XEPOX

VIDEO

CE
EN 1504-4

KAKSIKOMPONENTTINEN EPOKSILIIMA

LUOTETTAVA
Kestävyydestä on osoituksena sen 30 vuotta jatkunut käyttö puurakentamisessa.

SUORITUSKYKYINEN
Korkean suorituskyvyn kaksikomponenttinen epoksiliima. Liitosten lujuus riippuu yksinomaan puumateriaalista liiman ylivertaisen lujuuden ansiosta.

MONIPUOLINEN
Patruunassa käytännöllistä ja nopeaa käyttöä varten, koot 3 litraa ja 5 litraa suurempia tilavuusliitoksia varten.

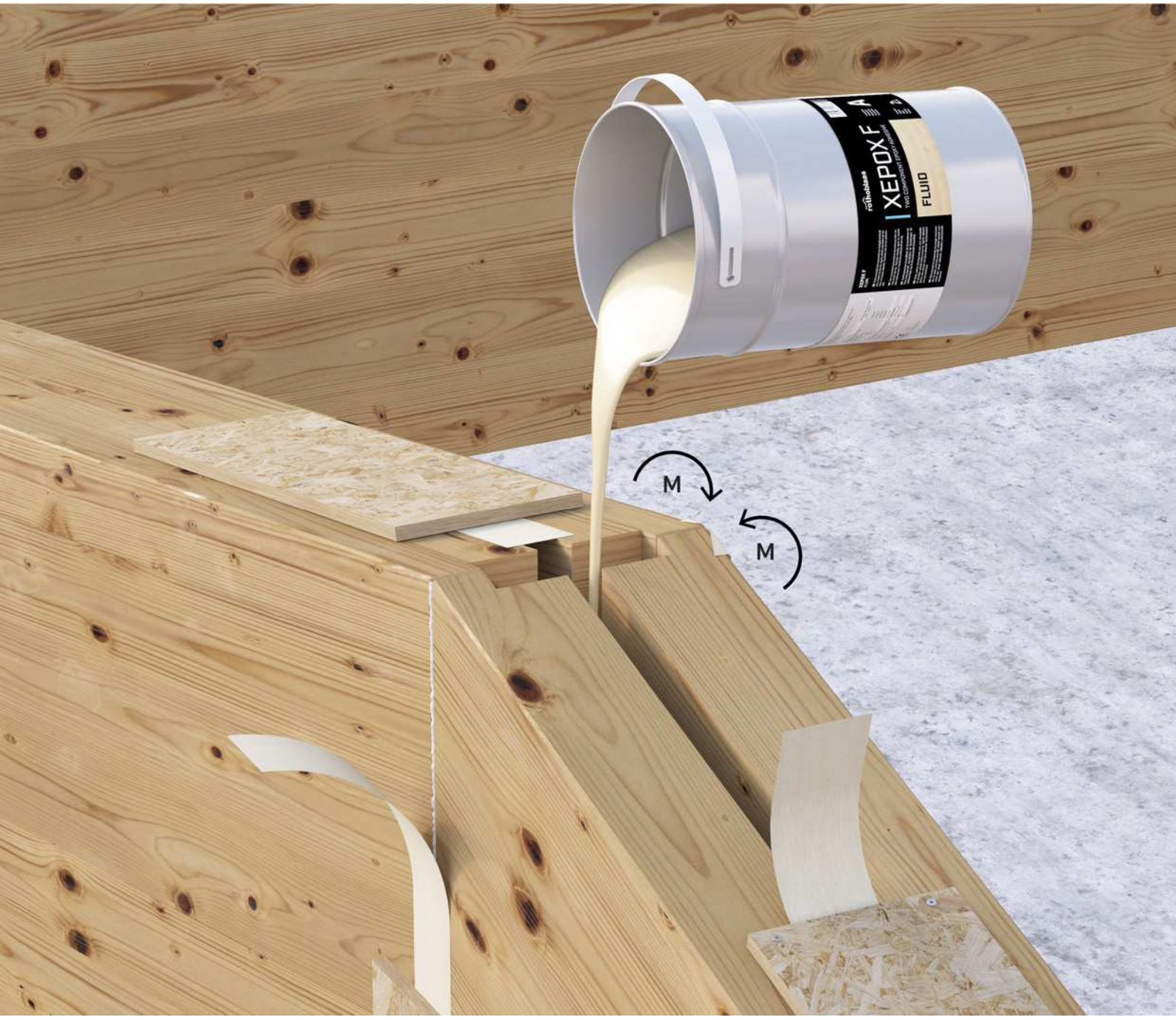
OMINAISUUDET

FOKUS	rakenteellinen liimasidos
TYYPIT	tankoliitokset, liitokset rei'itetyillä tai hiekkapuhalletuilla levyillä
VALIKOIMA	5 tuotetta sopivat kaikkiin asennustarpeisiin
KÄYTTÖ	voidaan käyttää suihkuttamalla, pensselillä, kaatamalla tai lastalla viskositeetista riippuen

VIDEO
Skannaa QR-koodi ja katso video YouTube-kanavaltamme

MATERIAALI
Kaksikomponenttinen epoksiliima.

KÄYTTÖKOHTEET
Leikkausliitokset, aksiaalinen toiminta ja momentti seuraaville materiaaleille
- massiivipuu ja liimapuu
- CLT
- betoni



RAKENTEELLINEN

Erinomainen monisuuntaisten jäykkien liitosten rakentamiseen.

STAATTINEN KONSOLIDOINTI

Voidaan käyttää puumateriaalin rekonstruointiin yhdessä metallitankojen ja muiden materiaalien kanssa.

KOODIT JA MITAT

PURKIT

KOODI	kuvaus	sisältö [ml]	kpl
XEPOXP3000	P - pohjustustuote	A + B = 3000	1
XEPOXL3000	L - neste	A + B = 3000	1
XEPOXL5000		A + B = 5000	1
XEPOXF3000	F - fluidi	A + B = 3000	1
XEPOXF5000		A + B = 5000	1
XEPOXG3000	G - geeli	A + B = 3000	1

PATRUUNAT

KOODI	kuvaus	sisältö [ml]	kpl
XEPOXF400	F - fluidi	400	1
XEPOXD400	D - paksu	400	1

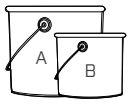
MUUT TUOTTEET - LISÄTARVIKKEET

KOODI	kuvaus	kpl
MAMDB	kaksipatruunainen pistooli	1
STINGXP	sekoitusnokka	1

KÄYTTÖTARKOITUKSET

XEPOX P - pohjustustuote

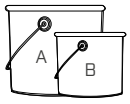
Kaksikomponenttinen epoksiliima, jonka viskositeetti on erittäin alhainen ja korkea imeytyvyys, hiilikuitu- tai lasinauhoilla/-kankailla vahvistettaviin rakenteisiin. Hyödyllinen myös hiekkapuhallettujen levyjen SA2.5/SA3 (ISO 8501) suojaamiseen ja FRP-osien (Fiber Reinforced Polymers) rakentamiseen. Voidaan levittää rullalla, ruiskulla ja pensselillä.
Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



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

XEPOX L - neste

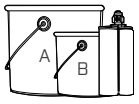
Kaksikomponenttinen epoksiliima rakenteellisiin sovelluksiin, hyvin nestemäinen, soveltuu valuun hyvin syviin pystysuoriin reikiin ja suuriin liitoksiin, joissa on piilokappaleet erittäin syvissa urissa tai hyvin pienet aukot (1 mm tai enemmän), aina mahdollisten vuotokohtien huolellisen sulkemisen jälkeen.
Kaadettava ja injektoitava annosteltava. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



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

XEPOX F - fluidi

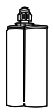
Rakenteellisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettu nestemäinen kaksikomponenttinen epoksiliima, jota voidaan käyttää reikiin injektoitaessa ja uriin vuotojen tiivistyksen jälkeen. Suositellaan taitettujen liittimien (Turrini-Piazza-järjestelmä) lujittamiseksi puu-betonilattioihin, joissa on sekä uusia että jo olemassa olevat palkkeja; metallin ja puun välinen etäisyys noin 2 mm tai enemmän. Kaato pystysuoriin reikiin ja uriin metallilevyn tai tankojen sisäänviennin jälkeen. Kaadettava tai injektoitava patruunan kanssa. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - 30 °C.



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

XEPOX D - paksu

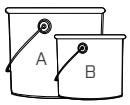
Tiksotrooppinen (paksu) kaksikomponenttinen epoksiliima rakennesovelluksiin, jota voidaan käyttää injektioissa erityisesti laminoiduissa puupalkeissa, massiivipuussa, muurauselementeissä ja raudoitetussa betonissa oleviin vaaka- tai pystyreikiin. Injektoitava patruunan kanssa.
Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



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

XEPOX G - geeli

Rakenteellisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettu kaksikomponenttinen epoksiliimageeli, jota voidaan käyttää lastan avulla myös pystysuorilla pinnoilla ja pinnoilla, joiden paksuus on merkittävä tai epäsäännöllinen. Soveltuu erittäin suuriin puisiin päällekkäisyyksiin ja rakennevahvisteiden liimaamiseen lasikuitu- tai hiilikuitukangasta käyttäen sekä puun tai metallin pinnoitukseen (verhoukseen).
Lastalla levitettävä. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



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

TEKNISET OMINAISUUDET

Ominaisuudet	Standardi		XEPOX P	XEPOX L	XEPOX F	XEPOX D	XEPOX G
Ominaispaino	**ASTM D 792-66**		≈ 1,10	≈ 1,40	≈ 1,45	≈ 2,00	≈ 1,90
Stoikiometrinen tilavuussuhde (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
Seoksen työstettävyysaika	**ERL 13-70**	[min]	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	25 ÷ 30	-
Levityslämpötila (suhteellinen kosteus max 90%)	-	[°C]	10 ÷ 35	10 ÷ 35	10 ÷ 35	5 ÷ 40	5 ÷ 40
Ehdotettu paksuus	-	[mm]	0,1 ÷ 2	1 ÷ 2	2 ÷ 4	2 ÷ 6	1 ÷ 10
Normaali kitkajännite σ	**EN 12188**	[N/mm^2]	21	27	25	19	23
Kalteva leikkauslujjus σ_0 50°	**EN 12188**	[N/mm^2]	94	70	93	55	102
Kalteva leikkauslujjus σ_0 60°	**EN 12188**	[N/mm^2]	106	88	101	80	109
Kalteva leikkauslujjus σ_0 70°	**EN 12188**	[N/mm^2]	121	103	115	95	116
Leikkaus-kitkalujuus τ	**EN 12188**	[N/mm^2]	39	27	36	27	37
Yksittäinen puristuksesta johtuva murtokuormitus[3]	**EN 13412**	[N/mm^2]	83	88	85	84	94
Kimmokerroin keskimääräinen puristuksessa	**EN 13412**	[N/mm^2]	3438	3098	3937	3824	5764
Lämpölaajenemiskerroin (alueella -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}
Yksittäinen vedosta johtuva murtokuormitus[4]	**ASTM D638**	[N/mm^2]	40	36	30	28	30
Kimmokerroin keskimääräinen vedossa[4]	**ASTM D638**	[N/mm^2]	3300	4600	4600	6600	7900
Yksittäinen taipumisesta johtuva murtokuormitus[4]	**ASTM D790**	[N/mm^2]	86	64	38	46	46
Kimmokerroin keskimääräinen taipumisessa[4]	**ASTM D790**	[N/mm^2]	2400	3700	2600	5400	5400
Yksittäinen kuorma leikkausmurtumassa (punch tool)[4]	**ASTM D732**	[N/mm^2]	28	28	28	19	25
Viskositeetti	-	[mPa·s]	A = 1100 B = 250	A = 2300 B = 800	A = 14000 B = 11500	A = 300000 B = 300000	A = 450000 B = 13000

HUOMAUTUKSET:

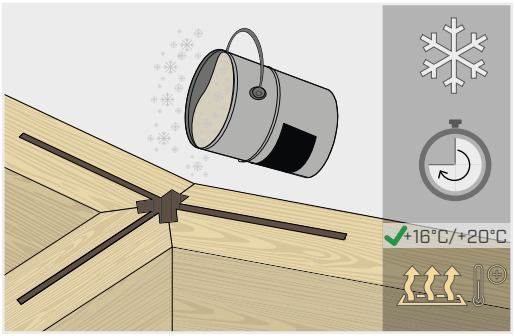
[1] Komponentit pakataan valmiiksi pakattuina määrinä, käyttövalmiina. Suhde on tilavuutena (ei painona).

[2] On suotavaa käyttää enintään yksi litra sekoitettua tuotetta kerrallaan. Komponenttien A:B painosuhde on noin 100:44,4.

[3] Keskimääräinen arvo puru-/lastausjakson lopussa.

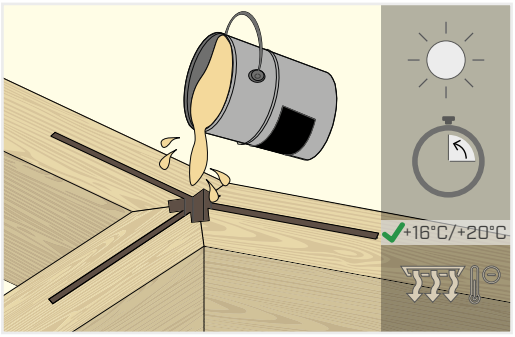
[4] Testitulokset tutkimuksesta "Innovatiiviset puurakenneliitokset" - Politecnico di Milano.

LEVITYS- JA SÄILYTYSLÄMPÖTILAT



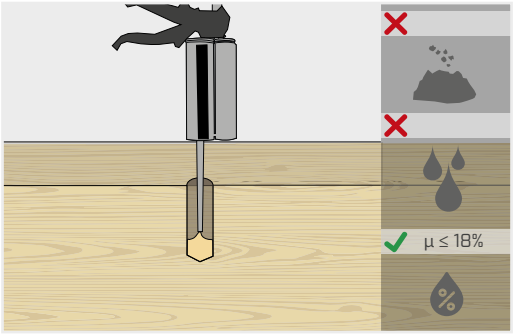
LIIMOJEN SÄILYTYS

Epoksiliimoja tulee säilyttää kohtalaisessa lämpötilassa (suunnilleen +16°C/+20°C) sekä talvella että kesällä aina käyttöajankohtaan asti. Älä säilytä kylmässä, koska se lisää liimojen viskositeettia ja vaikeuttaa aineen kaatamista purkeista ja puristamista ulos patruunoista. Älä jätä pakkausta alttiiksi auringolle, se aiheuttaisi tuotteen lyhyemmän kovettumisajan.



LIIMAN KÄYTTÖ

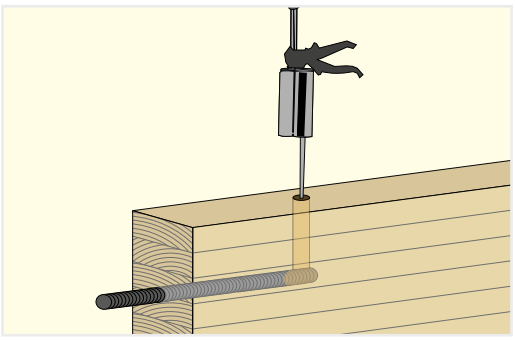
Suositeltu ympäristön lämpötila, kun tuotetta levitetään on > +10 °C. Jos ympäristön lämpötila on liian matala, pakkaus on lämmitettävä vähintään tuntia ennen käyttöä tai levityskohdat ja metallikappaleet on lämmitettävä ennen tuotteen kaatamista. Jos lämpötila on sen sijaan liian korkea, on tarpeen kaataa liimaa jäähdytettynä välttäen päivän kuumimpia tunteja.



REIKIEN JA URIEN KÄSITTELY

Ennen liiman kaatoa tai injektiota, toteutetut rei'ät ja urat puussa tulee suojata sateelta ja ilmankosteudelta ja puhdistaa paineilmalla. Jos hartsitettavat osat ovat märkiä tai erittäin kosteita, ne on kuivattava. XEPOX-liimojen käyttö on tarkoitettu asianmukaisesti kuivatulle puulle, jonka kosteuspitoisuus on alle noin 18%.

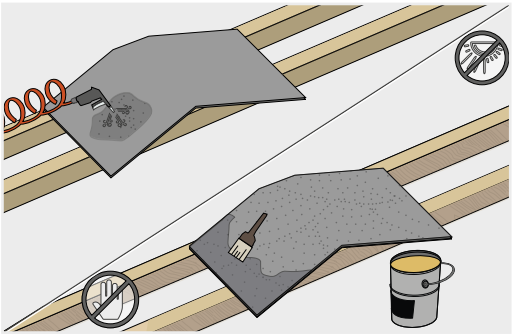
LIITOKSET LIIMATUILLA TANGOILLA



HARTSI

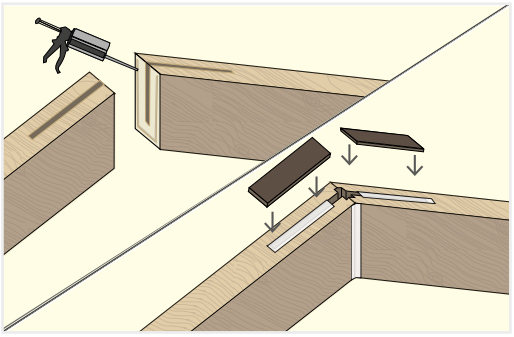
Tankoliitokset soveltuvat toteutettaviksi kaksiakselisten patruunoiden ulospuristuksella, koska hartsimäärät ovat pieniä. Leikkaa nokan kärki, jotta voit muuttaa puristettavan liiman määrää. Pitkien tankojen liimaamiseen on suositeltavaa luoda täyttöreikiä tangon kanssa kohtisuorassa olevaan suuntaan.

MOMENTTILIITOKSET LEVYILLÄ



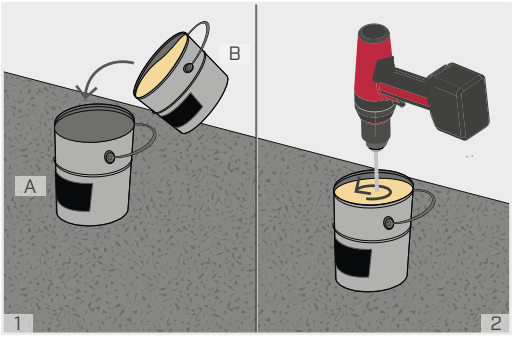
METALLITUEN VALMISTELU

Metalliliitosten vahvistuskappaleet on puhdistettava ja niistä on poistettava rasva. Sileät levyt voidaan rei'ittää tai ne on käsiteltävä SA2.5/SA3-luokan hiekkapuhallusprosessilla ja suojata sitten EPOX P:llä niiden hapettumisen välttämiseksi. Erityisesti kuumina kuukausina metallipintoja on suojeltava suoralta auringonvalolta.



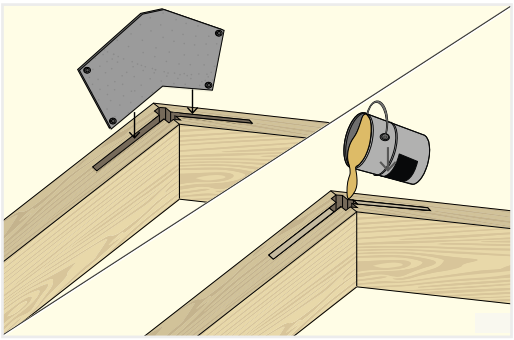
PUUTUEN VALMISTELU

Levitä jatkuvat teippinauhat pystysuorien reunojen lähelle teippinauhat sijoittaen ne noin 2÷3 mm päähän reunasta. Käytä sitten asetaattisilikoninaruaja paina niin, että se tarttuu myös vyöllä nauhalla suojattuihin pintoihin. Kaltevien elementtien urat on suljettava puisilla llistoilla tai levyillä siten, että ainoastaan uran pää jää näkyviin korkeimpaan kohtaan, josta liima imeytyy.



TUOTTEEN VALMISTUS

Käyttääksesi tuotetta purkeissa kaada kovetin (komponentti B) purkkeihin, jotka sisältävät epoksihartsia (komponentti A). Sekoita kaksi eriväristä komponenttia yhteen voimakkaasti. Suositellaan sopivaa sekoitinta, jossa on sähkötyökaluun asennettu kaksoiskierre (vaihtoehtoisesti voidaan käyttää metallista vispilää), kunnes saadaan homogeenisen värinen seos. Kaada sitten saatu yhdiste.
Seoksen jakamiseksi aukkoihin, joiden pituus on huomattava, kaadetaan suoraan sekoitupurkista, jos kyseessä on kaadettava tuote, tai tuotetta otetaan ja levitetään lastalla.



HARTSI

On suositeltavaa käyttää "hyödyllistä" tarralaakeria, joka toteutetaan asianmukaisella uralla rakenne-elementtien päähän ja joka toimii lisätakauksena kontaktijärjestelmän toimivuudelle. Suosittelemme, että metallilevyjen ja puun välissä olevien rakojen paksuus on 2÷3 mm sivua kohden. Jotta varmistettaisiin välikappaleiden oikea sijainti uran sisällä, on suositeltavaa sijoittaa välikappaleiden aluslevyt XEPOX P -suojan polymerointivaiheen aikana kiinnitettyihin välikappaleisiin.

XEPOX-EPOKSILIIMAT

HISTORIALLINEN TUOTEPERHE PUUELEMENTTIEN YHDISTÄMISEEN, JOKA PYSTYY VARMISTAMAAN ERINOMAISEN LUJUUDEN JA JÄYKKYYDEN PALAUTTAMISEN

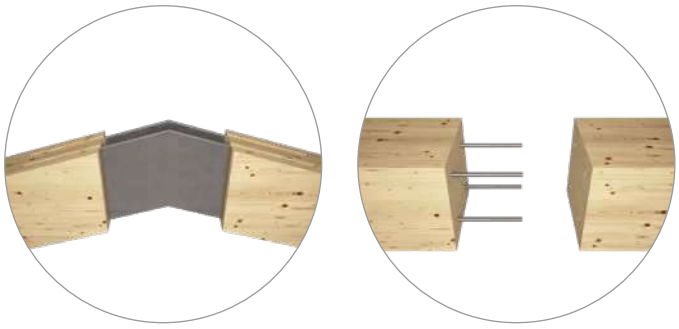
XEPOX-epoksiliimat ovat kaksikomponenttisia hartseja, jotka on erityisesti suunniteltu läpäisemään puun mikrorakenne ja kiinnittymään siihen erittäin tehokkaasti sekä vähentämään hartsien tyypillistä kiteytymistä.

Komponenttien A ja B seos aiheuttaa eksotermisen reaktion (lämmön kehittyminen) ja muodostaa kovettuneena kolmiulotteisen rakenteen, jolla on poikkeuksellisia ominaisuuksia, kuten kestävyys ajan mittaan, puuttuva vuorovaikutus kosteuden kanssa, erinomainen lämpöstabiilius, suuri jäykkyys ja kestävyys.
Valmisteen jokaisella kemikaalilla tai mineraalilla on oma tehtävänsä, ja ne kaikki yhdessä edistävät liiman suorituskykyominaisuuksien saavuttamista.

KÄYTTÖKOHTEET

XEPOX-tuotteiden erilaiset viskositeetit takaavat monipuolisen käytön erityyppisille liitoksille sekä uusissa rakenteissa että rakenteiden kunnostuksessa. Käytettäessä terästä, erityisesti hiekkapuhallettuja tai rei'itettyjä levyjä ja tankoja, saadaan aikaan korkea lujuus rajoitetussa paksuudessa.

1. JATKUVAN MOMENTIN LIITOS



2. KAKSI- TAI KOLMISUUNTAISET YHTEYDET

3. LAPALIITOS

4. VAHINGOITTUNEIDEN OSIEN KORJAUS

ESTEETTISET PARANNUKSET

Patruunamuoto mahdollistaa myös sen käytön esteettisiin järjestelyihin ja liimaukseen pieninä määrinä.

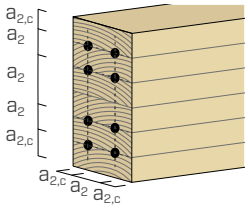
LIITOKSET LIIMATUILLA TANGOILLA

Ohessa ilmoitetaan DIN 1052:2008 -standardiin ja Italian CNR DT 207:2018 -standardiin sisältyvät ohjeet.

TANKOJEN MINIMIETÄISYYDET

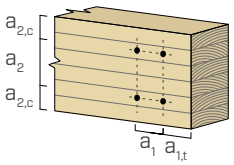
VETO
Tangot liimattu // syysuuntaan nähden

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



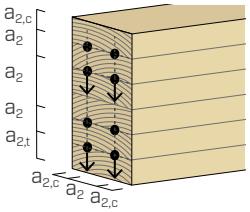
VETO
Tangot liimattu ⊥ syysuuntaan nähden

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



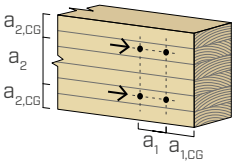
LEIKKAUS
Tangot liimattu // syysuuntaan nähden

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



LEIKKAUS
Tangot liimattu ⊥ syysuuntaan nähden

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



Pienin sisäänvientipituus on:

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

LASKENTATAPA

VETOLUJUUS

Tangon, jonka halkaisija on d, vetolujuus on:

$$R_{ax,d} = min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} & \text{teräsmurtuma} \\ \pi \cdot d \cdot l \cdot f_{v,d} & \text{puun leikkausmurtuma} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{puun vetomurtuma} \end{cases}$$

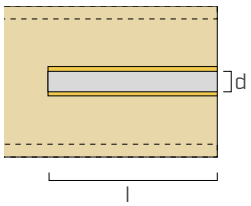
Tehokkaaksi pinta-alaksi käsitetään neliöala, jonka sivun enimmäispituus on 6d; pinta-alaa pienennetään lyhyemmillä etäisyyksillä elementtien välillä tai reunasta.

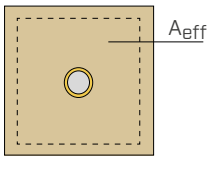
f_{yd} = teräksen myötölujuus

$f_{t,0,d}$ = puun vetolujuuden mitoitusarvo

Liiman leikkauslujuus $f_{v,k}$ riippuu sisäänvientipituudesta

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





kaltevuuskulman α suhteessa syysuuntaan:

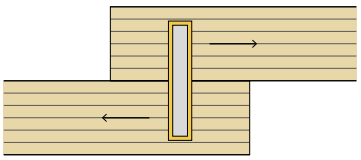
$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1{,}5 \cdot \sin^2\alpha + \cos^2\alpha)$$

LEIKKAUSLUJUUS

Tangon leikkauslujuus voidaan laskea käyttämällä Johansenin tunnettuja pulttikaavoja seuraavin varotoimin.

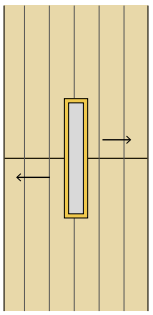
Jos tanko on liimattu kohtisuoraan kuituun nähden, puristusjännityslujuutta voidaan lisätä jopa 25%.

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



Kuidun suuntaisesti liimattujen tankojen puristusjännityslujuus on 10% syysuuntaan nähden kohtisuorassa olevasta arvosta.

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



Köysivaikutus arvioidaan liimauksen antamana ulosvetolujuutena (murtuma b).
Jotta liimatun tangon lujuus saataisiin liimauskulmassa α, sen annetaan interpoloida lineaarisesti lujuusarvojen α välillä 0° ja 90° kulmassa.

TESTAUS

XEPOXilla liimatun tangon ulosvetolaskelma raportoidaan vertaamalla tulosta Bielin yliopistossa suoritettuihin testeihin ja mittaamalla ylijäämälujuus testin ja laskelman välillä. Tämä osoittaa nykyisen turvamarginaalin: on kuitenkin muistettava, että testin tuloksena saatu arvo ei ole ominaisarvo eikä sitä ole tarkoitettu käytettäväksi projektissa.

GEOMETRISET TIEDOT

Testinäytteen sivu	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	

Teräsmurtuma	162,9	kN
Puun leikkausmurtuma	29,0	kN
Puun vetomurtuma	146,2	kN
$R_{ax,d}$ = aksiaalista voimaa vastaava mitoituslujuus	29,0	kN
$R_{ax,m}$ = keskimääräinen kokeellinen aksiaalista voimaa vastaava lujuus	96,3	kN
f = ylijäämälujuuskerroin	3,3	

HUOMAUTUKSET:

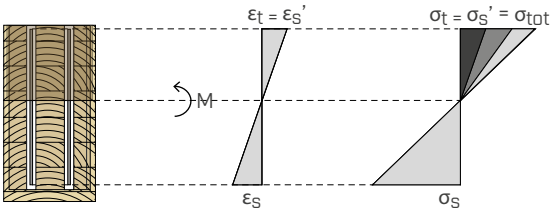
Vetolujuus johdettiin testeissä käytettyjen testinäytteiden keskimääräisestä tiheydestä.

Laskelmissa otettiin huomioon k_{mod} ja y_M arvot standardin EN 1995 1-1 mukaisesti ja γ_{M0} standardin EN 1993 1-1 mukaisesti.

MOMENTTILIITOKSET LEVYILLÄ

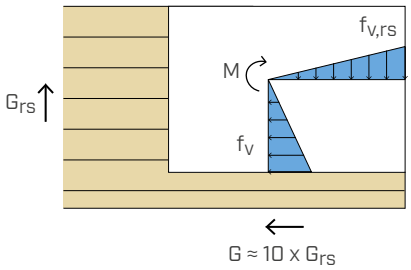
LASKENTATAPA | PÄÄN POIKKILEIKKAUS

Momentista ja aksiaalisesta voimasta aiheutuvat jännitykset määritetään homogenoimalla poikkileikkauksen materiaalit, kun kyseessä on tasaisten poikkileikkausten säilyttäminen. Vain levyt absorboivat leikkausrasituksen. On myös tarpeen tarkistaa puun poikkileikkaukseen kohdistuvat rasitustekijät ja jännitykset.



LASKENTATAPA | MOMENTTIJAKAUMA RAJAPINNASSA TERÄS-LIIMA-PUU

Momentti jaetaan rajapintojen lukumäärälle ja hajotetaan sen jälkeen jännityksiksi, kun otetaan huomioon sekä napainertia painopisteen ympärillä että puun erilaiset jäykkyydet. Näin saadaan suurimmat tangentiaaliset jännitykset kohtisuoraan ja syiden kanssa yhdensuuntaisesti, mikä on todennettava myös niiden vuorovaikutuksessa.



Puun leikkausten moduulissa punnittu puolikkaan kappaleen polaarinen jäyhyysmomentti suhteessa painopisteeseen:

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

Tangentiaalisten jännitysten laskeminen ja yhdistetty todentaminen:

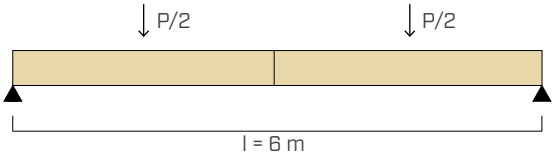
$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_P^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2\ n_i\ A_i}$$

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

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

TESTAUS

XEPOXilla tehty kahden liitoksen momenttilaskelma raportoidaan vertaamalla tulosta Politecnico di Milanossa tehtyihin 4 pisteen taivutustesteihin. Määritetään testin ja laskelman välinen **ylirasituskerroin**, joka osoittaa, että liitosten laskennassa on hyvä turvamarginaali. Testin tuloksena saatu **arvo ei ole ominaisarvo eikä sitä ole tarkoitettu käytettäväksi projektissa**.



SELITYKSET:

B	palkin kanta
H	palkin korkeus
α_1	palkkien kaltevuuskulma
n_i	lisäkappaleiden lukumäärä
S_i	metallilevyjen paksuus
h_i	metallilevyjen korkeus
l_i	metallilevyjen sisäänvientipituus
A_i	kappaleen puolikkaan pinta-ala
e	levyn painopisteen ja pääliitoksen välinen epäkeskisyys
B_n	palkin leveys ilman uraa

σ_t	suurin puristusjännitys puussa
σ_s'	suurin puristusjännitys teräksessä
σ_s	suurin vetojännitys teräksessä
σ_{tm}	suurin taivutusvoima puussa
$\tau_{max,hor}$	suurin vaakasuuntainen tangentiaalinen jännitys
$\tau_{max,vert}$	suurin pystysuuntainen tangentiaalinen jännitys
$f_{v,d}$	leikkauslujuus syysuunnassa
$f_{v,rs,d}$	syitä vastaan kohtisuora leikkauslujuus
$k_{c,90}$	parametri EC 1995 1-1:sta

ESIMERKKI 1 | JATKUVA LIITOS

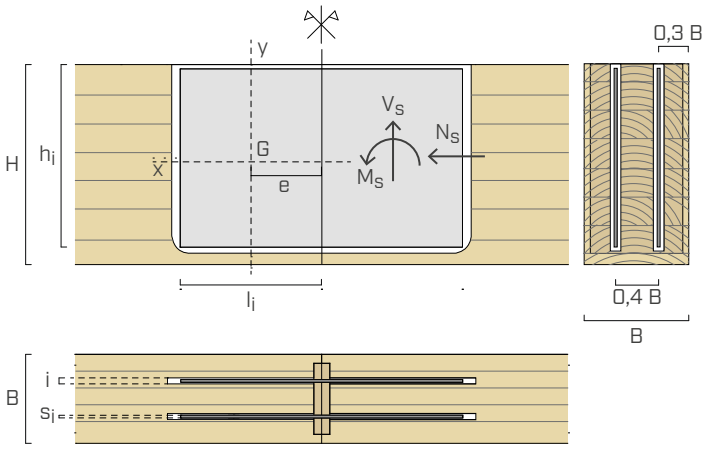
SOLMUN GEOMETRIA: PALKKI JA LEVYT

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			

PROJEKTIN MATERIAALIT JA TIEDOT

Teräsluokka	**S275**
γ_{M0}	1
Puuluokka	**GL24h**
k_{mod}	1,1
$\gamma_{M\ timber}$	1,3

Hiekkapuhalletut metallilevyt luokkaa SA2.5/SA3 (ISO8501).



XEPOXIN KÄYTTÖ

Suojaa kappaleet hapettumiselta **XEPOX P**:llä. **XEPOX F** tai **XEPOX L** -liiman käyttö.

VARMENNUKSET

M_d	mitoitusmomentti	**54,3**	**kNm**

PÄÄLIITOKSEN TARKASTUS[1], [2]		varmistus-%	
σ_t	10,6 MPa	53	%
$\sigma_{s'}$	185,8 MPa	68	%
σ_s	274,9 MPa	100	%

PUUN POIKKILEIKKAUKSEN VARMISTUS ILMAN URAA		varmistus-%	
σ_{tm}	14,1 MPa	70	%

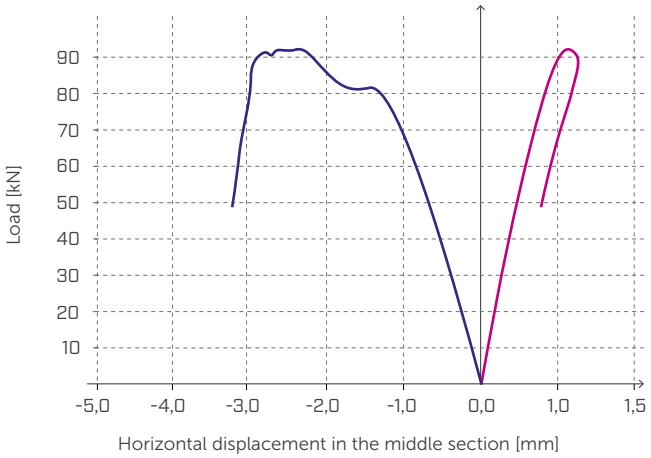
LIITÄNTÄPINTOJEN SUURIMMAN TANGENTIAALISEN JÄNNITTEEN VARMISTUS[3], [4]		varmistus-%	
J_p*	$8{,}56*10^{11}$ Nmm^2		
$\tau_{max,hor}$(3)	1,7 MPa	57	%
$\tau_{max,vert}$(3)	0,2 MPa	20	%
yhdistetty varmistus		60	%

$M_d = M_{Rd}$	vaikuttava momentti = mitoitusmomentti	**54,3**	**kNm**
M_{TEST}	kokeen lujuusmomentti	**94,1**	**kNm**
f	ylirasituskerroin	**1,7**	

KUVAAJA VOIMA - SIIRTYMÄ

Venytettyjen ja puristettujen syiden vaakasuuntainen siirtymä keskellä.

Kaaviossa esitetään venytettyjen syiden suurin siirtymä, mikä vahvistaa laskelman hypoteesin, jonka mukaan puu reagoi puristukseen yhdessä metallilevyjen kanssa ja siirtää neutraaliakselia ylöspäin.



YLÄREUNA
ALAREUNA

ESIMERKKI 2: POLVILIITOS

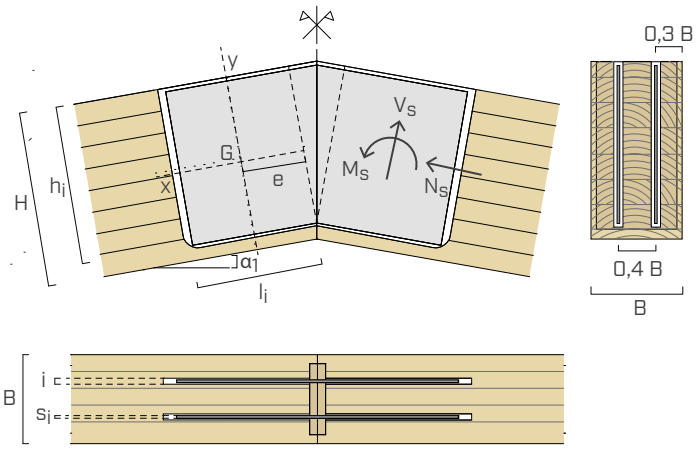
SOLMUN GEOMETRIA: PALKKI JA LEVYT

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			

PROJEKTIN MATERIAALIT JA TIEDOT

Teräsluokka	**S275**
γ_{M0}	1
Puuluokka	**GL32c**
k_{mod}	1,1
$\gamma_{M\ timber}$	1,3

Hiekkapuhalletut metallilevyt luokkaa SA2.5/SA3 (ISO8501).



XEPOXIN KÄYTTÖ

Suojaa kappaleet hapettumiselta **XEPOX P**:llä. **XEPOX F** tai **XEPOX L** -liiman käyttö.

VARMENNUKSET

M_d	mitoitusmomentti	**63,5**	**kNm**

PÄÄLIITOKSEN TARKASTUS[1], [2]		varmistus-%	
$k_{c,90}$(A)	1,75		
σ_c	12,7 MPa	100	%
$\sigma_{s'}$	180,7 MPa	66	%
σ_s	262,0 MPa	95	%

PUUN POIKKILEIKKAUKSEN VARMISTUS ILMAN URAA		varmistus-%	
σ_t	16,7 MPa	62	%

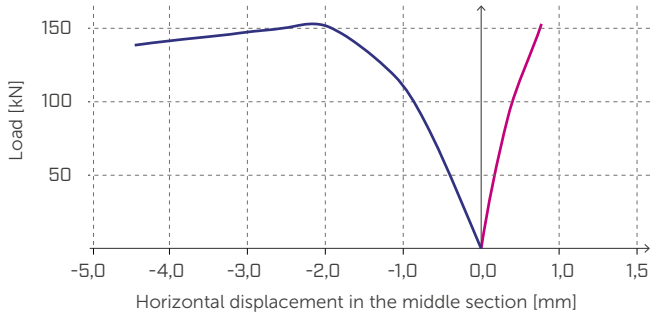
LIITÄNTÄPINTOJEN SUURIMMAN TANGENTIAALISEN JÄNNITTEEN VARMISTUS[3], [4]		varmistus-%	
J_P*	1,52*10^{12} Nmm^2		
$\tau_{max,hor}$(3)	1,1 MPa	38	%
$\tau_{max,vert}$(3)	0,2 MPa	21	%
yhdistetty varmistus		43	%

$M_d = M_{Rd}$	vaikuttava momentti = mitoitusmomentti	**63,5**	**kNm**
M_{TEST}	kokeen lujuusmomentti	**131,8**	**kNm**
f	ylirasituskerroin	**2,1**	

KUVAAJA VOIMA - SIIRTYMÄ

Venytettyjen ja puristettujen syiden vaakasuuntainen siirtymä keskellä.

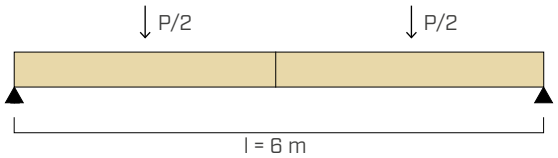
Kaaviossa esitetään venytettyjen syiden suurin siirtymä, mikä vahvistaa laskelman hypoteesin, jonka mukaan puu reagoi puristukseen yhdessä metallilevyjen kanssa ja siirtää neutraaliakselia ylöspäin.



YLÄREUNA
ALAREUNA

LIITOSTEN JÄYKKYYS

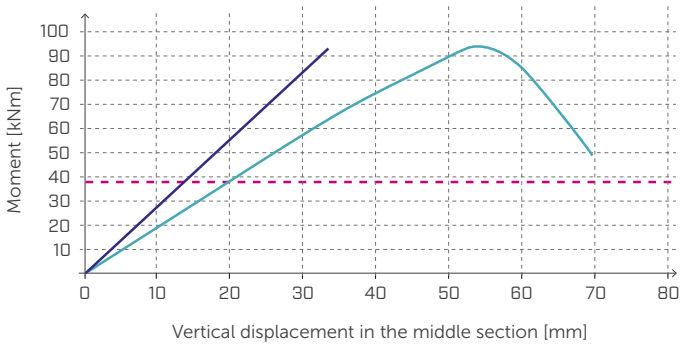
XEPOX-liimoilla toteutetut momenttiliitokset takaavat erinomaisen jäykkyyden kytketyissä elementeissä. Tämän tueksi verrataan taipuma-arvoja, jotka on saatu analyyttisistä laskelmista samanarvoisen säteen, poikkileikkauksen ja kuormituksen omaavalle erilliselle säteelle, laskentaesimerkin 1 kokeellisilla tiedoilla.



Saadaksesi taipuman vertailuarvon käytettävissä olevista koetiedoista, on tarpeen määrittää käyttökuormitus. Tämän saavuttamiseksi on mahdollista ottaa huomioon 54,5 kNm:n resistanssimomentti, joka on laskettu laskutoimituksen esimerkille 1 ja joka ihannetapauksessa vastaa suurinta hyväksyttävää jännitystä äärirajoilla. Näiden tietojen perusteella ja asettamalla säteelle realistinen kuormituksen jakautuminen on mahdollista määrittää suurin käytössä oleva rasitusmomentti käyttämällä kuormituksen vahvistuskertoimia viitestandardin mukaisesti.
Jos oletetaan, että tasainen katto on puuta, jolla ei voi kävellä, määritellään seuraavat kuormat.
$p = 1{,}5\ kN/m^2$; $q = 1{,}5\ kN/m^2$
Tässä tapauksessa kokonaiskuormitus on vakavimmassa käyttöyhdistelmässä noin 70% kuormituksesta murtorajatilassa.
Tämän seurauksena suurin vaikuttava momentti on 54,3 x 0,7 = 38 kNm, mikä aiheuttaa noin 13 mm:n hetkellisen taipuman yhdistämättömälle palkille, kun taas kokeellisesti mitattu taipuma on 19 mm. Vertikaalisen siirtymän lisääntyminen on näin ollen: l/1050.

KUVAAJA MOMENTTI - SIIRTYMÄ

PALKKI XEPOX-LIITOKSELLA
JATKUVA PALKKI
SUURIN KÄYTTÖMOMENTTI



HUOMAUTUKSET:

(A) $k_{c,90}$ on tekijä, joka muuntaa puun puristuslujuutta Hankinsonin kaavan (EC 1995-1-1, 6.1.5 kohta) voima-syysuuntaan nähden. Kaavassa ei kuitenkaan oteta huomioon hartsin tarjoamaa puunsyiden stabilointia, joka täyttää puuhuokoset; suunnittelijalla on mahdollisuus kasvattaa tätä kerrointa.

(1) Poikkileikkauksen laskemisessa otettiin huomioon kaikkien materiaalien elastis-lineaariset sidokset. On huomattava, että akselikuormitusten ja leikkausten osalta on tarpeen tarkistaa näiden jännitysten yhdistelmä.

(2) Tässä laskelmassa katsotaan, että hartsilaakeri mahdollistaa rajapinnan täyden kosketuksen, minkä vuoksi puu voi reagoida puristumiseen. Jos laakeria ei toteuteta, on suositeltavaa tarkastaa metallilevy ainoastaan reagenssina ja soveltaa levyn geometrisiin parametreihin seuraavaa kaavaa:

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

(3) On huomattava, että XEPOX-liimoille on ominaista veto- ja leikkauslujuus, joka on huomattavasti suurempi kuin puumateriaalin tarjoama lujuus ja joka ei muutu ajan mittaan. Tästä syystä liitäntöjen vääntölujuuden tarkastus suoritetaan arvioimalla ainoastaan puupuoli ottaen huomioon, että liiman osalta ehdon on täytyttävä.

(4) Puu-liima-teräs-liitoskohdan leikkausjännite "τ", joka siirtyy puuhun, lasketaan enimmäisarvoonsa, jos kallistus on yhdensuuntainen tai kohtisuorassa puukuituihin nähden. Näitä jännityksiä verrataan vastaavasti puun leikkauslujuuteen ja "rolling shear" -lujuuteen. Tässä laskelmassa olisi otettava huomioon myös leikkausrasituksesta johtuvan kuljetusmomentin $M_{T,Ed}$, suuruus, jos sellainen on.

Huomautetaan, että laskelmissa otettiin huomioon k_{mod} ja γ_M arvot standardin EN 1995 1-1 mukaisesti ja γ_{M0} standardin EN 1993 1-1 mukaisesti.