32).

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru dla ładunku wynosi 5.9 $^{m}/_{s}$.

Określona maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru 5,9 m/s nie jest akceptowana przez komputer LICCON. Nie występują w systemie ostrzeżenia dla przekroczenia prędkości wiatru 5,9 m/s. Z tego powodu, operator żurawia musi samodzielnie kontrolować prędkość wiatru. Jeżeli maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru zostanie przekroczona, ładunek nie może być podnoszony.

5. 1. 2 Przykład określenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunku standardowego

Przykład 2

Powierzchnia ładunku wystawiona na wiatr:
1,2 · 50 m² = 60 m²

Ciężar ładunku do podniesienia wynosi 85 t, współczynnik oporu c_W = 1,2, a powierzchnia projekcji ładunku 50 m². Powierzchnia wystawiona na działanie wiatru 60 m². Z powyższych danych uzyskujemy wynik 0,71 m² na t. Dla tego przypadku w tabelach udźwigu maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru wynosi 9 m/s. Teraz należy określić maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru dla tego podnoszenia z wykresu siły wiatru dla 9 m/s.
Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru dla tego podnoszenia wynosi 9 m/s, tak jak podano w tabelach udźwigu.

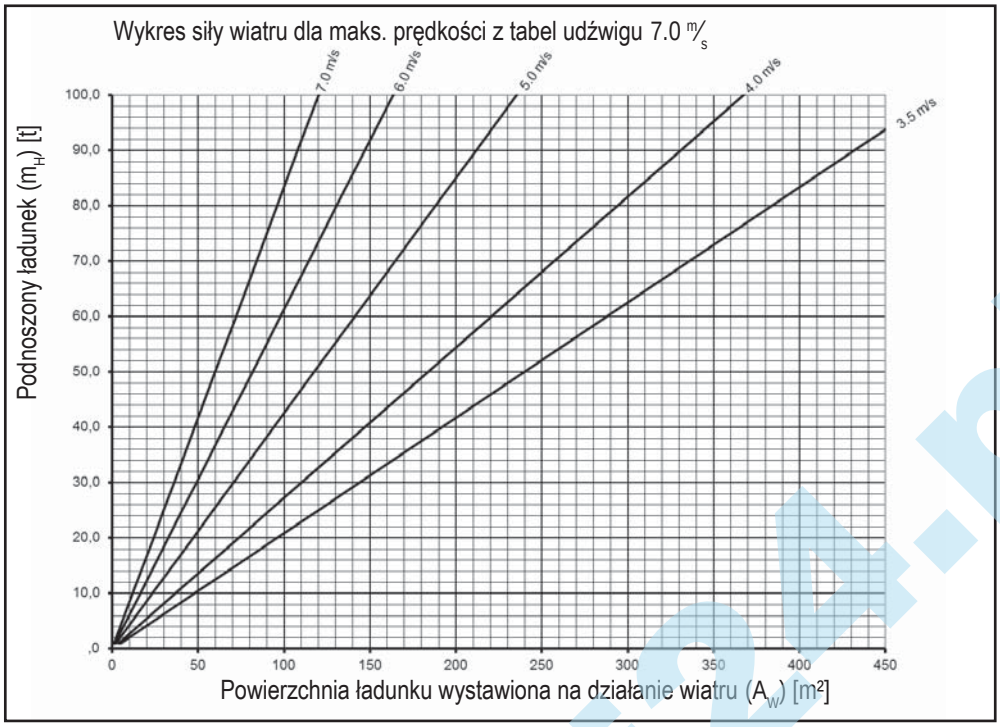
Ćwiczenie 10

Nanieś wartości z przykładu 5.1.1 na odpowiedni wykres siły wiatru na następnych stronach w celu określenia maksymalnej dozwolonej prędkości wiatru.

Ćwiczenie 11

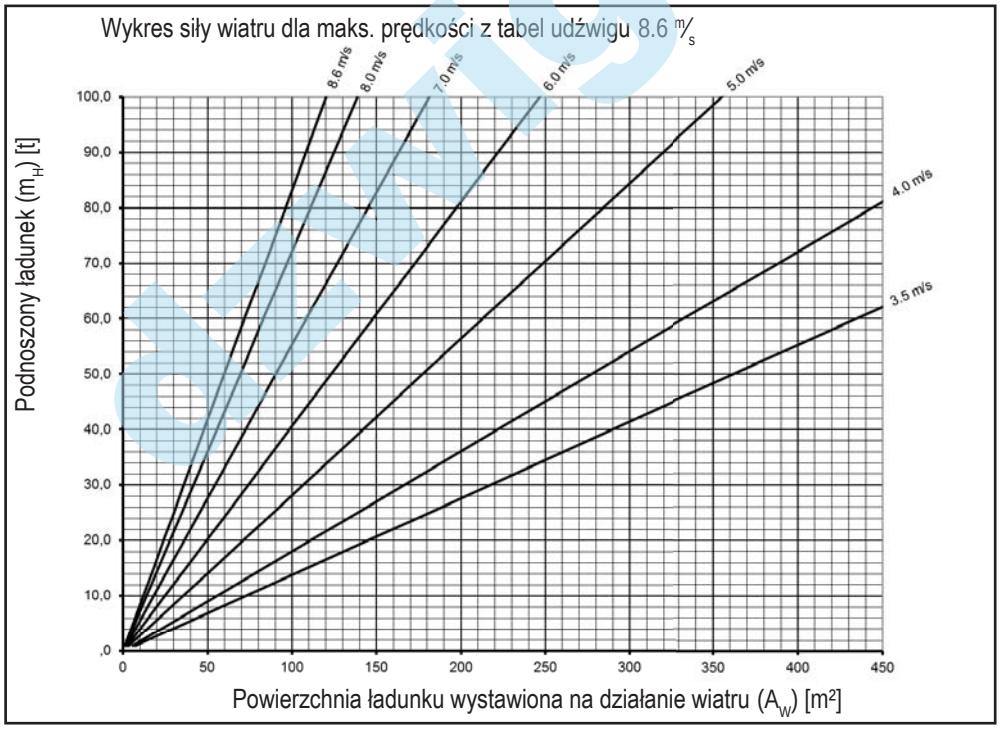
Nanieś wartości z przykładu 5.1.2 na odpowiedni wykres siły wiatru na następnych stronach w celu określenia maksymalnej dozwolonej prędkości wiatru.

dzwigi.pl



Wykres siły wiatru 7.0 m/s

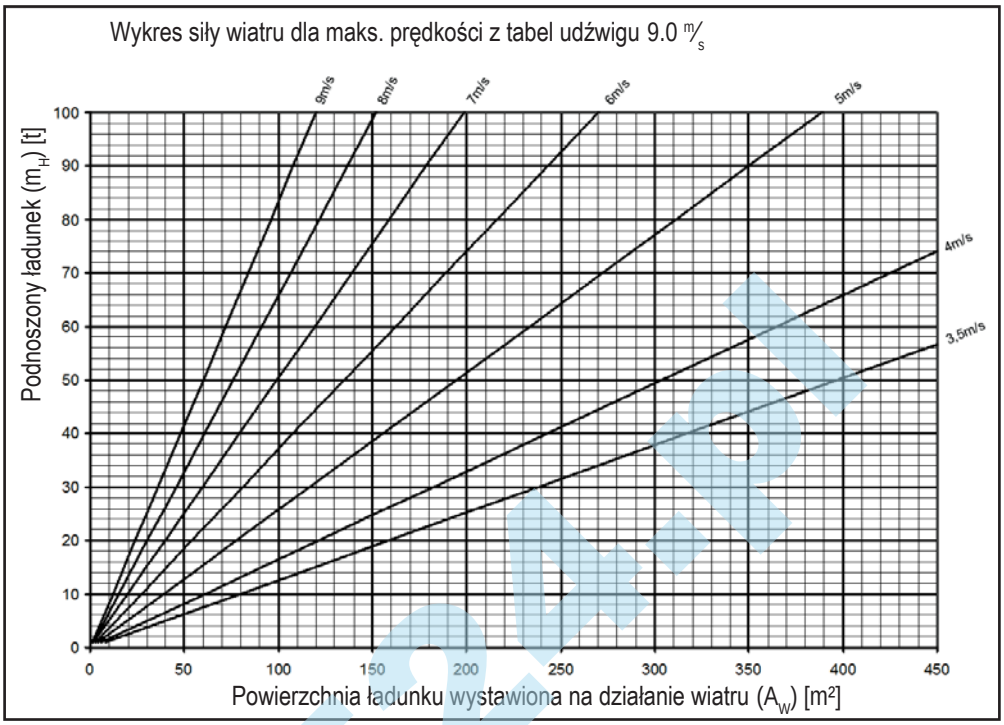
Rys. 17: Wykres siły wiatru dla prędkości 7,0 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 7,0 m/s)



Wykres siły wiatru 8.6 m/s

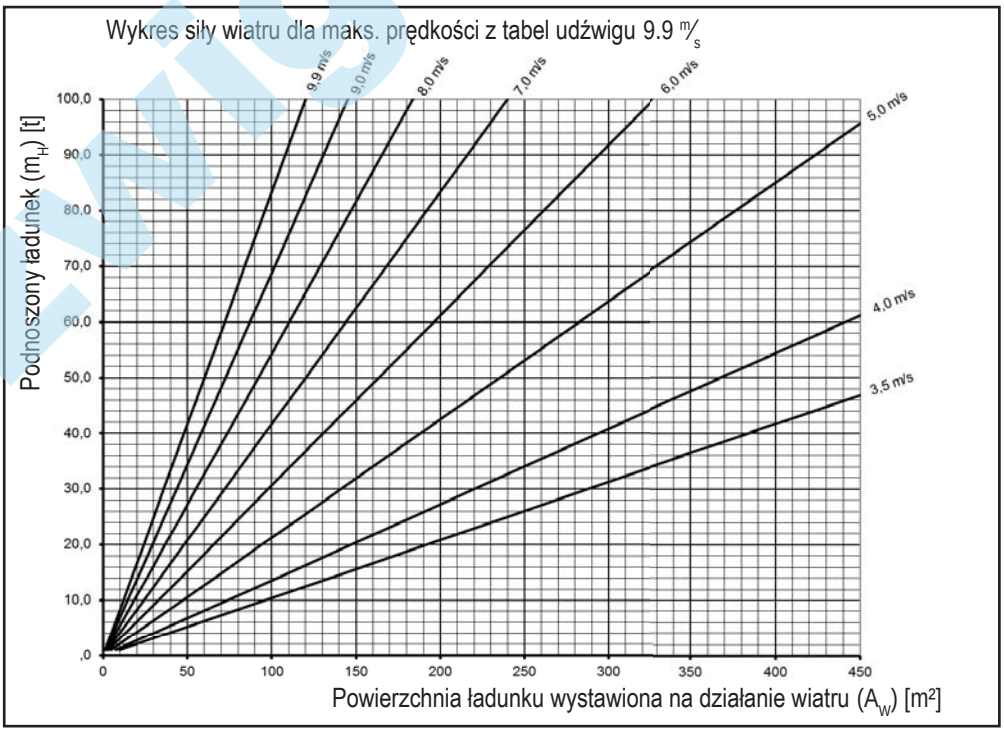
Rys. 18: Wykres siły wiatru dla prędkości 8,6 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 8,6 m/s)

Wykres siły wiatru
9.0 m/s



Rys. 19: Wykres siły wiatru dla prędkości 9,0 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 9,0 m/s)

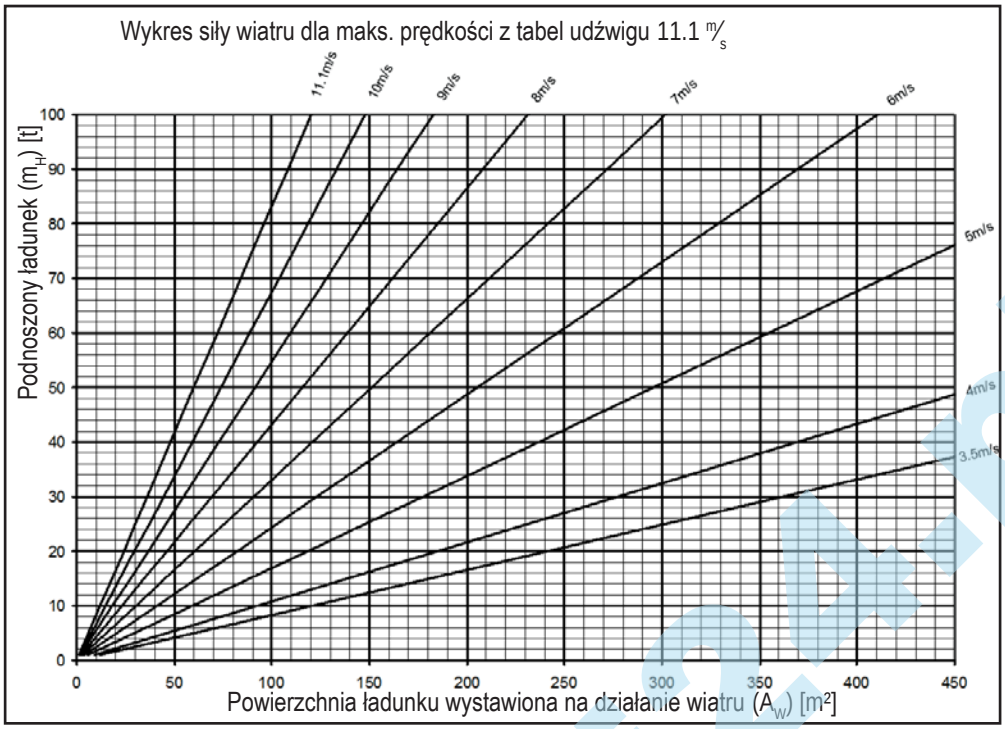
Wykres siły wiatru
9.9 m/s



Rys. 20: Wykres siły wiatru dla prędkości 9,9 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 9,9 m/s)

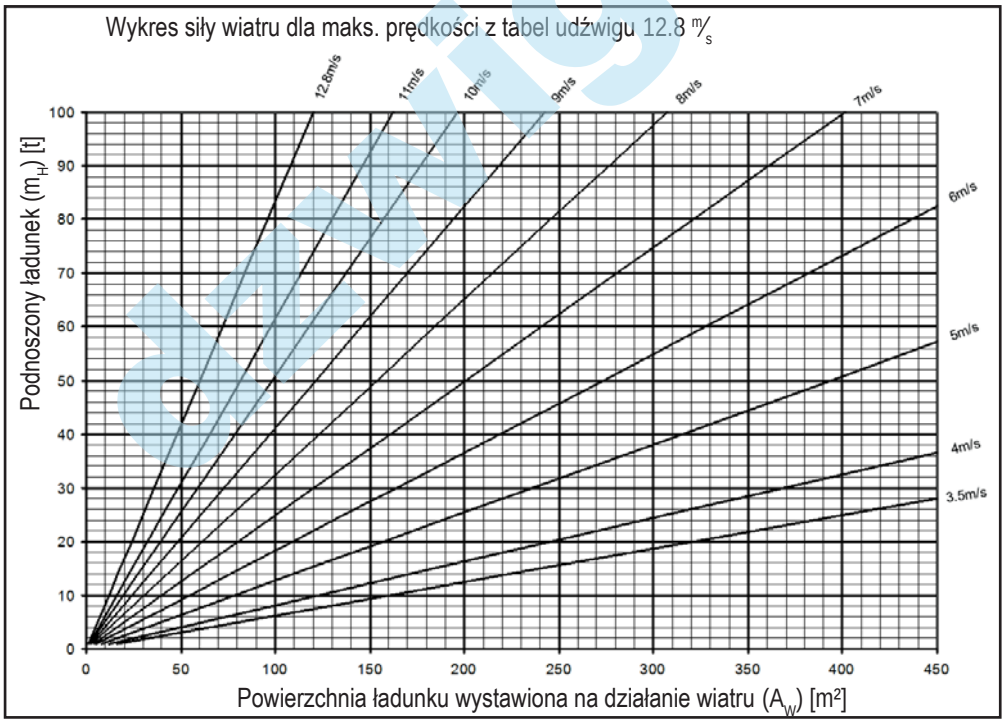
dźwigi24.pl

Wykres siły wiatru 11.1 m/s



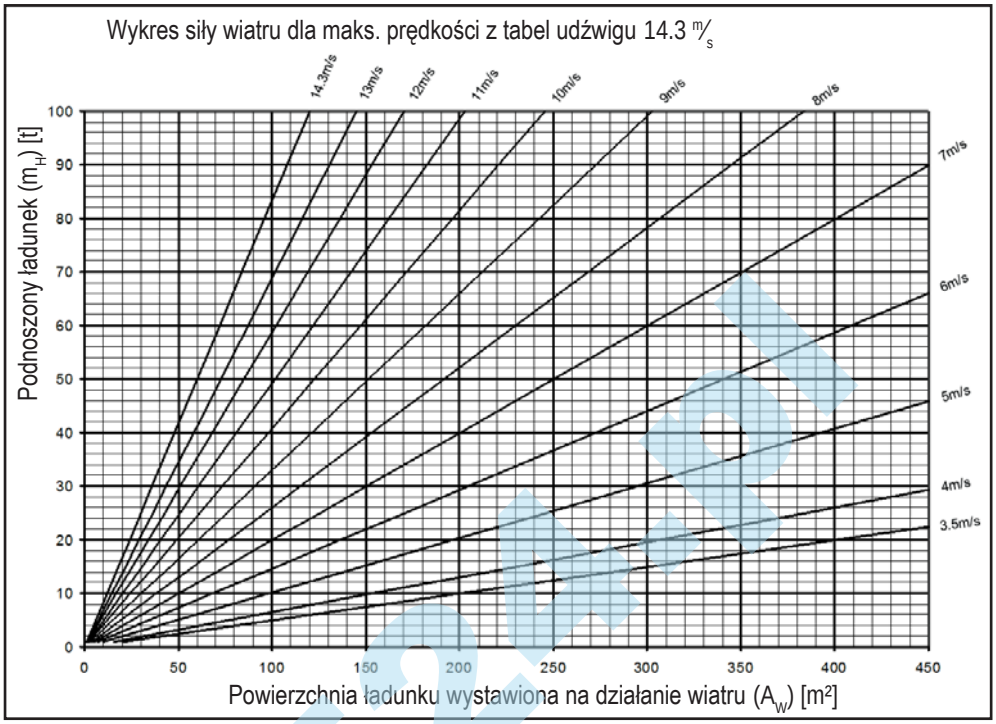
Rys. 21: Wykres siły wiatru dla prędkości 11,1 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 11,1 m/s)

Wykres siły wiatru 12.8 m/s



Rys. 22: Wykres siły wiatru dla prędkości 12,8 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 12,8 m/s)

Wykres siły wiatru
14.3 m/s



Rys. 23: Wykres siły wiatru dla prędkości 14,3 m/s (ważny tylko dla tabeli z maks. prędkością wiatru 14,3 m/s)

dzwigi24.pl

5. 2 Metoda (2): Formuła

Dopuszczalna prędkość wiatru może być obliczona za pomocą jednego wzoru. Do obliczenia potrzebne są następujące dane:

- ciężar podnoszonego ładunku (m_H) (włącznie ze zbloczem i akcesoriami do podnoszenia)
- powierzchnia ładunku wystawiona na działanie wiatru (A_W)
- maksymalna prędkość wiatru z tabel udźwigów

Wzór do obliczenia:

$$v_{max} = v_{max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1{,}2\ {}^{m^2}/_{t} \cdot m_H}{A_W}}$$

Wartość 1,2 $^{m^2}/_{t}$ pod pierwiastkiem jest wartością stałą z normy EN 13000, a **nie** wartością c_W! Wartość ta **nie** może być zmieniana!

5. 2. 1 Przykład określenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunku specjalnego

Ciężar ładunku do podniesienia wynosi 65 t, współczynnik oporu c_W = 1,4, a powierzchnia wystawiona na działanie wiatru 280 m² przy powierzchni projekcji 200 m². Zgodnie z tabelami udźwigu maksymalna prędkość wiatru dla danej konfiguracji żurawia wynosi 11,1 m/s.

$$v_{max} = 11.1\ {}^{m}/_{s} \cdot \sqrt{\frac{1.2\ {}^{m^2}/_{t} \cdot 65\ t}{280\ m^2}}$$

$$v_{max} = 5.86\ {}^{m}/_{s}$$

Przykład 1

Powierzchnia ładunku wystawiona na wiatr:
1.4 · 200 m² = 280 m²

Dopuszczalna prędkość wiatru z tabel musi być zmniejszona z 11,1 m/s do 5,86 m/s. Ładunek może być podnoszony przy maksymalnej prędkości wiatru 5,86 m/s.

Określona maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru 5,86 m/s nie jest akceptowana przez komputer LICCON. Nie występują w systemie ostrzeżenia dla przekroczenia prędkości wiatru 5,86 m/s. Z tego powodu, operator żurawia musi samodzielnie kontrolować prędkość wiatru. Jeżeli maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru zostanie przekroczona, ładunek nie może być podnoszony.

5. 2. 2 Przykład określenia maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru dla ładunku standardowego

Ciężar ładunku do podniesienia wynosi 85 t, współczynnik oporu c_W = 1,2, a powierzchnia projekcji ładunku 50 m². Powierzchnia wystawiona na działanie wiatru 60 m². Dla tego przypadku w tabelach udźwigu maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru wynosi 9 m/s.

$$v_{max} = 9\ {}^{m}/_{s} \cdot \sqrt{\frac{1.2\ {}^{m^2}/_{t} \cdot 85\ t}{60\ m^2}}$$

$$v_{max} = 11.73\ {}^{m}/_{s}$$

Przykład 2

Powierzchnia ładunku wystawiona na wiatr:
1.2 · 50 m² = 60 m²

Jeżeli wynik v_{max} jest **wyższy** niż v_{max_TAB}, ładunek może być podnoszony do prędkości wiatru podanej w tabelach, tutaj 9 m/s.

dzwigi24.pl

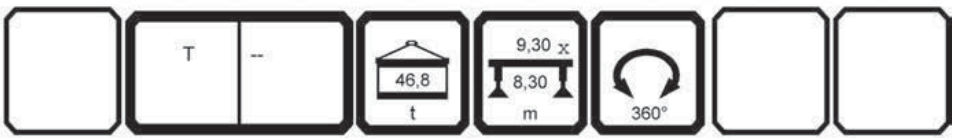
5. 3 Ćwiczenia

<u>Ćwiczenie 12</u>

Żurawiem LTM 1150-6.1 **(CODE 0050) musisz podnieść ładunek** 47 t, **z powierzchnią wystawioną na wiatr** 235 m² **na wysokość** 21 m **z 6 m. Rozstaw podpór wynosi** 9.30 m x 8.30 m. **Przeciwwaga** 46.8 t.

Ustal prawidłową konfigurację teleskopowania z tabeli udźwigu (patrz poniżej). Ustal także maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru dla tego ładunku z wykresów w rozdziale 5.1.

m	m >< t				CODE > 0050 <				T186.00301x(x)					
m	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
% 1	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	0 +	0 +	92 +
% 2	0 +	0 +	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	0 +	46 +	46 +	0 +	0 +	0 +	46 +
% 3	0 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	46 +	0 +	0 +	46 +
% 4	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	92 +	46 +	0 +
% 5	0 +	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	46 +	92 +	0 +	0 +	46 +	46 +	92 +	0 +
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1



Rys. 24: Strona z tabel udźwigu dla żurawia LTM 1150-6.1

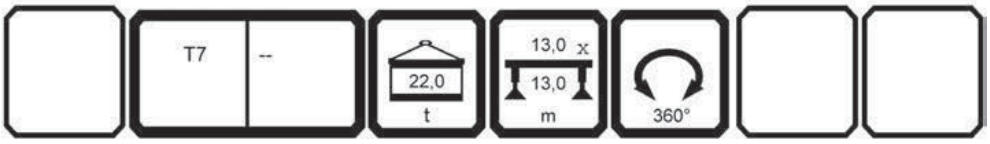
dzwigi24.pl

Ćwiczenie 13

Żurawiem LTM 11200-9.1 (CODE 0016) musisz podnieść ładunek 45 t, z powierzchnią wystawioną na wiatr 112 m², na wysokość 42 m z 18 m. Rozstaw podpór wynosi 13 m x 13 m. Przeciwwaga 22 t.
Podaj prawidłową konfigurację sekcji teleskopowych wg tabeli udźwigów (odpowiednia strona poniżej). Ustal maksymalną dopuszczalną prędkość wiatru dla tego ładunku z wykresów w rozdziale 5.1.

m >< t CODE > 0016 < V178 0F00.x(x)

m	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0								
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
% 1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	0+
% 2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
% 3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
% 4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
% 5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
% 6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
% 7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019



Rys. 25: Strona z tabeli udźwigów LTM 11200-9.1

dzwigi24.pl

6. Wpływ wiatru na żuraw w czasie postoju

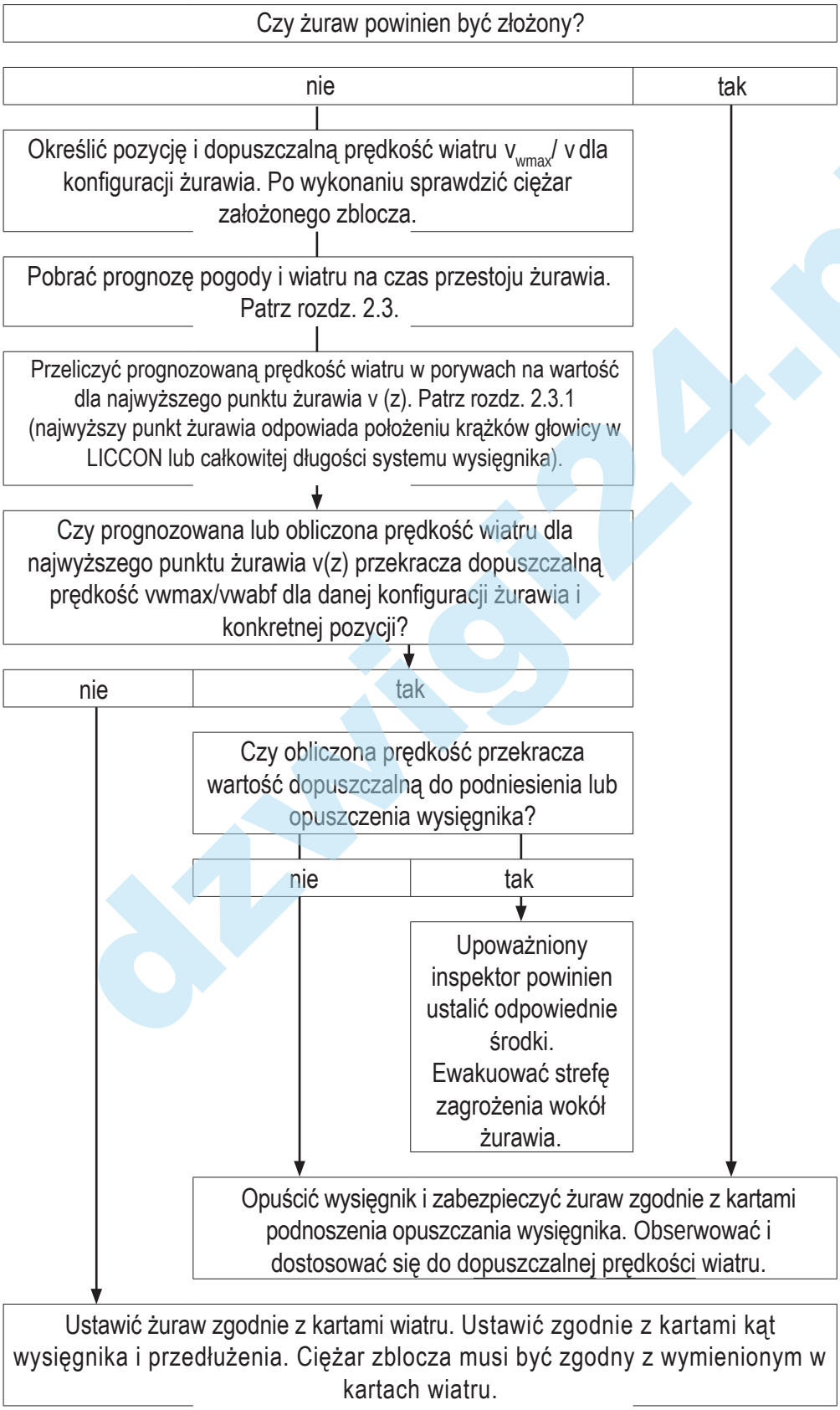
Oprócz niebezpieczeństwa spowodowanego wiatrem występującym podczas pracy żurawia, istnieje niebezpieczeństwo wypadku wskutek wiatru, nawet, gdy żuraw nie pracuje i jest bez ładunku. Żurawie kołowe i gąsienicowe mają bardzo dużą powierzchnię wystawioną na wiatr, pomimo ich lekkiej budowy. Nawet w przypadku kratownic możliwe są wystawione na wiatr powierzchnie kilkuset metrów kwadratowych. Bardzo duża długość wysięgnika i zwarta podstawa nadwozia powodują duży potencjał niebezpieczeństwa przy przekroczeniu maksymalnej prędkości wiatru.

Z tego powodu nawet cały żuraw może się przewrócić. Wiatr z przodu może powodować, że kratownica i główny wysięgnik przechylą się do tyłu. Ponadto boczny wiatr może przeciążać hamulec obrotowy, co może spowodować niezamierzone działanie żurawia.

Jak opisano w instrukcji obsługi firmy Liebherr-Werk Ehingen GmbH, należy zawsze opuszczać żurawia, jeśli żuraw nie będzie nadzorowany lub gdy praca żurawia zostanie przerwana. Jeśli nie jest to możliwe ze względu na ograniczoną przestrzeń w miejscu pracy, żuraw należy doprowadzić do położenia określonego przez producenta. To położenie jest bezpieczne tylko do określonej prędkości wiatru. W celu określenia maksymalnej prędkości wiatru, wszystkie żurawie Liebherr z masztem kratowym i wszystkie żurawie teleskopowe Liebherr, które mogą być wyposażone w przedłużkę kratową, są wyposażone w karty wiatru. Informacje można pobrać z wykresów wiatru. Jeśli nie ma dostępnych wykresów prędkości wiatru dla danej konfiguracji, należy użyć wartości maksymalnej dopuszczalnej prędkości wiatru z tabel udźwigów.

dzwigi24.pl

6. 1 Procedury przy wstrzymanej pracy żurawia



dzwigi24.pl

6. 2 Używanie kart wiatru

6. 2. 1 Przykład dla żurawia teleskopowego:

LTM 1750-9.1 – TYVEN

Baza podpór:	12 m x 12 m
Przeciwwaga:	184 t
Wysięgnik teleskopowy:	T-49.1 (92/92/92)
Przedłużka kratowa:	N-59.5
Ciężar zblocza:	1.5 t

Przestrzegać trybu pracy, używać przeciwwagi i bazy rozstawienia podpór zgodnie z tabelami udźwigów!

Nie przekraczać ciężaru zblocza podanego w tabelach.

TYVEN - 64.0 t do 204.0 t przeciwwagi - baza roztawienia podpór: 12.0m * 12.0m

Uwagi

- TYVEN - wysięgnik teleskopowy z odciągami z napinaniem TY, przedłużenie kratowe i pochylane przedłużenie kratowe
- 5m przedłużenie kratowe
- rama Y- w pozycji 45°
- 64.0t do 204.0t przeciwwagi
- odciągi wysięgnika teleskopowego ekscentrycznie
- kąt ramy Y ustawiony zgodnie z tabelami udźwigów
- podana prędkość wiatru jest ważna dla naprężonego systemu wysięgnika
- stan wysunięcia, dla którego w tabelach brak podanego udźwigu przy naprężeniu odciągów, nie powinien mieć ich naprężonych
- przy krótszym wysięgniku T-16.3 i ramie NA 3 odciągi utrzymują maksymalny kąt przedłużenia kratowego 58°
- pochylana przedłużka kratowa od długości 80,5 m musi pozostać bez teleskopowania i złożona
- baza podpór 12.0m x 12.0m

dzwigi24.pl

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru dla montażu

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru w najwyższym punkcie żurawia pozwalająca na obrót

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru w porywach w najwyższym punkcie żurawia

Przeciwwaga

Maksymalny dopuszczalny ciężar zblocza

Promień krążków głowicy

Kąt przedł. poch.

Kąt wys. głównego

Przedł. krat.

Adapter

Wysięgnik teleskopowy

Permissible wind speeds — **WAB-TAB198-007-001-00**

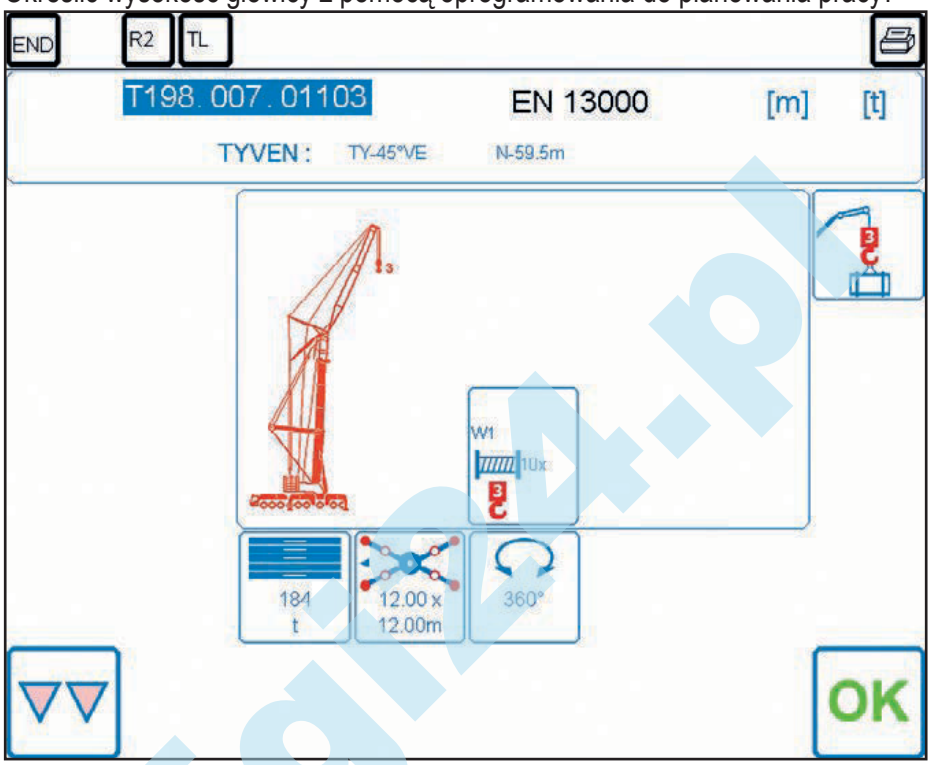
HA [m]	A [m]	HI [m]	WHA [°]	WHI [°]	RAD [m]	HKFL [t]	OWB [t]	VWMAX [m/s]	VWABF [m/s]	VWRST [m/s]
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-16.3 (0/0/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	41.8	2.0	var.	16.8	13.3	8.9
T-21.8 (0/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-21.8 (0/0/46)	A-9.0	N-59.5	84	52	41.6	2.0	var.	16.6	13.1	8.9
T-27.2 (46/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	50	43.7	2.0	var.	16.1	12.9	8.9
T-32.7 (92/46/0)	A-9.0	N-59.5	84	51	43.5	2.0	var.	15.8	12.6	8.9
T-38.2 (92/92/0)	A-9.0	N-59.5	84	49	45.6	2.0	var.	15.2	12.4	8.9
T-43.7 (92/92/46)	A-9.0	N-59.5	84	50	45.4	2.0	var.	14.9	12.2	8.9
T-49.1 (92/92/92)	A-9.0	N-59.5	84	48	47.6	2.0	var.	14.3	11.9	8.9

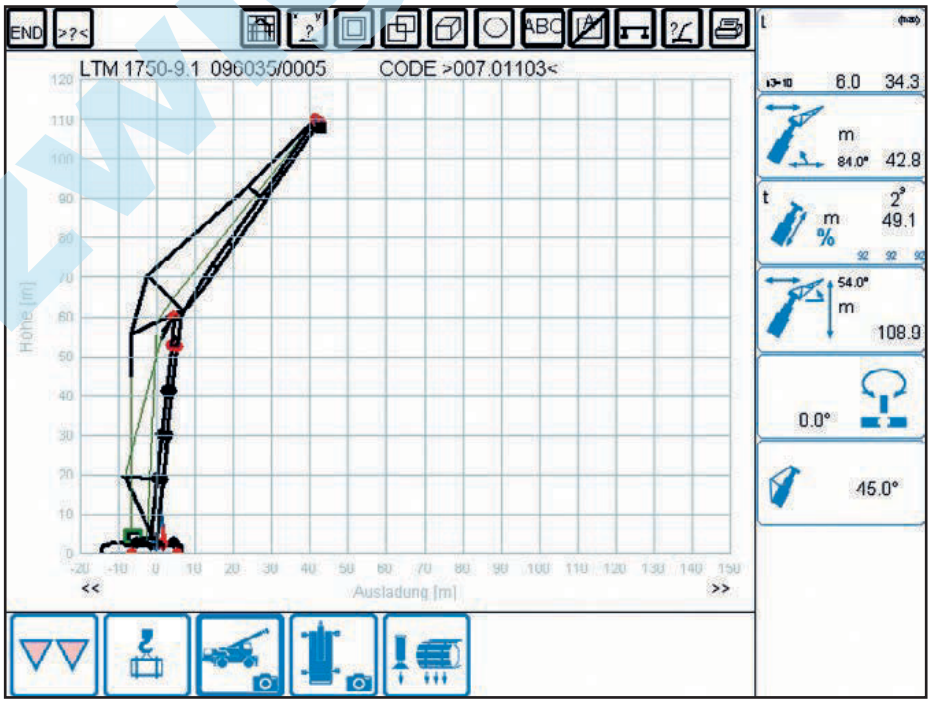
Przy teleskopowaniu wysięgnika z T-49.1 (92/92/92) do T-16.3 (0/0/0) dopuszczalna prędkość wiatru zwiększa się z 14.3 m/s do 16.8 m/s.

dzwigi24.pl

Jaka prędkość w porywach jest dopuszczalna na wysokości 10 m dla T-49.1 (92/92/92)?

Określić wysokość głowicy z pomocą oprogramowania do planowania pracy:





dzwigi24.pl

Wysokość krążków głowicy: 108.9 m
Określenie wysokości za pomocą całkowitej długości systemu: 49.1 + 9 + 59.5 = 117.6 m

Przewidywany wiatr w porywach, na wysokości 10m, wynosi 11 m/s.
Po konwersji z użyciem tabeli 2.3.1, określono prędkość w porywach na 14,2 m/s dla wysokości 120 m, co oznacza, że żuraw może pozostać tak, jak jest.
Przy zsuwaniu sekcji teleskopowych, dopuszczalna prędkość wiatru wzrasta do 16,8 m/s, co zwiększa bezpieczeństwo, dla dłuższego okresu wstrzymania pracy.

6. 2. 2 Przykład dla żurawia kratowego:

LR 11000 - SDWB

Wysięgnik główny:	S-54 m
Poch. przedł. kratowe:	W-114 m
Wysięgnik derrick:	D-36 m
Balast nadwozia	210 t
Balast centralny:	50 t
Ciężar zblocza:	14 t

Określenie derrick (także superlift) jest używane dla masztu przeciwstawnego.

Jeżeli karty z balastem derrick nie są dostępne, ale tryb pracy jest ustawiony na pracę z nim, można używać kart bez balastu derrick. Balast derrick musi być ustawiony na gruncie.

Przykład:
Ustawienie
- używane tabele
SDB - SD
SDWB - SDW
SDWB2 - SDW - prowadnica balastu musi być zdemontowana

dzwigi24.pl

237 SDWB - system

Dane

- Ciężar zblocza 18t
- Balast derrick 0t
- Balast nadwozia 210t
- Balast centralny 50t
- Promień derrick radius 12m
- Ilość przekładni: 3

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru dla podniesienia żurawia

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru w najwyższym punkcie żurawia pozwalająca na obrót

Maksymalna dopuszczalna prędkość wiatru w najwyższym punkcie żurawia

Promień derrick

Balast centralny

Przeciwwaga

Maksymalny dopuszczalny ciężar zblocza

Promień głowicy

Kąt przedłużenia

Kąt wys. głównego

Przedł. krat.

Derrick

Wys. główny

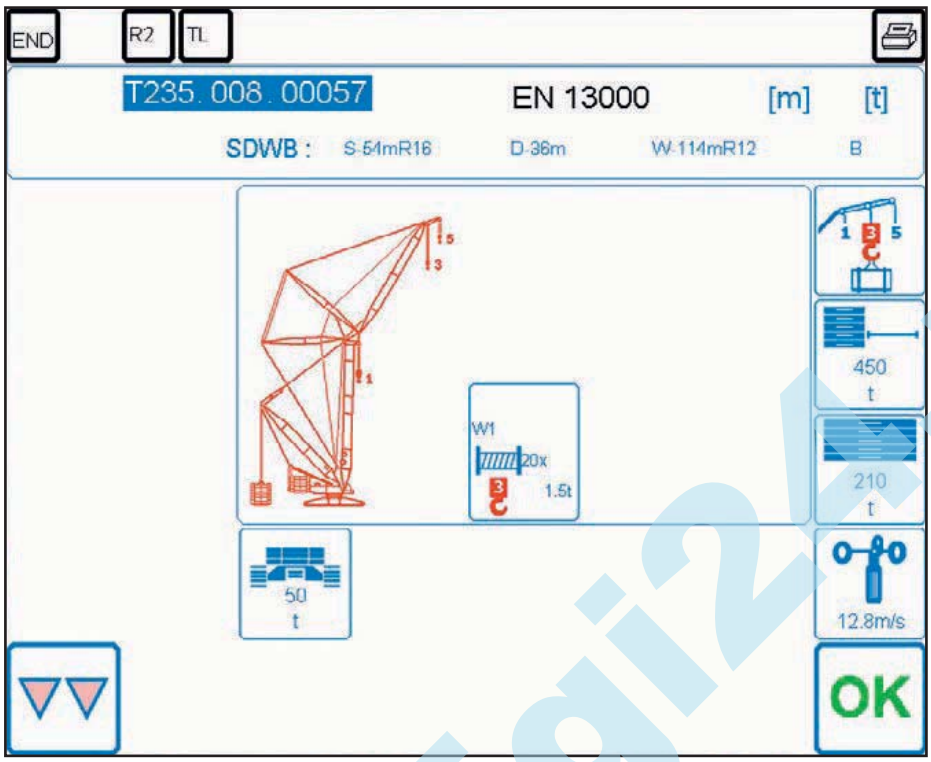
Permissible wind speeds — wab_235_008_00001_00_000

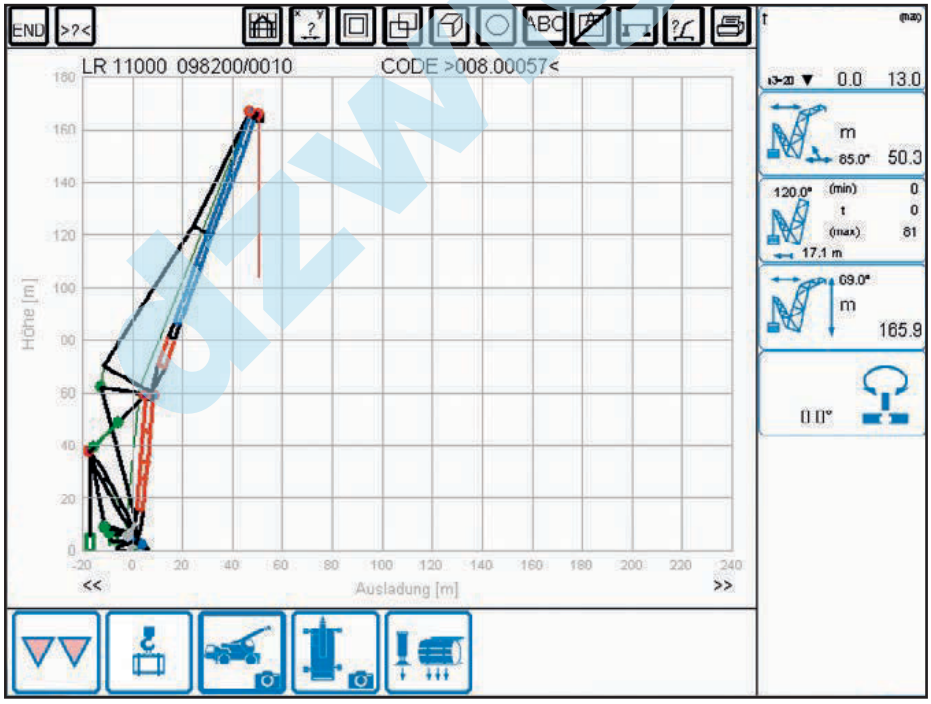
HA [m]	D [m]	HI [m]	WHA [°]	WHI [°]	RAD [m]	HKFL [t]	OWB [t]	ZBL [t]	DRAD [m]	VWAB [m/s]	VWABF [m/s]	VWRST [m/s]
S-48	D-36	W-108	85	67	51.1	18.0	210	50	12	17.6	14.3	8.9
S-48	D-36	W-114	85	68	51.6	18.0	210	50	12	17.1	13.5	8.9
S-54	D-36	W-18	75	0	35.2	18.0	210	50	12	23.4	23.4	8.9
S-54	D-36	W-24	75	0	41.2	18.0	210	50	12	24.9	24.9	8.9
S-54	D-36	W-30	75	30	44.1	18.0	210	50	12	24.0	24.0	8.9
S-54	D-36	W-36	75	45	43.9	18.0	210	50	12	23.6	23.6	8.9
S-54	D-36	W-42	75	55	42.8	18.0	210	50	12	23.2	23.1	8.9
S-54	D-36	W-48	75	60	42.8	18.0	210	50	12	22.6	21.8	8.9
S-54	D-36	W-54	75	65	41.7	18.0	210	50	12	22.1	20.4	8.9
S-54	D-36	W-60	80	52	50.9	18.0	210	50	12	21.2	21.0	8.9
S-54	D-36	W-66	80	58	49.0	18.0	210	50	12	20.7	19.7	8.9
S-54	D-36	W-72	80	62	47.9	18.0	210	50	12	20.2	18.5	8.9
S-54	D-36	W-78	80	66	45.9	18.0	210	50	12	19.7	17.3	8.9
S-54	D-36	W-84	80	68	45.7	18.0	210	50	12	19.2	16.4	8.9
S-54	D-36	W-90	85	61	53.0	18.0	210	50	12	18.5	16.8	8.9
S-54	D-36	W-96	85	63	52.9	18.0	210	50	12	18.0	15.8	8.9
S-54	D-36	W-102	85	66	50.9	18.0	210	50	12	17.5	15.0	8.9
S-54	D-36	W-108	85	68	49.9	18.0	210	50	12	17.2	14.2	8.9
S-54	D-36	W-114	85	69	50.3	18.0	210	50	12	16.7	13.4	8.9

dzwigi24.pl

Jaka prędkość porywów jest dopuszczalna na wysokości 10m?

Określenie wysokości krążków głowicy z pomocą programu planowania pracy





Wysokość krążków: 165.9 m
Określenie dla długości całego systemu wysięgnika: 54 m + 114 m = 168 m

Przwidywana prędkość w porywach wynosi 11 m/s na wysokości 10 m
Po konwersji z tabeli 2.3.1, porywy wiatru na wysokości 170 m wyniosą 14.9 m/s, co oznacza, że żuraw może pracować. Dopuszczalne jest 16.7 m/s.

dzwigi24.pl

7. Uwagi końcowe

Boom na elektrownie wiatrowe w ostatnich latach zmusił producentów żurawi do wprowadzenia wielu innowacji. Nigdy wcześniej nie zamówiono tylu dużych żurawi, które muszą spełniać rosnące wymagania nowych technologii w energetyce wiatrowej. Do budowy nowych elektrowni wiatrowych zawsze należy dobierać żuraw odpowiedni do ciężaru gondoli i rotora, ich powierzchni wystawionej na działanie wiatru i wysokości podnoszenia. Podobne czynniki należy wziąć pod uwagę przy wykonywaniu prac konserwacyjnych i napraw.

Wpływ wiatru na żuraw i ładunek musi zawsze “tkwić” w głowie operatora, montującego elektrownie wiatrowe, szczególnie w miejscach występowania silnych wiatrów. Z zasady “dwukrotnie większa prędkość wiatru oznacza 4-krotnie większe oddziaływania na wysięgnik i ładunek”.

Ten dokument został stworzony w celu lepszej oceny ryzyka i uniknięcia wypadków w czasie pracy żurawiem. Kompetentni koledzy z LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH mogą udzielić odpowiedzi na wszystkie pytania, które mogą nasuwać się czytelnikom tego dokumentu.

dzwigi24.pl

8. Aneks

8. 1 Żurawie Liebherr w energetyce wiatrowej

8. 1. 1 Obecnie produkowane kołowe (2016)

LTM 1350-6.1

Dane techniczne LTM 1350-6.1	
Maks. udźwig	350 t na 3 m
Wysięgnik teleskopowy	70 m
Maks. wysokość podn.	134 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 450 kW
Moc silnika nadwozia	Liebherr 4 cylindry turbo-diesel 180 kW
Napęd, kierowanie	12 x 8 x 12
Prędkość jazdy	80 km/h
Ciężar	72 t (6 x 12 t nacisk osi)
Wielkość turbiny	< 1 MW*

LTM 1400-7.1

Dane techniczne LTM 1400-7.1	
Maks. udźwig	400 t na 3 m
Wysięgnik teleskopowy	60 m
Maks. wysokość podn.	130 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 450 kW
Moc silnika nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 240 kW
Napęd, kierowanie	14 x 8 x 14
Prędkość jazdy	80 km/h
Ciężar	84 t (7 x 12 t nacisk osi)
Wielkość turbiny	< 1.5 MW*

LTM 1450-8.1

Dane techniczne LTM 1450-8.1	
Maks. udźwig	450 t na 3 m
Wysięgnik teleskopowy	85 m
Maks. wysokość podn.	131 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylinder turbo-diesel 505 kW
Moc silnika nadwozia	żuraw jednosilnikowy
Napęd, kierowanie	16 x 8 x 16
Prędkość jazdy	85 km/h
Ciężar	96 t (8 x 12 t nacisk osi)
Wielkość turbiny	< 1.5 MW*

* podana moc turbin jest tylko przykładowa. Prawidłowy dobór żurawia musi być określony przy szczegółowym planowaniu, w odniesieniu do siły wiatru!

LIEBHERR

LTM 1500-8.1

Dane techniczne LTM 1500-8.1	
Maks. udźwig	500 t na 3 m
Wysięgnik teleskopowy	50/84 m
Maks. wysokość podn.	142 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylinder turbo-diesel 500 kW
Moc silnika nadwozia	Liebherr 6 cylinder turbo-diesel 240 kW
Napęd, kierowanie	16 x 8 x 12
Prędkość jazdy	80 km/h
Ciężar	96 t (8 x 12 t nacisk osi)
Wielkość turbiny	< 2 MW*

LTM 1750-9.1

Dane techniczne LTM 1750-9.1	
Maks. udźwig	750 t na 3 m
Wysięgnik teleskopowy	52 m
Maks. wysokość podn.	154 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 505 kW
Moc silnika nadwozia	Liebherr 6 cylinder turbo-diesel 300 kW
Napęd, kierowanie	18 x 8 x 18
Prędkość jazdy	80 km/h
Ciężar	108 t (9 x 12 t nacisk osi)
Wielkość turbiny	2 MW*

LTM 11200-9.1

Dane techniczne LTM 11200-9.1	
Maks. udźwig	1200 t na 2.5 m
Wysięgnik teleskopowy	100 m
Maks. wysokość podn.	188 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 500 kW
Moc silnika nadwozia	Liebherr 6 cylinder turbo-diesel 270 kW
Napęd, kierowanie	18 x 8 x 18
Prędkość jazdy	75 km/h
Ciężar	108 t (9 x 12 t nacisk osi)
Wielkość turbiny	2 - 3 MW*

* podana moc turbin jest tylko przykładowa. Prawidłowy dobór żurawia musi być określony przy szczegółowym planowaniu, w odniesieniu do siły wiatru!

dzwigi24.pl

8. 1. 2 Obecnie produkowane teleskopowe gąsienicowe (2016)

LTR 11200

Dane techniczne LTR 11200	
Maks. udźwig	1200 t na 3 m
Nacisk na podłoże	~ 14 t/m²
Maks. wysokość podn.	189 m
Moc silnika nadwozia/ podwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 270 kW
Pokonywanie pochyłości	17,6 %
Ciężar całkowity	~ 380 t
Prędkość jazdy	max. 1.8 km/h
Całkowity balast (pwaga)	202 t
Wielkość turbiny	2 - 3 MW*

8. 1. 3 Obecnie produkowane gąsienicowe (2016)

LR 1350

Dane techniczne LR 1350	
Maks. udźwig	350 t na 6 m
Maks. projekcja wysięgnika	110 m
Maks. wysokość podn.	152 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 270 kW
Szerokość gąsienic	8.4 m
Balast nadwozia	max. 125 t
Balast centralny	max. 38 t
Ruchomy balast	max. 210 t x R 15 m
Wielkość turbiny	< 1.5 MW*

LR 1400

Dane techniczne LR 1400/2	
Maks. udźwig	400 t na 4.5 m
Maks. projekcja wysięgnika	120 m
Maks. wysokość podn.	164 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 270 kW
Szerokość gąsienic	8.7 m
Balast nadwozia	max. 155 t
Balast centralny	max. 43 t
Ruchomy balast	max. 260 t x R 15 m
Wielkość turbiny	< 2 MW*

* podana moc turbin jest tylko przykładowa. Prawidłowy dobór żurawia musi być określony przy szczegółowym planowaniu, w odniesieniu do siły wiatru!

dzwigi24.pl

LR 1500

Dane techniczne LR 1500	
Maks. udźwig	500 t na 11 m
Maks. projekcja wysięgnika	144 m
Maks. wysokość podn.	165 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 350 kW
Szerokość gąsienic	9.1 m
Balast nadwozia	max. 170 t
Balast centralny	max. 40 t
Ruchomy balast	max. 280 t x R 16 m
Wielkość turbiny	2 MW*

LR 1600/2

Dane techniczne LR 1600/2	
Maks. udźwig	600 t na 11 m
Maks. projekcja wysięgnika	152 m
Maks. wysokość podn.	187 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 400 kW
Szerokość gąsienic	9.9 m
Balast nadwozia	max. 190 t
Balast centralny	max. 65 t
Ruchomy balast	max. 350 t x R 18 m
Wielkość turbiny	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W

Dane techniczne LR 1600/2-W	
Maks. udźwig	600 t na 11 m
Maks. projekcja wysięgnika	144 m
Maks. wysokość podn.	166 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 400 kW
Szerokość gąsienic	5.8 m
Balast nadwozia	max. 190 t
Ruchomy balast	max. 350 t x R 18 m
Wielkość turbiny	2 - 3 MW*

* podana moc turbin jest tylko przykładowa. Prawidłowy dobór żurawia musi być określony przy szczegółowym planowaniu, w odniesieniu do siły wiatru!

dzwigi24.pl

LR 1750/2

Dane techniczne LR 1750/2	
Maks. udźwig	750 t na 7 m
Maks. projekcja wysięgnika	156 m
Maks. wysokość podn.	191 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 455 kW
Szerokość gąsienic	10.3 m
Balast nadwozia	max. 245 t
Balast centralny	max. 95 t
Ruchomy balast	max. 400 t x R 20 m
Wielkość turbiny	3 MW*

LR 11000

Dane techniczne LR 11000	
Maks. udźwig	1000 t na 11 m
Maks. projekcja wysięgnika	180 m
Maks. wysokość podn.	224 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 500 kW
Szerokość gąsienic	11.2 m
Balast nadwozia	max. 250 t
Balast centralny	max. 90 t
Ruchomy balast	max. 450 t x R 20 m
Wielkość turbiny	3 - 5 MW*

LR 11350

Dane techniczne LR 11350	
Maks. udźwig	1350 t na 12 m
Maks. projekcja wysięgnika	128 m
Maks. wysokość podn.	196 m
Moc silnika podwozia/ nadwozia	Liebherr 6 cylindrów turbo-diesel 641 kW
Szerokość gąsienic	11 m
Balast nadwozia	max. 340 t
Balast centralny	max. 30 t
Ruchomy balast	max. 600 t x R 25 m
Wielkość turbiny	5 - 6 MW*

* podana moc turbin jest tylko przykładowa. Prawidłowy dobór żurawia musi być określony przy szczegółowym planowaniu, w odniesieniu do siły wiatru!

dzwigi24.pl

8. 1. 4 Obecnie produkowane kratowe (2016)

LG 1750

Dane techniczne LG 1750	
Maks. udźwig	750 t na 7 m
Maks. projekcja wysięgnika	136 m
Maks. wysokość podn.	193 m
Moc silnika podwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 505 kW
Moc silnika nadwozia	Liebherr 8 cylindrów turbo-diesel 455 kW
Napęd, kierowanie	16 x 8 x 16
Prędkość jazdy	80 km/h
Całkowity balast	650 t
Wielkość turbiny	3 - 5 MW*

dzwigi24.pl

* podana moc turbin jest tylko przykładowa. Prawidłowy dobór żurawia musi być określony przy szczegółowym planowaniu, w odniesieniu do siły wiatru!

8. 2 Rozwiązania do ćwiczeń

Rozwiązanie ćwiczenia 1:

- ☒ **siła wiatru**
- ○ **energia wiatru**
- ○ **wilgotność**
- ☒ **wiatr od tyłu**
- ☒ **wiatr od przodu**
- ☒ **wiatr z boku**

Rozwiązanie ćwiczenia 2:

Wiatr od tyłu:	Wyłącza ruchy przy ciężarze ładunku mniejszym niż maksymalnie dopuszczalny w tabelach udźwigu
Wiatr od przodu:	Wyłącza ruchy tylko, jeżeli ładunek jest większy niż maksymalnie dopuszczalny w tabelach udźwigu
Wiatr z boku:	Nie powoduje wyłączenia ruchów.

Rozwiązanie ćwiczenia 3:

- ○ **żadnego**
- ☒ **ładunek może się kołysać**
- ☒ **ładunek obraca się na linie**
- ☒ **promień ładunku zwiększa się**

Rozwiązanie ćwiczenia 4:

- las i nierówny teren jest przedstawiony na rysunku 12 - reprezentuje klasę 3.
- równina z niewielką ilością domów i drzew jest przedstawiona na rysunku 13 - reprezentuje klasę 2.

Rozwiązanie ćwiczenia 5:

- ○ słaby wiatr spowodowany przez różnicę ciśnień
- ○ krótki, silny powiew wiatru
- ☒ kilka powiewów wiatru o prędkości większej niż średnia, w okresie 3 sekund

Rozwiązanie ćwiczenia 6:

Określony poryw wiatru zgodnie z rysunkiem 11: **4 m/s**
Współczynnik dla wysokości 140 m dla porywów: 1.319

4 m/s x 1.319 = **5.276 m/s**

dzwigi24.pl

Rozwiązanie ćwiczenia 7:

2.6 m² x 1.2 = 3.12 m²

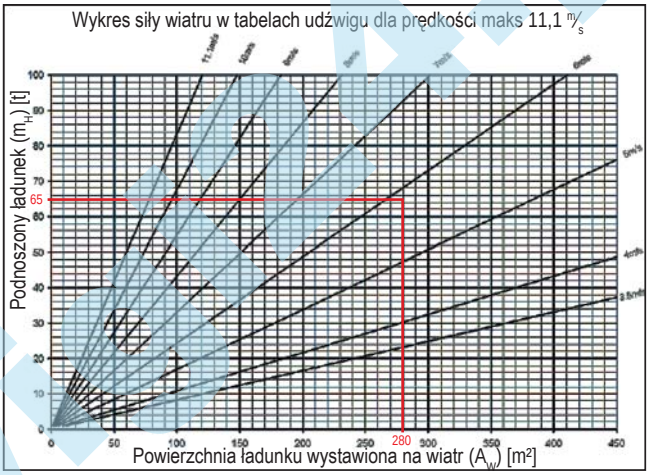
Rozwiązanie ćwiczenia 8:

Jeżeli aktualna prędkość wiatru przekracza dopuszczalną z tabel udźwigu, praca żurawia musi być zatrzymana, a wysięgnik opuszczony.

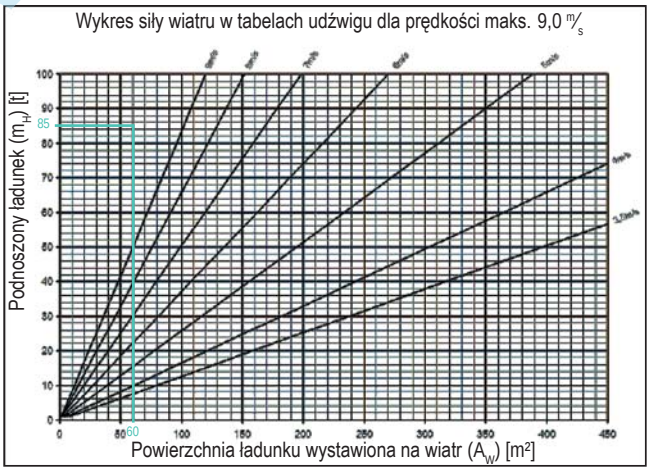
Rozwiązanie ćwiczenia 9:

11,1 m/s

Rozwiązanie ćwiczenia 10:



Rozwiązanie ćwiczenia 11:



Rozwiązanie ćwiczenia 12:

Prawidłowa konfiguracja sekcji teleskopowych to: sekcje 4 i 5 wysunięte na 46 %. Dopuszczalna do pracy prędkość wiatru zgodnie z wykresem dla 12,8 m/s wynosi 6,2 m/s.

Rozwiązanie ćwiczenia 13:

Prawidłowa konfiguracja sekcji teleskopowych to: sekcja 4 wyteleskopowana na 100 %, sekcje 5-7 na 50 %. Zgodnie z wykresem dla maksymalnej dopuszczalnej dla pracy żurawia prędkości wiatru 11,1 m/s, w przypadku podnoszenia tego ładunku maksymalna prędkość wiatru może wynosić 7,7 m/s.

dzwig.pl

Notatki

dzwigi24.pl

Notatki

dzwigi24.pl

Source: @Westermeerwind

Partner dla energetyki wiatrowej

Liebherr jest mocnym partnerem dla energetyki wiatrowej. Do budowy parków wiatrowych wykorzystywane są maszyny do robót ziemnych firmy Liebherr, dźwigi portowe, żurawie kołowe i gąsienicowe. Pojedyńcze komponenty Liebherr, takie jak napędy i silniki są instalowane bezpośrednio w obiektach, a maszyny do obróbki Liebherr'a odgrywają coraz większą rolę w energetyce wiatrowej.

Maszyny do prac ziemnych i mieszalniki
Podczas budowania parków wiatrowych maszyny do robót ziemnych Liebherr udowodniły swoją wartość. Do fundamentów agregatów wiatrowych i w pracach zbrojeniowych w wieżach stosuje się mobilne mieszalniki betonu i mobilne mieszadła firmy Liebherr.

Żurawie portowe
Do budowy elektrowni wiatrowych przy brzegach Liebherr również oferuje odpowiednie rozwiązania. Mogą one spełnić wszystkie wymagania: żurawie i palownice, napędzane silnikiem Diesla lub energią elektryczną, przystosowane do pracy w temperaturach otoczenia od +40 ° C do -50 ° C.

Komponenty
Liebherr jest jedynym producentem na świecie, który nie tylko dostarcza pojedyncze elementy, ale także duże łożyska rolkowe, napędy obrotowe, silniki elektryczne i siłowniki hydrauliczne. Może zaoferować kompletny system wirnika z komponentami elektromechaniczno -hydraulicznymi i ustawiania kierunku w elektrowniach wiatrowych.

Narzędzia maszynowe i automatyka
Maszyny do obróbki z Liebherr'a spełniają wymagania wysokiej jakości przy produkcji głównych przekładni. Technologia automatyki firmy Liebherr zapewnia wysoką wydajność i jakość w produkcji śmigieł wirnika.

www.liebherr.com

Zastrzegamy sobie możliwość zmian.

Printed in Germany (1) - copy in polish language printed in Poland

p403-e04-2017

Liebherr-Werk Ehingen GmbH
Postfach 1361, 89582 Ehingen, Germany
☎ +49 73 91 5 02-0, Fax +49 73 91 5 02-33 99
www.liebherr.com, E-mail info.lwe@liebherr.com
www.facebook.com/LiebherrConstruction