XEPOX

VIDEO

CE EN 1504-4

KLEJ EPOKSYDOWY DWUSKŁADNIKOWY

NIEZAWODNY
O jego trwałości świadczy 30 lat użytkowania w budownictwie drewnianym.

WYDAJNY
Klej epoksydowy dwuskładnikowy wysokowydajny. Z uwagi na dużą wytrzymałość nadmiarową kleju, wytrzymałość połączeń zależy wyłącznie od parametrów materiału drewnianego.

WSZECHSTRONNY
W tubach do praktycznego i szybkiego użycia, w pojemnikach 3-litrowych i 5-litrowych do połączeń o większych rozmiarach.

CHARAKTERYSTYKA

ZASTOSOWANIE	klejenie strukturalne
TYPY	połączenia z prętami, połączenia z płytkami perforowanymi lub piaskowanymi
GAMA	5 produktów dostosowanych do każdego rodzaju montażu
ZASTOSOWANIE	do nakładania natryskowego, pędzlem, przez wyciskanie lub szpachlą, w zależności od lepkości

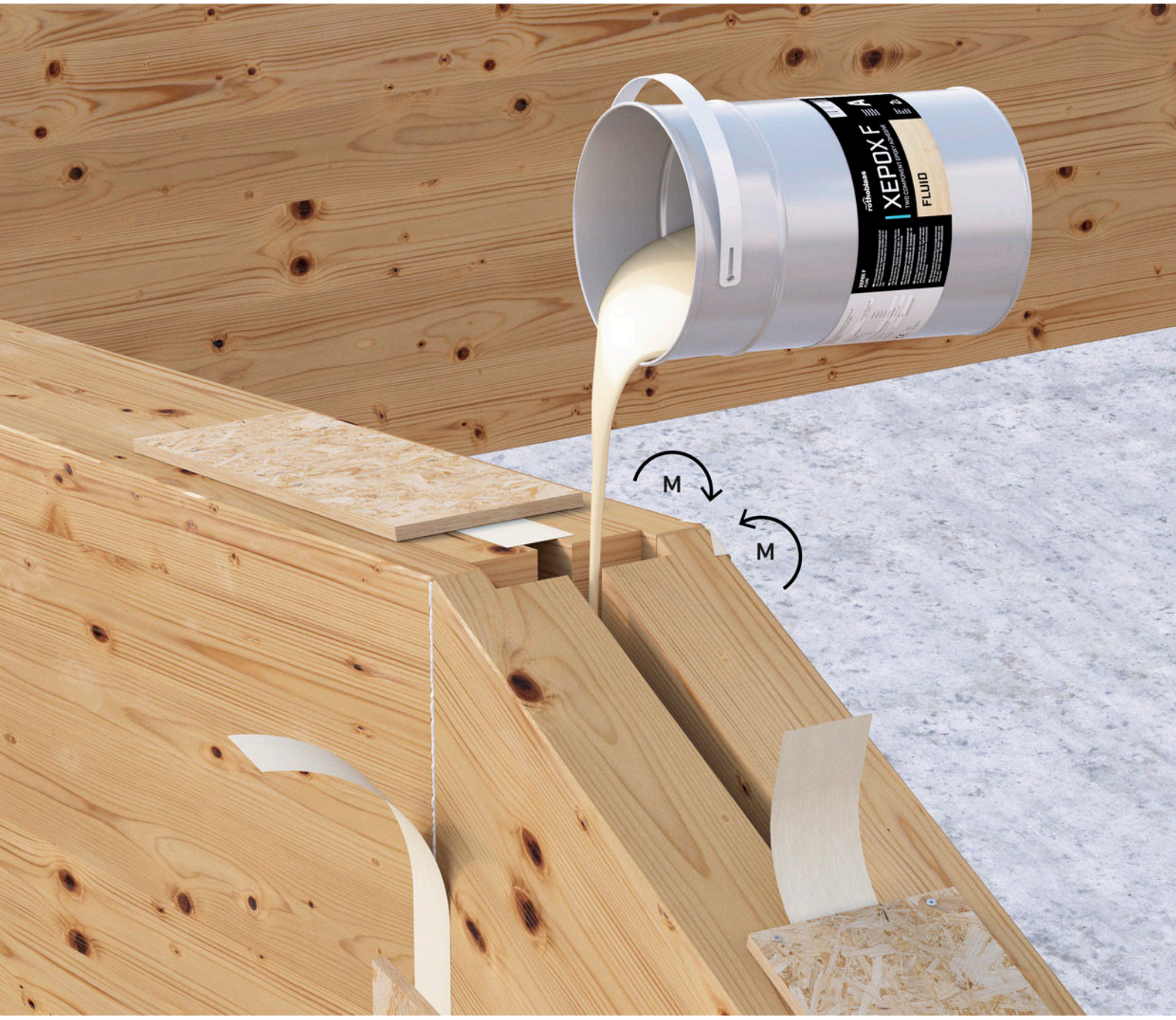
WIDEO
Zeskanuj kod QR i obejrzyj film na naszym kanale YouTube

MATERIAŁ

Klej epoksydowy dwuskładnikowy.

POLA ZASTOSOWAŃ

Połączenia na ścinanie, oddziaływanie osiowe i moment do uzyskania w
- drewno lite i klejone
- CLT
- beton



KONSTRUKCYJNY

Przeznaczony do wykonywania połączeń sztywnych wielokierunkowych.

ZESTALANIE STATYCZNE

Stosowany w rekonstrukcji elementów drewnianych w połączeniu z prętami metalowymi i innymi materiałami.

KODY I WYMIARY

WIADERKA

KOD	opis	zawartość [ml]	szt.
XEPOXP3000	P - podkład	A + B = 3000	1
XEPOXL3000	L - ciecz	A + B = 3000	1
XEPOXL5000		A + B = 5000	1
XEPOXF3000	F - płyn	A + B = 3000	1
XEPOXF5000		A + B = 5000	1
XEPOXG3000	G - żel	A + B = 3000	1

TUBY

KOD	opis	zawartość [ml]	szt.
XEPOXF400	F - płyn	400	1
XEPOXD400	D - gęsty	400	1

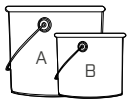
PRODUKTY UZUPEŁNIAJĄCE - AKCESORIA

KOD	opis	szt.
MAMDB	wyciskacz do tub podwójnych	1
STINGXP	mieszalnik	1

ZASTOSOWANIA

XEPOX P - podkład

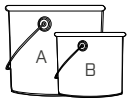
Klej epoksydowy dwuskładnikowy o bardzo niskiej lepkości oraz dużych właściwościach zwilżających, przeznaczony do wzmocnień konstrukcyjnych wykonywanych za pomocą taśm, włókien węglowych lub szklanych. Używany również do zabezpieczenia blach piaskowanych SA2,5/SA3 (ISO 8501) oraz do wykonania elementów wpuszczanych FRP (Fiber Reinforced Polymers). Do nakładania wałkiem, natryskowo lub pędzlem.
Okres przechowywania 36 miesięcy w oryginalnych zamkniętych opakowaniach, w temperaturze od +5°C do +30°C.



Klasyfikacja składnika A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasyfikacja składnika B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1;Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX L – ciecz

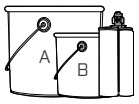
Klej epoksydowy dwuskładnikowy o konsystencji bardzo płynnej, przeznaczony do zastosowań konstrukcyjnych, aplikowany do bardzo głębokich otworów pionowych, a także do połączeń krytych elementów o dużych gabarytach z rozległym frezowaniem lub szerokimi fugami (1 mm lub więcej), przed użyciem zawsze należy bardzo dokładnie uszczelnić fugi.
Do wylewania i wstrzykiwania. Okres przechowywania 36 miesięcy w oryginalnych zamkniętych opakowaniach, w temperaturze od +5°C do +30°C.



Klasyfikacja składnika A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasyfikacja składnika B: Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX F – płyn

Klej epoksydowy dwuskładnikowy o konsystencji płynnej do zastosowań konstrukcyjnych, aplikuje się wstrzykując do otworów i gniazd frezów, po uprzednim uszczelnieniu fug. Często stosowany do przytwierdzania do drewna łączników giętych (system Turrini-Piazza) w stropach drewniano-betonowych, używany zarówno do belek nowych, jak i istniejących; odległość między metalem a drewnem powinna wynosić ok. 2 mm lub więcej. Wyciskany do otworów pionowych we frezowaniach po zamontowaniu metalowych elementów wpuszczanych płytkowych lub prętowych. Do wylewania i wstrzykiwania z tuby. Okres przechowywania 36 miesięcy w oryginalnych zamkniętych opakowaniach, w temperaturze od +5°C do 30°C.



Klasyfikacja składnika A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasyfikacja składnika B: STOT RE 2; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

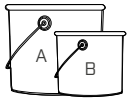
XEPOX D – gęsty

Klej epoksydowy dwuskładnikowy tiksotropowy (gęsty) do zastosowań konstrukcyjnych. Aplikowany poprzez wstrzykiwanie przede wszystkim do otworów poziomych lub pionowych wykonanych w belkach z drewna klejonego, litego, w ścianach murowanych i w betonie zbrojonym.
Do wstrzykiwania z tuby.
Okres przechowywania 36 miesięcy w oryginalnych zamkniętych opakowaniach, w temperaturze od +5°C do +30°C.

Klasyfikacja składnika A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasyfikacja składnika B: Repr. 1A; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

XEPOX G - żel

Klej epoksydowy dwuskładnikowy w żelu do zastosowań strukturalnych. Do nakładania szpachlą na powierzchniach pionowych oraz w przypadku, gdy wymagane są warstwy o dużej grubości lub nieregularne. Odpowiedni do sklejania bardzo rozległych powierzchni drewnianych oraz do wzmocnień konstrukcji z użyciem włókien szklanych lub węglowych, a także do powlekania (element pośredni) drewna i metalu.
Do nakładania szpachlą. Okres przechowywania 36 miesięcy w oryginalnych zamkniętych opakowaniach, w temperaturze od +5°C do +30°C.



Klasyfikacja składnika A: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Klasyfikacja składnika B: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

PARAMETRY TECHNICZNE

Właściwości	Norma		XEPOX P	XEPOX L	XEPOX F	XEPOX D	XEPOX G
Ciężar właściwy	**ASTM D 792-66**		≈ 1,10	≈ 1,40	≈ 1,45	≈ 2,00	≈ 1,90
Stosunek stechiometryczny objętościowy (A/B) [1]	-		100 : 50 [2]	100 : 50	100 : 50	100 : 50	100 : 50
Pot life 23 ± 2° 150 cc	**ERL 13-70**	[min]	-	50 ÷ 60	50 ÷ 60	50 ÷ 60	60 ÷ 70
Czas obrabialności mieszanki	**ERL 13-70**	[min]	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	-
Temperatura kładzenia (wilgotność względna maks. 90%)	-	[°C]	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35	5 ÷ 40	5 ÷ 40
Sugerowana grubość warstwy	-	[mm]	0,1 ÷ 2	1 ÷ 2	2 ÷ 4	2 ÷ 6	1 ÷ 10
Normalne napięcie przyczepności σ	**EN 12188**	[N/mm^2]	21	27	25	19	23
Wytrzymałość na ścinanie ukośne σ_0 50°	**EN 12188**	[N/mm^2]	94	70	93	55	102
Wytrzymałość na ścinanie ukośne σ_0 60°	**EN 12188**	[N/mm^2]	106	88	101	80	109
Wytrzymałość na ścinanie ukośne σ_0 70°	**EN 12188**	[N/mm^2]	121	103	115	95	116
Wytrzymałość na ścinanie – przyczepność τ	**EN 12188**	[N/mm^2]	39	27	36	27	37
Jednostkowe obciążenie zrywające ściskania [3]	**EN 13412**	[N/mm^2]	83	88	85	84	94
Średni moduł elastyczny ściskania	**EN 13412**	[N/mm^2]	3438	3098	3937	3824	5764
Współczynnik rozszerzalności cieplnej (w zakresie -20°C/+40°C)	**EN 177**	[m/m·°C]	7,0 x 10^{-5}	7,0 x 10^{-5}	6,0 x 10^{-5}	6,0 x 10^{-5}	7,0 x 10^{-5}
Jednostkowe obciążenie zrywające rozciągania[4]	**ASTM D638**	[N/mm^2]	40	36	30	28	30
Średni moduł elastyczny rozciągania[4]	**ASTM D638**	[N/mm^2]	3300	4600	4600	6600	7900
Jednostkowe obciążenie zrywające zginania[4]	**ASTM D790**	[N/mm^2]	86	64	38	46	46
Średni moduł elastyczny zginania[4]	**ASTM D790**	[N/mm^2]	2400	3700	2600	5400	5400
Jednostkowe obciążenie zrywające ścinania (punch tool)[4]	**ASTM D732**	[N/mm^2]	28	28	28	19	25
Lepkość	-	[mPa·s]	A = 1100 B = 250	A = 2300 B = 800	A = 14000 B = 11500	A = 300000 B = 300000	A = 450000 B = 13000

UWAGI:

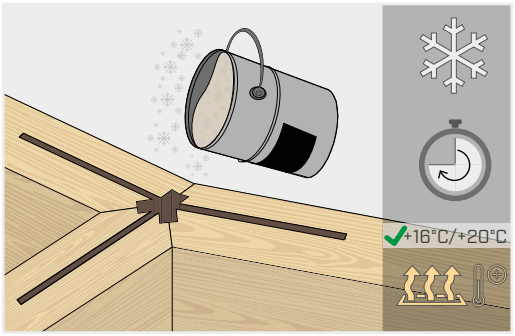
[1] Składniki pakowane są we wstępnie dozowanych ilościach, gotowe do użycia. Stosunek ten jest objętościowy (nie wagowy).

[2] Zaleca się używanie jednorazowo nie więcej, niż jednego litra produktu zmieszanego. Stosunek wagowy składników A:B wynosi około 100:44,4.

[3] Średnia wartość na koniec cykli obciążania/odciążania.

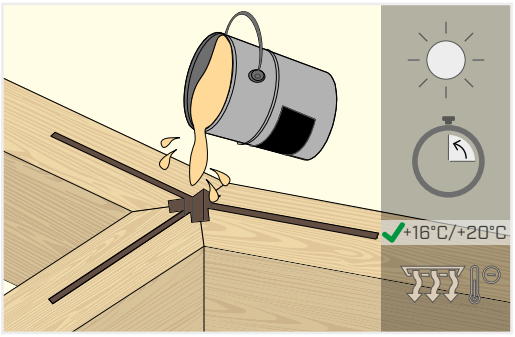
[4] Wartości testowe kampanii badawczej „Innowacyjne połączenia dla drewnianych elementów konstrukcyjnych" - Politechnika w Mediolanie.

TEMPERATURA NAKŁADANIA I PRZECHOWYWANIA



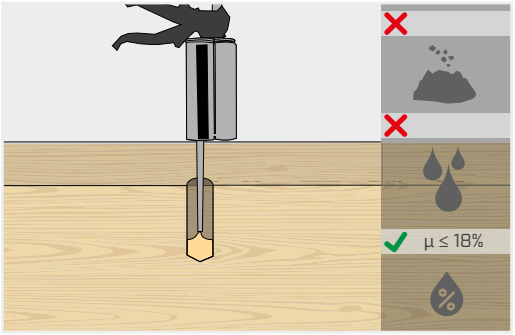
PRZECHOWYWANIE

Kleje epoksydowe powinny być przechowywane w temperaturze pokojowej (około +16°C / +20°C) zarówno w zimie, jak i w lecie, aż do czasu na krótko przed użyciem. Nie należy przechowywać opakowań w zbyt niskich temperaturach, ponieważ spowoduje to wzrost lepkości kleju i utrudnia jego wydobycie z puszki lub wyciśnięcie z kartuszy. Nie należy wystawiać opakowań na działanie słońca, ponieważ skróci to znacznie czas polimeryzacji produktu.



NAKŁADANIE KLEJÓW

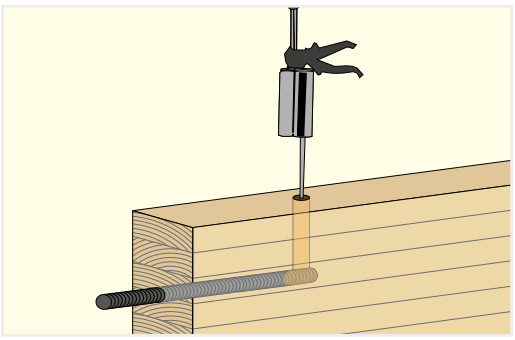
Zalecana temperatura otoczenia wynosi > +10°C. Jeżeli temperatura otoczenia jest zbyt niska, co najmniej na godzinę przed użyciem należy ogrzać opakowania lub miejsca nakładania i metalowe elementy wpuszczane, przed nałożeniem kleju. Jeśli z kolei temperatury są zbyt wysokie, konieczne jest nakładanie kleju w chłodniejszych porach, unikając najgorętszych godzin dnia.



OTWORY I GNIAZDA FREZOWE

Przed nałożeniem szpachlą lub wstrzyknięciem kleju, otwory i nacięcia wykonane w drewnie należy zabezpieczyć przed czynnikami atmosferycznymi: deszczem, wilgocią; oraz oczyścić sprężonym powietrzem. Gdyby ścianki przeznaczone do klejenia okazały się mokre lub zawilgocone konieczne jest uprzednie ich osuszenie. Stosowanie klejów XEPOX zalecane jest w przypadku prawidłowo wysuszonego drewna, o wilgotności poniżej 18%.

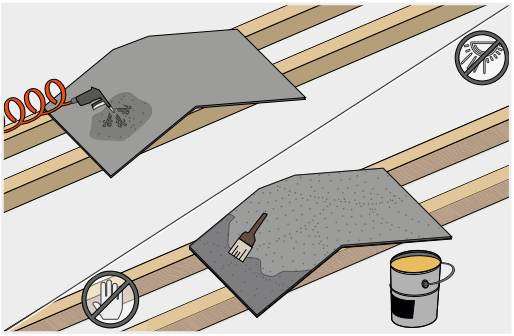
POŁĄCZENIA Z PRĘTAMI KLEJONYMI



ŻYWICOWANIE

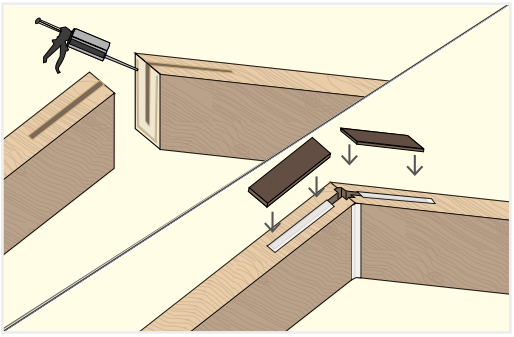
Połączenia z prętami przeznaczone są do wykonywania z użyciem kartuszy (tub) dwuskładnikowych, z uwagi na małe ilości żywicy. Aby zmienić ilość wtryskiwanego kleju, odciąć końcówkę dozownika. W przypadku klejenia długich prętów zaleca się wykonanie otworów wypełniających prostopadle do pręta.

POŁĄCZENIA ZGINANE Z PŁYTKAMI



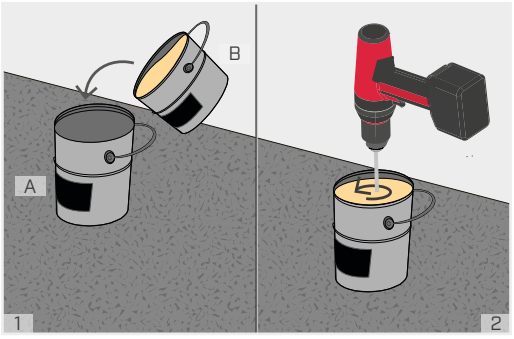
PRZYGOTOWANIE PODŁOŻA METALOWEGO

Wpuszczane elementy zbrojenia połączeń powinny zostać uprzednio oczyszczone i odtłuszczone. Gładkie płytki powinny zostać dodatkowo poddane piaskowaniu o stopniu SA2,5/SA3 i zabezpieczone przed korozją za pomocą jednej warstwy XEPOX P. W lecie należy chronić elementy metalowe przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.



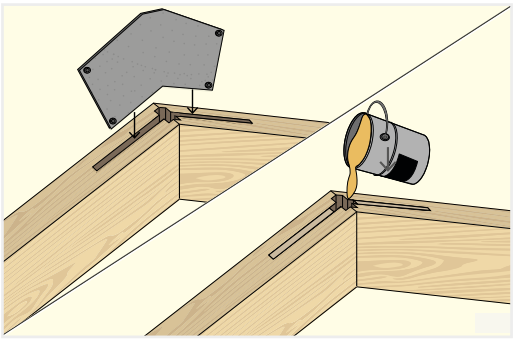
PRZYGOTOWANIE PODŁOŻA DREWNIANEGO

Przy krawędziach pionowych nałożyć ciągłe pasy papierowej taśmy samoprzylepnej w odległości ok. 2÷3 mm od krawędzi. Następnie nałożyć ciągły pasek silikonu octowego i docisnąć w taki sposób, aby przylegał również do powierzchni zabezpieczonej taśmą. Frezowania na grzbietach elementów wiszących należy uszczelnić drewnianymi listwami lub deskami, pozostawiając odsłoniętą tylko końcową część frezowania w najwyższym punkcie, od którego należy zacząć nakładanie kleju.



PRZYGOTOWANIE PRODUKTU

Aby użyć produktu w wiaderkach, należy wlać utwardzacz (składnik B) do wiaderka zawierającego żywicę epoksydową (składnik A). Dokładnie wymieszać dwa składniki w różnych kolorach. Zaleca się użycie odpowiedniego mieszadła z podwójną spiralą, montowanego na urządzeniu elektrycznym (zamiennie można użyć metalowej trzepaczki), aż do uzyskania mieszanki jednolitego koloru. Następnie wlać uzyskaną masę.
W celu rozprowadzenia w szczelinach o znacznej długości, wylać bezpośrednio z wiaderka w przypadku rozlewania lub pobrać produkt i rozprowadzić szpachlą.



ŻYWICOWANIE

Zaleca się zastosowanie „użytkowej" warstwy kleju na odpowiednim frezowaniu w strefie głowicy drewnianych elementów strukturalnych, zapewniając dodatkową gwarancję funkcjonalności systemu stykowego. Sugerujemy zachowanie szczelin pomiędzy metalowymi elementami wpuszczanymi a drewnianymi o grubości 2÷3 mm z każdej strony. W celu zapewnienia prawidłowego położenia elementów wpuszczanych wewnątrz nacięć, zaleca się stosowanie podkładek dystansowych na elementach wpuszczanych, do użycia w fazie polimeryzacji zabezpieczenia z wykorzystaniem XEPOX P.

KLEJE EPOKSYDOWE XEPOX

GRUPA RENOMOWANYCH PRODUKTÓW DO ŁĄCZENIA ELEMENTÓW DREWNIANYCH, GWARANTUJĄCA PRZYWRÓCENIE WYTRZYMAŁOŚCI I SZTYWNOŚCI

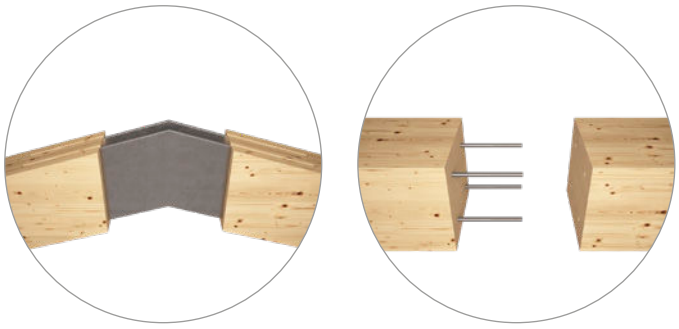
Kleje epoksydowe XEPOX są żywicami dwuskładnikowymi specjalnie opracowanymi do wnikania w mikrostrukturę drewna i przylegania do niej z dużą skutecznością, a także do zmniejszania typowej dla żywic krystalizacji.

Mieszanka składników A i B powoduje reakcję egzotermiczną (wytwarzanie ciepła), a po utwardzeniu tworzy trójwymiarową strukturę o wyjątkowych właściwościach, takich jak: trwałość, brak interakcji z wilgocią, doskonała stabilność termiczna, duża sztywność i wytrzymałość.
Każdy chemiczny lub mineralny składnik preparatu pełni określoną rolę, a wszystkie razem przyczyniają się do osiągnięcia właściwości użytkowych kleju.

ZAKRES ZASTOSOWANIA

Różne lepkości produktów XEPOX gwarantują wszechstronne zastosowanie do różnych typów połączeń, zarówno do konstrukcji nowych, jak i do rekonstrukcji. Zastosowanie w połączeniu ze stalą, w szczególności piaskowanymi lub perforowanymi płytkami oraz prętami, pozwala na uzyskanie wysokiej wytrzymałości w ograniczonych grubościach.

1. POŁĄCZENIE CIĄGŁE ZGINANE



2. POŁĄCZENIA DWU- LUB TRZYPUNKTOWE

3. POŁĄCZENIE DREWNIANE

4. RENOWACJA USZKODZONYCH ELEMENTÓW

POPRAWA ESTETYKI

Pakowanie w tuby pozwala również na wykorzystywanie kleju do napraw estetycznych i klejenia z wykorzystaniem niewielkich jego ilości.

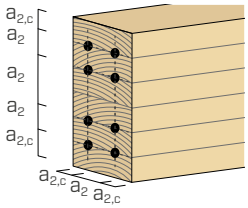
POŁĄCZENIA Z PRĘTAMI KLEJONYMI

Podane zostały zalecenia zawarte w DIN 1052:2008 oraz we włoskich normach CNR DT 207:2018.

MINIMALNE ODLEGŁOŚCI DLA PRĘTÓW

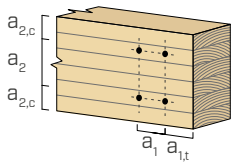
ROZCIĄGANIE
Pręty klejone // do włókien

a_2	5d
$a_{2,c}$	2,5d



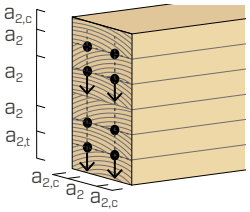
ROZCIĄGANIE
Pręty klejone ⊥ do włókien

a_1	4d
a_2	4d
$a_{1,t}$	2,5d
$a_{2,c}$	2,5d



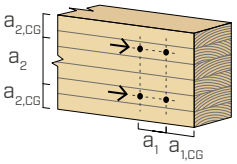
ŚCINANIE
Pręty klejone // do włókien

a_2	5d
$a_{2,c}$	2,5d
$a_{2,t}$	4d



ŚCINANIE
Pręty klejone ⊥ do włókien

a_1	7d
a_2	5d
$a_{1,CG}$	10d
$a_{2,CG}$	4d



Długość minimalna zakotwienia:

$$l_{min} = max \left\{ \begin{matrix} 0{,}5\ d^2 \\ 10\ d \end{matrix} \right\}$$

SPOSÓB OBLICZANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE

Wytrzymałość na rozciąganie pręta o średnicy d wynosi:

$$R_{ax,d} = min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} & \text{zerwanie stali} \\ \pi \cdot d \cdot l \cdot f_{v,d} & \text{zerwanie drewna ścinanie} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{zerwanie drewna rozciąganie} \end{cases}$$

Powierzchnia użytkowa obejmuje kwadrat drewna o maksymalnym boku 6d; powierzchnia jest zmniejszana dla mniejszych odległości między elementami lub od krawędzi.

f_{yd} = projektowa wytrzymałość stali

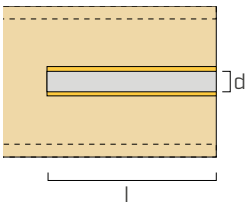
$f_{t,0,d}$ = projektowa wytrzymałość drewna na rozciąganie

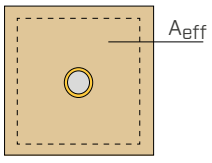
Wytrzymałość na ścinanie połączenia klejonego $f_{v,k}$ zależy od długości zakotwienia

l [mm]	$f_{v,k}$ [MPa]
≤ 250	4
250 < l ≤ 500	5,25 - 0,005 x l
500 < l ≤ 1000	3,5 - 0,0015 x l

dla kąta α nachylenia względem włókna otrzymujemy:

$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1{,}5 \cdot sin^2\alpha + cos^2\alpha)$$



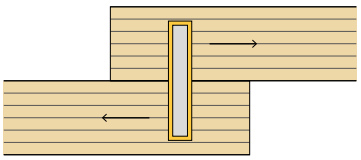


WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

Wytrzymałość pręta na ścinanie można obliczyć za pomocą znanych wzorów Johansena dla wkrętów, z zastosowaniem następujących zasad.

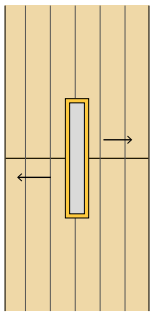
W przypadku prętów klejonych prostopadle do włókna, wytrzymałość na spęczanie może być zwiększona nawet o 25%.

$$f_{h,k\perp} = f_{h,k} + 25\%$$



Wytrzymałość na spęczanie dla prętów klejonych równolegle do włókna wynosi 10% wartości prostopadłej do włókna.

$$f_{h,k,//} = 10\%\ f_{h,k,\perp}$$



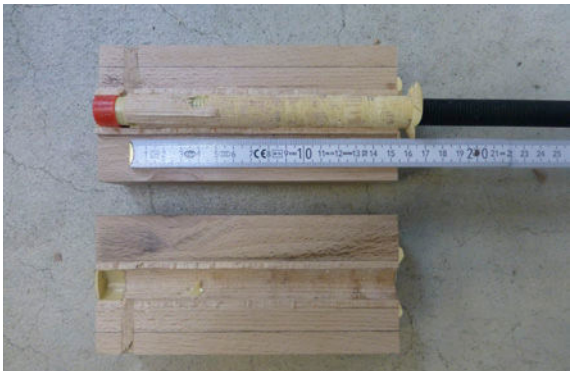
Efekt liny oceniany jest jako wytrzymałość na wyrywanie wynikająca z klejenia (zerwanie b).
Aby uzyskać wytrzymałość pręta klejonego pod kątem α klejenia, dopuszcza się liniową interpolację pomiędzy wartościami przeciwdziałającymi dla α pod kątem 0° i 90°.

BADANIA DOŚWIADCZALNE

Podaje się obliczenia na wyrywanie pręta klejonego z użyciem XEPOX, porównując wynik z badaniami przeprowadzonymi na Uniwersytecie w Biel, poprzez pomiar współczynnika wytrzymałości nadmiarowej pomiędzy badaniem a obliczeniem. Pokazuje to istniejący margines bezpieczeństwa. Należy jednak pamiętać, że wartość wynikająca z badania nie jest wartością charakterystyczną i nie jest przeznaczona do wykorzystania w projekcie.

DANE GEOMETRYCZNE

Strona próbki	80	mm
A_{eff}	6400	mm
d	16	mm
l	160	mm
f_{yk}	900	MPa
$f_{t,0,k}$	27	MPa
γ_{M0}	1	
k_{mod}	1,1	
γ_M	1,3	



Zerwanie stali	162,9	kN
Zerwanie drewna ścinanie	29,0	kN
Zerwanie drewna rozciąganie	146,2	kN
$R_{ax,d}$ = oddziaływanie osiowe projektowej wartości przeciwdziałającej	29,0	kN
$R_{ax,m}$ = oddziaływanie osiowe średniej doświadczalnej wartości przeciwdziałającej	96,3	kN
f = współczynnik wytrzymałości nadmiarowej	3,3	

UWAGI:

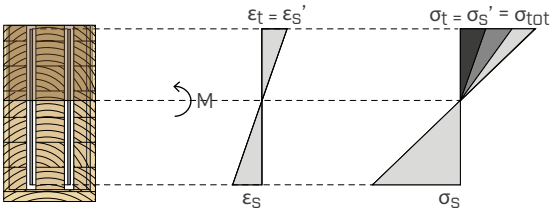
Wytrzymałość na rozciąganie została uzyskana na podstawie średniej gęstości próbek użytych do badań.

Obliczenia zostały przeprowadzone z uwzględnieniem wartości k_{mod} i γ_M zgodnie z normą EN 1995 1-1, i γ_{M0} zgodnie z normą EN 1993 1-1.

POŁĄCZENIA ZGINANE Z PŁYTKAMI

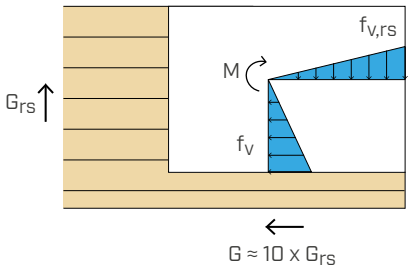
SPOSÓB OBLICZANIA | PRZEKRÓJ GŁOWICY

Naprężenia wywołane momentem i oddziaływaniem osiowym określane są poprzez homogenizację materiałów przekroju, przyjmując zachowanie przekrojów płaskich. Naprężenie ścinające pochłaniane jest tylko przez same płytki. Niezbędne jest również sprawdzenie naprężeń działających na przekrój drewna netto frezowania.



SPOSÓB OBLICZANIA | ROZKŁAD MOMENTU NA STYKU STAL-KLEJ-DREWNO

Moment rozłożony jest na liczbę powierzchni styku, a następnie podzielony na naprężenia, uwzględniając zarówno bezwładność biegunową wokół środka ciężkości, jak i różną sztywność drewna. W ten sposób uzyskuje się maksymalne naprężenia styczne w kierunku prostopadłym i równoległym do włókna, które należy sprawdzić również w ich współdziałaniu.



Moment bezwładności biegunowej połowy elementu wpuszczanego względem środka ciężkości, ważony na modułach ścinania drewna:

$$J_P^* = \frac{l_i \cdot h^3}{12} \cdot G + \frac{l_i^3 \cdot h}{12} \cdot G_{rs}$$

Obliczanie naprężeń stycznych i weryfikacja obciążeń złożonych:

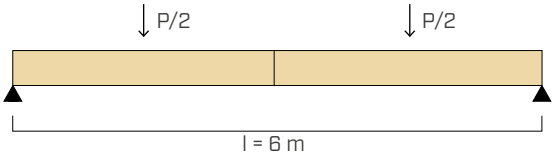
$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_P^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2\ n_i\ A_i}$$

$$\tau_{max,vert} = \frac{(M_d + M_{T,Ed}) \cdot e}{2 \cdot n_i \cdot J_P^*} \cdot G_{rs} + \frac{V_d}{2\ n_i\ A_i}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\tau_{max,hor}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max,vert}}{f_{v,rs,d}}\right)^2} \leq 1$$

BADANIA DOŚWIADCZALNE

Podane zostały obliczenia dwóch połączeń zginanych wykonanych z użyciem XEPOX, porównując wynik z badaniami zginania 4-punktowego, przeprowadzonymi na Politechnice w Mediolanie. Określany jest **współczynnik wytrzymałości nadmiarowej** pomiędzy badaniem a obliczeniem, co świadczy o znacznym marginesie bezpieczeństwa przy obliczaniu połączeń. Wartość wynikająca z badania **nie jest wartością charakterystyczną i nie jest przeznaczona do wykorzystania w projekcie.**



LEGENDA:

B	podstawa belki
H	wysokość belki
α_1	kąt nachylenia belek
n_i	liczba elementów wpuszczanych
S_i	grubość metalowych elementów wpuszczanych
h_i	wysokość metalowych elementów wpuszczanych
l_i	długość zakotwienia elementów wpuszczanych
A_i	powierzchnia połowy elementu wpuszczanego
e	mimośród pomiędzy środkiem ciężkości płytki a połączeniem czołowym
B_n	szerokość belki pomniejszona o frezowanie
σ_t	maksymalne naprężenie ściskające w drewnie
σ_s'	maksymalne naprężenie ściskające w stali
σ_s	maksymalne naprężenie rozciągające w stali
σ_{tm}	maksymalne naprężenie zginające w drewnie
$\tau_{max,hor}$	maksymalne naprężenie styczne poziome
$\tau_{max,vert}$	maksymalne naprężenie styczne pionowe
$f_{v,d}$	wytrzymałość na ścinanie równolegle do włókna
$f_{v,rs,d}$	wytrzymałość na ścinanie prostopadle do włókna
$k_{c,90}$	parametr z EC 1995 1-1

PRZYKŁAD 1 | POŁĄCZENIE CIĄGŁE

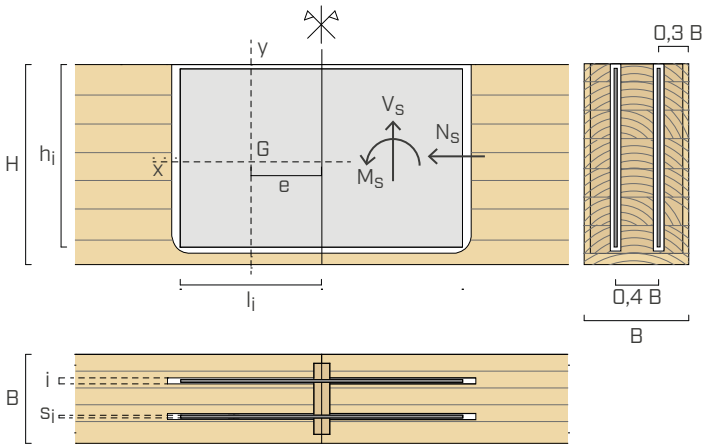
GEOMETRIA WĘZŁA: BELKA I PŁYTKI

n_i	2	mm	**B**	200	mm
S_i	5	mm	**H**	360	mm
h_i	320	mm	B_n	182	mm
l_i	400	mm			
e	200	mm			

MATERIAŁY I DANE PROJEKTOWE

Klasa stali	**S275**
γ_{M0}	1
Klasa drewna	**GL24h**
k_{mod}	1,1
$\gamma_{M\ timber}$	1,3

Metalowe elementy wpuszczane piaskowane w stopniu SA2,5/ SA3 (ISO8501).



WYKORZYSTANIE XEPOX

Ochrona elementów wpuszczanych przed korozją z użyciem **XEPOX P**. Wykorzystanie kleju **XEPOX F** lub **XEPOX L**.

WERYFIKACJE

M_d	zastosowany moment projektowy	**54,3 kNm**

WERYFIKACJA POŁĄCZENIA CZOŁOWEGO[1], [2]		
		% weryfikacji
σ_t	10,6 MPa	53 %
$\sigma_{s'}$	185,8 MPa	68 %
σ_s	274,9 MPa	100 %

WERYFIKACJA PRZEKROJU DREWNA POMNIEJSZONEGO O FREZOWANIE		
		% weryfikacji
σ_{tm}	14,1 MPa	70 %

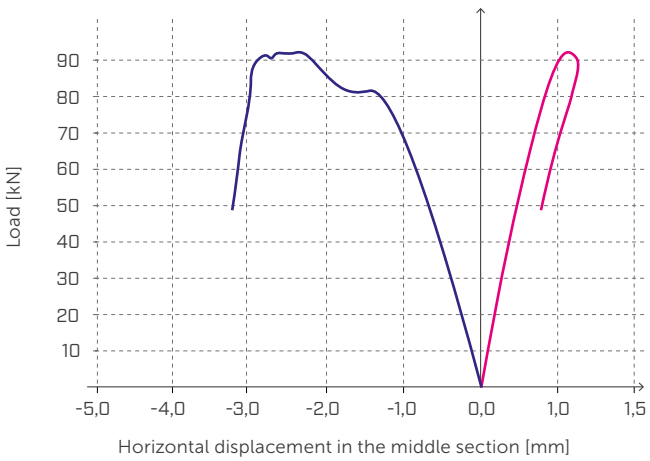
WERYFIKACJA MAKSYMALNEGO NAPRĘŻENIA STYCZNEGO NA POWIERZCHNIACH STYKU[3], [4]		
		% weryfikacji
J_p*	$8{,}56*10^{11}$ Nmm^2	
$\tau_{max,hor}$(3)	1,7 MPa	57 %
$\tau_{max,vert}$(3)	0,2 MPa	20 %
weryfikacja obciążeń złożonych		60 %

$M_d = M_{Rd}$	moment przyłożony = projektowy moment przeciwdziałający	**54,3 kNm**
$M_{BADANIE}$	moment przeciwdziałający doświadczalny	**94,1 kNm**
f	współczynnik wytrzymałości nadmiarowej	**1,7**

WYKRES SIŁA – PRZESUNIĘCIE

Przesunięcie poziome włókien napiętych i ściśniętych pośrodku.

Wykres pokazuje największe przesunięcie napiętych włókien, potwierdzając hipotezę obliczeniową, że drewno reaguje na ściskanie razem z metalowymi elementami wpuszczanymi, przesuwając oś neutralną do góry.



KRAWĘDŹ GÓRNA
KRAWĘDŹ DOLNA

PRZYKŁAD 2: POŁĄCZENIE KOLANKOWE

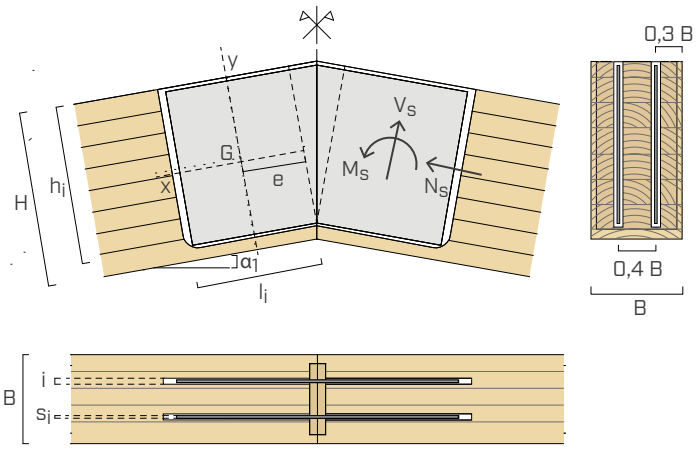
GEOMETRIA WĘZŁA: BELKA I PŁYTKI

n_i	2	mm	B	200	mm
S_i	6	mm	H	360	mm
h_i	300	mm	B_n	176	mm
l_i	568	mm	α_1	21,8	°
e	332	mm			

MATERIAŁY I DANE PROJEKTOWE

Klasa stali	**S275**
γ_{M0}	1
Klasa drewna	**GL32c**
k_{mod}	1,1
$\gamma_{M\ timber}$	1,3

Metalowe elementy wpuszczane piaskowane w stopniu SA2,5/ SA3 (ISO8501).



WYKORZYSTANIE XEPOX

Ochrona elementów wpuszczanych przed korozją z użyciem **XEPOX P**. Wykorzystanie kleju **XEPOX F** lub **XEPOX L**.

WERYFIKACJE

M_d	zastosowany moment projektowy	**63,5**	**kNm**

WERYFIKACJA POŁĄCZENIA CZOŁOWEGO[1], [2]			
		% weryfikacji	
$k_{c,90}$(A)	1,75		
σ_c	12,7 MPa	100	%
$\sigma_{s'}$	180,7 MPa	66	%
σ_s	262,0 MPa	95	%

WERYFIKACJA PRZEKROJU DREWNA POMNIEJSZONEGO O FREZOWANIE			
		% weryfikacji	
σ_t	16,7 MPa	62	%

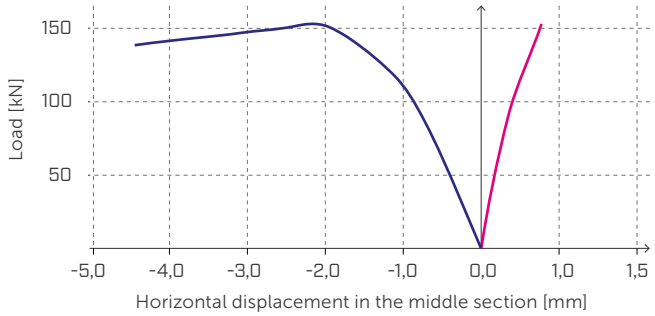
WERYFIKACJA MAKSYMALNEGO NAPRĘŻENIA STYCZNEGO NA POWIERZCHNIACH STYKU[3], [4]			
		% weryfikacji	
J_P*	$1{,}52*10^{12}$ Nmm^2		
$\tau_{max,hor}$(3)	1,1 MPa	38	%
$\tau_{max,vert}$(3)	0,2 MPa	21	%
weryfikacja obciążeń złożonych		43	%

$M_d = M_{Rd}$	moment przyłożony = projektowy moment przeciwdziałający	**63,5**	**kNm**
$M_{BADANIE}$	moment przeciwdziałający doświadczalny	**131,8**	**kNm**
f	współczynnik wytrzymałości nadmiarowej	**2,1**	

WYKRES SIŁA – PRZESUNIĘCIE

Przesunięcie poziome włókien napiętych i ściśniętych pośrodku.

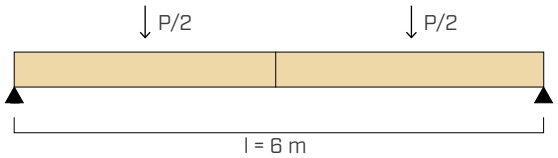
Wykres pokazuje największe przesunięcie napiętych włókien, potwierdzając hipotezę obliczeniową, że drewno reaguje na ściskanie razem z metalowymi elementami wpuszczanymi, przesuwając oś neutralną do góry.



KRAWĘDŹ GÓRNA
KRAWĘDŹ DOLNA

SZTYWNOŚĆ POŁĄCZEŃ

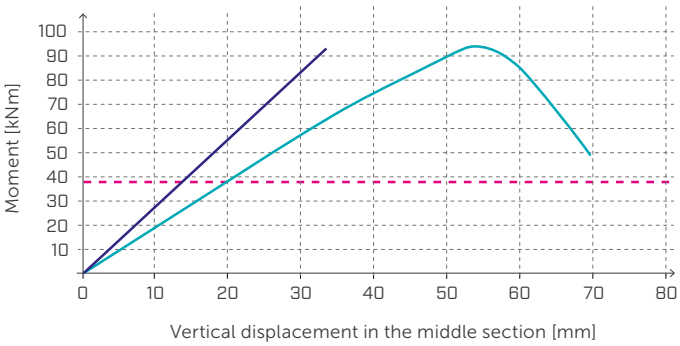
Połączenia zginane wykonane przy użyciu klejów XEPOX gwarantują doskonałą sztywność połączonych elementów. Aby to potwierdzić, porównane zostały wartości strzałki uzyskane z obliczeń analitycznych dla belki niepołączonej, o takiej samej rozpiętości, przekroju i obciążeniu, z danymi doświadczalnymi z przykładu obliczeniowego 1.



W celu uzyskania wartości referencyjnej strzałki na podstawie dostępnych danych doświadczalnych, należy określić obciążenie robocze. W tym celu można wziąć pod uwagę moment przeciwdziałający 54,5 kNm, obliczony dla belki w przykładzie obliczeniowym 1, który idealnie odpowiada maksymalnemu dopuszczalnemu naprężeniu dla ostatecznego stanu granicznego. Wychodząc od tej danej i przypisując realistyczny rozkład obciążenia na belce, możliwe jest określenie maksymalnego momentu naprężającego podczas pracy z wykorzystaniem współczynników wzmocnienia obciążeń według normy referencyjnej.
Zakładając wymiarowanie płaskiego dachu drewnianego, po którym nie można chodzić, określa się następujące obciążenia.
$p = 1{,}5\ kN/m^2$; $q = 1{,}5\ kN/m^2$
W tym przypadku całkowite obciążenie, w najbardziej obciążających warunkach pracy, wynosi około 70% obciążenia dla ostatecznego stanu granicznego.
W związku z tym maksymalny moment roboczy wynosi 54,3 x 0,7 = 38 kNm, co powoduje, że strzałka chwilowa dla belki niepołączonej wynosi około 13 mm, podczas gdy strzałka zmierzona doświadczalnie jest równa 19 mm. Wzrost przesunięcia pionowego podczas pracy wynosi zatem: l/1050.

WYKRES MOMENT - PRZESUNIĘCIE

BELKA Z POŁĄCZENIEM XEPOX
BELKA CIĄGŁA
MOMENT MAKSYMALNY PODCZAS PRACY



UWAGI:

(A) $k_{c,90}$ jest współczynnikiem modulującym wytrzymałość na ściskanie drewna w stosunku do kąta siła-włókno w równaniu Hankinsona (EC 1995-1-1, punkt 6.1.5). Jednakże równanie nie uwzględnia stabilizacji włókien drewna zapewnianej przez żywicę, która wypełnia puste przestrzenie w drewnie; projektant ma możliwość zwiększenia tego czynnika.

(1) Obliczenia przekroju zostały przeprowadzone z uwzględnieniem wiązań sprężysto-liniowych dla wszystkich materiałów. Należy pamiętać, że – w przypadku obciążeń osiowych i ścinających – konieczne jest sprawdzenie kombinacji tych obciążeń.

(2) W tych obliczeniach przyjmuje się, że poduszka z żywicy pozwala na pełny kontakt na całym przekroju styku, a zatem drewno może reagować na ściskanie. W przypadku niewykonania poduszki zaleca się sprawdzenie jako odczynnika tylko metalowego elementu wpuszczanego, stosując z parametrami geometrycznymi elementu wpuszczanego wzór:

$$f_{yd} \le \frac{M_d}{\frac{B \cdot h^2}{6}}$$

(3) Należy zauważyć, że kleje XEPOX charakteryzują się wytrzymałością na rozciąganie i ścinanie, która jest znacznie wyższa niż wytrzymałość oferowana przez materiał drewniany i która pozostaje niezmieniona w czasie. Z tego powodu weryfikację wytrzymałości na skręcanie połączeń między elementami klejonymi należy przeprowadzić, oceniając tylko część drewnianą, uznając weryfikację kleju jako pozytywną.

(4) Przenoszone na drewno naprężenie ścinające „τ" połączenia drewno-klej-stal obliczane jest w jego maksymalnej wartości w przypadku nachylenia równoległego lub prostopadłego do włókien drzewna. Naprężenia te są porównywane odpowiednio dla wytrzymałości na ścinanie drewna i wytrzymałości na „rolling shear" (ścinanie tarczowe). W niniejszych obliczeniach należy również uwzględnić wielkość momentu przeniesienia $M_{T,Ed}$, wynikającego z naprężenia ścinającego, jeśli takie występuje.

Należy zauważyć, że obliczenia zostały wykonane z uwzględnieniem wartości k_{mod} i γ_M zgodnie z normą EN 1995 1-1 oraz γ_{M0} zgodnie z normą EN-1993 1-1.