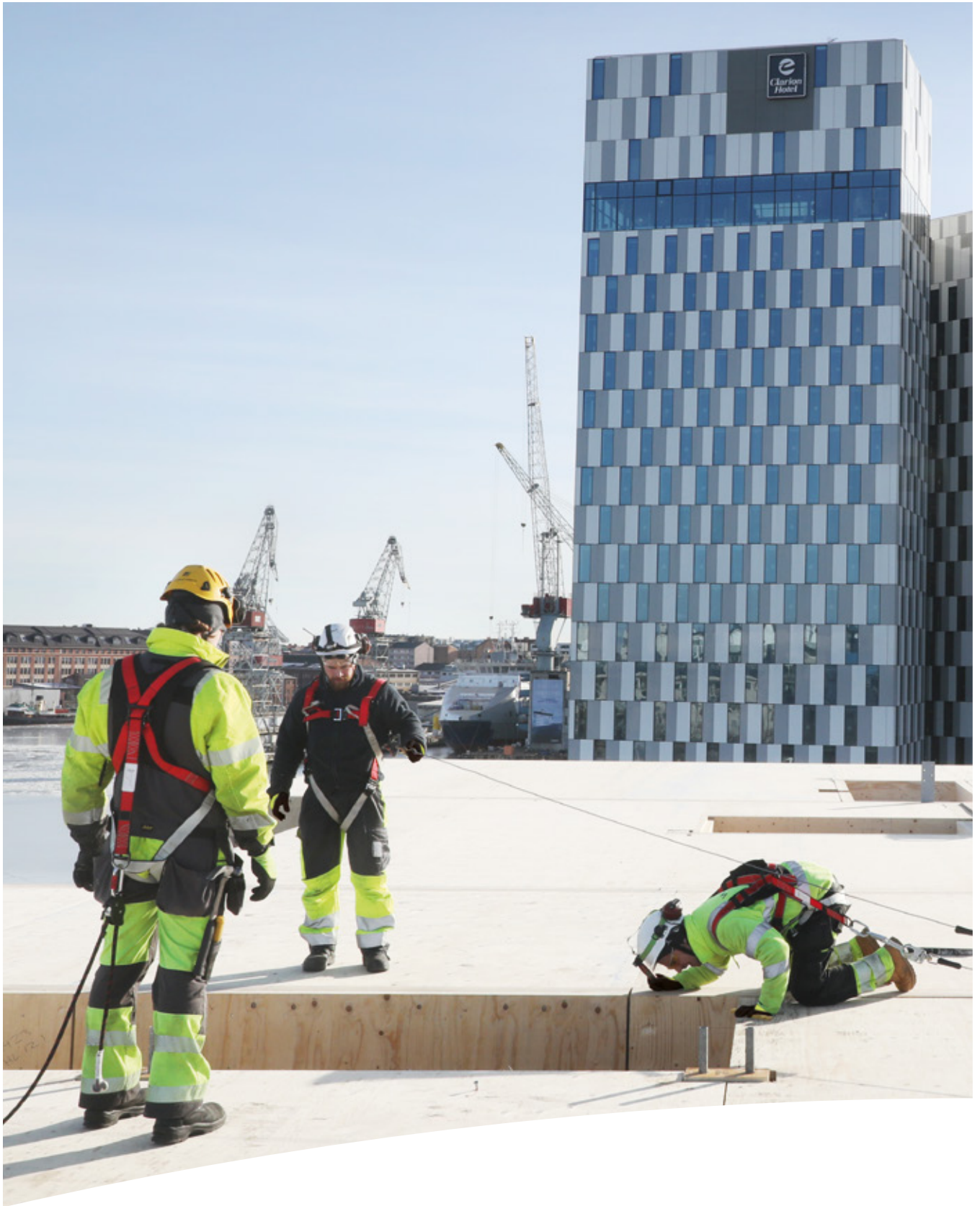




LVL by Stora Enso

Tekninen esite



Stora Enso

Uusiutuvien materiaalien yhtiö

Stora Enso on pakkaus-, biomateriaali-, puutuo- te- ja paperiteollisuuden uusiutuvien tuotteiden maailmanlaajuinen toimittaja. Konsernin palveluksessa on noin 25 000 henkilöä yli 35 maassa. Stora Enson osakkeet noteerataan Helsingin ja Tukholman arvopaperipörsseissä.

Uskomme, että kaikki, mikä tänään valmistetaan uusiutumattomista materiaaleista, voidaan huomenna valmistaa puusta. Tavoitteenamme on korvata uusiutumattomat materiaalit innovoimalla ja kehittämällä uusia puuhun ja muihin uusiutuviin materiaaleihin perustuvia tuotteita ja palveluja.

Väestönkasvu, kaupungistuminen, ilmastonmuutos ja ympäristötietoisuus ovat vahvoja trendejä, jotka lisäävät puupohjaisten ratkaisujen kysyntää. Kasvavissa kaupungeissa tarvitaan jatkuvasti lisää asuntoja, toimistoja ja muita toimitiloja. Entistä keveämpien, helposti asennettavien ja uusiutuvien rakennusmateriaalien kysyntä kasvaa jatkuvasti.

Stora Enso uskoo, että niin julkiseen kuin yksityiseen rakentamiseen on löydettävissä kestäviä ja energiatehokkaita ratkaisuja. Pääraaka-aineemme puu tarjoaa monia etuja verrattuna ei-uusiutuviin materiaaleihin. Puu on uusiutuva ja kierrätettävä materiaali, joka voidaan hyödyntää elinkaarensa päätteeksi bioenergiana. Hiiltä sitovat puutuotteet ovat aidosti kestävä tapa torjua ilmastonmuutoksen vaikutuksia.

Stora Enson tuotteisiin käytettävä raakapuu korjataan vastuullisesti hoidetuista metsistä. Stora Enso Wood Productsin tuotannossa käytettävän puun alkuperä varmistetaan riippumattoman osapuolen varmentamalla PEFC™- ja/tai FSC®- jäljitettävyyssjärjestelmillä.



Sisällys

1. LVL by Stora Enso – Viilupuu	4
Perustiedot	4
Käyttökohteet	5
Tuotevalikoima	6
Edut	7
2. Tuotanto	8
Varkauden yksikkö	9
Uusinta tuotantoteknologiaa	9
3. Jatkojalostus	10
Kosteussuojaus	10
Hionta ja mitallistus	10
Kerrannaisliimaus	10
Sahaukset ja työstöt	11
4. Materiaalin ominaisuudet	12
Biologinen ja kemiallinen kestävyys	12
Palonkestävyys	13
Kosteustekniset ominaisuudet	13
Lämmöneristävyys	13
5. Rakenteiden laskenta	14
Calculatis-laskentaohjelma	14
Mitoitusarvot	15
Alapohjan mitoitus	16
Yläpohjan mitoitus	18
Palkit	20
Pistekuormat	21
Pyöreät aukot	22
Nelikulmaiset aukot	26
6. Referenssejä	30

1. LVL by Stora Enso

Viilupuu



Perustiedot

Perustietoa	LVL eli viilupuu (Laminated Veneer Lumber) on korkealaatuinen jatkojalostettu puutuote, joka soveltuu laajalti erilaisiin rakenteisiin niin uudis- kuin korjausrakentamisessa. LVL on materiaalina kevyt mutta silti poikkeuksellisen luja. Kerroksellisen rakenteensa ansiosta LVL on vahva, tasalaatuinen ja mittapysyvä materiaali, jolla on erinomainen kuormankantokyky ja työstettävyys. CE-merkitty. Valmistus ja valvonta yhdenmukaistetun tuotestandardin SFS-EN 14374:2004 mukaan.
Käyttökohteet	Rakenteelliset käyttökohteet; mm. tolpat, puurankarakentaminen, seinä-, katto- ja lattialevyt
Maksimileveys	600 mm, X-laatu paneelina 2500 mm asti
Maksimipaksuus	75 mm, kerrannaisliimauksella 300 mm asti
Maksimipituus	24 m
Puulaji	Kuusi (Picea abies)
Liimat	LVL liimataan useista viilukerroksista yhteen fenoliformaldehydihartsiliimalla. Pintaviilun viistesaumaan käytetään väritöntä melamiiniformaldehydihartsiliimaa. LVL täyttää standardin EN 717-1 formaldehydiemissioluokituksen E1 vaatimukset.
Kosteuspitoisuus	Toimituskosteus 8...10 %
Pinnanlaatu	Tarkoitettu ei-visuaalisiin käyttökohteisiin. Vakiotuotteet toimitetaan hiomattomana. Erikseen sovittaessa voidaan toimittaa hiotulla pinnalla. Pintaviiluissa väritön liimasauma.
Paino	Keskimääräinen tiheys 510 kg/m ³ (S- ja X-laaduilla)
Lämmönjohtavuus λ	0,13 W/(mK)
Ominaislämpökapasiteetti	c = 1800 J/(kg K)
Käyttöluokka	Käyttöluokat 1 ja 2
Palonkesto	D-s1, d0 (EN 13501-1)

Käyttökohteet

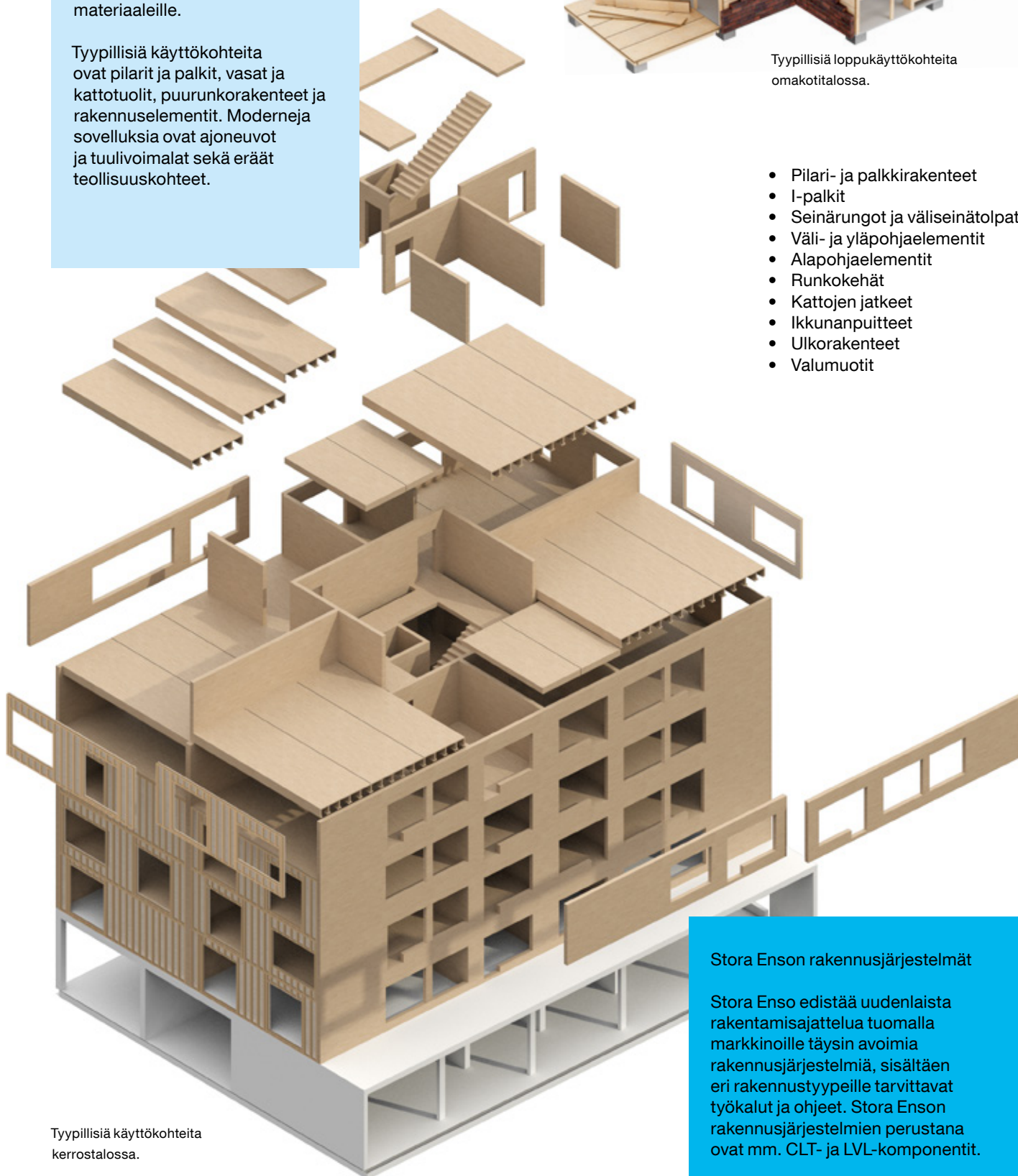
Viilupuu soveltuu monenlaiseen rakennus- ja teollisuuskäyttöön, jossa vaaditaan lujuutta, työstettävyyttä, tukevuutta ja keveyttä – tuote avaa uusia mahdollisuuksia puupohjaisille materiaaleille.

Tyypillisiä käyttökohteita ovat pilarit ja palkit, vasat ja kattotuolit, puurunkorakenteet ja rakennuselementit. Moderneja sovelluksia ovat ajoneuvot ja tuulivoimalat sekä eräät teollisuuskäyttökohteet.



Tyypillisiä loppukäyttökohteita omakotitalossa.

- Pilari- ja palkkirakenteet
- I-palkit
- Seinärungot ja väliseinätolpat
- Väli- ja yläpohjaelementit
- Alapohjaelementit
- Runkokehät
- Kattojen jatkeet
- Ikkunanpuitteet
- Ulkorakenteet
- Valumuotit



Tyypillisiä käyttökohteita kerrostalossa.

Stora Enson rakennusjärjestelmät

Stora Enso edistää uudenlaista rakentamisajattelua tuomalla markkinoille täysin avoimia rakennusjärjestelmiä, sisältäen eri rakennustyypeille tarvittavat työkalut ja ohjeet. Stora Enson rakennusjärjestelmien perustana ovat mm. CLT- ja LVL-komponentit.

Tuotevalikoima

Saatavissa kolme laatua: S, X ja T

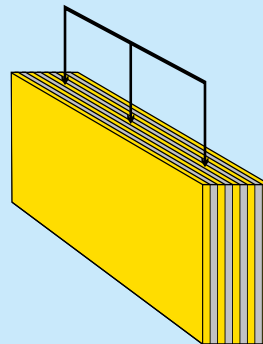
S-laatu

- Sopii parhaiten palkkeihin

S-laadussa kaikkien viilujen syysuunta on pitkittäinen, mikä parantaa materiaalin ominaisuuksia syysuunnassa. Ominaisuudet kohtisuoraan syitä vastaan ovat heikommät. Lujuuksensa sekä keveytensä ja työstettävyytensä ansiosta S-laatu sopii ihanteellisesti rakennusteollisuuden käyttökohteisiin puurunkorakentamisesta palkkeihin ja kattorakenteista valumuotteihin.

Vakiomitat

- Paksuudet: 27–75 mm, kerrannaisliimattuna 90–300 mm
- Leveydet: 198–600 mm
- Maksimipituus: 24 m, kerrannaisliimattuna 19 m



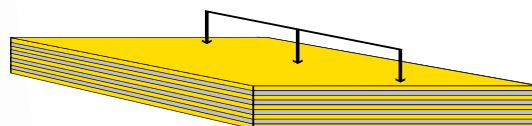
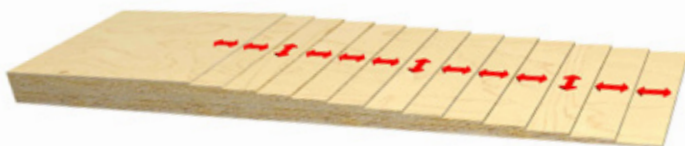
X-laatu

- Ristiin laminoidut viilut
- Sopii parhaiten seinälevyihin

X-laadussa osa viiluista liimataan ristiin, jolloin materiaalin mittapysyvyys ja ominaisuudet laatta- ja levykäytössä ovat paremmat. X-laatu soveltuu lukemattomiin käyttökohteisiin – etenkin kun levyistä tehdyltä välipohja- tai kattorakenteelta vaaditaan pitkää jänneväliä (ripalaattarakenteet).

Vakiomitat

- Paksuudet: 33–75 mm, kerrannaisliimattuna 90–300 mm
- Leveydet: 198–2500 mm
- Maksimipituus 24 m, kerrannaisliimattuna 19 m



T-laatu

- Sopii parhaiten seinätolppiin

T-laadun tuotteissa viilukerrostojen syysuunta on pitkittäinen. T-laadun etuja ovat mittojen tarkkuus ja kieroutumattomuus sekä rakenteen jäykkyys. T-laatu soveltuu siksi kohteisiin, joissa edellytetään rakenteiden mittapysyvyyttä ja suoruutta keveydestä tinkimättä. Tyypillinen käyttökohteeksi onkin väliseinätolppä.

Vakiomitat

- 39x66, pituudet 2550–6000
- 39x92, pituudet 2550–6000
- 45x66, pituudet 2550–6000



LVL-toleranssit

Paksuus (mm)	Toleranssi (mm)
$t \leq 27$	$\pm 1,0$
$27 < t \leq 57$	$\pm 2,0$
$t > 57$	$\pm 3,0$

Toleranssiarvot on laskettu 10 %:n kosteuspitoisuuden mukaan

Edut

- Hyvin tunnetut rakenteelliset ja tekniset ominaisuudet
- Kevyt mutta rakenteellisesti luja
- Mittatarkka ja -pysyvä
- Tasalaatuinen
- Vaivaton työstää
- Joustavuutta ja valinnanvaraa suuren levykoon ansiosta (24 m x 2500 mm)
- Tehokas arvoketju ja nopeat toimitukset
- Saatavissa suoraan tehdastoimittuksena Varkaudesta sekä jälleenmyyjiltä
- Sertifiointi: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy



2. Tuotanto

Wood Products -divisioona tarjoaa monipuolisia puupohjaisia ratkaisuja rakentamisen ja asumisen tarpeisiin. Tuotevalikoimamme kattaa kaikki kaupunkirakentamisen osa-alueet, kuten muun muassa massiivipuulementit, puukomponentit ja pelletit. Tarjoamme myös laajan sahatavaravalikoiman.

Wood Products toimii maailmanlaajuisesti, ja sillä on 20 tuotantolaitosta Euroopassa. Globaali jakeluverkostomme varmistaa tehokkaat toimitukset asiakkaille.

Valmistusprosessia kehitetään jatkuvasti, jotta raaka- aine tulee hyödynnetyksi mahdollisimman tarkoin ja jotta haitalliset ympäristövaikutukset ja sosiaaliset vaikutukset jäävät mahdollisimman vähäisiksi. Toiminnan laatua kehitetään integroiduilla johtamisjärjestelmillä. Wood Products -yksiköillä on kattavat riippumattoman osapuolen sertifioimat laatu- (ISO 9001), ympäristö- (ISO 14001) ja työterveys- ja -turvallisuus-järjestelmät (OHSAS 18001).

Kapasiteetit

- Sahaus
 - 5,4 milj. m³
- Jatkojalostus
 - 2,4 milj. m³
- Pelletit
 - 430 000 t
- CLT
 - 150 000 m³
- LVL
 - 100 000 m³





Varkauden yksikkö

Aaltopahvin raaka-ainetta, sellua, sahatavaraa ja LVL-tuotteita valmistavilla Varkauden tehtailla on keskeinen sijainti lähellä Itä-Suomen runsaita metsävaroja. Oman puunhankinnan ansiosta Stora Ensolla on hallussaan koko arvoketju metsästä asiakaskohtaisesti räätälöityihin tuotteisiin asti.

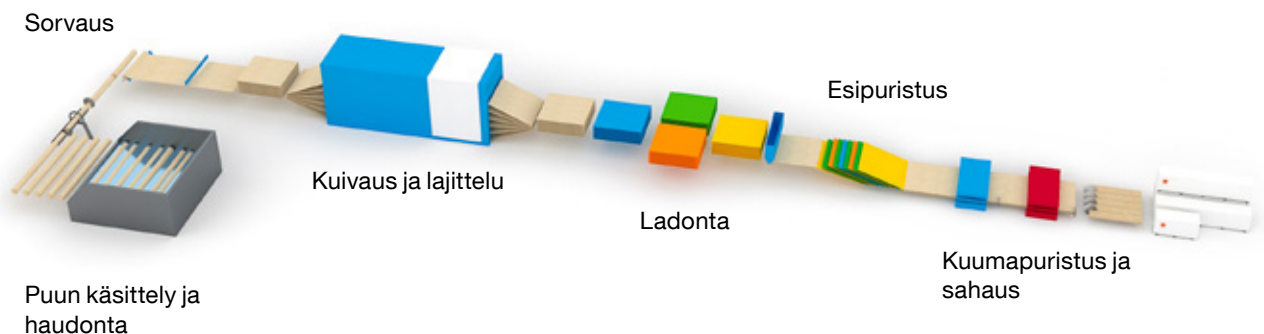
Varkauden vuosittainen sahauskapasiteetti on 120 000 m³ ja LVL-tuotannon maksimikapasiteetti 100 000 m³.

Tehdasintegraatti on energian suhteen omavarainen. Bio- ja kierrätyspolttoaineita 95-prosenttisesti käyttävä sähkön ja lämmön yhteistuotanto maksimoi tehtaiden energiatehokkuuden ja minimoi fossiiliset CO₂-päästöt.

Uusinta tuotantoteknologiaa

LVL:n ominaispiirteiden taustalla on huolellinen raaka-aineen valinta ja tuotantotapa: tukeista sorvataan 3 mm paksuja viiluja, jotka liimataan yhteen lämmön ja paineen alla.

Tuotteen ominaisuudet optimoidaan mittamalla erikseen jokaisen viiluarkin tiheys, kosteuspitoisuus ja kimmomoduuli. Lajitellut viiluarkit liimataan yhtenäiseksi aihiksi ja lopulta T-, S- tai X-laadun tuotteiksi Euroopan moderneimmalla tuotantolinjalla.



Havainnekuva LVL-linjasta

3. Jatkojalostus

Kosteussuojaus

LVL-tuotteet voidaan käsitellä vesiohenteisella puuöljyllä (Teknoshield 4015).

Hyvä kosteussuojaus taataan levittämällä suojaine kaikille neljälle sivulle sekä päätyihin.

Kosteussuojaus on kuitenkin tarkoitettu ainoastaan varastoinnin ja rakennustöiden aikaiseksi tilapäiseksi suojaksi. Säälle alttiiksi jäävät pinnat tulee suojata uudestaan vuosittain.



Hionta ja mitallistus

Stora Enson LVL-vakiotuotteet toimitetaan hiomattomina. Tarkempiin mittoihin päästään tarvittaessa optisella hionnalla tai mitallistuksella.

Mitallistus pienentää levyn paksuutta noin 3 mm (1,5 mm/pinta). Mitallistuksen jälkeen paksuustoleranssi on $\pm 0,5$ mm.

Hionta pienentää levyn paksuutta noin 2 mm (1 mm/pinta).



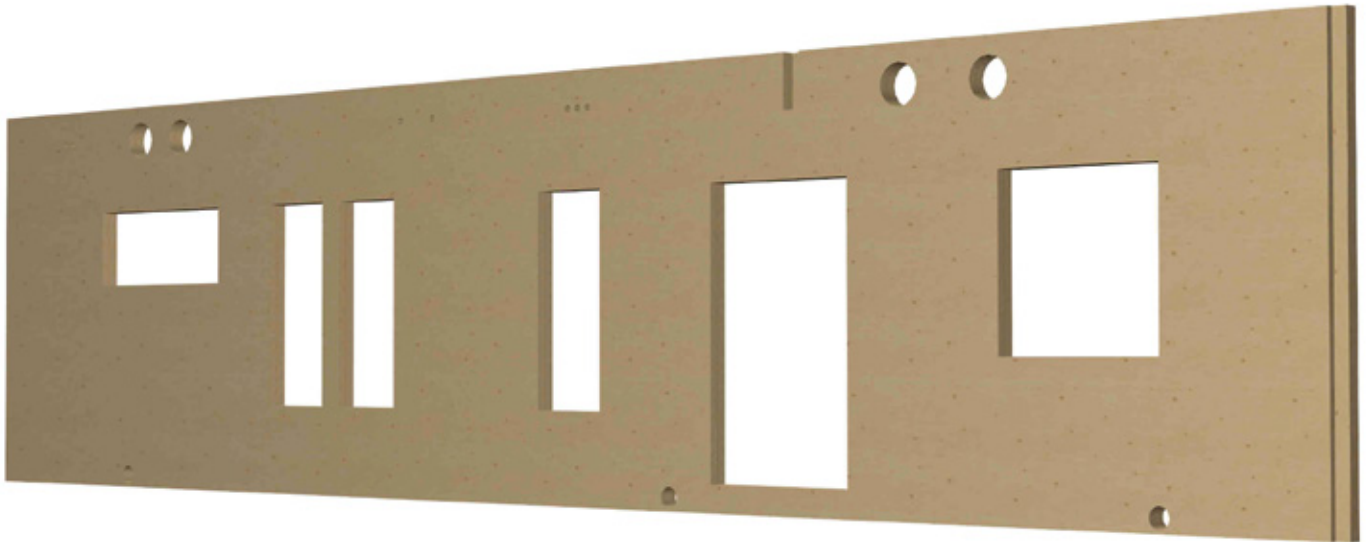
Kerrannaisliimaus

Jälkikäsittelyyn sisältyvä kerrannaisliimaus maksimoi tuotevalikoiman kattavuuden ja takaa mahdollisimman joustavat käyttömahdollisuudet.

Kerrannaisliimauksen ansiosta pystymme valmistamaan erilaisille kuormille mitoitettujen palkkien lisäksi myös seinäelementtejä 200 mm:n paksuuteen, 3200 mm:n korkeuteen ja 19 m:n pituuteen saakka.

Erilaisia ladontamalleja ja elementtipaksuuksia hyödyntämällä voidaan toteuttaa hyvinkin vaativia ratkaisuja, mukaan lukien puukerrostalojen rakenteet.





Sahaukset ja työstöt

Määrämittoihin sahatut elementit parantavat rakentamisen tarkkuutta ja tuottavuutta.

Pystymme valmistamaan erilaisia muotoiltuja elementtejä ja tarkkoja erikoisleikkauksia asiakaskohtaisesti. Jatkojalostetut elementit ovat ihanteellinen ratkaisu esimerkiksi harja- ja tukipalkeiksi, katto- ja seinäelementeiksi tai lattiarakenteisiin.

Pituustoleranssit:

± 1.0 mm (<12 000 mm)

± 2.0 mm (>12 000 mm)

Leveystoleranssit:

± 0.5 mm (<1500 mm)

± 1.0 mm (>1500 mm)

Maksimileveys

3200 mm

Maksimipaksuus

150 mm

Maksimipituus 24 000 mm



Esimerkkejä työstöistä.





4. Materiaalin ominaisuudet

Biologinen ja kemiallinen kestävyys

LVL:n biologinen kestävyys on yhtä hyvä kuin siihen käytetyllä puulajilla. Liima on säänkestävää, mutta tuotteen säänkestävyys ulko-olosuhteissa on rajallinen ilman pintakäsittelyä. Siksi LVL:ää ei suositella käytettäväksi käyttöluokan 3 kohteissa ilman lisäkäsittelyä. Tämä on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa estämällä jatkuva altistus kosteudelle.

Lahottajasienet aiheuttavat puun lahoamista määrättyissä olosuhteissa. Lahottajasienten kasvu alkaa, kun LVL:n kosteuspitoisuus on yli 20 %, lämpötila on +3...+40 °C ja tarjolla on riittävästi happea. Lahoava puu pehmenee ja

menettää lujuutensa. LVL:n ulkokäyttö edellyttää suojaavaa pintakäsittelyä.

LVL:n kestävyys heikkoja happoja ja happamia suolaliuoksia vastaan on hyvä. Emäkset aiheuttavat puun pehmenemistä. Suoraa kosketusta hapettaviin aineisiin, kuten klooriin, hypokloriittiin tai nitraattiin, tulee välttää. Alkoholi ja tietyt muut orgaaniset nesteet aiheuttavat veden kaltaisia vaikutuksia, eli puu turpoaa ja lujuusominaisuudet heikkenevät lievästi. Öljyillä ei ole vaikutusta lujuuteen, mutta ne aiheuttavat värjäytymistä. Kemiallista kestävyyttä voidaan parantaa erilaisilla pintakäsittelyillä.



Palonkestävyys

LVL:n syttymislämpötila liekille altistettuna on noin 270°C. Spontaaniiin syttymiseen vaaditaan yli 400°C:n lämpötila.

Stora Enson LVL-tuotteiden paloluokka on D-s1, d0 (EN 13501-1).

- LVL:n nimellinen hiiltymisnopeus
 $\beta_n = 0,7 \text{ mm/min}$
- Esimerkki: $t = 60 \text{ min}$, d_{char}
 $n = \beta_n \cdot t = 0,7 \times 60 = 42 \text{ mm}$



Kosteustekniset ominaisuudet

LVL:n toimituskosteus on noin 8...10 %. Puu on hygroskooppinen materiaali, eli sen kosteuspitoisuus vaihtelee ympäröivän ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mukaan.

Kosteuspitoisuus (H) määritetään seuraavalla yhtälöllä:

- $H = (mH - m0) / m0$
- missä mH on testikappaleen märkápaino ja m0 testikappaleen kuivapaino.

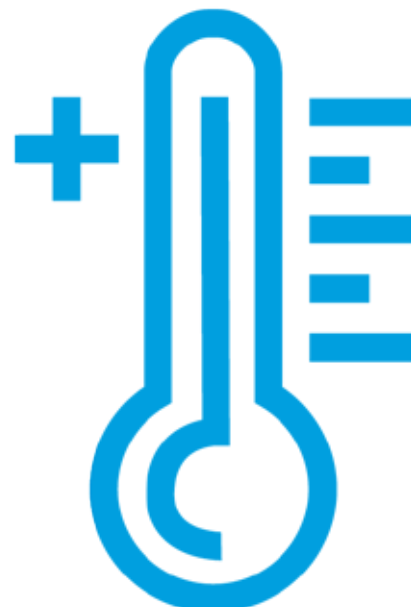
LVL asettuu tasapainokosteuteen, joka riippuu ympäristön suhteellisesta kosteudesta (RH) ja lämpötilasta (T). Eurokoodi 5:n mukaisissa perusolosuhteissa, kun $T = 20 \text{ °C}$ ja $RH = 65 \text{ %}$, LVL:n tasapainokosteus on noin 10 %.

Lämmöneristävyys

LVL:n lämmönjohtavuus riippuu sen kosteuspitoisuudesta. Kun suhteellinen kosteus (RH) on 47 %, LVL:n kosteuspitoisuus on 9,3 % ja lämmönjohtavuusarvo $\lambda = 0,110 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$. Kun RH on 93 %, LVL:n kosteuspitoisuus on 25 % ja lämmönjohtavuusarvo $\lambda = 0,132 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$.

LVL:n lämpölaajeneminen on hyvin vähäistä, ja se voidaan yleensä jättää huomiotta.

LVL:ää voidaan käyttää 100 °C:n lämpötilassa ja lyhytaikaisesti 120 °C:ssa. Puutuotteet kestävät kylmyyttä paremmin kuin kuumuutta.



5. Rakenteiden suunnittelu

Näiden suunnitteluonjeiden ja taulukoiden tarkoituksena on avustaa Stora Enson LVL-tuotteiden valinnassa tavallisimpiin puurakentamisessa esiintyviin kuormitustilanteisiin.

Arvot ja jännevälitalukot on laskenut VTT standardien EN 14374:2004 ja EN 1995, Eurokoodi 5 (suunnitteluarvot) mukaisesti.

Calculatis-laskentaohjelma

Stora Enso tarjoaa asiakkaidensa käyttöön verkko-
pohjaisen puurakenteiden suunnittelutyökalun.
Calculatis-ohjelma on tarkoitettu rakennetekniisiin ja
-fyysikaalisiin laskelmiin. Ohjelma toimii verkkoselai-
messa riippumatta käyttöjärjestelmästä ja soveltuu
sekä pöytäkoneisiin, kannettaviin tietokoneisiin että
tabletteihin.

Ohjelma on käännetty kokonaisuudessaan kuudelle kielelle. Laskelmat voi tulostaa (PDF) millä tahansa näistä kielistä riippumatta käyttöliittymään valitusta kielestä.

Calculatis-ohjelma on ladattavissa maksutta
Stora Enson verkkosivulta www.storaenso.com/lvl.
Käyttöoikeuden saa rekisteröitymällä käyttäjäksi.

Calculatis on yksisauvaisten rakenteiden mitoitukseen. Sillä voidaan analysoida LVL:stä, CLT:stä, liimapuusta ja sahatavarasta valmistettujen rakenneosien ominaisuuksia.

Ohjelmalla voi suunnitella seuraavia LVL-rakenneosia:

- palkit
- pilarit
- CLT-laattapalkiston osat (LVL-palkit)
- lattiat betonoiduista liittorakenteista (LVL-palkit)
- rakenneliitokset
- sekä tehdä rakennusfysikaalisia tarkasteluja (lämmönjohtavuuslaskelmat ja kosteuden tiivistymisanalyysit).

Ohjelmaa kehitetään ja päivitetään jatkuvasti.

Esimerkkilaskelmia Calculatis-ohjelmalla

[illegible]

Mitoitusarvot

		Tunnus	Yksikkö	LVL S 24–75 mm	LVL X 24–69 mm	LVL T 27–75 mm
Taivutuslujuus	syrjällään, syiden suuntaan	$f_{m,0,edge,k}$	N/mm ²	44	32	27
	lappeellaan, syiden suuntaan	$f_{m,0,flat,k}$	N/mm ²	50	36	32
Kokovaikutus- eksponentti		s	-	0,15	0,15	0,15
Vetolujuus	syiden suuntaan	$f_{t,0,k}$	N/mm ²	35	26	24
	syitä vastaan, syrjällään	$f_{t,90,edge,k}$	N/mm ²	0,8	6	
Puristuslujuus	syiden suuntaan	$f_{c,0,k}$	N/mm ²	35	26	26
	syitä vastaan, syrjällään	$f_{c,90,edge,k}$	N/mm ²	6	9	
Leikkauslujuus	syrjällään, syiden suuntaan	$f_{v,0,edge,k}$	N/mm ²	4,1	4,5	
	lappeellaan, syiden suuntaan	$f_{v,0,flat,k}$	N/mm ²	2,3	1,3	
Kimmokerroin	syiden suuntaan	$E_{0,mean}$	N/mm ²	13 800	10 500	10 000
	syiden suuntaan	$E_{0,k}$	N/mm ²	11 600	8 800	8 800
Liukukerroin	syrjällään, syiden suuntaan	$G_{0,edge,mean}$	N/mm ²	600	600	
	syrjällään, syiden suuntaan	$G_{0,edge,k}$	N/mm ²	400	400	
Tiheys		ρ_{mean}	kg/m ³	510	510	440
		ρ_k	kg/m ³	480	480	410

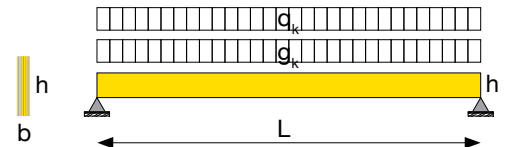
Alapohjan mitoitus

Yksiaukkoinen palkki S-laatu (EC 5)

Taulukoiden tuottamisessa palkkien etäisyydeksi on asetettu 1,0 m.
Lattiakuormitukset on ilmoitettu kN / m².

Taivutuslujuuden määrittämisessä oletetaan, että palkki on täysin kiinni estäen sivuttaisen väännön.

Palkkien tukiväli 1,00 m
Pienin tukipituus, L_b 45 mm
Yläpuolella 22 mm lastulevy 3000 N/mm²
Toissijainen lattiapalkki C16 38x200 @ 600 k/k



Pysyvä kuorma g_k		1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²
Lumikuorma q_k		1,5 kN/m ²			2,5 kN/m ²			5,0 kN/m ²		
Luokka		Käyttöluokka A1			Käyttöluokka B1			Käyttöluokka C5		
b [mm]	h [mm]	Jänneväli [m]								
45	200	2,84	2,66	2,52	2,56	2,45	2,34	2,20	2,13	2,07
45	260	3,70	3,48	3,29	3,34	3,19	3,06	2,87	2,79	2,71
45	300	4,20	3,92	3,71	3,86	3,69	3,54	3,32	3,22	3,13
45	360	4,72	4,41	4,17	4,52	4,26	4,06	3,99	3,87	3,77
45	400	5,07	4,73	4,48	4,85	4,57	4,36	4,44	4,31	4,16
45	500	5,93	5,54	5,24	5,68	5,35	5,10	5,30	5,06	4,87
51	200	2,97	2,79	2,63	2,68	2,56	2,45	2,30	2,24	2,17
51	260	3,87	3,64	3,44	3,49	3,34	3,20	3,01	2,92	2,84
51	300	4,31	4,02	3,81	4,04	3,87	3,70	3,48	3,38	3,28
51	360	4,85	4,53	4,29	4,65	4,38	4,18	4,18	4,06	3,95
51	400	5,21	4,87	4,61	4,99	4,71	4,49	4,65	4,45	4,28
51	500	6,11	5,70	5,41	5,85	5,52	5,26	5,46	5,21	5,01
75	200	3,41	3,20	3,03	3,07	2,95	2,83	2,66	2,58	2,51
75	260	4,27	3,99	3,78	4,01	3,85	3,67	3,47	3,37	3,28
75	300	4,68	4,37	4,14	4,48	4,23	4,03	4,01	3,89	3,79
75	360	5,30	4,95	4,69	5,07	4,78	4,56	4,73	4,52	4,35
75	400	5,71	5,33	5,05	5,47	5,15	4,91	5,10	4,87	4,69
75	500	6,71	6,26	5,94	6,42	6,06	5,77	5,99	5,73	5,51

Värähtely mitoittavana perusteena

Taulukot perustuvat Eurokoodi 5 suunnittelustandardin versioihin
EN 1995-1-1:2004+A1:2008 ja EN 1995-1-2:2004+AC:2009 rakenteen käyttöluokan 1 kohteissa.

Suunnittelurajat lattian värähtelyn suhteen perustuvat Suomen kansallisiin liitteisiin BS
EN 1995-1-1-2004+A1:2008: $f_1 \geq 9$ Hz

Taivutusjäykkyudeksi on asetettu 340765 N.m²/m

$k_{mod,perm}$	0,6	f_1	9
$k_{mod,med}$	0,8	γ_m	1,2
k_{def}	0,6	$\gamma_{F,g}$	1,35
$k_{mod,short}$	0,9	$\gamma_{F,q}$	1,5
w_{inst}	L/300	ψ_2	0,3
$w_{net,fin}$	L/250		

Huomioithan, ettei
tämä taulukko korvaa
projektikohtaista
rakennelaskentaa.

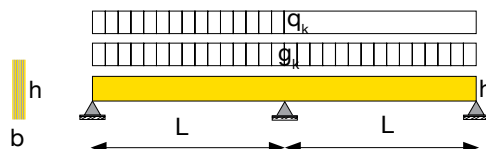
Kantavan tuen pituus
tulee aina laskea
tapauskohtaisesti ja
ehdotetun liitoksen
mukaisesti.

Alapohjan mitoitus

Moniaukkoinen palkki S-laatu (EC 5)

Taulukoiden tuottamisessa palkkien tukiväliksi on asetettu 1,0 m. Lattiakuormitukset on ilmoitettu kN / m². Moniaukkoisissa ratkaisuissa käytetään sekä kaksi- että kolmiaukkoisista palkkijärjestelmistä aiheutuvia suurimpia jännityksiä ja taipumia. Jänneväleihin kohdistuu tasainen, täysi kuormitus, eli ei epätasaisesti jakautunutta kuormitusta. Taivutuslujuuden määrittämisessä oletetaan, että palkki on täysin kiinni estäen sivuttaisen väännön.

Palkkien tukiväli 1,00 m
Pienin tukipituus, L_b 45 mm
Yläpuolella 22 mm lastulevy 3000 N/mm²
Toissijainen lattiapalkki C16 38x200 @ 600 k/k



Pysyvä kuorma g _k		1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²
Lumikuorma q _k		1,5 kN/m ²			2,5 kN/m ²			5,0 kN/m ²		
Luokka		Käyttöluokka A1			Käyttöluokka B1			Käyttöluokka C5		
b [mm]	h [mm]	Jänneväli [m]								
45	200	3,25	3,11	2,97	2,90	2,80	2,72	2,47	2,42	2,37
45	260	4,23	4,05	3,87	3,78	3,66	3,55	3,23	3,16	3,09
45	300	4,81	4,49	4,25	4,37	4,23	4,10	3,73	3,65	3,57
45	360	5,40	5,04	4,78	5,17	4,88	4,65	4,49	4,39	4,30
45	400	5,80	5,42	5,13	5,55	5,24	4,99	4,99	4,88	4,76
45	500	6,78	6,34	6,00	6,50	6,13	5,84	6,06	5,79	5,57
51	200	3,39	3,25	3,11	3,03	2,93	2,85	2,59	2,53	2,48
51	260	4,43	4,23	4,01	3,96	3,83	3,71	3,38	3,31	3,24
51	300	4,93	4,61	4,37	4,57	4,42	4,25	3,91	3,82	3,74
51	360	5,55	5,19	4,91	5,32	5,02	4,78	4,70	4,60	4,50
51	400	5,97	5,57	5,28	5,72	5,39	5,14	5,23	5,09	4,90
51	500	6,99	6,53	6,19	6,70	6,31	6,02	6,25	5,97	5,74
75	200	3,89	3,73	3,57	3,48	3,37	3,27	2,98	2,92	2,86
75	260	4,89	4,57	4,33	4,54	4,40	4,21	3,89	3,81	3,73
75	300	5,36	5,00	4,74	5,13	4,84	4,61	4,50	4,40	4,31
75	360	6,07	5,66	5,37	5,81	5,48	5,22	5,41	5,18	4,98
75	400	6,53	6,10	5,78	6,26	5,90	5,62	5,84	5,58	5,36
75	500	7,68	7,17	6,79	7,35	6,93	6,61	6,86	6,55	6,30

Värähtely mitoittavana perusteena

Taulukot perustuvat Eurokoodi 5 suunnittelustandardin versioihin EN 1995-1-1:2004+A1:2008 ja EN 1995-1-2:2004+AC:2009 rakenteen käyttöluokan 1 kohteissa.

Suunnittelurajat lattian värähtelyn suhteen perustuvat Suomen kansallisiin liitteisiin BS EN 1995-1-1:2004+A1:2008: $f_1 \geq 9$ Hz

Taivutusjäykkyudeksi on asetettu 340765 N.m²/m

$k_{mod,perm}$	0,6	f_1	8
$k_{mod,med}$	0,8	γ_m	1,2
k_{def}	0,6	$\gamma_{F,g}$	1,35
$k_{mod,short}$	0,9	$\gamma_{F,q}$	1,5
w_{inst}	L/300	ψ_2	0,3
$w_{net,fin}$	L/250		

Huomioithan, ettei tämä taulukko korvaa projektikohtaista rakennelaskentaa.

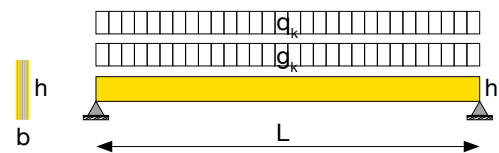
Kantavan tuen pituus tulee aina laskea tapauskohtaisesti ja ehdotetun liitoksen mukaisesti.

Yläpohjan mitoitus

Yksiaukkoinen palkki S-laatu (EC 5)

Alla olevissa laskelmissa oletetaan, että palkki on kiepahdustuettu ja kuormat tulevat kiepahdustukien kautta. Palkki on nurjahdustuettu keskeltä.

Pienin palkin pituus, L_b 45 mm



Pysyvä kuorma g_k		1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²
Lumikuorma q_k		1,5 kN/m ²			2,5 kN/m ²			5,0 kN/m ²		
Luokka		Käyttöluokka A1			Käyttöluokka B1			Käyttöluokka C5		
b [mm]	h [mm]	Jänneväli [m]								
45	200	2,84	2,68	2,56	2,35	2,27	2,20	2,07	2,02	1,97
45	260	3,70	3,50	3,34	3,07	2,97	2,87	2,71	2,64	2,57
45	300	4,28	4,05	3,86	3,55	3,43	3,32	3,13	3,05	2,98
45	360	5,14	4,87	4,64	4,27	4,12	3,99	3,77	3,67	3,58
45	400	5,72	5,41	5,16	4,75	4,59	4,44	4,19	4,08	3,98
45	500	7,16	6,78	6,46	5,95	5,74	5,56	5,25	5,11	4,99
51	200	2,97	2,81	2,68	2,46	2,38	2,30	2,17	2,12	2,07
51	260	3,87	3,66	3,49	3,22	3,11	3,01	2,84	2,77	2,70
51	300	4,48	4,23	4,04	3,72	3,59	3,48	3,28	3,20	3,12
51	360	5,38	5,09	4,85	4,47	4,32	4,18	3,95	3,85	3,76
51	400	5,98	5,66	5,40	4,97	4,80	4,65	4,39	4,28	4,18
51	500	7,49	7,09	6,76	6,23	6,02	5,83	5,50	5,36	5,23
75	200	3,41	3,23	3,07	2,84	2,74	2,66	2,51	2,45	2,39
75	260	4,44	4,21	4,01	3,70	3,58	3,47	3,28	3,19	3,12
75	300	5,13	4,86	4,63	4,28	4,13	4,01	3,79	3,69	3,61
75	360	6,17	5,84	5,57	5,14	4,97	4,82	4,55	4,44	4,34
75	400	6,86	6,50	6,19	5,72	5,53	5,36	5,06	4,94	4,82
75	500	8,58	8,13	7,75	7,16	6,92	6,71	6,34	6,18	6,04

Taulukot perustuvat Eurokoodi 5 suunnittelustandardin versioihin EN 1995-1-1:2004+A1:2008 ja EN 1995-1-2:2004+AC:2009 rakenteen käyttöluokan 1 kohteissa.

$k_{mod,perm}$	0,6	f_1	8
$k_{mod,med}$	0,8	γ_m	1,2
k_{def}	0,6	$\gamma_{F,g}$	1,35
$k_{mod,short}$	0,9	$\gamma_{F,q}$	1,5
w_{inst}	L/300		
$w_{net,fin}$	L/250		

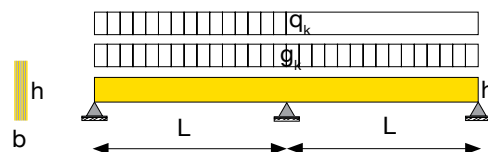
Huomioithan, ettei tämä taulukko korvaa projektikohtaista rakennelaskentaa.

Kantavan tuen pituus tulee aina laskea tapauskohtaisesti ja ehdotetun liitoksen mukaisesti.

Yläpohjan mitoitus

Moniaukkoinen palkki S-laatu (EC 5)

Moniaukkoisissa ratkaisuissa käytetään sekä kaksi- että kolmiaukkoisista palkkijärjestelmistä aiheutuvia suurimpia jännityksiä ja taipumia. Jänneväleihin kohdistuu tasainen, täysi kuormitus, eli ei epätasaisesti jakautunutta kuormitusta. Taivutuslujuuden määrittämisessä oletetaan, että palkki on täysin kiinni estäen sivuttaisen väännön.



Pienin palkin pituus, L_b 45 mm

Pysyvä kuorma g_k		1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²	1,0 kN/m ²	1,5 kN/m ²	2,0 kN/m ²
Lumikuorma q_k		1,5 kN/m ²			2,5 kN/m ²			5,0 kN/m ²		
Luokka		Käyttöluokka A1			Käyttöluokka B1			Käyttöluokka C5		
b [mm]	h [mm]	Jänneväli [m]								
45	200	3,28	3,10	2,95	2,72	2,63	2,54	2,40	2,33	2,28
45	260	3,71	3,51	3,34	3,07	2,97	2,87	2,71	2,64	2,57
45	300	4,05	3,83	3,65	3,36	3,24	3,14	2,96	2,88	2,81
45	360	4,13	3,91	3,72	3,43	3,31	3,20	3,02	2,94	2,87
45	400	5,07	4,80	4,57	4,21	4,06	3,93	3,71	3,61	3,53
45	500	6,10	5,77	5,49	5,06	4,88	4,73	4,46	4,35	4,24
51	200	3,46	3,27	3,11	2,87	2,77	2,68	2,53	2,46	2,40
51	260	3,90	3,69	3,52	3,24	3,13	3,03	2,86	2,79	2,72
51	300	4,26	4,03	3,84	3,54	3,42	3,31	3,12	3,04	2,97
51	360	4,35	4,12	3,92	3,62	3,49	3,38	3,19	3,11	3,03
51	400	5,34	5,05	4,81	4,44	4,28	4,15	3,92	3,82	3,72
51	500	6,42	6,07	5,79	5,33	5,15	4,99	4,71	4,59	4,48
75	200	4,14	3,92	3,74	3,46	3,34	3,24	3,06	2,98	2,91
75	260	4,68	4,43	4,23	3,90	3,77	3,66	3,46	3,37	3,29
75	300	5,11	4,84	4,62	4,26	4,12	3,99	3,77	3,68	3,59
75	360	5,22	4,94	4,71	4,35	4,21	4,08	3,85	3,76	3,67
75	400	6,40	6,06	5,78	5,34	5,16	5,00	4,73	4,61	4,50
75	500	7,69	7,28	6,95	6,42	6,20	6,01	5,68	5,54	5,41

Taulukot perustuvat Eurokoodi 5 suunnittelustandardin versioihin EN 1995-1-1:2004+A1:2008 ja EN 1995-1-2:2004+AC:2009 rakenteen käyttöluokan 1 kohteissa.

$k_{mod,perm}$	0,6	f_1	8
$k_{mod,med}$	0,8	γ_m	1,2
k_{def}	0,6	$\gamma_{F,g}$	1,35
$k_{mod,short}$	0,9	$\gamma_{F,q}$	1,5
w_{inst}	L/300	ψ_2	0,0 (Lumi)
$w_{net,fin}$	L/250		

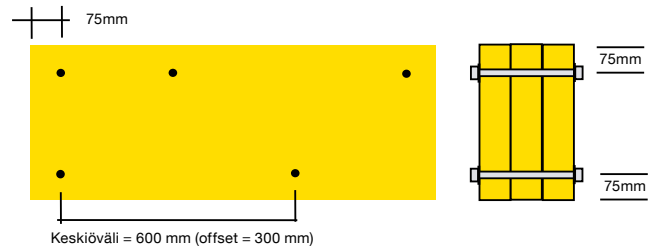
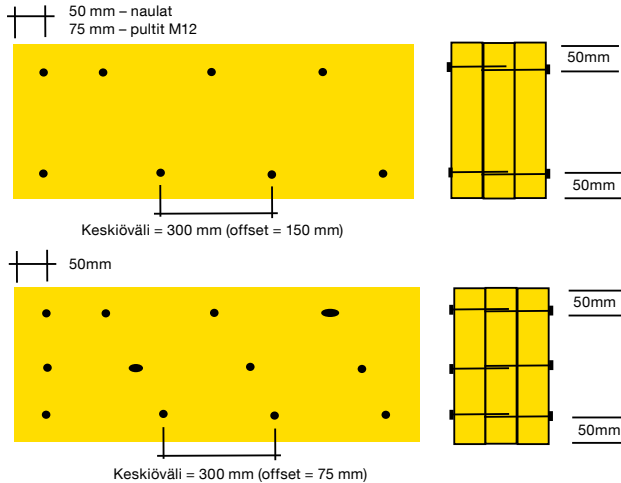
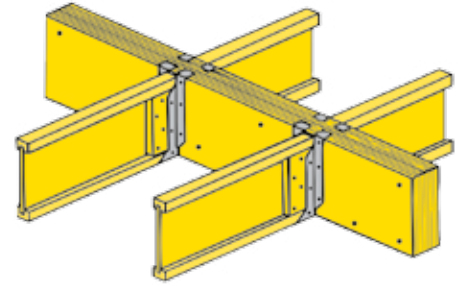
Huomioithan, ettei tämä taulukko korvaa projektikohtaista rakennelaskentaa.

Kantavan tuen pituus tulee aina laskea tapauskohtaisesti ja ehdotetun liitoksen mukaisesti.

Mekaanisesti yhdistetyt palkit

Vasa palkin yhdellä puolella tai molemmin puolin.

Sivukuormia ei suositella 180 mm:n levyisille palkeille, jos kuorma ei kohdistu palkin molempiin sivuihin.

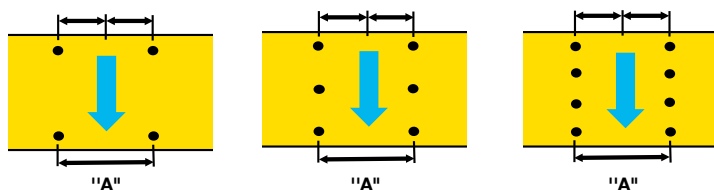


Keskipitkä kuorma $k_{mod} = 0,8$ $\gamma_m = 1,3$

Detalji	Liitos	Lujuus leikkaustasossa	EC5 murtumistapa	Suurin sivukuorma ¹⁾
A 45-45	3,35 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	4,75 kN/m	f	9,5 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	7,12 kN/m	f	14,2 kN/m
	3,75 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	5,72 kN/m	f	11,4 kN/m
	3,75 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	8,58 kN/m	f	17,2 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 600	12,98 kN/m	c	26,0 kN/m
B 45-45-45	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 300	25,97 kN/m	c	51,9 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	4,75 kN/m	f	7,1 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	7,12 kN/m	f	10,7 kN/m
	3,75 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	5,72 kN/m	f	8,6 kN/m
	3,75 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	8,58 kN/m	f	12,9 kN/m
C 45-90	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 600	12,98 kN/m	c	19,5 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 300	25,97 kN/m	c	39,0 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	4,75 kN/m	f	7,1 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	7,12 kN/m	f	10,7 kN/m
	3,75 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	5,72 kN/m	f	8,6 kN/m
D 45-90-45	3,75 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	8,58 kN/m	f	12,9 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 600	15,16 kN/m	d	22,7 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 300	30,33 kN/m	d	45,5 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	4,75 kN/m	f	6,3 kN/m
	3,35 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	7,12 kN/m	f	9,5 kN/m
E 90-90	3,75 Ø x 90 sileä naula, 2 riviä, naulaväli 300	5,72 kN/m	f	7,6 kN/m
	3,75 Ø x 90 sileä naula, 3 riviä, naulaväli 300	8,58 kN/m	f	11,4 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 600	15,16 kN/m	d	20,2 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 300	30,33 kN/m	d	40,4 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 600	19,04 kN/m	f	38,1 kN/m
	M12-4.6 pultti läpi, 2 riviä, pulttiväli 300	38,08 kN/m	f	76,2 kN/m

1) Taulukon arvot ovat kiinnittimien kantavuuden mukaan määritettyjä maksimaalisten keskipitkien sivukuormien mitoitusarvoja. Suunnittelijan tulee tarkistaa, että myös kaikki muut lujuus- ja jäykkyysskriteerit täyttyvät (esim. momentti, leikkauslujuus, kantavuus ja taipuma).

Pistekuormat



"A" ei ole suurempi kuin 300 mm

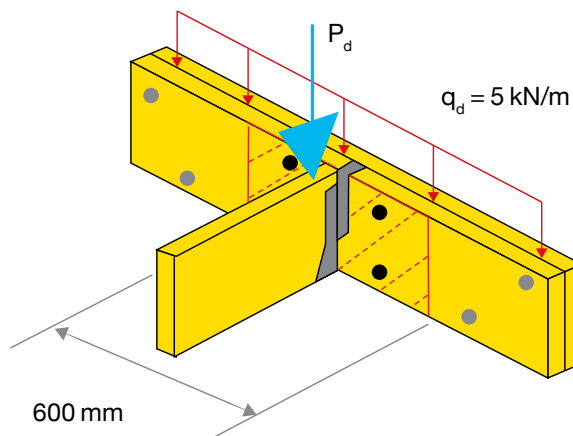
A	3,35 Ø x 90 sileät naulat	5,7 kN	8,5 kN	11,4 kN
	3,75 Ø x 90 sileät naulat	6,9 kN	10,3 kN	13,7 kN
	M12-4.6 pultti läpi	31,2 kN	46,7 kN	- kN
B	3,35 Ø x 90 sileät naulat	4,3 kN	6,4 kN	8,5 kN
	3,75 Ø x 90 sileät naulat	5,2 kN	7,7 kN	10,3 kN
	M12-4.6 pultti läpi	23,4 kN		
C	3,35 Ø x 90 sileät naulat	4,3 kN	6,4 kN	8,5 kN
	3,75 Ø x 90 sileät naulat	5,2 kN	7,7 kN	10,3 kN
	M12-4.6 pultti läpi	27,3 kN	40,9 kN	- kN
D	3,35 Ø x 90 sileät naulat	3,8 kN	5,7 kN	7,6 kN
	3,75 Ø x 90 sileät naulat	4,6 kN		
	M12-4.6 pultti läpi	24,3 kN	36,4 kN	- kN
E	M12-4.6 pultti läpi	45,7 kN	68,5 kN	- kN

Taulukon arvot ovat kiinnittimien kantavuuden mukaan määritettyjä maksimimaalisten keskipitkien sivukuormien mitoitusarvoja. Suunnittelijan tulee tarkistaa, että myös kaikki muut lujuus- ja jäykkyysskriteerit täyttyvät (esim. momentti, leikkauslujuus, kantavuus ja taipuma).

Taulukon arvot sisältävät mahdollisen liitoksen viereen sen kannettavaksi mitoitettun tasaisesti jaetun kuorman. Suurin sallittu pistekuorma saadaan vähentämällä taulukon ilmoittamasta arvosta mitoitettu tasaisesti jaettu kuorma, esim. seuraavasti:

- 2 kpl 45 x 360 LVL-S palkkia liitetty 2 pulttirivillä M12-4.6, pulttiväli 600. Sivulta tuleva palkki on tuettu neljällä pultilla M12-4.6.
- Koottu palkki kantaa myös tasaisesti jaetun sivukuorman q_d of 5 kN/m.
- Sivulta tulevan palkin suurin sallittu mitoituskuorma
- $P_{d,max} = 31.2 - 0.6 \times 5 = 28.2 \text{ kN}^*$

* Riippuen huomautuksessa 1 mainituista lisätarkistuksista.



Pyöreät aukot

Suunnitteluohjeet palkkien pyöreille aukoille

Huomautuksia:

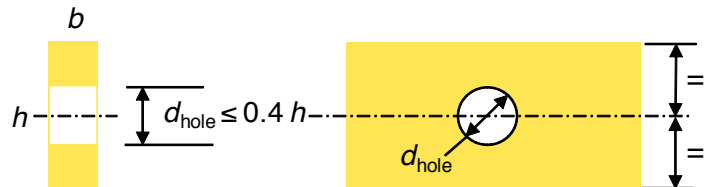
1. Aukkojen mitoituskaaret perustuvat seuraavaan, PD 6933-1-2012:n, kohdan 11.3 mukaiseen kaavaan:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{1,8V_{hole,d} \cdot d_{hole} + 0,07 \cdot M_{hole,d}}{bh^2}$$

2. Aukkojen mitoituskaarissa käytetyt oletukset ovat kuorman keskipitkä aikaluokka, käyttöluokka 1 tai 2, $k_{mod} = 0,8$
3. LVL:lle $\gamma_m = 1,2$
4. Lattia- ja kattopalkit ovat kantavia rakenneosia eli kaikki lovet on suunniteltava Eurokoodi 5:n kohdan 6.5 vaatimusten mukaisesti.

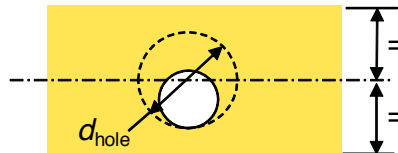
Määräys 1

Aukon maksimikoko = 0,4h aukoille, jotka sijaitsevat palkin keskilinjalla.



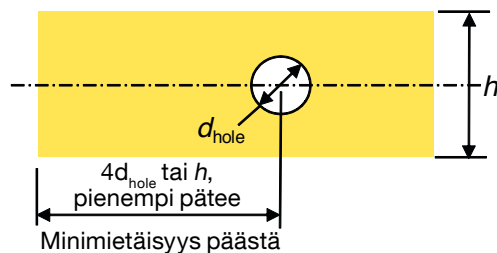
Määräys 2

Keskilinjalla vieressä sijaitsevat aukot; d_{hole} on palkin keskilinjalla sijaitsevan aukon kokonaan sisältävän, keskilinjassa olevan aukon halkaisija.



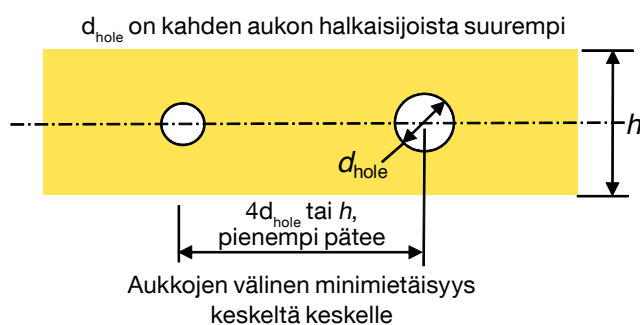
Määräys 3

Aukon keskikohdan minimietäisyys lähimmästä palkin päästä on $4d_{hole}$ tai h .



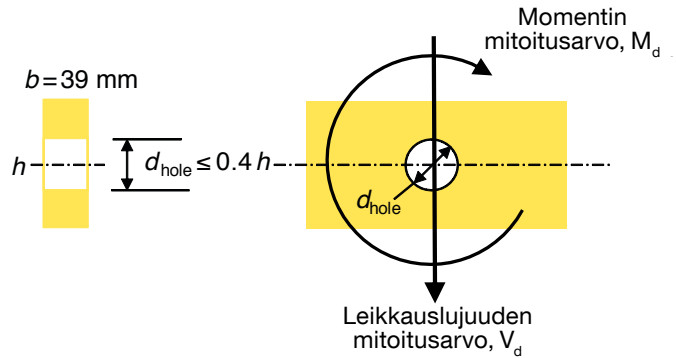
Määräys 4

Aukon keskikohdan minimietäisyys viereisen aukon keskikohtaan on $4d_{hole}$ tai h .



b = 39 mm

h = 195 mm						
d _{hole}	20 mm		39 mm		78 mm	
	M _d	V _d	M _d	V _d	M _d	V _d
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	13,86	0,00	11,27	0,00	5,63
	0,72	13,86	0,72	10,55	0,68	5,29
	1,45	13,86	1,44	9,83	1,36	4,96
	2,17	13,86	2,16	9,12	2,04	4,62
	2,90	13,86	2,88	8,40	2,71	4,28
	3,62	13,86	3,60	7,68	3,39	3,94
	4,35	13,52	4,32	6,96	4,07	3,60
	5,07	12,11	5,03	6,25	4,75	3,26
	5,79	10,70	5,75	5,53	5,43	2,93
	6,52	9,30	6,47	4,81	6,11	2,59
M _{d,Max}	7,24	7,89	7,19	4,10	6,79	2,25



h = 240 mm						
d _{hole} =	24 mm		48 mm		96 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	17,06	0,00	13,87	0,00	6,93
	1,10	17,06	1,09	12,98	1,03	6,52
	2,19	17,06	2,18	12,10	2,06	6,10
	3,29	17,06	3,27	11,22	3,08	5,68
	4,39	17,06	4,36	10,34	4,11	5,27
	5,49	17,06	5,45	9,45	5,14	4,85
	6,58	17,06	6,54	8,57	6,17	4,43
	7,68	15,29	7,63	7,69	7,20	4,02
	8,78	13,51	8,72	6,81	8,22	3,60
	9,87	11,73	9,81	5,92	9,25	3,19
M _{d,Max}	10,97	9,96	10,89	5,04	10,28	2,77

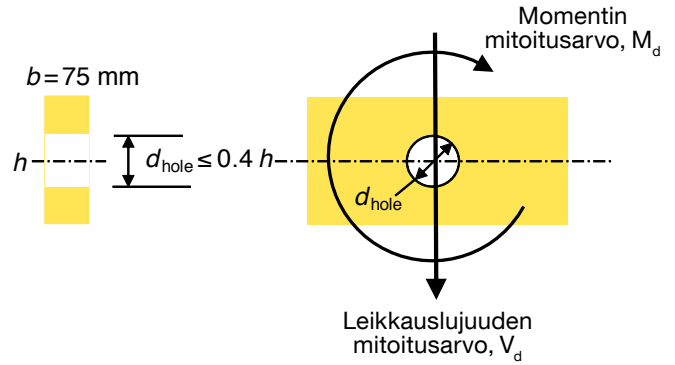
h = 300 mm						
d _{hole} =	30 mm		60 mm		120 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	21,32	0,00	17,33	0,00	8,67
	1,71	21,32	1,70	16,23	1,61	8,15
	3,43	21,32	3,40	15,13	3,21	7,63
	5,14	21,32	5,11	14,02	4,82	7,11
	6,86	21,32	6,81	12,92	6,42	6,58
	8,57	21,32	8,51	11,82	8,03	6,06
	10,29	21,32	10,21	10,71	9,64	5,54
	12,00	19,11	11,92	9,61	11,24	5,02
	13,71	16,89	13,62	8,51	12,85	4,50
	15,43	14,67	15,32	7,40	14,46	3,98
M _{d,Max}	17,14	12,44	17,02	6,30	16,06	3,46

h = 360 mm						
d _{hole} =	36 mm		72 mm		144 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	25,58	0,00	20,80	0,00	10,40
	2,40	25,58	2,40	19,50	2,31	9,78
	4,81	25,58	4,81	18,20	4,63	9,15
	7,21	25,58	7,21	16,90	6,94	8,53
	9,62	25,58	9,62	15,61	9,25	7,90
	12,02	25,58	12,02	14,31	11,56	7,28
	14,43	25,58	14,43	13,01	13,88	6,65
	16,83	23,42	16,83	11,71	16,19	6,03
	19,24	20,82	19,24	10,41	18,50	5,40
	21,64	18,22	21,64	9,11	20,82	4,78
M _{d,Max}	24,04	15,63	24,04	7,81	23,13	4,15

h = 400 mm						
d _{hole} =	40 mm		80 mm		160 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	28,43	0,00	23,11	0,00	11,56
	2,92	28,43	2,92	21,69	2,86	10,86
	5,84	28,43	5,84	20,27	5,71	10,17
	8,77	28,43	8,77	18,85	8,57	9,47
	11,69	28,43	11,69	17,43	11,42	8,78
	14,61	28,43	14,61	16,01	14,28	8,09
	17,53	28,43	17,53	14,59	17,13	7,39
	20,45	26,34	20,45	13,17	19,99	6,70
	23,37	23,50	23,37	11,75	22,84	6,00
	26,30	20,66	26,30	10,33	25,70	5,31
M _{d,Max}	29,22	17,82	29,22	8,91	28,55	4,62

b = 75 mm

h = 195 mm						
d _{hole}	20 mm		39 mm		78 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	26,65	0,00	21,67	0,00	10,83
	1,39	26,65	1,38	20,29	1,31	10,18
	2,79	26,65	2,77	18,91	2,61	9,53
	4,18	26,65	4,15	17,53	3,92	8,88
	5,57	26,65	5,53	16,15	5,22	8,23
	6,96	26,65	6,92	14,77	6,53	7,58
	8,36	26,00	8,30	13,39	7,83	6,93
	9,75	23,29	9,68	12,01	9,14	6,28
	11,14	20,59	11,06	10,63	10,44	5,63
	12,53	17,88	12,45	9,25	11,75	4,98
M _{d,Max}	13,93	15,17	13,83	7,88	13,05	4,33



h = 240 mm						
d _{hole}	24 mm		48 mm		96 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	32,80	0,00	26,67	0,00	13,33
	2,11	32,80	2,10	24,97	1,98	12,53
	4,22	32,80	4,19	23,27	3,95	11,73
	6,33	32,80	6,29	21,57	5,93	10,93
	8,44	32,80	8,38	19,88	7,91	10,13
	10,55	32,80	10,48	18,18	9,88	9,33
	12,66	32,80	12,57	16,48	11,86	8,53
	14,77	29,40	14,67	14,78	13,84	7,73
	16,88	25,98	16,76	13,09	15,81	6,93
	18,99	22,56	18,86	11,39	17,79	6,13
M _{d,Max}	21,10	19,15	20,95	9,69	19,77	5,33

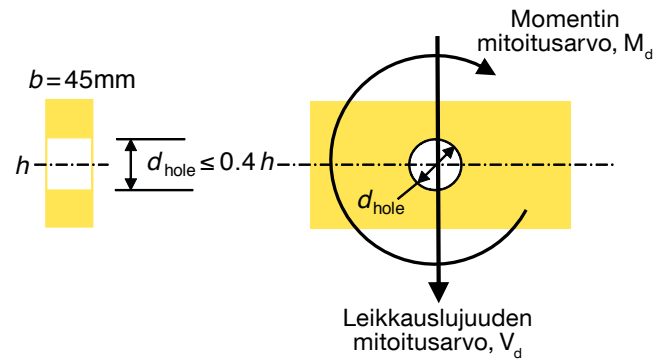
h = 300 mm						
d _{hole}	30 mm		60 mm		120 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	41,00	0,00	33,33	0,00	16,67
	3,30	41,00	3,27	31,21	3,09	15,67
	6,59	41,00	6,55	29,09	6,18	14,66
	9,89	41,00	9,82	26,97	9,27	13,66
	13,19	41,00	13,09	24,85	12,36	12,66
	16,48	41,00	16,37	22,72	15,44	11,66
	19,78	41,00	19,64	20,60	18,53	10,66
	23,08	36,75	22,92	18,48	21,62	9,66
	26,37	32,48	26,19	16,36	24,71	8,66
	29,67	28,21	29,46	14,24	27,80	7,66
M _{d,Max}	32,97	23,93	32,74	12,12	30,89	6,66

h = 360 mm						
d _{hole}	36 mm		72 mm		144 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	49,20	0,00	40,00	0,00	20,00
	4,62	49,20	4,62	37,50	4,45	18,80
	9,25	49,20	9,25	35,01	8,90	17,60
	13,87	49,20	13,87	32,51	13,34	16,40
	18,50	49,20	18,50	30,01	17,79	15,20
	23,12	49,20	23,12	27,51	22,24	13,99
	27,74	49,20	27,74	25,02	26,69	12,79
	32,37	45,04	32,37	22,52	31,14	11,59
	36,99	40,04	36,99	20,02	35,58	10,39
	41,61	35,05	41,61	17,52	40,03	9,19
M _{d,Max}	46,24	30,05	46,24	15,03	44,48	7,99

h = 400 mm						
d _{hole}	40 mm		80 mm		160 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	54,67	0,00	44,44	0,00	22,22
	5,62	54,67	5,62	41,71	5,49	20,89
	11,24	54,67	11,24	38,98	10,98	19,55
	16,86	54,67	16,86	36,25	16,47	18,22
	22,48	54,67	22,48	33,52	21,96	16,88
	28,09	54,67	28,09	30,79	27,46	15,55
	33,71	54,67	33,71	28,06	32,95	14,21
	39,33	50,65	39,33	25,32	38,44	12,88
	44,95	45,19	44,95	22,59	43,93	11,54
	50,57	39,72	50,57	19,86	49,42	10,21
M _{d,Max}	56,19	34,26	56,19	17,13	54,91	8,88

b = 45 mm

h = 195 mm						
d _{hole}	20 mm		39 mm		78 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	15,99	0,00	13,00	0,00	6,50
	0,84	15,99	0,83	12,17	0,78	6,11
	1,67	15,99	1,66	11,35	1,57	5,72
	2,51	15,99	2,49	10,52	2,35	5,33
	3,34	15,99	3,32	9,69	3,13	4,94
	4,18	15,99	4,15	8,86	3,92	4,55
	5,01	15,60	4,98	8,04	4,70	4,16
	5,85	13,98	5,81	7,21	5,48	3,77
	6,69	12,35	6,64	6,38	6,26	3,38
	7,52	10,73	7,47	5,55	7,05	2,99
M _{d,Max}	8,36	9,10	8,30	4,73	7,83	2,60



h = 240 mm						
d _{hole}	24 mm		48 mm		96 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	19,68	0,00	16,00	0,00	8,00
	1,27	19,68	1,26	14,98	1,19	7,52
	2,53	19,68	2,51	13,96	2,37	7,04
	3,80	19,68	3,77	12,94	3,56	6,56
	5,06	19,68	5,03	11,93	4,74	6,08
	6,33	19,68	6,29	10,91	5,93	5,60
	7,60	19,68	7,54	9,89	7,12	5,12
	8,86	17,64	8,80	8,87	8,30	4,64
	10,13	15,59	10,06	7,85	9,49	4,16
	11,39	13,54	11,31	6,83	10,67	3,68
M _{d,Max}	12,66	11,49	12,57	5,82	11,86	3,20

h = 300 mm						
d _{hole}	30 mm		60 mm		120 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	24,60	0,00	20,00	0,00	10,00
	1,98	24,60	1,96	18,73	1,85	9,40
	3,96	24,60	3,93	17,45	3,71	8,80
	5,93	24,60	5,89	16,18	5,56	8,20
	7,91	24,60	7,86	14,91	7,41	7,60
	9,89	24,60	9,82	13,63	9,27	7,00
	11,87	24,60	11,78	12,36	11,12	6,40
	13,85	22,05	13,75	11,09	12,97	5,80
	15,82	19,49	15,71	9,82	14,83	5,20
	17,80	16,92	17,68	8,54	16,68	4,59
M _{d,Max}	19,78	14,36	19,64	7,27	18,53	3,99

h = 360 mm						
d _{hole}	36 mm		72 mm		144 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	29,52	0,00	24,00	0,00	12,00
	2,77	29,52	2,77	22,50	2,67	11,28
	5,55	29,52	5,55	21,00	5,34	10,56
	8,32	29,52	8,32	19,50	8,01	9,84
	11,10	29,52	11,10	18,01	10,67	9,12
	13,87	29,52	13,87	16,51	13,34	8,40
	16,65	29,52	16,65	15,01	16,01	7,68
	19,42	27,02	19,42	13,51	18,68	6,95
	22,19	24,02	22,19	12,01	21,35	6,23
	24,97	21,03	24,97	10,51	24,02	5,51
M _{d,Max}	27,74	18,03	27,74	9,02	26,69	4,79

h = 400 mm						
d _{hole}	40 mm		80 mm		160 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
	0,00	32,80	0,00	26,67	0,00	13,33
	3,37	32,80	3,37	25,03	3,29	12,53
	6,74	32,80	6,74	23,39	6,59	11,73
	10,11	32,80	10,11	21,75	9,88	10,93
	13,49	32,80	13,49	20,11	13,18	10,13
	16,86	32,80	16,86	18,47	16,47	9,33
	20,23	32,80	20,23	16,83	19,77	8,53
	23,60	30,39	23,60	15,19	23,06	7,73
	26,97	27,11	26,97	13,56	26,36	6,93
	30,34	23,83	30,34	11,92	29,65	6,13
M _{d,Max}	33,71	20,56	33,71	10,28	32,95	5,33

Nelikulmaiset aukot

Suunnitteluohjeet palkkien nelikulmaisille aukoille

Huomautuksia:

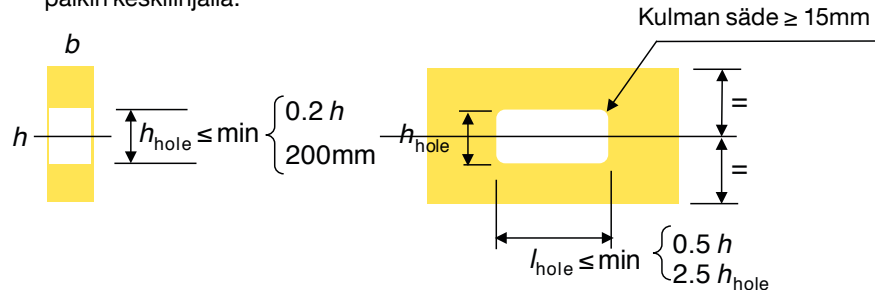
1. Aukkojen mitoitustaulukot perustuvat seuraavaan PD 6933-1-2012:n kohdan 11.3 mukaiseen kaavaan:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{2.7V_{hole,d} \cdot d_{hole} + 0.07 \cdot M_{hole,d}}{bh^2}$$

2. Momentti- ja leikkauslujuusarvot pätevät, kun $h_{hole} < l_{hole} \leq 2.5h_{hole}$
3. Aukkojen mitoitustaulukoissa käytetyt oletukset ovat kuorman keskipitkä aikaluokka, käyttöluokka 1 tai 2, $k_{mod} = 0.8$
4. LVL:lle $\gamma_m = 1.2$
5. Lattiapalkit ja katto-orret ovat kantavia rakenneosia eli kaikki lovet on suunniteltava Eurokoodi 5:n kohdan 6.5 vaatimusten mukaisesti.

Määräys 1

Aukon maksimikorkeus, $h_{hole} = 0.2h$ tai 200 mm aukoille, jotka sijaitsevat palkin keskilinjalla.



Määräys 2

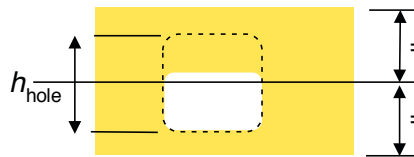
Aukon maksimipituus, $l_{hole} = 0.5h$ tai $2.5h_{hole}$ aukoille, jotka sijaitsevat palkin keskilinjalla

Määräys 3

Aukon kulmien pienin pyöristyssäde on 15 mm.

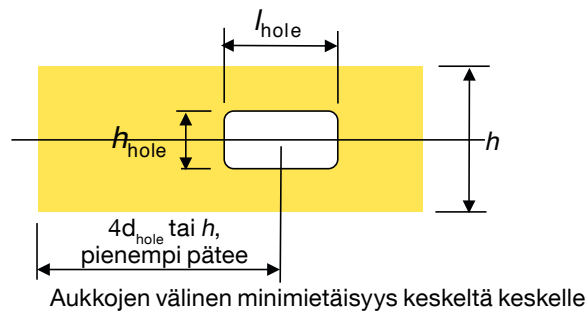
Määräys 4

Keskilinjän vieressä sijaitsevat aukot: h_{hole} on palkin keskilinjän vieressä sijaitsevan aukon kokonaan sisältävän, keskilinjassa olevan aukon korkeus.



Määräys 5

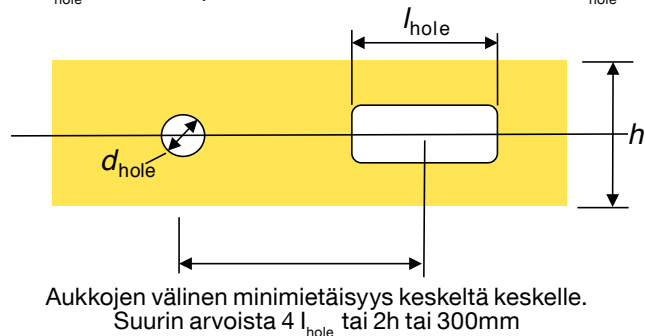
Aukon keskikohdan minimietäisyys lähimmästä palkin päästä on $4h_{hole}$ tai h .



Määräys 6

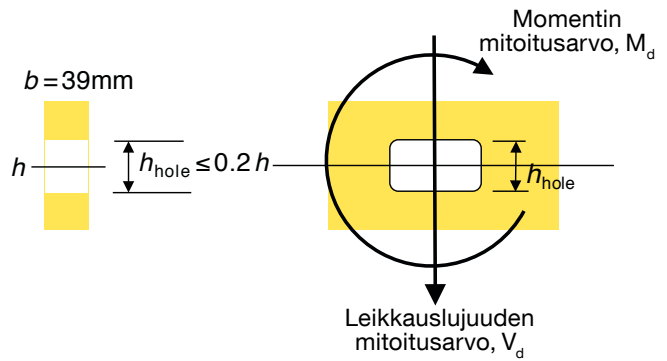
Aukon keskikohdan minimietäisyys viereisen aukon keskikohtaan on $4h_{hole}$ tai h .

l_{hole} on suurempi kumman tahansa reiän mitoista d_{hole} tai l_{hole}



$b = 39 \text{ mm}$

$h = 195 \text{ mm}$						
h_{hole}	10 mm		20 mm		39 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	13,858	0,00	13,86	0,00	7,51
	0,72	13,86	0,72	13,71	0,72	7,03
	1,45	13,86	1,45	12,77	1,44	6,56
	2,17	13,86	2,17	11,83	2,16	6,08
	2,90	13,86	2,90	10,89	2,88	5,60
	3,62	13,86	3,62	9,95	3,60	5,12
	4,35	13,86	4,34	9,01	4,31	4,64
	5,07	13,86	5,07	8,08	5,03	4,17
	5,80	13,86	5,79	7,14	5,75	3,69
$M_{d,\text{Max}}$	6,52	12,38	6,52	6,20	6,47	3,21
	7,25	10,50	7,24	5,26	7,19	2,73



$h = 240 \text{ mm}$						
h_{hole}	12 mm		24 mm		48 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	17,06	0,00	17,06	0,00	9,24
	1,10	17,06	1,10	17,06	1,09	8,66
	2,20	17,06	2,19	16,12	2,18	8,07
	3,29	17,06	3,29	14,93	3,27	7,48
	4,39	17,06	4,39	13,75	4,36	6,89
	5,49	17,06	5,49	12,56	5,45	6,30
	6,59	17,06	6,58	11,38	6,53	5,71
	7,69	17,06	7,68	10,19	7,62	5,13
	8,78	17,06	8,78	9,01	8,71	4,54
	9,88	15,63	9,87	7,82	9,80	3,95
	10,98	13,25	10,97	6,64	10,89	3,36

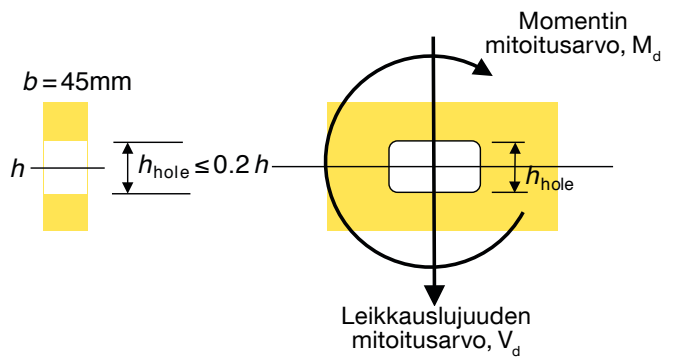
$h = 300 \text{ mm}$						
h_{hole}	15 mm		30 mm		60 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	21,32	0,00	21,32	0,00	11,56
	1,72	21,32	1,71	21,32	1,70	10,82
	3,43	21,32	3,43	20,15	3,40	10,08
	5,15	21,32	5,14	18,67	5,11	9,35
	6,86	21,32	6,86	17,19	6,81	8,61
	8,58	21,32	8,57	15,70	8,51	7,88
	10,29	21,32	10,28	14,22	10,21	7,14
	12,01	21,32	12,00	12,74	11,91	6,41
	13,73	21,32	13,71	11,26	13,61	5,67
	15,44	19,53	15,43	9,78	15,32	4,94
	17,16	16,57	17,14	8,30	17,02	4,20

$h = 360 \text{ mm}$						
h_{hole}	18 mm		36 mm		72 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	25,58	0,00	25,58	0,00	13,87
	2,47	25,58	2,47	25,58	2,40	13,00
	4,94	25,58	4,94	24,18	4,81	12,14
	7,41	25,58	7,40	22,40	7,21	11,27
	9,88	25,58	9,87	20,62	9,62	10,40
	12,35	25,58	12,34	18,85	12,02	9,54
	14,82	25,58	14,81	17,07	14,43	8,67
	17,29	25,58	17,28	15,29	16,83	7,81
	19,76	25,58	19,75	13,51	19,24	6,94
	22,24	23,44	22,21	11,74	21,64	6,07
	24,71	19,88	24,68	9,96	24,04	5,21

$h = 400 \text{ mm}$						
h_{hole}	20 mm		40 mm		80 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}}$	0,00	28,43	0,00	28,43	0,00	15,41
	3,05	28,43	3,05	28,43	2,92	14,46
	6,10	28,43	6,09	26,86	5,84	13,51
	9,15	28,43	9,14	24,89	8,77	12,57
	12,20	28,43	12,19	22,91	11,69	11,62
	15,25	28,43	15,24	20,94	14,61	10,67
	18,30	28,43	18,28	18,96	17,53	9,73
	21,35	28,43	21,33	16,99	20,45	8,78
	24,40	28,43	24,38	15,01	23,37	7,83
	27,45	26,04	27,43	13,04	26,30	6,89
	30,50	22,09	30,47	11,06	29,22	5,94

$b = 45 \text{ mm}$

$h = 195 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	10 mm		20 mm		39 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	15,99	0,00	15,99	0,00	8,67
	0,84	15,99	0,84	15,82	0,83	8,12
	1,67	15,99	1,67	14,73	1,66	7,56
	2,51	15,99	2,51	13,65	2,49	7,01
	3,35	15,99	3,34	12,57	3,32	6,46
	4,18	15,99	4,18	11,48	4,15	5,91
	5,02	15,99	5,01	10,40	4,98	5,36
	5,85	15,99	5,85	9,32	5,81	4,81
	6,69	15,99	6,68	8,24	6,64	4,25
$M_{d,\text{Max}} =$	7,53	14,28	7,52	7,15	7,47	3,70
	8,36	12,12	8,36	6,07	8,30	3,15



$h = 240 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	12 mm		24 mm		48 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	19,68	0,00	19,68	0,00	10,67
	1,27	19,68	1,27	19,68	1,26	9,99
	2,53	19,68	2,53	18,60	2,51	9,31
	3,80	19,68	3,80	17,23	3,77	8,63
	5,07	19,68	5,06	15,86	5,03	7,95
	6,33	19,68	6,33	14,50	6,28	7,27
	7,60	19,68	7,59	13,13	7,54	6,59
	8,87	19,68	8,86	11,76	8,80	5,92
	10,14	19,68	10,13	10,39	10,05	5,24
	11,40	18,03	11,39	9,03	11,31	4,56
	12,67	15,29	12,66	7,66	12,57	3,88

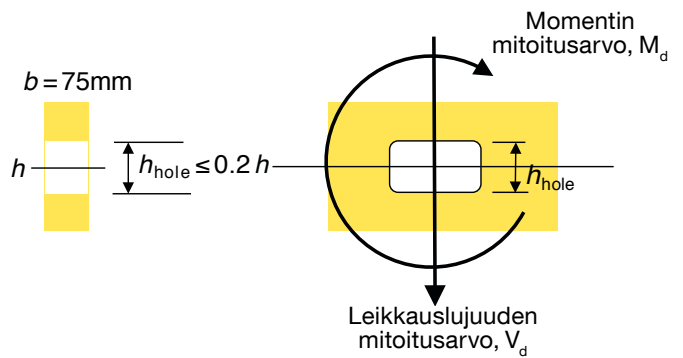
$h = 300 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	15 mm		30 mm		60 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	24,60	0,00	24,60	0,00	13,33
	1,98	24,60	1,98	24,60	1,96	12,48
	3,96	24,60	3,96	23,25	3,93	11,64
	5,94	24,60	5,93	21,54	5,89	10,79
	7,92	24,60	7,91	19,83	7,85	9,94
	9,90	24,60	9,89	18,12	9,82	9,09
	11,88	24,60	11,87	16,41	11,78	8,24
	13,86	24,60	13,84	14,70	13,75	7,39
	15,84	24,60	15,82	12,99	15,71	6,55
	17,82	22,54	17,80	11,28	17,67	5,70
	19,80	19,12	19,78	9,57	19,64	4,85

$h = 360 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	18 mm		36 mm		72 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	29,52	0,00	29,52	0,00	16,00
	2,85	29,52	2,85	29,52	2,77	15,00
	5,70	29,52	5,70	27,90	5,55	14,00
	8,55	29,52	8,54	25,85	8,32	13,00
	11,40	29,52	11,39	23,80	11,10	12,00
	14,25	29,52	14,24	21,74	13,87	11,01
	17,10	29,52	17,09	19,69	16,65	10,01
	19,95	29,52	19,94	17,64	19,42	9,01
	22,81	29,52	22,78	15,59	22,19	8,01
	25,66	27,05	25,63	13,54	24,97	7,01
	28,51	22,94	28,48	11,49	27,74	6,01

$h = 400 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	20 mm		40 mm		80 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	32,80	0,00	32,80	0,00	17,78
	3,52	32,80	3,52	32,80	3,37	16,69
	7,04	32,80	7,03	31,00	6,74	15,59
	10,56	32,80	10,55	28,72	10,11	14,50
	14,08	32,80	14,06	26,44	13,49	13,41
	17,60	32,80	17,58	24,16	16,86	12,31
	21,12	32,80	21,10	21,88	20,23	11,22
	24,64	32,80	24,61	19,60	23,60	10,13
	28,16	32,80	28,13	17,32	26,97	9,04
	31,67	30,05	31,64	15,05	30,34	7,94
	35,19	25,49	35,16	12,77	33,71	6,85

$b = 75 \text{ mm}$

$h = 195 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	10 mm		20 mm		39 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	26,65	0,00	26,65	0,00	14,44
	1,39	26,65	1,39	26,36	1,38	13,53
	2,79	26,65	2,79	24,56	2,77	12,61
	4,18	26,65	4,18	22,75	4,15	11,69
	5,58	26,65	5,57	20,95	5,53	10,77
	6,97	26,65	6,96	19,14	6,91	9,85
	8,36	26,65	8,36	17,34	8,30	8,93
	9,76	26,65	9,75	15,53	9,68	8,01
	11,15	26,65	11,14	13,73	11,06	7,09
	12,55	23,81	12,53	11,92	12,44	6,17
$M_{d,\text{Max}} =$	13,94	20,19	13,93	10,11	13,83	5,25



$h = 240 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	12 mm		24 mm		48 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	32,80	0,00	32,80	0,00	17,78
	2,11	32,80	2,11	32,80	2,09	16,65
	4,22	32,80	4,22	31,00	4,19	15,52
	6,33	32,80	6,33	28,72	6,28	14,38
	8,45	32,80	8,44	26,44	8,38	13,25
	10,56	32,80	10,55	24,16	10,47	12,12
	12,67	32,80	12,66	21,88	12,57	10,99
	14,78	32,80	14,77	19,60	14,66	9,86
	16,89	32,80	16,88	17,32	16,76	8,73
	19,00	30,05	18,99	15,05	18,85	7,60
$M_{d,\text{Max}} =$	21,12	25,49	21,10	12,77	20,94	6,46

$h = 300 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	15 mm		30 mm		60 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	41,00	0,00	41,00	0,00	22,22
	3,30	41,00	3,30	41,00	3,27	20,81
	6,60	41,00	6,59	38,75	6,55	19,39
	9,90	41,00	9,89	35,90	9,82	17,98
	13,20	41,00	13,19	33,05	13,09	16,57
	16,50	41,00	16,48	30,20	16,36	15,15
	19,80	41,00	19,78	27,35	19,64	13,74
	23,10	41,00	23,07	24,50	22,91	12,32
	26,40	41,00	26,37	21,66	26,18	10,91
	29,69	37,56	29,67	18,81	29,45	9,50
$M_{d,\text{Max}} =$	32,99	31,86	32,96	15,96	32,73	8,08

$h = 360 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	18 mm		36 mm		72 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	49,20	0,00	49,20	0,00	26,67
	4,75	49,20	4,75	49,20	4,62	25,00
	9,50	49,20	9,49	46,50	9,25	23,34
	14,25	49,20	14,24	43,08	13,87	21,67
	19,00	49,20	18,99	39,66	18,50	20,01
	23,76	49,20	23,73	36,24	23,12	18,34
	28,51	49,20	28,48	32,82	27,74	16,68
	33,26	49,20	33,23	29,40	32,37	15,01
	38,01	49,20	37,97	25,99	36,99	13,35
	42,76	45,08	42,72	22,57	41,61	11,68
$M_{d,\text{Max}} =$	47,51	38,23	47,47	19,15	46,24	10,02

$h = 400 \text{ mm}$						
$h_{\text{hole}} =$	20 mm		40 mm		80 mm	
	Md	Vd	Md	Vd	Md	Vd
	kN.m	kN	kN.m	kN	kN.m	kN
$V_{d,\text{Max}} =$	0,00	54,67	0,00	54,67	0,00	29,63
	5,87	54,67	5,86	54,67	5,62	27,81
	11,73	54,67	11,72	51,66	11,24	25,99
	17,60	54,67	17,58	47,86	16,86	24,17
	23,46	54,67	23,44	44,07	22,48	22,35
	29,33	54,67	29,30	40,27	28,09	20,52
	35,19	54,67	35,16	36,47	33,71	18,70
	41,06	54,67	41,02	32,67	39,33	16,88
	46,93	54,67	46,88	28,87	44,95	15,06
	52,79	50,09	52,74	25,08	50,57	13,24
$M_{d,\text{Max}} =$	58,66	42,48	58,60	21,28	56,19	11,42

6. Referenssejä



Kohde: As Oy Vantaan Laventeli

Puumerkki toimitti autokatokseen
määrämittaan sahattuja ja valmiiksi
maalattuja S-laadun LVL-tuotteita.





Kohde: Toukolan asumispalveluyksikkö,
Tampere

Puumerkki toimitti 5-kerroksiseen, tehostetun palveluasumisen ryhmäkotiin yhteensä 73 m³ määrämittaan sahattuja LVL-elementtejä. T-laata, joka on rakenteellisesti lujaa mutta kevyttä materiaalia, käytettiin julkisivun runkoihin ja väliseiniin.

Kohteeseen tulee 8 ryhmäkotia, joihin mahtuu yhteensä 120 ympärivuorokautista hoivaa tarvitsevaa asukasta. Rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen sijoitetaan lisäksi palvelutiloja kuten kirjasto, kuntosali ja henkilökunnan tilat.



© Stora Enso, Division Wood Products.
Päätämme kaikki oikeudet muutoksiin.
Versio 1.1. 08/2017.



Tutustu myös uusiin rakentamisen järjestelmämanuaaleihin:
www.storaenso.com/buildingsystems

Valmistaja

Stora Enso
Division Wood Products
woodproducts@storaenso.com

Myynti Suomessa

Puumerkki
020 745 0500
www.puumerkki.fi
puumerkki@storaenso.com

www.facebook.com/StoraEnsoLivingRoom
www.storaenso.com/woodproducts
www.storaenso.com/lvi