UTREDNING KRING TRÄBYGGANDE (CLT)

2021-06-30

Rev	Datum - Päiväys	Uppgjord av - Laatija

Rapporten är uppgjord på finska.
Svenska versionen är en översättning.

Innehåll

1 Inledning 1

***2* Allmänt om CLT 1**

2.1 Trämaterialets egenskaper 1

3 Träbyggandets egenskaper 3

3.1 Träkonstruktioner i allmänhet 3

3.2 Konstruktionsplanering 4

3.3 Tillverkningsplanering 4

3.4 Egenskaper, träkonstruktioner arbetsplatsutförande 5

3.4.1 Skruvar, beslag, ljuddämpning, mm. 5

3.4.2 Monteringsordning 5

3.4.3 Förvaring och skydd av element 5

3.4.4 Toleranser 5

4 Träbyggandets egenskaper jämfört med betong 6

4.1 Byggtida skillnader mellan olika stom-material 6

4.1.1 Erfarenhet från förverkligade CLT-objekt 6

4.2 Brandtekniska begränsningar 6

4.2.1 Brandtekniska begränsningar för daghems-och skolbyggnader i P1-brandklass 8

4.2.2 Brandtekniska begränsningar för daghems-och skolbyggnader i P2-brandklass 10

4.2.3 Brandsäkerhet - sammanfattning 13

4.2.4 Brandsäkerhet - sammanfattning 13

4.2.5 Brandsäkerhet - källor 13

4.3 Akustik 14

4.3.1 Luft- och stegljudsdämpning 15

4.3.2 Sidotransmission 20

4.3.3 Akustik - sammandrag 21

4.3.4 Akustik - källor 22

4.4 Inomhusmiljö och fukthantering 23

4.4.1 Plastfritt byggande 23

4.4.2 CLT konstruktioners fukthantering 23

4.4.3 Arbetsplats miljön 26

4.4.4 Inomhusmiljö och fukthantering - sammandrag 27

4.4.5 Inomhusmiljö och fukthantering - källor 27

5 Beräkning av livscykelkostnad 29

5.1 Bakgrundsuppgifter och beräkningsgrunder 29

5.2 Kostnadsfördelning 29
5.2.1 Investeringskostnad 29
5.2.2 Underhålls- och driftskostnader 30
5.2.3 Fastighetens underhållsplan (PTS) 30
5.3 Livscykelkostnad 31
5.3.1 Betongstomme 31
5.3.2 CLT-stomme 33
5.3.3 CLT-stomme, värmeisolerad 34
5.4 Sammanfattning 36

6 Beräkning av koldioxidavtryck 37
6.1 Beräkningens förhandsinformation och programvara för beräkningen 37
6.2 Beräkningsresultat 37
6.3 Sammanfattning 41

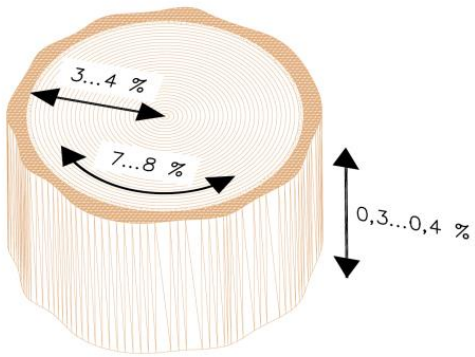
1 Inledning

Utredningen omfattar en jämförelse mellan hur en träbyggnad förhåller sig ekonomiskt mot en betongbyggnad i investeringskostnad och livscykelkostnad, koldioxidavtryck i byggnadsfasen och i driften, samt brandtekniska begränsningar. Utredningen bör också svara på hur en träbyggnad förhåller sig byggtidmässigt jämförelse med en betongbyggnad, samt ifall det finns uppenbara risker med en träbyggnad.

2 Allmänt om CLT

2.1 Trämaterialets egenskaper

Träets egenskaper har utvecklats för att tillgodose behoven hos levande träd. Trä är ett anisotropiskt material vars hållbarhet och fuktegenskaper varierar. Trä är också ett hygroskopiskt material, vilket innebär att det släpper ut och binder fukt från den omgivande luften. Förändringar i fuktinnehåll påverkar träets dimensioner. På grund av anisotropin krymper trädet och expanderar på olika sätt i riktning mot radie och tangent**.** Träet krymper i genomsnitt 7… 8% i den tangentens riktning, cirka 3… 4% i radiell riktning och endast 0,3… 0,4% i längdriktning när det torkas helt.



Figur 1. Träets mått-ändringar vid torkning, när trät torkar från vått till absolut torrt.

Träets måttändringar pga torkning måste tas i beaktande. Den orsakar att stommen sjunker ihop och den stora krympningen av träet i får de stora elementen att spricka**.** Fuktinnehållet i lufttorkat virke varierar mellan 15-25% beroende på variationer i utomhustemperatur och relativ luftfuktighet. Vid normal användning varierar träets fuktinnehåll mellan 8-25%. Om träets fuktinnehåll ska fås lägre än 15%, måste det torkas konstgjort.

CLT (Cross Laminated Timber) är en massiv träelementprodukt för bärande konstruktioner. CLT-element består av minst tre lager korslimmad lamell. Lamellmaterialet är typiskt fingerskarvad gran eller tallvirke.

Efter limning bearbetas elementen till rätt storlek och formas med en CNC-fräs.

Fönster- och dörröppningar, genomföringar som krävs för husteknik, infästningar, lyft etc. görs också färdiga på elementen. Mätnoggrannheten är +/– 1 mm.

Elementens ytbehandling och efterbehandling beror på elementens användningsändamål. De exponerade ytorna slipas och ytbehandlas klart enligt beställning. Elementen kan användas som bärande och förstyvande konstruktioner i både vägg- och golvkonstruktioner. Inomhus kan elementen beklädas eller, om brandbestämmelserna tillåter, lämnas som de är.

I skrivande stund finns det tre företag som producerar CLT i Finland. Många utländska företag levererar också CLT till Finland. Tillgängliga storlekar, tjocklekar, elementens hållbarhet, mått och lagringsanvisningar för CLT-elementen varierar beroende på tillverkare. Elementens tjocklek kan vara 60… 400 mm, bredd upp till 2,95… 4,80 m och längd upp till 12… 20 m.

Figur 2. CLT-element. (Puuinfo 2020)

Tillverkningen av CLT kan delas in i följande steg:

1. Val av timmer, sågning och hyvling
2. Limning, stapling och pressning
3. Sågning, bearbetning, ytbehandling
4. Märkning och förpackning

För limning av CLT-elementens lameller torkas träet vanligtvis till en fukthalt av 12 ± 3%. CLT tillverkas på två olika sätt. Lamellerna är limmas ihop på långsidan alternativt från högkant.

3 Träbyggandets egenskaper

3.1 Träkonstruktioner i allmänhet

Dimensionering

- Träkonstruktionens dimensionering begränsas inte höjd eller spännvidder

Färdigställandegrad

- Hög grad av färdigställande är möjlig -> förlänger planeringstiden men förkortar byggtiden.

Fukthantering

- Träkonstruktionerna är känsliga för fukt -> ställer krav på fukthantering.

Måttnoggrannhet

- CLT: s måttnoggrannhet är +/– 1 mm.
- CLT: s dimensioneringsnoggrannhet ställer krav på intilliggande betongkonstruktioner.

Massa

- Konstruktionerna är lättare än betongkonstruktioner -> enklare, snabbare och säkrare lyft.
- I träkonstruktionerna måste ljudisoleringen beaktas mera än i betongkonstruktioner, eftersom träkonstruktionernas inte dämpar ljud på samma sätt som betong på grund av lägre massa.

Tidtabell

- Genom hög grad av prefabricering och torrt byggande kan en CLT-byggnad byggas snabbare än en betongbyggnad.
- Byggskedena behöver inte synkroniseras med betongkonstruktioners torktider

3.2 Konstruktionsplanering

- Hänsyn till skillnader mellan olika tillverkares strukturella hållfasthet och dimensionella begränsningar måste tas. Information om tillverkaren behövs i ett tidigt skede av planeringen så att beräkningen och elementplaneringen kan utföras med korrekta uppgifter.
- All nödvändig bearbetning som krävs för husteknik, lyft etc. är modellerad i CLT-elementplaneringen och leverantörens begränsningar måste beaktas vid utformningen.
- Utgångsdata, t.ex. för hålreservationer, behövs i ett tidigare skede jämfört med betongkonstruktioner.
- I CLT- planeringens IFC-modell ingår uppgifter om reserveringar och håltagningar.
- Formändringar på grund av CLT: s fuktbeteende måste beaktas i planeringen.
- Toleranskraven i gräns-snitt mellan CLT och andra material måste beaktas.
- Fästelement och andra beslag som används i konstruktionsplaneringen och vilka produkter som ska användas måste väljas tidigt i planeringen.
- Elementens vikt och lyft måste tas i beaktande när förstärkningar av elementen utformas
- Brandplaneringen är mer krävande: uppmärksamhet på synliga ytor, skyddsinklädnad och ytklasskrav osv.
- Färre standardlösningar vid utformning av brandgenomföringar jämfört med betongbyggande.
- Få standardiserade ljudtekniska lösningar (i praktiken bör akustikplanerare vara involverad i planeringen).
- Noggrannhetskrav i planeringen är i princip högre, eftersom parterna har mindre erfarenhet av träkonstruktion och standardiserade lösningar är få. Planerarnas olika arbetsmetoder måste också beaktas.
- Beaktande av ljud-, brand- och visuella krav vid planering av konstruktionstyper.

3.3 Tillverkningsplanering

- Platsspecifik planering av elementlyften behövs.
- Vid bearbetning av elementen måste tillverkarens begränsningar uppmärksammas
- Beställning av elementen görs främst via IFC-modellen, ur vilken erhålls nödvändiga uppgifter om lamellerna, ytbehandling, mått och bearbetning.
- Till skillnad från planering av betongelement görs reserveringar i CLT-elementen för eldragningar.
- Monteringsordningen påverkar elementens planering.

3.4 Egenskaper, träkonstruktioner arbetsplatsutförande

3.4.1 Skruvar, beslag, ljuddämpning, mm.

- Mängdberäkning och beställning av monteringsbeslag måste beaktas i tidtabellen
- Planerade beslag måste användas, eftersom dessa inte är direkt utbytbara med "liknande" produkter från en annan tillverkare.
- Anslutning av utrustning / anslutningsdelar till elementen är möjlig och påskyndar förverkligande på arbetsplatsen, vilket ska beaktas i avtalsgränser och material-beställning.
- Mängden isoleringsmaterial och tätningsprodukter som används/monteras på arbetsplatsen måste beaktas.

3.4.2 Monteringsordning

- Installationsordningen måste vara känd under konstruktionsplaneringen, eftersom ordningen påverkar elementets design. Anslutningsdetaljer och utförande måste beaktas.
- Monteringsordningen beror på arbetsplatsens storlek, väderskydd (tält, tak etc.), utrustning som används och eventuella andra styrande konstruktioner.

3.4.3 Förvaring och skydd av element

- Elementen som lagras på arbetsplatsen måste skyddas från yttre påfrestningar.
- Synliga ytor måste skyddas under upplagring på arbetsplatsen och monteringen. Separat skydd ska monteras vid behov.

3.4.4 Toleranser

- Vid träbyggande talas om toleranser i millimeter och vid betongbyggande i centimeter. Vid gränssnittet mellan konstruktions-typerna måste särskild försiktighet iakttas för att säkerställa att toleranskraven uppfylls.
- Grundens mått måste kontrolleras innan elementen monteras. Genom precisionsmätningar kan man säkerställa att grunden är korrekt och möjliga mätfel upptäcks i tid.

4 Träbyggandets egenskaper jämfört med betong

4.1 Byggtida skillnader mellan olika stom-material

4.1.1 Erfarenhet från förverkligade CLT-objekt

Sweco Rakennetekniikka Oy fungerade som konstruktionsplanerare i ett projekt i Åbo där man jämförde trä- och betongbyggande (TVT Asunnot Oy). Byggnaderna byggdes parallellt hade identisk planlösning, areal och läge. De användes för att jämföra byggande av våningshus i trä och betong, kostnader, koldioxidavtryck, avgörande lösningar och nöjdhet hos de boende.

Vid projektet i Åbo monterades i genomsnitt 100 träelement / vecka, jämfört med 60 betongelement / vecka. Monteringen av betongelementen var något långsammare än genomsnittet, den normala monteringshastigheten för betongelement är 80 st / vecka. Det totala antalet trä- och betongelement i byggnaderna var nästan detsamma.

4.2 Brandtekniska begränsningar

Byggnader indelas i fyra brandklasser P0, P1, P2 och P3. Brandklasserna P1, P2 och P3 används när byggnaden planeras enligt med brandföreskrifternas brandklass och värden (tabelldimensionering). Brandklass P0 används när en byggnad helt eller delvis planeras utgående från en antagen brandutveckling, som omfattar brandsituationer som sannolikt kommer att uppstå i byggnaden (konstruktiv brandsäkerhet). Beskrivning av brandklasserna tabell 1.

Trä är ett brännbart material men samtidigt ett brandsäkert material. Vid brand förkolnas träet jämnt, så dess hållbarhet och kollaps kan förutsägas mycket noggrant. Brandbeständighetstider på 30, 60, 90 och 120 minuter kan uppnås relativt enkelt. Brandbeständighetstiden kan uppnås genom att täcka konstruktionerna med skyddande beklädnad, vanligtvis gipsskiva. Vid en brand förångas kristallvattnet i gipsen, vilket håller temperaturen lägre på motsatta sidan, vilket förhindrar att träet antänds. Håligheterna i konstruktionerna kan fyllas med ett icke brännbart isoleringsmaterial som skyddar träkonstruktionerna och saktar ner träets förkolning. En byggnad med trästomme kan förverkligas i alla brandklasser.

Tabell 1. Beskrivning av brandklasser (Puuinfo 2021)

Brandklass	Beskrivning	Typiska byggnadsobjekt
P0	Enligt funktionell branddimensionering (information om antal personer och brandbelastning ska anges)	- bostadsbyggnad högre än 28 m - Över 28 m hög arbetsplatsbyggnad
P1	- En byggnads bärande konstruktion antas tåla kollaps under brand- och kylfasen utan att elden släcks (vanligtvis i en byggnad med mer än 2 våningar) - Byggnadens storlek och personantal är obegränsat	- Byggnader som inte är tillåtna i brandklass P2 och P3
P2	- Kraven på byggnadens bärande konstruktioner mindre stränga än brandklass P1 - En tillräcklig säkerhetsnivå uppnås genom att ställa krav, särskilt på egenskaperna hos ytor och utrustning för att förbättra brandsäkerheten - Byggnadens storlek och personantal är begränsade, beroende på användningsändamål	- Upp till 8 våningar 28 m högt bostadshus - Upp till 8 våningar 28 m hög vårdanläggning (exklusive sluten anstalt) - Upp till 8 våningar 28 m hög övernattningsbyggnad -Upp till 8 våningar 28 m hög byggnad för arbetsplats - Upp till 4 våningar 14 m hög samlings- och affärsbyggnad - 1-vånings produktions och lagerbyggnad
P3	- Byggnadens bärande konstruktioner behöver generellt inte vara brandklassade, förutom i vissa fall (till exempel i sektionerande konstruktioner också R-krav) - En tillräcklig säkerhetsnivå uppnås genom att begränsa byggnadens storlek och personatal, beroende på användningsändamål	- Upp till 2 våningar 9 m högt bostadshus (våningar i samma brandsektion) - Upp till 1 vånings 9 m hög vårdanläggning - Upp till 2 våningar 9 m hög arbetsplatsbyggnad - Upp till 2 våningar 9 m hög övernattningsbyggnad - Upp till 2 våningar 9 m hög samlings- och affärsbyggnad - 1 vånings byggnad med 14 m hög produktions och lagerbyggnad

4.2.1 Brandtekniska begränsningar för daghems-och skolbyggnader i P1-brandklass

I en P1-brandklassad byggnad begränsas inte våningsytan, höjd och personantal. Enligt tabelldimensioneringen av brandbestämmelserna kan en byggnad med trästomme byggas i brandklass P1 med högst 2 våningar, eftersom stommen för byggnader med mer än 2 våningar måste vara A2-klass. I en P1-brandklassad träbyggnad måste dock kraven på utrustningsklass för ytterväggskonstruktioner beaktas. Om en byggnad med trästomme med mer än 2 våningar ska utföras i brandklass P1, måste planeringen baseras på den antagna brandutvecklingen (konstruktiv brandsäkerhet). Tabell 2 visar brandkraven för daghem och skolbyggnader i brandklass P1.

Tabell 2. Brandtekniska krav på daghems- och skolbyggnaders konstruktioner i P1-brandklass.

Stom-material	Våningar	Höjd	Sprinkler	Brand-sektion (m^2)	Konstruktion
Trä	1-2	-	-	<2400	R60
	1	-	Obligatorisk	<24000	R60
	2	-	Obligatorisk	<12000	R60
Betong	1-2	-	-	<2400	R60
	1	-	Obligatorisk	<24000	R60
	2	-	Obligatorisk	<12000	R60
	>2	< 28 m	-	<2400	R60 (A2)
	>2	< 28 m	Obligatorisk	<6000	R60 (A2)
	>2	28 m - 56 m	-	<2400	R120 (A2)
	>2	28 m - 56 m	Obligatorisk	<6000	R90 (A2)
	>2	> 56 m	Obligatorisk	<6000	R120 (A2)

För att förhindra spridning av elden delas byggnaden i brand-sektioner. Kraven för sektionering av byggnader med betong- eller trästomme skiljer sig inte från varann.

För att begränsa brandutvecklingen ställs krav på ytklass för byggnadsdelarna. Kraven för invändiga ytor för P1-brandklasskonstruktioner presenteras i tabell 3 och kraven för de utvändiga ytorna och ytterväggens luftspalt i tabell 4.

Den yttre väggen i en byggnad av brandklass P1 ska huvudsakligen vara konstruerad av A2-s1, d0 – klass material. Isolerings- och annat fyllnadsmaterial i en byggnad som hör till brandklass P1 med en höjd av mer än 56 m måste vara minst klass A2, s1, d0

Delar som utgör en brandrisk skyddas om det behövs. För 1 – 2 våningsbyggnader i brandklass P1 krävs inte skyddsbeklädnad.
Golvytans material i ett bostadshus med mer än 2 våningar, vars stomme inte uppfyller A2-s1, d0 - klass, ska vara försedd med en beklädsel av minst klass K230 tillverkad av tillbehör av åtminstone klass A2-s1, d0. Ovanstående gäller inte de icke bärande mellanväggarna i brandutrymmet.

Tabell 3. Krav på invändiga ytor för konstruktioner i brandklass P1

Användning	**Sprinkler**	**Yta**	**Krav på yt-klass**	**Yta som uppfyller krav**
Samlings- och affärsutrymme (brandsektion < 300 m^2)	Nej	Invändiga väggar och tak	D-s2,d2	T.ex träyta
Samlings- och affärsutrymme (brandsektion > 300 m^2)	Nej	Invändiga väggar och tak	C-s2,d1	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Samlings- och affärsutrymme (brandsektion > 300 m^2)	Ja	Invändinga väggar och tak	D-s2,d2	T.ex träyta
Vind (vånings-sektionering, från undre sidan)	Nej	Vindens eller övre bjälklagets invändiga ytor	D-s2,d2	T.ex träyta
Vind (ingen vånings-sektionering)	Nej	Vindens eller övre bjälklagets invändiga ytor	B, s1,d0	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Tekniska utrymmen	Nej	Väggar och tak golv	B, s1,d0 D_{FL}-s1	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Korridor	Nej	Väggar och tak	A2, s1, d0 D_{FL}-s1	T.ex betong, gipsskiva

T**abell 4.** Fasadens och luftspaltens ytor som uppfyller kraven i P1-brandklass

Användning	Ytter-väggens yta	Luftspaltens utsida	Luftspaltens insida	Obs.	Fasadkonstruktion som fyller kraven
Högst 56m hög byggnad	B, s1, d0	B, s1, d0	B, s1, d0	1)	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Över 56m höf byggnad	A2, s1, d0	A2, s1, d0	A2, s1, d0		T.ex Betong, tegel, gipsskiva, cementfiberskiva
1-2 våningar och högst 28 m hög samlingsbyggnad	D-s2, d2	D-s2, d2	B, s1, d0	3) 4) 5) 6) 7)	T.ex träpanel

1) Om isoleringen inte uppfyller kraven i B-s1, d0, måste ytstrukturerna på den yttre ytan skydda isoleringen från brand så att skyddet motsvarar byggnadskomponenterna EI 30 eller den inre ytan av luftspalten måste vara försedd med K2 30, A2-s1, d0.
(3) Spridning av eld i luftspalten ska vara begränsad per våning och eldspridning i det horisontella utrymmet i luftspalten på trapphusets yttervägg ska förhindras.
4) Eldspridningen från fasaden till vinden och övervåningen måste begränsas så att den motsvarar EI 30.
5) Att större delar av fasaden faller ned vid brand måste begränsas.
6) Om isoleringen inte uppfyller kraven B-s1, d0, måste ytstrukturerna på den yttre ytan skydda isoleringen från brand så att skyddet motsvarar EI 15 eller luftspaltens inre yta måste vara utrustad med K210, A2-s1, d0 skyddsklädsel.
7) Horisontell begränsning av isoleringsskiktet enligt § 25 krävs inte om kraven i punkt 6) är uppfyllda.

4.2.2 Brandtekniska begränsningar för daghems-och skolbyggnader i P2-brandklass

Beroende på byggnadens användningsändamål måste storleken och personantal i en P2-klass byggnad begränsas för att säkerställa den personliga säkerheten och för att underlätta brandbekämpning och räddningsarbete. Enligt brandbestämmelsernas dimensionering kan ett daghem och en skolbyggnad med trä- eller betongstomme förverkligas i brandklass P2 med maximalt 4 våningar. En byggnad med mer än 2 våningar i brandklass P2 måste vara utrustad med ett automatiserat släckningssystem. Tabell 5 visar brandkraven för daghem och skolbyggnadsram i brandklass P2.

Tabell 5. Brandtekniska krav på daghems- och skolbyggnaders konstruktioner i P2-brandklass

Stommaterial	Våningar	Höjd	Våningsyta (m2)	Brandsektion (m2)	Sprinkler	Personantal	Konstruktion
Trä	1	< 9 m	obegränsad	< 2400	-	obegränsad	R30
eller	1	< 9 m	obegränsad	< 9600	Obligatorisk	obegränsad	R30
betong	2	< 9 m	obegränsad	< 2400	-	< 250	R30
	2	< 9 m	obegränsad	< 4800	Obligatorisk	< 500	R30
	3 - 4	< 14 m	< 12000	< 1200	Obligatorisk	< 1000	R60

För att förhindra spridning av elden ska byggnaden delas in i brandsektioner. Kraven på sektionering av byggnader skiljer sig inte mellan byggnader med betong- eller trästomme.

Isoleringsmaterialet i en 2-vånings P2 brandklassad byggnad måste vara av klassen B-s1, d0. Isolerings- och annat fyllnadsmaterial i en byggnad brandklass P2 med mer än 2 våningar måste vara minst A2-s1, d0.

För att begränsa brandutvecklingen ställs krav på ytklass för byggnadsdelarna Kraven för invändiga ytor för P2-brandklasskonstruktioner presenteras i Tabell 6 och kraven för de utvändiga ytorna och ytterväggens luftspalt i Tabell 7.

Delar som utgör en brandrisk skyddas vid behov. Kraven på beklädnad av ytor på daghem och skolbyggnader i brandklass P2 presenteras i tabell 8.

Tabell 6. Invändiga ytors krav och konstruktioner som uppfyller i brandklass P2

Användning	Sprinkler	Yta	Krav på yt-klass	Yta som uppfyller krav
Samlings- och affärsutrymmen (brandsektion < 300 m2)	Nej	Invändiga väggar och tak	D-s2,d2 1)	T.ex träyta
Samlings- och affärsutrymmen (brandsektion > 300 m2)	Nej	Invändiga väggar och tak	C-s2,d1 1)	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Samlings- och affärsutrymmen (brandsektion > 300 m2)	Ja	Invändiga väggar och tak	D-s2,d2 1)	T.ex träyta
Vind (vånings-sektionering, från undre sidan)	Nej	Vindens eller övre bjälklagets invändiga ytor	D-s2,d2	T.ex träyta
Vind (ingen vånings-sektionering)	Nej	Vindens eller övre bjälklagets invändiga ytor	B-s1,d0	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Tekniska utrymmen	Nej	Väggar och tak Golv	B-s1,d0 1) DFL-s1	T.ex brandskyddat trä, betong, gipsskiva
Utgångskorridor	Nej	Väggar och tak	A2-s1,d0 1) DFL-s1	T.ex Betong, gipsskiva

1) Ytklasskraven kan bestämmas baserat på kraven på skyddsbesklädnad

Tabell 7. Fasadens och luftspaltens ytor som uppfyller kraven i P2-brandklass

Användning	Ytter-väggens yta	Luftspaltens utsida	Luftspaltens insida	Obs.	Fasadkonstruktion som fyller kraven
1-2 våningsbyggnad allmänt	s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2		T.ex träpanel, tegel, betong
Över 2-våningar och högst 28 m hög samlings- och affärsutrymme	s2, d2	D-s2, d2	A2-s1, d0 K210	2) 3) 4) 5)	T.ex träpanel, tegel, betong

2) Med undantag för första våningen och reserutgångarnas ytor, vilka kan begänsa användningen av reservutgången vid brand.
3) Spridning av brand i luftspalten ska begränsas i per våning och eldspridning i det horisontella utrymmet i luftspalten på trapphusets yttervägg ska förhindras.
4) Eldspridningen från fasaden till vinden och övre bjälklaget måste begränsas så att den motsvarar EI 30. Ingen begränsning krävs dock om de bärande delarna av det övre bjälklaget är gjorda av åtminstone A2-s1, d0-klass material och den uppfyller kraven enligt EI 60.
5) Att större delar av fasaden faller ned vid brand måste begränsas

Tabell 8. Ytors skyddsklass i daghems- och skolbyggnader i brandklass P2.

Byggnadens storlek	Byggnadsdel	Skydds-klass	
1-2 vånings byggnad, höjd högst 9m	Väggytor	K210, B-s1, d0	Skyddslager behövs inte • I byggnadsdel, där isoleringen uppfyller B-s1, d0 och övriga material D-s2, d2
	Takytor	K210, B-s1, d0	• D-s2, d2 – klass massiv trävägg, minst 350 kg/m3 • I envägg, där insidan minst B-s1, d0 och vägg som byggnadsdel minst EI 15
	Ytterväggs-stommens yta (luftspaltens insida)	Inga krav	• Pelare och balkar som fyller R 30 ja D-s2, d0
3-4 vånings byggnad, höjd högst 14 m	Väggytor	K230, A2-s1, d0	I brandsektionen får vara oskyddade vägg- och takytor • icke bärande mellanväggar • ≤ 20 %, inga specialkrav • > 20 % … ≤ 80 %, om byggnadsdelarna R90 och EI90 • > 80 %, om byggnadsdelarna R120 och EI 120
	Takytor	K230, A2-s1, d0	
	Golvytor	K230, A2-s1, d0	
	Ytterväggs-stommens yta (luftspaltens insida)	K230, A2-s1, d0	

4.2.3 **Brandsäkerhet - sammanfattning**

- Brandplanering i en träbyggnad är mer krävande än i en betongbyggnad: synliga ytor, skyddsbeklädnad och ytklasskrav osv. måste beaktas.
- Antal våningar, våningsyta, höjd och personantal
    - Enligt brandbestämmelsernas dimensionering kan ett daghem och skolbyggnad i 2 våningar med trästomme förverkligas i brandklass P1. Det finns ingen gräns för våningsyta, höjd eller personantal.
    - Enligt brandbestämmelsernas dimensionering kan ett daghem och skolbyggnad i 4 våningar med trästomme förverkligas i brandklass P2. Byggnadens våningsyta, höjd eller personantal är begränsade.
    - Om en byggnad av brandklass P1 eller P2 ska byggas större än ovanstående, måste planeringen baseras på den antagna brandutvecklingen (konstruktiv brandsäkerhet).
- Massivt trä kan lämnas som en synlig yta under följande förhållanden: (Ytklasskraven måste beaktas för exponerade träytor)
    - I ett daghem eller skola med 1-2-våningar i P1-brandklass behöver träkonstruktioner inte täckas.
    - I ett daghem eller skola med 1-2-våningar i P2-brandklass behöver massiva träväggar inte täckas om väggdensiteten är minst 350 kg / m3.
    - I ett daghem eller skola med 3-4 våningar i P2-brandklass kan den obelagda väggen och takytan vara:
    - icke bärande väggar
        - ≤ 20%, utan speciella krav
        - > 20% ... ≤ 80% om byggnadsdelarna R90 och EI90
        - > 80% om byggnadsdelarna R120 och EI 120

4.2.4 **Brandsäkerhet - sammanfattning**

- Enligt tabelldimensioneringen kan en träbyggnad i brandklass P1 förverkligas högst i 2 våningar
- Om en byggnad med trästomme med mer än 2 våningar ska utföras i brandklass P1, måste planeringen baseras på den antagna brandutvecklingen (konstruktiv brandsäkerhet
- Brandplanering av en träbyggnad är mer krävande jämfört med en betongbyggnad: synliga ytor måste beaktas, skyddsbeklädnad och ytklasskrav, mm

4.2.5 **Brandsäkerhet - källor**

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta, 848/2017, (2017).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta, 927/2020, (2020).

Paloturvallinen puutalo, asuin- ja toimitilarakentaminen, 2021, Puuinfo.

Määräykset, paloturvallisuus, 2020, Puuinfo. Saatavilla: https://puuinfo.fi/suunnittelu/maaraykset/paloturvallisuus/

Puun käyttörakentamisessa, Puurakenteiden paloturvallisuus, 2020, Puuinfo. Saatavilla: https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/paloturvallisuus/

4.3 Akustik

Bra ljudförhållanden i en byggnad, dvs byggnadsakustik, är en helhet som består av ljudisolering (luft- och stegljudsisolering), rumsakustik, bullerdämpning och vibrationsdämpning.
Syftet med akustikplanering är att skapa ljudförhållanden som motsvarar byggnadens användningsändamål. Att utforma en bra ljudmiljö kräver kunskap om akustik och akustikplaneringen bör inledas i ett tidigt skede samtidigt med rumsplaneringen.
Det här avsnittet omfattar akustiken (byggnadsakustik) i träbyggnader utgående från konstruktionsplanering. Rumsakustik handlar t.ex. ljudreflektion, dämpning, och ljudets beteende i rummet.

Byggnadens ljudmiljö påverkas av byggnadens läge, rumslösningar och externa och interna ljudkällor. Externa ljudkällor är till exempel trafik och ljud från stadsmiljö. Interna ljudkällor är till ljud från verksamhet, ljud från ventilation och annan teknik och ljud från utrustning som används i undervisningen.
En säker och pedagogiskt fungerande miljö kan förverkligas, till exempel genom placering och uppdelning av bullriga funktioner och genom olika strukturella och akustiska lösningar. Uppmärksamhet bör ägnas ljudnivån på den utrustning som används i undervisningen. (RT 103080 Perusopetuksen tilat, suunnittelun lähtökohtia)

Reglerna om ljud- och stegljudsisolering och ljudnivåer i nya byggnader anges i anvisningen från miljöministeriet om byggnadernas ljudmiljö (796/2017). Instruktioner för att uppfylla kraven presenteras i miljöministeriets guide om byggnadens ljudmiljö (2018). Ljudisoleringskrav och vägg- och undergolvkonstruktioner som uppfyller kraven presenteras i avsnitt 4.3.1.

Finland har gått över till att använda den standardiserade ljudnivåskillnaden *DnT,w* istället för ljuddämpningsvärdet *R'w,* eftersom det bättre motsvarar den mänskliga upplevelsen av ljuddämpning. Definitioner av termer för ljuddämpning som används i denna rapport:

- Luftburet ljud är ljud som passerar genom luften från en ljudkälla till närmiljön, såsom tal, musik, ljud från ljudutrustning eller ljud från husteknik.
- Det luftburna ljuddämpningsvärdet R_w är ljuddämpningsvärde som uppmätts i laboratorium eller beräknats
- Ljudnivåskillnaden $D_{nT,w}$ är ett mått som beskriver den luftburna ljudisoleringen mellan rummen.
- Stegljud är ett stomljud mellan utrymmen som orsakas av gång över golv och i trappa, fallande föremål, flytt av möbler eller material
- Stegljudnivån $L'_{nT,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ hänvisar till ett mått som beskriver stegljudsisoleringen mellan rummen.

4.3.1 Luft- och stegljudsdämpning

Ljudisoleringskraven som ställs för ljudisolering av en ny byggnad i miljöministeriets förordning (796/2017) presenteras i tabell 9. Kraven i förordningen gäller bostäder, övernattnings- eller patientrum. Kraven gäller för ljudisolering mellan utrymmen, dvs. de omfattar alla ljudvägar, som bör beaktas i konstruktionen (se avsnitt 4.3.2 sidotransmission).

Tabell 9. Värden för luft- och stegljudsdämpning att följas vid planering och förverkligande av bostäder, övernattnings och patientrum

Utrymme	Lägsta tillåtna skillnad i ljudnivå $D_{nT,w}$ (dB)	Högsta tillåtna skillnad i ljudnivå $L'_{nT,w}+C_{I,\,50\text{-}2500}$ (dB)
Mellan bostäder, övernattnings och patientrum	55	53
Från korridor till bostad, övernattnings- och patientrum	39	63

Förordningen föreskriver att ljudisolering av undervisnings, mötes, matsal, vård, hobby, sport och kontorsutrymmen ska utformas och förverkligas så att utrymmets användningsändamål beaktas på ett sådant sätt att en tillräckligt bra ljudmiljö uppnås. Riktlinjerna och värden för stegdämpning och ljuddämpning av dessa utrymmen presenteras i tabeller 10 och 11.

Tabell 10. Riktvärden för stegljudnivå i undervisnings, mötes, matsals, vård, hobby, träning och kontorsutrymmen

Utrymme	Riktvärde stegljudnivå $L'_{nT,w}+C_{I,\,50\text{-}2500}$ (dB)
Undervisningsutrymmen, mellan våningarna allmänt	63
Från tekniskslöjd till övriga utrymmen	49
Från musikundervisning till övriga utrymmen	46
I sjukhus, hälsostationer mellan våningarna allmänt	63
Från gymnastikutrymmen till övriga utrymmen	46

Tabell 11. Riktvärden för ljudnivåskillnader i undervisnings-, mötes-, matsal, vård, hobby, träning och kontorsutrymmen.

Utrymme	Riktvärde Ljudnivåskillnad DnT,w (dB)		
	Angränsande utrymmen allmänt	**Till liknande utrymme med annat användningsändamål [b)], med mellandörr**	**Till korridor eller aula, med mellandörr**
Undervisningsutrymme [a)]	44	42	34
Musikundervisning	60	52	44
Utrymme för småbarnsfostran	44	42	34
Konferensutrymme	48	42	34
Sjukhus, hälsostation, vårdutrymme, som undersöknings- eller åtgärdsrum, mottagningsrum, vård och terapirum, vilorum, dagrum [c) d)]	48	42	39
Sjukhus, hälsostation, patientplats [d)]	48	42	34
Gymnastikutrymme	57	48	42
Kontorsrum [d)]	40	40	30
I kontorsbyggnad mellan 2 olika utövare	52	-	-

[a)] I undervisningsutrymmen med bullrig verksamhet eller bullrande utrustning, såsom i datorrum i tekniska klassrum, är behovet av ljudisolering större än för andra klassrum. Referensvärdet för ljudnivåskillnaden mellan våningarna är 52 dB.

[b)] Om ett av de intilliggande rummen har bullriga verksamhet eller bullrande utrustning kan behovet av ljudisolering vara högre.

[c)] Om rummet har bullrig utrustning kan behovet av ljudisolering vara högre.

[d)] Referensvärdet för ljudnivåskillnadsvärdet mellan våningar är 52 dB baserat på ändringsflexibiliteten och större ljudöverföringsarean.

Tabellerna 12 och 13 visar ljudnivåskillnaderna och stegljudnivåerna som kan uppnås med bärande trä- och betongstommar och mellanbjälklag. För att uppnå värdena i tabellerna krävs att konstruktionerna är lufttäta och att anslutningar och genomföringar noggrant planeras och förverkligas. I tabellerna visas inte värden för icke-bärande mellanväggar, eftersom likadana icke-bärande konstruktioner kan användas både i en träbyggnad eller betongbyggnad.

Mellanväggskonstruktioner

Mellanväggar i massivt trä uppfyller inte ljudisoleringskraven för undervisnings- och vilorum. Det är möjligt att förbättra ljudisoleringen av en vägg genom att öka väggkonstruktionens massa, till exempel genom att skivor monteras, men då försvinner fördelarna med en synlig träyta. Konstruktionernas ljudisolering förbättras vanligtvis med dubbel stomkonstruktion.
Mellanväggarnas anslutningar till de angränsande konstruktionerna ska planeras och förverkligas på ett sådant sätt att de inte försämrar ljudisoleringen som uppnås för mellanväggen.

Tabell 12. Uppnådda ljudnivåskillnader för mellanväggskonstruktioner

	Konstruktion	**Ljudnivåskillnad $D_{nT,w}$ [dB]**
VS1_CLT	1. CLT 140 mm	≥ 34
VS2_CLT	1. 2x EK-gipsskiva 13+13 mm 2. CLT 140 mm 3. 2x EK-gipsskiva 13+13 mm	≥ 44
VS3_CLT	1. CLT 140 mm 2. luftspalt 10 mm 3. Stålstomme 66 mm + min. ull 50 mm 4. Faner 12 mm 5. Gipsskiva 13 mm	≥ 48
VS4_CLT	1. Brand-gipsskiva 18 mm 2. CLT 80 mm 3. Mineralull 50 mm 4. CLT 80 mm 5. Brand-gipsskiva 18 mm	≥ 55
VS5_BET	1 Betong 180 mm	≥ 55
VS6_BET	1. Betong 200 mm	≥ 57

Bjälklag

Enligt tabell 13 är referensvärdet för ljudnivåskillnaden $D_{nT,w}$ mellan våningar i undervisnings- och viloutrymmen i allmänhet 52 dB. Referensvärdet för stegljudnivåvärdet $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ är vanligtvis 63 dB.

Tabell 13. Uppnådda ljudnivåskillnader för bjälklagskonstruktioner.

	Konstruktion (uppifrån ned)	**Ljudnivåskillnad $D_{nT,w}$ [dB]**	**Stegljudsdämpning $L_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ [dB]**
VP1_CLT	1. Betongplatta 80 mm 2. Stegljudsdämpning 30 mm 3. CLT 200mm 4. Nedsänkt tak 5. 2x gipsskiva 13+13 mm	≥ 52	≤ 63
VP2_CLT	1. Stegdämpande ytmaterial ($\Delta L_w \geq 13$ dB) 2. Betongplatta 120 mm 3. CLT 200mm 4. Brandull	≥ 52	≤ 63
VP3_LVL	1. Golvskiva ca 30 mm eller betongplatta ca 60 mm 2. LVL element + mineralull 100 mm 3. Nedsänkt tak 4. Brandgipsskiva 15 mm	≥ 52	≤ 63
VP4_BET	1. Golvspackel 20 mm eller betongplatta 80 mm 2. Ontelo 320 mm	≥ 55	≤ 53
VP5_BET	1. Betongplatta 80 mm 2. Stegljuddämpning 30 mm 3. Ontelo 320 mm	≥ 55	≤ 53

I lokaler med bullrig verksamhet eller bullrig utrustning är kraven högre än i normala undervisnings- och viloutrymmen. I utrymmen med bullrig verksamhet eller bullrig utrustning förbättras vanligtvis ljudisoleringen genom lösningar med ljudisolerande undertak, både i trä- och betongbyggnader

Ytterväggskonstruktioner

Byggande i bulleområden kräver ljudisolering på byggnadens yttre hölje. Miljödepartementets anvisning föreskriver att ljudisolering för bostads-, övernattningsbyggnader eller patientrum måste planeras och förverkligas så att kravet på ljudisoleringen $\Delta L_{A,vaad}$, är minst 30 decibel och att pulserande, smalbands eller lågfrekvent buller medelljudnivå inte överstiger 25 decibel i sov- eller viloutrymmen. I undervisnings- och samlingsutrymmen tillämpas endast det dagtida bullernivåvärdet ($L_{A,eq,7\text{-}22}$) på 35 dB, vilket inte får överskridas (Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992).

Vid dimensionering av ljudisolering för en byggnads yttre hölje gäller främst de numeriska värdena i planebestämmelserna. Ljudisoleringskravet för det yttre höljet $\Delta L_{A,vaad}$, ska bestämmas senast med byggnadstillståndet genom en separat bullerutredning. Ljudnivån som genereras inuti en byggnad beror på ytterhöljets alla byggnadsdelars förmåga, som yttre vägg- och takkonstruktioner, fönster och luftventilers förmåga att dämpa ljud. Tabell 14 visar ljuddämpning av ytterväggskonstruktioner.

Tabell 5. Ytterväggskonstruktions ljuddämpning.

	Konstruktioner (från utsida)	**Ljuddämpning R_w (R_w+C, R_w+C_{tr}) [dB]**
US1_CLT	1. Fasadpanel 2. Luftspalt 3. CLT 260 mm	47 (46, 41)
US2_CLT	1. Fasadpanel 2. Luftspalt 3. Mineralull 180 mm 4. CLT 140 mm	49 (48, 42)
US3_BET	1. Betong 70 mm 2. Mineralull 220 mm 3. Betong 150 mm	60 (59, 54)

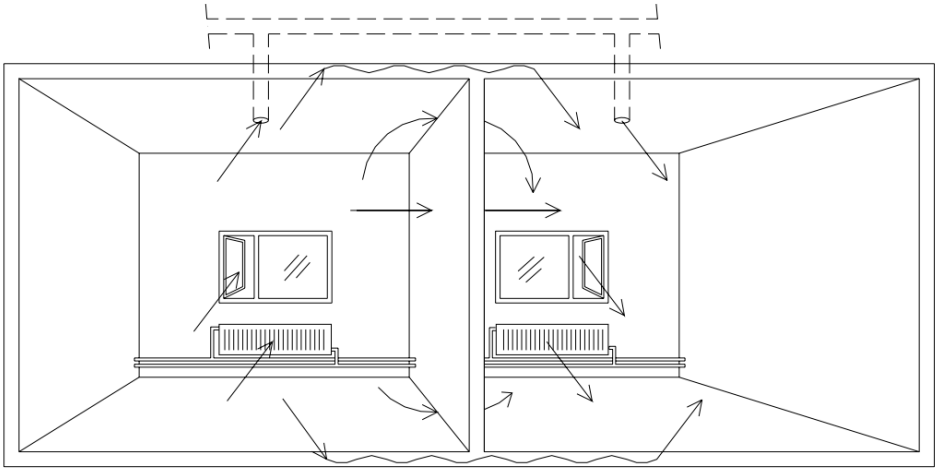
I tabell 15 beräknade ljudnivåskillnader har använts yttervägg 51 m^2, fönsteryta 12 m^2

Tabell 6. Beräknade ljudnivåskillnader för ytterväggskonstruktioner i tabell 14 med olika fönsteralternativ.

Yttervägg		**Fönster**	**Ljudnivåskillnad**
Typ	**R_w+ C_{tr}**	**R_w+ C_{tr}**	**$\Delta L_{A,tot}$**
US1_CLT	41	37	32
US2_CLT	42	37	33
US3_BET	54	37	34
US1_CLT	41	42	35
US2_CLT	42	42	35
US3_BET	54	42	39

4.3.2 **Sidotransmission**

Miljöministeriets förordning (796/2017) beskriver ljuddämpning mellan utrymmen i en byggnad. Ljudisoleringen som uppnås i en byggnad beror för det första på överföringen av ljud från en bostadslägenhet till en annan direkt genom avgränsande mellanvägg och för det andra på alla andra ljudvägar. Ljud överförs från ett utrymme till ett annat horisontellt genom mellanväggen, men också via ytterväggen, korridorväggen och mellanbjälklaget och också via ventilationssystemet. Överföring av ljud från ett utrymme till ett annat genom en byggnadsdel annan än genom mellanväggen kallas sidotransmission. (Karelia 2017) Illustreras i figur 3.



Figur 3. Illustration av ljudets överföring (Talonrakentamisen akustiikka, 2006)

Sidotransmission inkluderar ljudvägarna via stommen. Sidotransmission via stommen är en nyckelfaktor för ljudisoleringen som ska uppnås i träbyggnader.
Strukturell sidoförskjutning är relaterad till stommen och lösningar som är möjliga för att minska sidotransmissionen. I träbyggnader anänds vanligtvis ett flexibelt skikt, dvs. en vibrationsisolator. (Karelia 2017)

I betongkonstruktioner baseras minskningen av sidotransmission på massan av angränsande byggnadsdelar. Jämfört med betongkonstruktioner, i lätta träkonstruktioner, är vibrationsisolering, vertikalt och horisontellt, mellan vägg och mellanliggande golvkonstruktioner, centrala för att minska sidotransmissionen. Ur synvinkeln för byggnadens förstyvning är anslutningarna ett problem i höga byggnader eftersom de ska vara flexibla men ändå överföra horisontella belastningar till byggnaden. Med tanke på höga byggnadernas stabilitet och horisontella laster är anslutningarna problematiska eftersom de ska vara flexibla. (Karelia 2017) Figur 4 visar de produkter som används i vibrationsisolering.

Figur 4. Till vänster vibrationsisolerande skikt och till höger vibrationsisolerade beslag (Rotho Blaas)

Vibrations-isolerande produkter levereras av till exempel Rotho Blaas Srl ja Getzner Werkstoffe GmbH.

4.3.3 **Akustik - sammandrag**

- Det finns ännu inga standardlösningar för träkonstruktioner
  - platsspecifik planering
  - Akustikplanerare bör vara involverad i planeringen
- En mellanvägg av massivt trä uppfyller inte ljudkraven för undervisnings- eller viloutrymmen, utan akustiska tilläggslösningar.
- Nedsänkta tak används i både betong- och träkonstruktion för att förbättra ljudisoleringen.
- I betongkonstruktioner baseras minskningen av sidotransmission på massan av angränsande byggnadsdelar. Jämfört med betongkonstruktioner, är i lätta träkonstruktioner förverkligandet av fogar mellan vägg och bjälklag, vibrationsisolerade vertikalt och horisontellt, centrala för att minska sidotransmissionen.

4.3.4 **Akustik - källor**

Ympäristöministeriön asetus rakennusten ääniympäristöstä, 796/2017 (2017)

Ympäristöministeriön ohje rakennusten ääniympäristöstä (2018)

RT 103080 Perusopetuksen tilat, suunnittelun lähtökohtia (2019)

Puukerrostalojen ääneneristys, asiantuntijaselvitys, Karelia 2017)

Talonrakentamisen akustiikka, 2006

Verkkosivu: https://www.rothoblaas.com/products/soundproofing

Verkkosivu: https://www.getzner.com/en/applications/construction/building-acoutics/innovative-sound-control-in-timber-construction

4.4 Inomhusmiljö och fukthantering

4.4.1 Plastfritt byggande

På grund av dess täthet fungerar CLT som ångspärr och en separat ångspärr är inte nödvändig. Planering och förverkligande av elementfogar måste göras noggrant för att byggnaden ska vara lufttät.

4.4.2 CLT konstruktioners fukthantering

Fukthanteringen i en byggnad av massiv trä bör uppmärksammas särskilt. På grund av trämaterialets organiska natur uppstår mikrobiell tillväxt på träytan under gynnsamma förhållanden mycket lätt. För att förhindra fuktskador måste träets fuktinnehåll hållas tillräckligt lågt i hela leveranskedjan, men å andra sidan orsakar för snabb torkning sprickbildning.

Torkningen av en byggnad av massivt trä till normala driftsförhållandena måste ske på ett kontrollerat sätt. Vid torkning av en byggnad är det viktigt att anpassa torkningen av betongkonstruktioner till träkonstruktionernas miljö på ett kontrollerat sätt. Torkning av träkonstruktioner måste göras långsamt så att sprickbildning undviks. Vid torkning av betongkonstruktioner måste villkoren som ställs för träkonstruktionerna beaktas.

Sprickbildning i trä är ett oundvikligt fenomen. Sprickor i träkonstruktioner är resultatet av träets fuktighet, när träkonstruktionernas strukturella hållbarhet inte överskrids och det inte finns några tillverkningsfel i konstruktionerna. Om formändring av träet förhindrats, skapa torkning spänningar i träet, och när dragspänningen överstiger draghållfastheten skapas en spricka. Sprickors uppkomst är hög på vintern (uppvärmningssäsongen) när inomhusluftens relativa fuktighet är låg.

I CLT-konstruktioner är sprickornas påverkan på elementens utseende avgörande och i värsta fall kan okontrollerad sprickbildning leda till en minskning av elementens kapacitet.

Miljöministeriets förordning om byggnaders fuktteknik (782/2017, § 12) föreskriver att byggherren ansvarar för uppgörande av en fukthanteringsutredning. Innehållet presenteras mer detaljerat i TOPTEN-instruktionskortet 117c01. I § 13 i förordningen (782/2017) föreskrivs att den ansvariga arbetsledaren ansvarar för att en fukthanteringsplan utarbetas.
Enligt SFS 5978 måste fukthanteringsplanen för träkonstruktioner innehålla följande:

1. Trämaterial och produkter som används
2. Riktvärden för trämaterialets, träelementens och byggdelarnas fuktvärden under tillverkningens olika skeden
3. Riktvärden för trämaterialets, träelementens och byggdelarnas fuktvärden på arbetsplatsen, under montering och slutliga konstruktioner.
4. Inspektioner och ansvarsperson
5. Fuktkällor under byggtiden
6. träkonstruktionernas skyddsnivåer under byggtiden och uppskattad tid.

7. Form av skydd på arbetsplatsen; förvarings- och lagringsskydd, skydd av monterat element och tillvägagångssätt för torkning.

8. Kontrollerad torkning av konstruktionerna till byggnadens planerade användningsändamål, kartläggning av risker samt uppgifter om träets fuktinnehåll, torktider och lämpliga torkningsförhållanden. Dessutom ska tidtabell, planeringar och torkningsförhållandena beaktas.

9. Fuktmätplan, som inkluderar mätmetod, tidtabell, ansvarsperson och dokumentation.

Bildandet av sprickor kan påverkas i olika konstruktionsfaser:

1. Tillverkning
2. Transport
3. (lagring)
4. Elementinstallation
5. Ibruktagning av byggnaden

Tillverkning

Vid tillverkning av CLT-element kan sprickbildningen påverkas avsevärt genom att använda tillräckligt torrt virke. Träets fuktinnehåll bör vara så nära som den slutliga användningen. Om CLT-element lagras vid fabriken måste lagringsförhållandena också motsvara temperaturen och luftfuktigheten i driftssituationen.

På ytan av CLT element som inte limmats på sidorna av lamellerna uppstår sprickor i skarven mellan lamellerna, Sprickorna ökar på grund av torkning. Bildningen av mellanrum mellan lamellerna kan minskas genom att lamellerna också limmas på sidan, vilket å andra sidan ökar bildandet av sprickor i mitten av lamellerna. Bildandet av sprickor kan också kontrolleras genom att spåra ytan på CLT-elementen.

Valet av virke och stapling av lameller kan påverka sprickbildning. Bildandet av sprickor kan minskas genom att använda kvartssågat trä i eller genom att placera lamellerna med kärnan mot CLT – elementens centrum.

Transport

Lyft och transport av långa och tunga träkonstruktioner orsakar i princip liknande belastningar som i färdiga byggnader. Av denna anledning måste planeringen omfatta en lyft- och transportplan med lyftpunkter och eventuella stöd. Detsamma gäller stöd av elementen under transport så att de inte välter.

Transportrelaterade sprickor förekommer i allmänhet sällan med undantag för enskilda fall, transporten fungerar bra med nuvarande metoder. Särskilt vid långa transporter, finns det en risk att elementen blir våta. I praktiken skyddas elementen med plast eller liknande under transporten. Kortvarig väta utgör ingen större risk eftersom fuktabsorptionen i massivt trä är ganska långsam.

Förvaring på arbetsplatsen

CLT-element rekommenderas att inte lagras på arbetsplatsen. Om CLT-elementen måste lagras på arbetsplatsen måste de stödas i princip på samma punkter som i den färdiga byggnaden. Med tanke på sprickbildning måste elementen skyddas från väta. I synnerhet måste kontinuerlig kontakt med vatten förhindras. Tillfällig kontakt med vatten är inte avgörande, eftersom vattnet då inte absorberas i träet och fuktändringar inte förekommer och samtidigt inte ökar risken för sprickbildning.

Arbetsplatsen stomskede (väderskydd)

En byggnad av massivt trä rekommenderas inte att byggas utan väderskydd. Om byggnaden ska uppföras utan väderskydd måste fuktbelastningen under byggtiden beaktas t.ex. i konstruktionsdetaljer, monteringsordning, torkningsmöjligheter och fuktmotstånd hos elementen. När väderskydd används kan riskerna med fukt avsevärt begränsas. Vinterförhållanden stör inte heller arbetet. Klass ST3 väderskydd kan minska fuktbelastningen under stomskedet och möjligen främja torkningen av träkonstruktionerna stomskedet.

Ibruktagning

Vid ibruktagningen av byggnaderna måste tillräckligt långsam torkning uppmärksammas. Vid torkning av en byggnad är det viktigt att anpassa torkningen av betong-konstruktionerna till träkonstruktionernas krav på ett kontrollerat sätt. Två faser kan urskiljas vid driftsättning av en byggnad: Uppvärmningsfasen och den inredningsskedet.

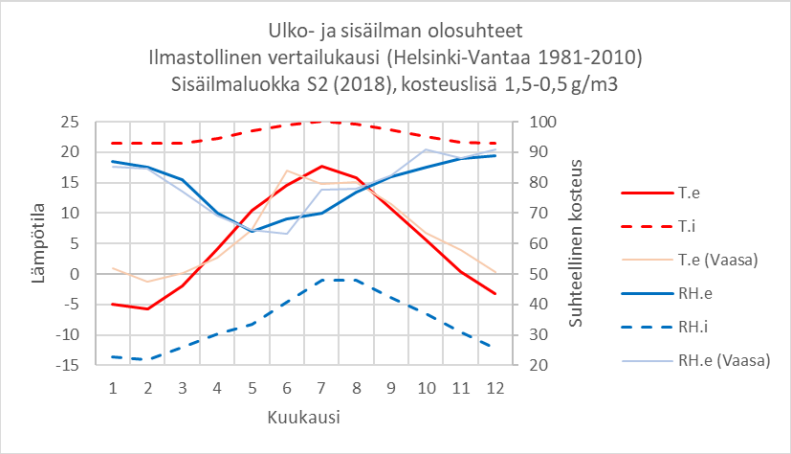
1. **Uppvärmning**
   Uppvärmning av en byggnad kan vanligtvis inledas så snart byggnadshöljet är tillräckligt tätt. Så torkas betongkonstruktioner också vanligtvis. I början av uppvärmningsstadiet är luftens fuktighet vanligtvis mycket hög. Då blir träet vått, även om det har inte har vätts tidigare i byggkedjan. Ett större problem än fuktiga miljöer är att konstruktionerna torkar för snabbt.

2. **Inrednings-skedet**
   Under inredningsskedet har det mesta av fukten avlägsnats från konstruktionerna och det finns en risk att träkonstruktionerna torkar ut för snabbt och risken för sprickbildning ökar, särskilt vintertid, frostperioder. I sådana fall är ersättningsluftens absoluta fuktighet låg. När luften värms opp sjunker dess relativa fuktighet och kan vara som lägst i storleksordningen 10-20%. Av denna anledning måste torkningen av träkonstruktioner ske på ett kontrollerat sätt.

4.4.3 **Arbetsplats miljön**

Följande figurer visar effekterna av variationer i utomhus- och inomhusluftförhållanden på träkonstruktionernas fuktinnehåll. På grund av variationen i förhållanden måste byggtidpunkt och tidtabell för byggandet tas med i beräkningen när man planerar torkning av byggnader av massiva träkonstruktioner, förutom CLT: s tillverknings- och leveransfuktighet. För att ta hänsyn till ovanstående faktorer måste torkning av byggnader i massivt trä alltid planeras projektvis.

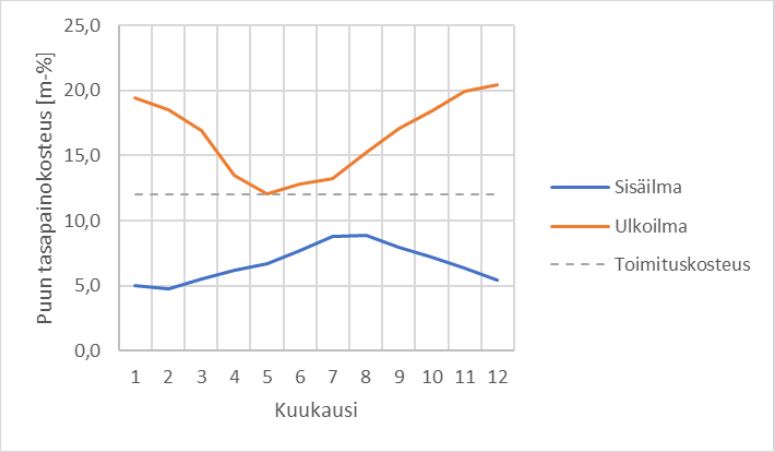
Figur 5 visar förhållandena utomhus (T.e, RH.e) och inomhus (T.i, RH.i) för klimatjämförelseperioden (Helsingfors-Vanda 1981-2010) som månatliga medelvärden. Figuren visar också de månatliga genomsnittliga utomhusförhållandena som uppmätts på Vasa flygplats 2020. Klass S2 enligt klassificeringen inomhusklimat 2018 har använts för inomhusluftstemperaturen och tillägget för luftfuktighet inomhus är 1,5 g / m3 när Te <5 ° C och 0,5 g / m3 när Te> 15 ° C (medelvärden interpolerat).



Figur 5. Referensperiodens temperatur och relativa luftfuktighet utomhus och inomhus. Utomhusförhållanden på Vasa flygplats.

Figur 5 visar att månatliga medelvärden för klimatreferensperioden och Vasas utelufttemperatur och relativa luftfuktighet från år 2020 motsvarar varandra ganska bra för sommarperioden. Utetemperaturerna uppmätta i Vasa under vintern 2020 har varit högre än under den statistiska jämförelseperioden.

Figur 6 visar variationen i träets fuktighet i utomhus- och inomhusluftförhållanden enligt referensperioden för klimatet. Träets jämviktsfukt har beräknats enligt Hailwood-Horrob hydratiseringsmodellen.



Figur 6. Variation av jämviktsfuktigheten hos trä i utomhus- och inomhusluften under den referensperioden.

Beräkningsmässigt varierar träets fuktinnehåll mellan 12-20% i utomhusluften under den referensperioden. I inomhusluften av klass S2 enligt referensperioden mellan 4-9%.

Torkning av träkonstruktioner bör ske stegvis om 6 %. Leveransfuktigheten för CLT är vanligtvis 12 ± 3%. Det framgår ur figur 6 att inomhusluften enligt S2-klass är för torr för att torka träkonstruktioner under uppvärmningssäsongen, vilket bör beaktas i byggnadens fuktighanteringsplan.

4.4.4 Inomhusmiljö och fukthantering - sammandrag

- Torkning av en byggnad av massivt trä till driftsförhållande måste ske på ett kontrollerat sätt.
- Vid torkning av en byggnad är det viktigt att anpassa torkningen av betongkonstruktionerna enligt träkonstruktionernas krav på ett kontrollerat sätt.
- Sprickbildning i trä är ett oundvikligt fenomen. Mängden sprickbildning kan dock påverkas av god planering av fukthantering.
- En byggnad massivt trä rekommenderas att inte byggas utan väderskydd.
- Under uppvärmningssäsongen kan luftfuktigheten inomhus sjunka för lågt för CLT-torkning, vilket bör beaktas i fukthanteringsplanen.

4.4.5 Inomhusmiljö och fukthantering - källor

Puurakenteiden halkeilun hallinta - opas, 2006, VTT

RIL 244-2007 - Puurakenteiden jäykistyksen ja halkeilun hallinta, 2007, RIL ry

RIL 107-2012 - Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, 2012, RIL ry

Puun kosteuskäyttäytyminen, 2011, Puuinfo

CLT Handbook (U.S. Edition), 2013, FPInnovations

Massiivipuurakenteet työmaaolosuhteissa, 2018, Puulehti 3/18, Puuinfo

SFS 5978 - Puurakenteiden toteuttaminen, rakennuksien kantavia rakennusosia koskevat säännöt, 2014, Suomen standardisoimisliitto SFS

TOPTEN-ohjekortti 117c01 Kosteudenhallintaselvitys, Merkitys ja sisältö. Rakennusvalvonta. Yhtenäiset käytännöt. Saatavilla: http://www.pksrava.fi/doc/tulkintakortit/

Insinööripuutuotteet, monikerroslevy (CLT), 2020, Puuinfo. Saatavilla: https://puuinfo.fi/puutieto/insinoorituotteet/monikerroslevy-clt/

5 Beräkning av livscykelkostnad

5.1 Bakgrundsuppgifter och beräkningsgrunder

Objektet består av 2 separata byggnader i 2 våningar, vars totalyta är 9000 m2 Tomtens storlek har i beräkningarna uppskattats vara 16 600 m2

Livscykelkostnaden har beräknats för 3 olika stom-alternativ:

- **Betong-stomme**
- **CLT-stomme**
- **CLT-stomme, värmeisolerad**

Nupris-modellen har använts i beräkningarna och beräkningsperioden för livscykelkostnaderna är 20 år

I livscykelkostnadsberäkningen har räntenivån, kostnadsökningen och energi- och vattenpriserna i underhållskostnaderna uppskattats baserat på genomsnittliga faktiska priser.

Beräkningarna har utförts med följande uppgifter:

- Diskonteringsränta 3%
- Verkliga priser för årliga drifts-, underhålls- och underhållskostnader har beaktats
- Den årliga höjningen av elpriset har inte beaktats
- Den årliga höjningen av energipriser har inte beaktats

Beräkningen baseras på beräkningsinstruktionerna för Green Building Council Finland (GBCF). Den europeiska standarden CEN / TC 350 - Sustainability of Construction Works för livscykelkostnader EN 15643-4. GBCF-beräkningsriktlinjen har tillämpats i följande avseenden: den årliga höjningen av energipriser har inte beaktats.

5.2 Kostnadsfördelning

5.2.1 Investeringskostnad

Investeringskostnaden har beräknats enligt Haahtelas målprismetoden. Nedan investeringskostnaderna för de tre olika alternativen.

Investeringskostnader som används i beräkningen:

- **Betong-stomme:** 22 699 000 € (moms 0%)
- **CLT-stomme:** 23 099 000 € (moms 0%)
- **CLT-stomme, värmeisolerad:** 22 899 000 € (moms 0%)

Stommens andel i av totala investeringskostnaderna för betong-alternativet är cirka 15 % och för CLT-stommen ca 17 %.

Investeringskostnaderna för de tre olika lösningarna skiljer sig endast för stommen, skillnaderna är följande:

- **Betongstomme:** yttervägg se konstruktionstyp US3, betongbjälkag (ytmaterial + spackel 10mm + gjutning 80mm + ontelo-element O32), bärande mallanväggar betong
- **CLT-stomme:** yttervägg se konstruktionstyp US1, mellanbjälklag se konstruktionstyp VP1, bärande mellanväggar CLT
- **CLT-stomme, isolerad:** yttervägg se konstruktionstyp US2, mellanbjälklag se konstruktionstyp VP1, bärande mellanväggar CLT

5.2.2 Underhålls- och driftskostnader

Underhålls- och driftskostnader har uppskattats (målprisuppskattning) med Kustannustieto Taku 2020-programmet baserat på genomsnittliga faktiska data som samlats från motsvarande byggnader. Energiförbrukningen har uppskattats utifrån en grov E-värdesberäkning. Den årliga underhållskostnaden tar inte hänsyn till eventuella prishöjningar.

Underhålls- och driftskostnader inkluderar följande:

- Förvaltning
- Skötsel och underhåll (byggnads- och utomhusområden, avfallshantering)
- Städning
- Energi och vatten
- Årliga reparationer (0,4% av investeringskostnaden / år, investeringskostnaden som används i beräkningen inkluderar inte reserveringar)
- Försäkringar

Beräknade driftskostnader:

- **Betong-stomme:** 550 219 € / år (moms 0%)
- **CLT-stomme:** 555 502 € / år (moms 0%)
- **CLT-stomme, värmeisolerad**: 551 143 € € / år (moms 0%)

Underhålls- och driftskostnaderna för de tre olika lösningarna skiljer sig åt när det gäller energikostnader, den beräknade energiförbrukningen för CLT-stommen är högst på grund av ytterväggens värmeöverföringskoefficient, dvs. u-värdet. Dessutom skiljer alternativens årliga reparationskostnader beräknat från investeringskostnaden.

Värmeöverföringskoefficienter för ytterväggar, dvs u-värden enligt konstruktionstyper:

- **Betong-stomme:** ytterväggens u-värde är 0,17 W/m^{2}K
- **CLT-stomme:** U-värdet på ytterväggen är 0,39 W/m^{2}K
- **CLT-stomme, värmeisolerad:** U-värdet på ytterväggen är 0,16 W/m^{2}K

5.2.3 Fastighetens underhållsplan (PTS)

Kostnaderna för PTS-reparationer har uppskattats till en grov nivå baserat på standardreparationer under en 20-årsperiod. Utgångspunkten för PTS-reparationskostnadsprognosen är att bibehålla fastighetens tekniska skick under

granskningsperioden. PTS-reparationskostnaderna inkluderar konstruktion, ventilation- och elektriska system.

För att fastställa PTS-reparationskostnaderna har instruktionskortet KH90-00403 och informationen i Haahtelas Kustannustieto 2020 använts. De presenterade PTS-reparationskostnaderna har beräknats för en 20-årsperiod så att åtgärderna utförs efter 10, 15 och 20 år.

Betydanden PTS-reparationskostnader:

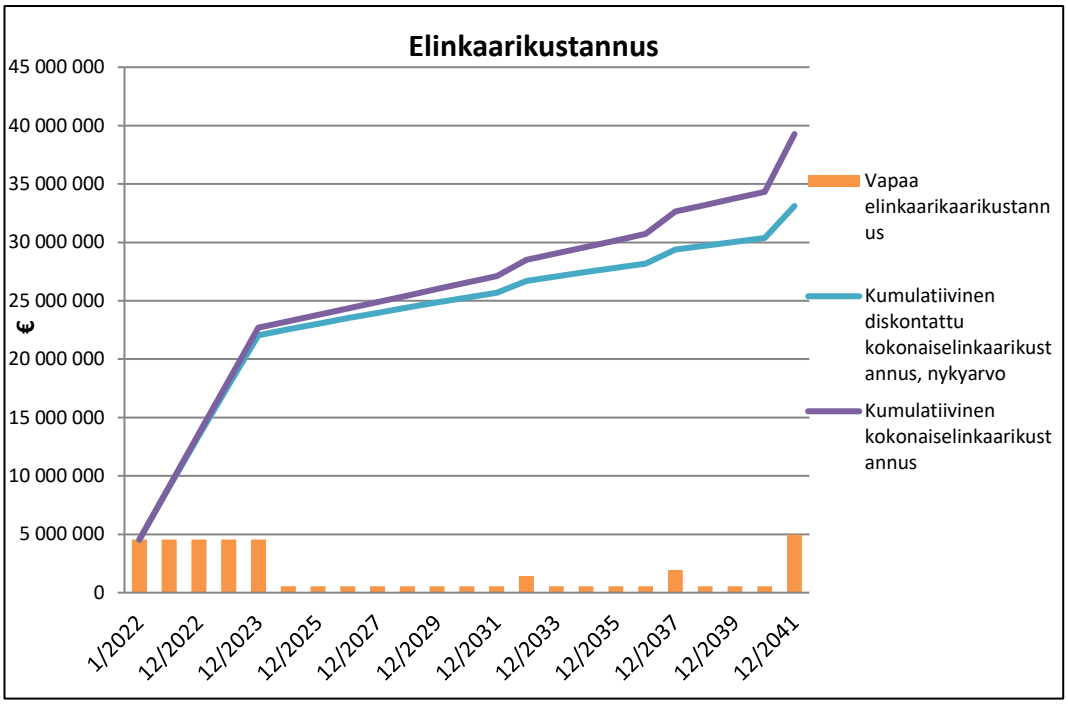
- Tio års reparation, total kostnadsnivå ~ 90 € / brm2
  - IT, larm- och övervakningssystem, duschar och kranar (termostatblandare), dörrbeslag, belysningsarmaturer, lekplatsutrustning, husutrustning
- 15 års reparation, total kostnadsnivå ~ 145 € / brm2
  - Köksapparater, termostatventiler, våtrumsytor och inredning, mindre fasadreparationer (t.ex. elementfogar eller underhållsmålning), gårdsytor
- 20 års reparation, total kostnadsnivå ~ 460 € / brm2
  - Målning av vägg och tätning, förnyande av golvytor, ventilationsfläktar, kylteknik, värmeväxlare, duschar och kranar (termostatblandare), belysningsarmaturer, gårdens träkonstruktioner (staket, mm), ytterdörrar av metall

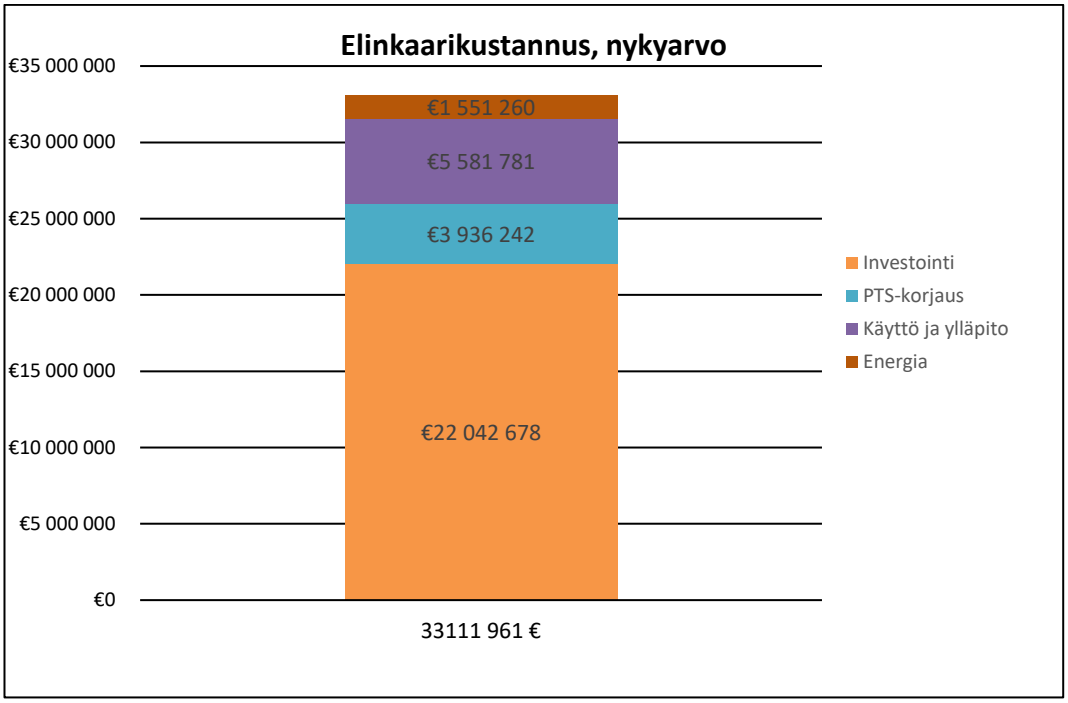
5.3 Livscykelkostnad

5.3.1 Betongstomme

Beräkningsperiod:	20	år
Byggnadens bruttoyta:	9599	brm^2
Diskonteringsränta: (GBCF)	3	%

	Nupris / period	**Nupris**
	€ / vuosi	€
Investering	1 102 134	22 042 678
PTS-reparation	196 812	3 936 242
Drift och underhåll	279 089	5 581 781
Energi	77 563	1 551 260
Totalt	**1 655 598**	**33 111 961**

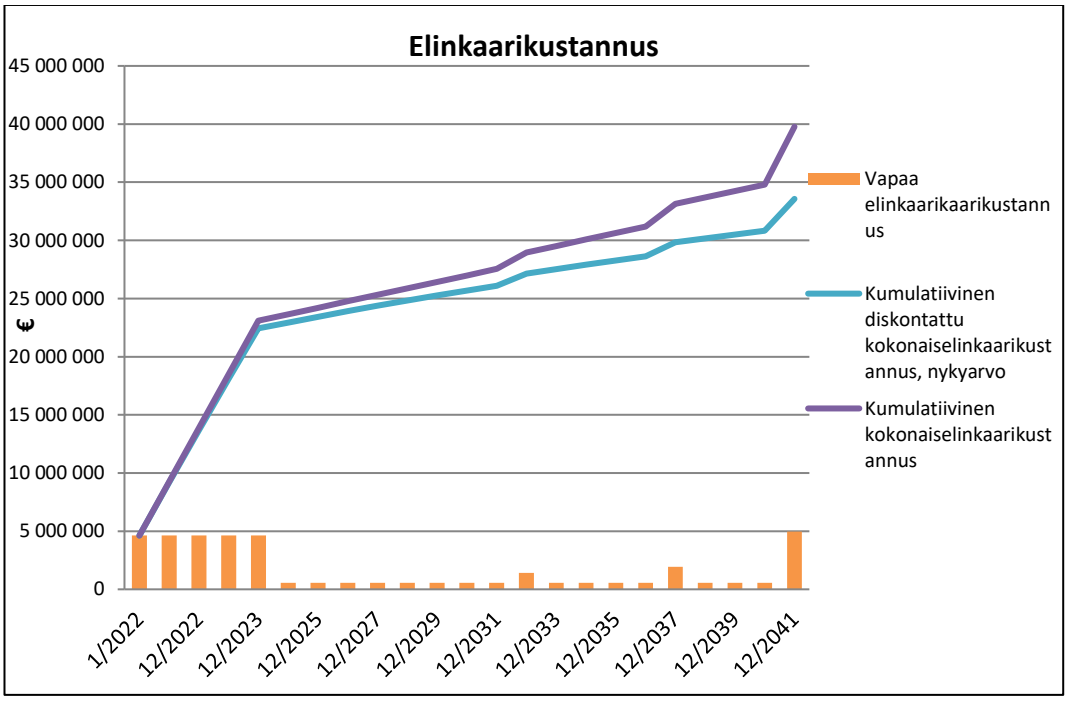

Elinkaarikustannus
45 000 000
40 000 000
35 000 000
30 000 000
25 000 000
20 000 000
15 000 000
10 000 000
5 000 000
0
€
1/2022
12/2022
12/2023
12/2025
12/2027
12/2029
12/2031
12/2033
12/2035
12/2037
12/2039
12/2041
Vapaa elinkaarikaarikustannus
Kumulatiivinen diskontattu kokonaiselinkaarikustannus, nykyarvo
Kumulatiivinen kokonaiselinkaarikustannus

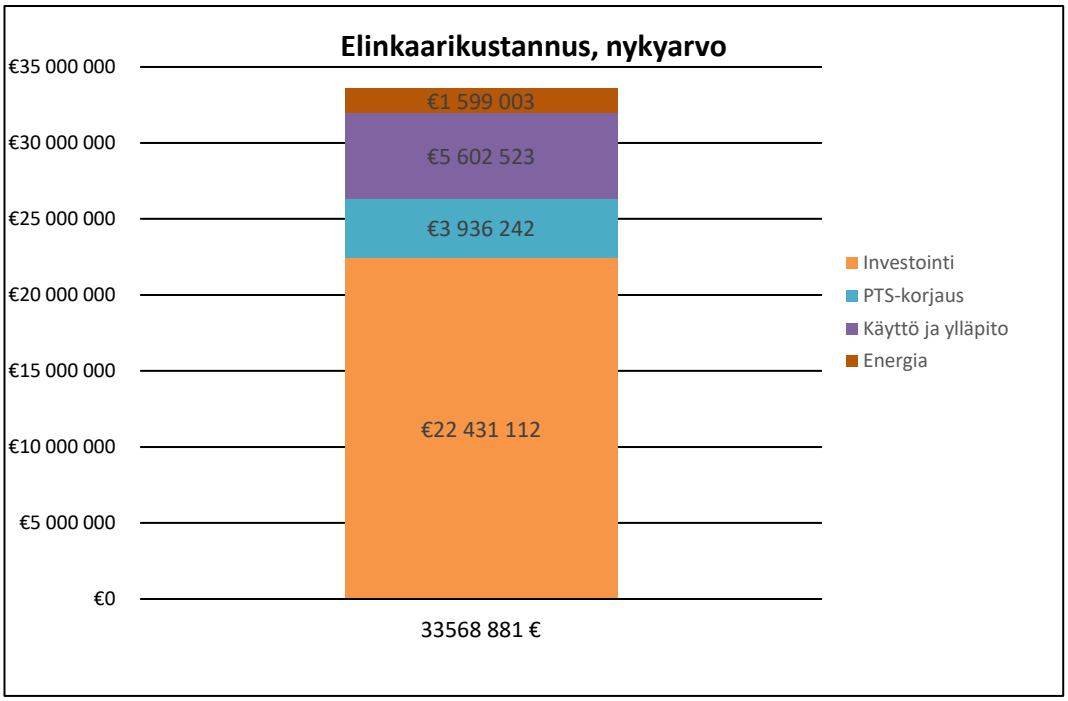

Elinkaarikustannus, nykyarvo
€35 000 000
€30 000 000
€25 000 000
€20 000 000
€15 000 000
€10 000 000
€5 000 000
€0
€1 551 260
€5 581 781
€3 936 242
€22 042 678
33111 961 €
Investointi
PTS-korjaus
Käyttö ja ylläpito
Energia

5.3.2 CLT-stomme

Beräkningsperiod:	20	år
Byggnadens bruttoyta:	9599	brm^2
Diskonteringsränta: (GBCF)	3	%

	Nupris / period	Nupris
	€ / vuosi	€
Investering	1 121 556	22 431 112
PTS-reparation	196 812	3 936 242
Drift och underhåll	280 126	5 602 523
Energi	79 950	1 599 003
Totalt	**1 678 444**	**33 568 881**

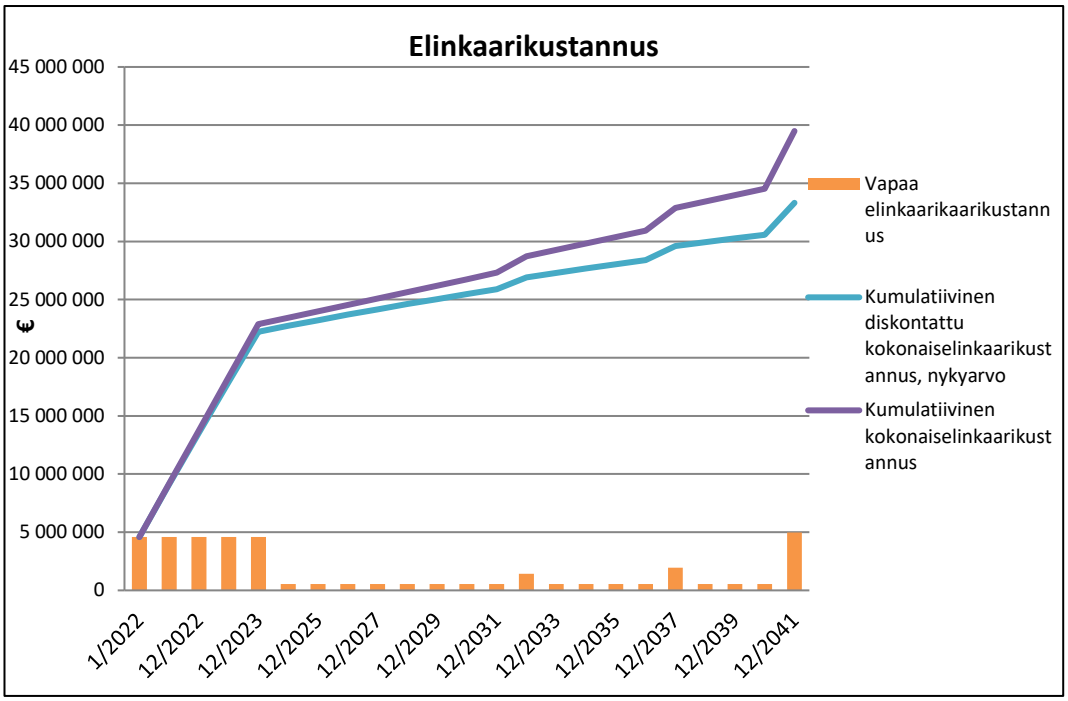


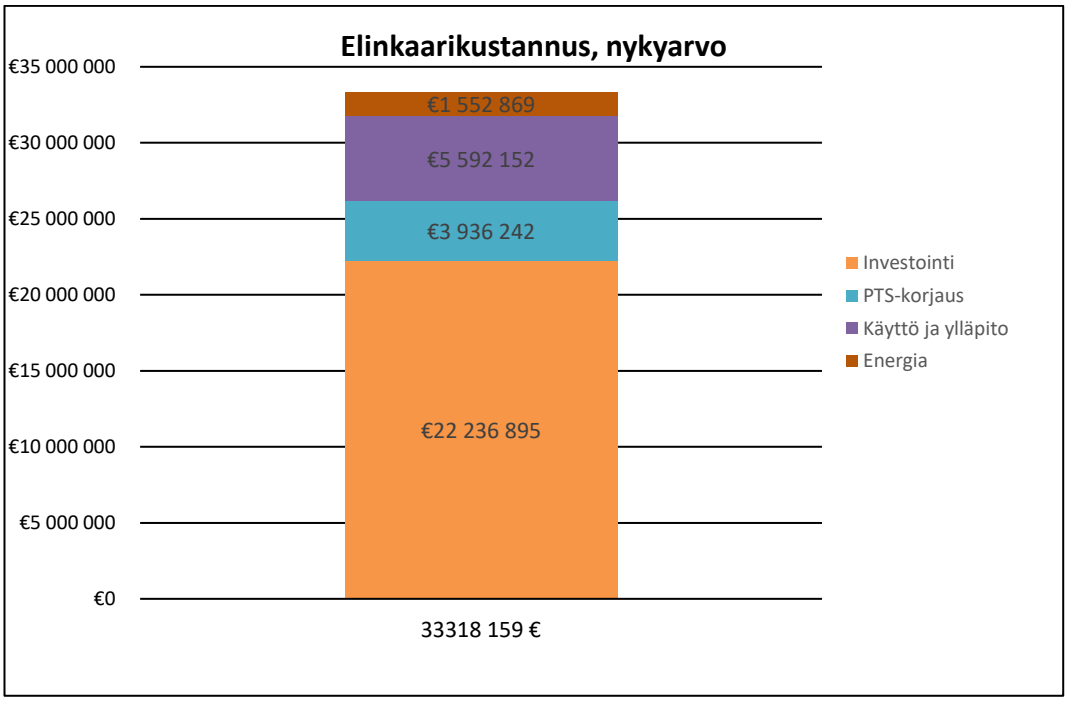


5.3.3 CLT-stomme, värmeisolerad

Beräkningsperiod:	20	år
Byggnadens bruttoyta:	9599	brm^2
Diskonteringsränta: (GBCF)	3	%

	Nupris / period	Nupris
	€ / vuosi	€
Investering	1 111 845	22 236 895
PTS-reparation	196 812	3 936 242
Drift och underhåll	279 608	5 592 152
Energi	77 643	1 552 869
Totalt	**1 665 908**	**33 318 159**


Elinkaarikustannus
45 000 000
40 000 000
35 000 000
30 000 000
25 000 000
20 000 000
15 000 000
10 000 000
5 000 000
0
€
1/2022
12/2022
12/2023
12/2025
12/2027
12/2029
12/2031
12/2033
12/2035
12/2037
12/2039
12/2041
Vapaa elinkaarikaarikustannus
Kumulatiivinen diskontattu kokonaiselinkaarikustannus, nykyarvo
Kumulatiivinen kokonaiselinkaarikustannus


Elinkaarikustannus, nykyarvo
€35 000 000
€30 000 000
€25 000 000
€20 000 000
€15 000 000
€10 000 000
€5 000 000
€0
€1 552 869
€5 592 152
€3 936 242
€22 236 895
33318 159 €
Investointi
PTS-korjaus
Käyttö ja ylläpito
Energia

5.4 Sammanfattning

Skillnaderna i den totala livscykelkostnaden mellan de olika alternativen beror främst på investeringskostnaden och kostnaderna för den beräknade energiförbrukningen.

Total livscykelkostnad (nuvärde) för alternativen:

- **Betong-stomme:** 33 111 961 € (moms 0%)
- **CLT-stomme:** 33 568 881 € (moms 0%)
- **CLT-stomme, värmeisolerad:** 33 318 159 € (moms 0%)

Den totala livscykelkostnaden för betongstommen är lägst och högst för CLT-stommen. Skillnaden är 456 920 € (moms 0%).

Förutom valet av stomme kan de totala livscykelkostnaderna påverkas t.ex. av följande:

- Investeringskostnader:
    - Byggnadsform, arkitektur
    - Utrustningsnivå, ytmaterial
- Drift- och underhållskostnader
    - husteknik
    - uppvärmningsform

Beräkningarna har uppgjorts baserat på information från kunden och projektplanen (3.11.2020). Beräkningarna har utarbetats i planeringsskedet utan information om de slutliga tekniska lösningarna. Därför bör informationen betraktas som vägledande och bör uppdateras när planeringen framskrider och vid utarbetandet av fastighetsunderhålls-planen (PTS).

6 Beräkning av koldioxidavtryck

Till byggnaden gjordes en koldioxidutsläppberäkning enligt Miljöministeriets utvärderingsmetod för koldioxidsnålt byggande 2019. Med bedömningen av koldioxidsnålheten i byggnaden försöker man minska på byggnadens koldioxidutsläpp under hela livscykeln med ordentlig förhandsplanering. Undersöksperioden i beräkningen är 50 år, innehållande hela byggnadens livscykel. Byggnadens energianvändningens koldioxidavtryck tas i beaktande vid beräkningen av byggnadens E-värde.

Med koldioxidavtrycket menar man koldioxidutsläpp orsakade av människans aktiviteter. Beräkningen av koldioxidavtrycket innehåller byggnadens material (tomt, byggnad och byggteknik), transporten till byggplatsen och byggnadsplatsaktiviteter, användning och reparation samt undanröjandet och återvinningen. I svaren framställer man också de beräknade kolavtrycken.

Med kolavtrycken menar man sådana klimatfördelar som kan uppnås under byggnadens livscykel och som inte skulle uppkomma utan byggprojektet. Koldioxidavtryckets och kolavtryckets enhet är koldioxidkvantitet (CO_2e), som tar till beaktande också andra betydelsefulla växthusgaser, såsom metan (CH_4) och lustgas alltså dikväveoxid (N_2O).

Nuförtiden är beräkningen av koldioxidavtrycket till byggprojektet frivilligt, men det är på kommande gränsvärden på 2020-talet, som måste uppfyllas i byggprojekt.

6.1 Beräkningens förhandsinformation och programvara för beräkningen

Byggnads målet består av två skilda tvåvåningsbyggnader, vars totala area är 9000 m^2. Fönster arean uppskattades vara 30 % av byggnadens yttervägg. Byggnads målets koldioxidavtryck beräknades med hjälp av One Click LCA-programvaran, som använder antagna värden samt – area för strukturer och komponenter. Koldioxidavtrycket och kolavtrycket beräknades med tre olika stomlösningar enligt de strukturella planerna: betongstommen, CLT-stommen och CLT -stomvärmeisolering. Till det uppskattade värdet för koldioxidavtrycket för energianvändningen gjordes en grov beräkning av E-värdet.

6.2 Beräkningsresultat

I tabellen nedanför presenteras koldioxidavtrycket och kolavtrycket för varje stomkonstruktion. I bilderna 1–6 presenteras bättre för varje stomkonstruktions resultat delade i livscykelns olika delar. Cirka halva av livscykelns koldioxidutsläpp kommer från användningen av byggnadens energikonsumtion. Energikonsumtionens utsläpp hålls samma för betong och CLT -stommens alternativ. Även andra koldioxidutsläpp än under tillverknings skedets livscykel ändras inte mellan olika stomkonstruktionerna. I koldioxidutsläppen i tillverkning skedet syns betongens större andel jämfört med CLT. Resultaten skiljer sig mycket i kolavtrycket mellan betong och CLT-stommarna. Skillnaden i koldioxidavtrycket mellan CLT -stommarna och betongstommen är cirka 10%.

Stomlösning	Koldioxidavtryck	Kolavtryck
	kg Co_2e / m^2 / år	kg Co_2e / m^2 / år
Betong	13.92	-3
CLT	12.37	-11.76
CLT med värmeisolering	12.40	-10.74

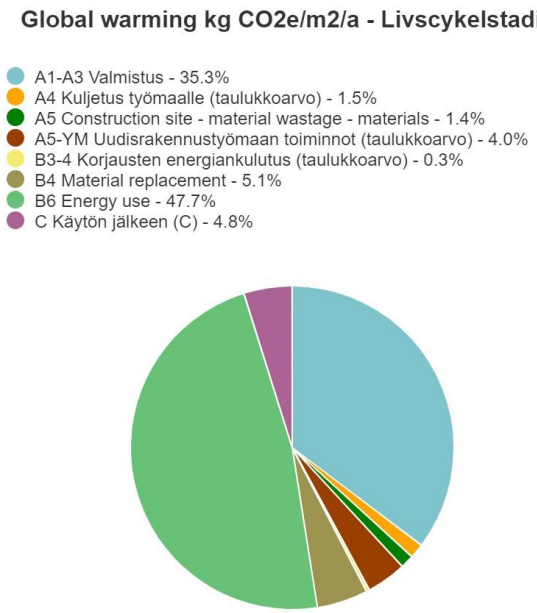


Bild 1: Koldioxidavtryckets beräkningens resultat i livscykelns olika delar.

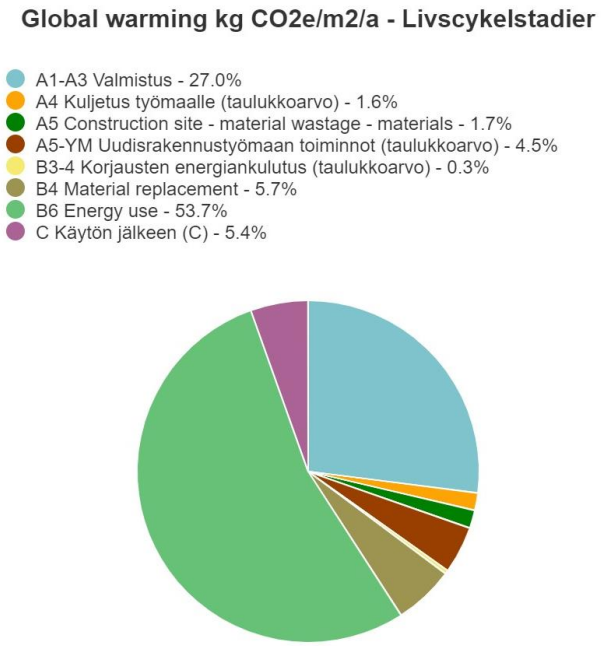


Bild 2: Koldioxidavtryckets resultat i livscykelns olika delar för CLT -stommen.

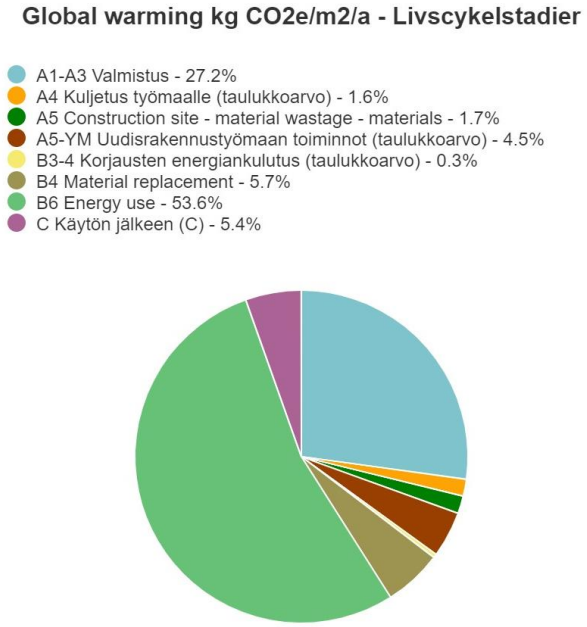


Bild 3: Koldioxidavtryckets resultat i livscykelns olika delar för CLT -stomisolering.

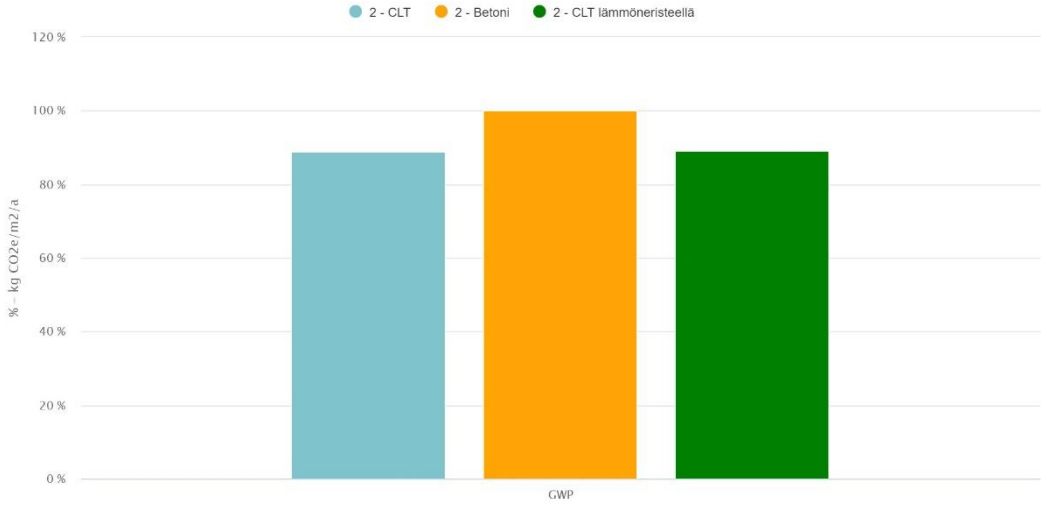


Bild 4: Olika stomalternativens koldioxidavtrycks resultat.

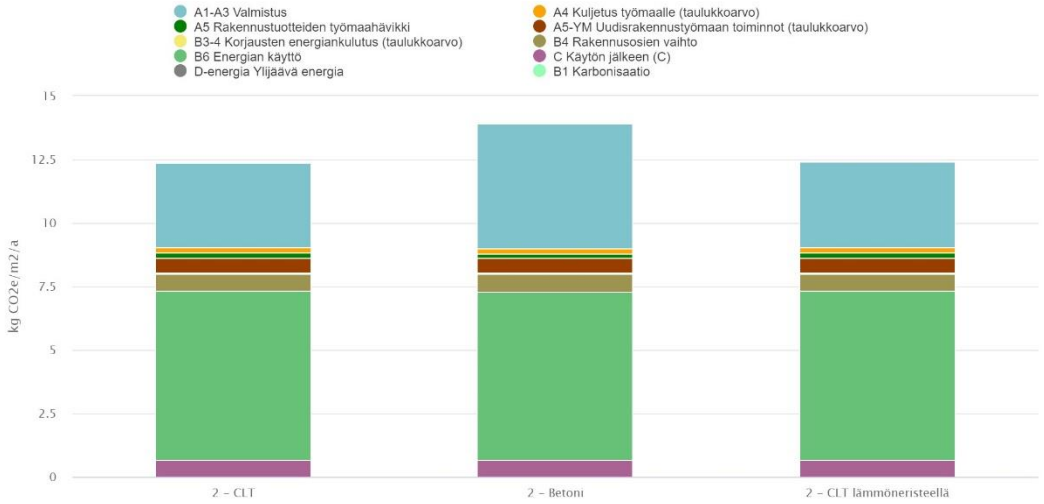


Bild 5: Olika stomalternativernas koldioxidavtryck i livscykelns olika delar.

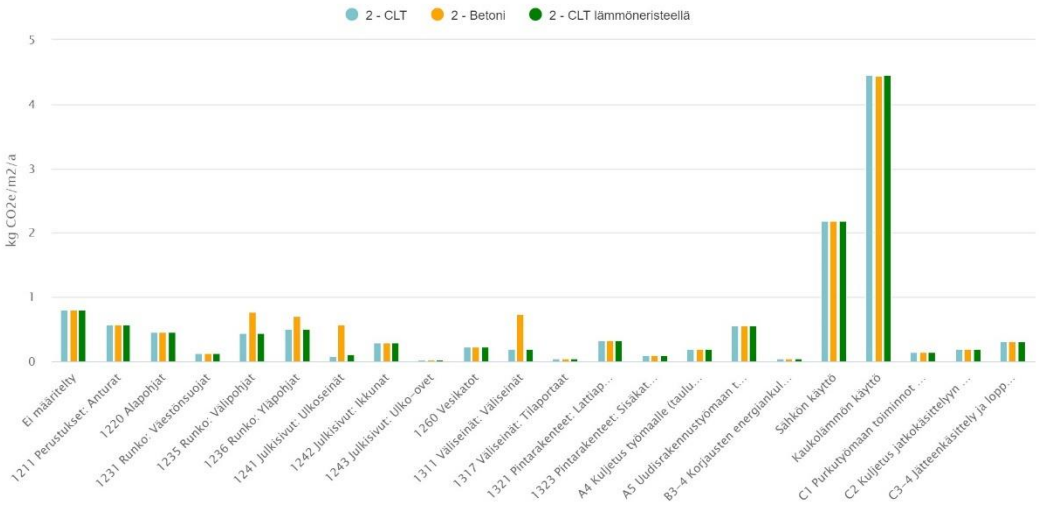


Bild 6: Olika stomalternativernas koldioxidavtryck uppdelade till element.

6.3 Sammanfattning

Till byggnads målet beräknades koldioxidutsläppen och kolavtrycken med tre olika stomkonstruktioner. Resultaten av energiförbrukningen och andra komponenter än undergolvet, övre sulan, ytterväggarna och mellanväggarna förändrades inte mellan de olika stomkonstruktionerna. Skillnaderna i stomkonstruktionernas resultat kom fram i ovan nämnda byggkonstruktionerna, som syns i bild 6.

CLT -stommens koldioxidavtryck i beräkningen är cirka 10 % mindre än för betongstrukturen. I denna byggnads målets fall innebär det cirka 14 ton mindre koldioxidutsläpp årligen. CLT stomlösningen har en positiv klimatpåverkan alltså koldioxidavtrycket är flerfaldig jämfört med betongstommen. Man beräknar att cirka 77 ton koldioxid binds till CLT stommens lösningar årligen under byggnads målets livscykel.

Sweco Rakennetekniikka Oy	Sweco Talotekniikka Oy	Sweco PM Oy
Petri Kokkonen	Anu Hannukkala	Kaisa Salmi, Peter Hedström

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	SUUNN.	PVM.	TARK.

K.OSA/KYLÄ	KORTTELI/TILA	TONTTI/RNo	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
.	.	.	

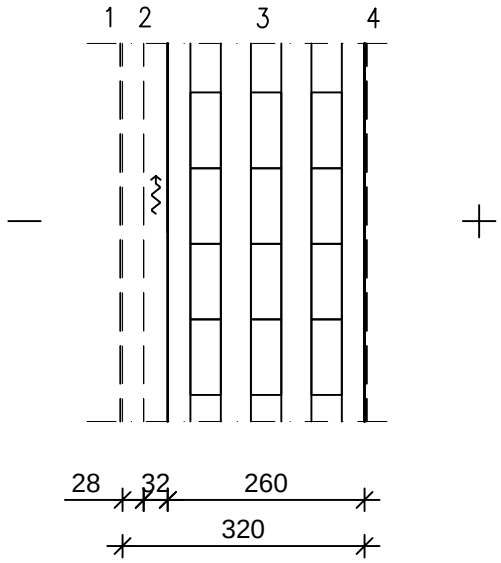
RAKENNUKSEN TAI RAKENNUSTEN NUMEROT TAI TUNNUKSET

UUDISRAKENNUS	RAKENNEPIIRUSTUS	JUOKSEVA NRO
MUSTASAARI, CLT-KEHITYS . .	RAKENNETYYPIT	MITTAKAAVAT ENNEN PIEN. 1:10

SWECO Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 393 000 www.sweco.fi	TARKASTAJA	SUUNNITTELUALA RAK
		HYVÄKSYJÄ	SUUNN. TYÖN NRO 10811691

PVM.	PIIRTÄJÄ	SUUNNITTELIJA	S.LAJI	LOHKO	KRS	LAJI	NRO	MUUTOS
xx.xx.xxxx	FIPKOK	Petri Kokkonen, RI	R			.	.	

SWECO Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 10811691 PVM. xx.xx.xxxx PIIRTÄJÄ FIPKOK	US1	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS
KOHDE MUSTASAARI, CLT–KEHITYS		SISÄLTÖ Ulkoseinät, CLT Kuivat tilat		



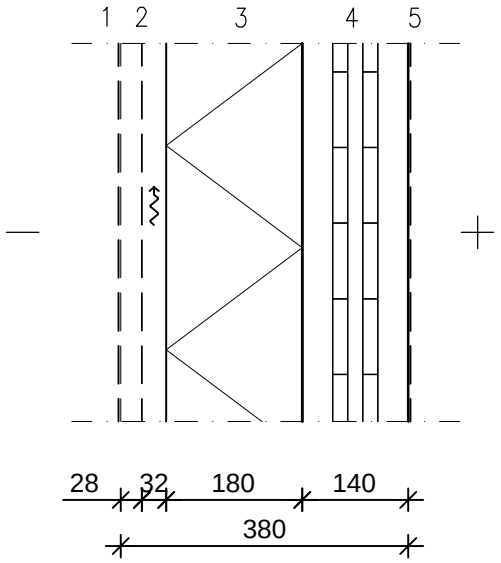
1 Pintakäsittely rakennusselostuksen mukaan
2 Julkisivuverhous
– Julkisivulaudat 28 mm arkkitehtisuunnitelmien mukaan
– Pysty– tai ristikoolaus K600, kiinnitys CLT–runkoon, koolausten järjestys julkisivulaudoituksen suunnan mukaan
260 mm 3 Kantava rakenne, CLT 260 tuoteosasuunnitelmien mukaan CLT–elementtien saumat tiivistetään rakennesuunnittelijan ja valmistajan ohjeiden mukaan
4 Pintakäsittely huoneselostuksen mukaan

TYÖOHJEET JA TOIMENPITEET:

– CLT– seinän liitokset valmistajan ohjeen mukaan
– seinien tukirakenteet rakennesuunnitelmien mukaan
– ikkunoiden karmivälien eristys ja tiivistys erikoispiirustuksen mukaan
– seinärakenteet on suojattava kastumiselta koko rakennustyön ajan.

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	~0,39W/m²K	YM asetus 1010/2017:	vertailuarvo 0,40W/m²K
ÄÄNENERISTÄVYYS:	–	YM asetus 796/2017:	–
PALONKESTÄVYYS:	–	YM asetus 848/2017	–

SWECO Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 10811691 PVM. xx.xx.xxxx PIIRTÄJÄ FIPKOK	US2	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS .
KOHDE MUSTASAARI, CLT–KEHITYS		SISÄLTÖ Ulkoseinä, CLT+lämmöneriste Kuivat tilat		



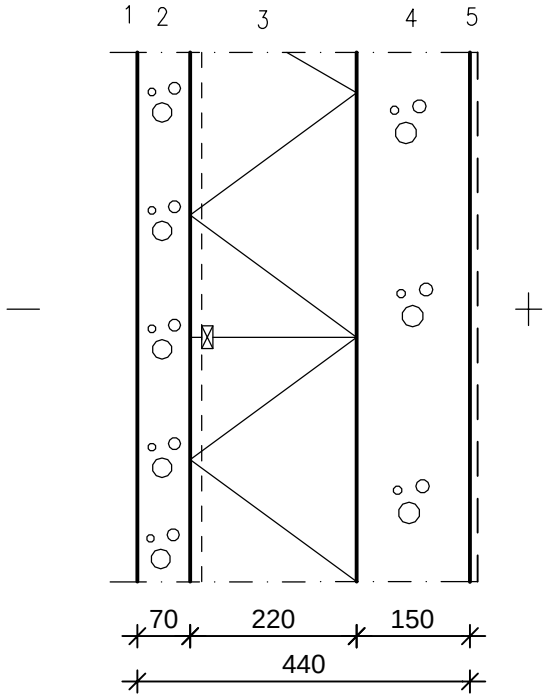
	1	Pintakäsittely rakennusselostuksen mukaan
	2	Julkisivuverhous – Julkisivulaudat 28 mm arkkitehtisuunnitelmien mukaan. – Pysty– tai ristikoolaus k600, koolauksen järjestys julkisivulaudoituksen suunnan mukaan. – Koolauksen kiinnitys rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan.
180 mm	3	Tuulensuojapinnoitettu lämmöneriste esim. Paroc Cortex One (λ_d = 0,033 W/mK)
140 mm	4	Kantava rakenne, CLT tuoteosasuunnitelmien mukaan. CLT–elementtien saumat tiivistetään rakennesuunnittelijan j valmistajan ohjeiden mukaan.
	5	Pintamateriaali ja –käsittely arkkitehtisuunnitelman mukaan

TOTEUTUS– JA SUUNNITTELUOHJEET:

– Tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan.
– Veden ja kosteuden poisto rakennuksen alaosasta sekä ovien ja ikkunoiden päältä rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan.
– Koolauslaudat kiinnitetään vinoruuvauksella CLT–runkoon.
– Eristeen tuulensuojapintaan tehtävät reiät tiivistettävä/teipattava ja rakennusaikasesta suojauksesta huolehdittava.

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	U= 0,16 W/m²K	YM asetus 1010/2017	vertailuarvo U= 0,17 W / m²K
ÄÄNENERISTÄVYYS:	–	YM asetus 796/2017	–
PALONKESTÄVYYS:	–	YM asetus 848/2017	–

SWECO Sustainable engineering and design	SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 10811691 PVM. xx.xx.xxxx PIIRTÄJÄ FIPKOK	US3	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS .
KOHDE MUSTASAARI, CLT–KEHITYS		SISÄLTÖ Betoniulkoseinä, kantava sandwich–elementti Mineraalivillaeriste Kuivat tilat		



	1	Pintamateriaali ja –käsittely rakennusselostuksen mukaan
70 mm	2	Teräsbetoni rakennesuunnitelmien mukaan
220 mm	3	Ristiin uritettu urasuojattu mineraalivilla, $\lambda d \leq 0.035$ W/mK nimellispaksuus eristetoimittajan painumavaran mukaan
150 mm	4	Teräsbetoni rakennesuunnitelmien mukaan
	5	Pintamateriaali ja –käsittely huoneselostuksen mukaan

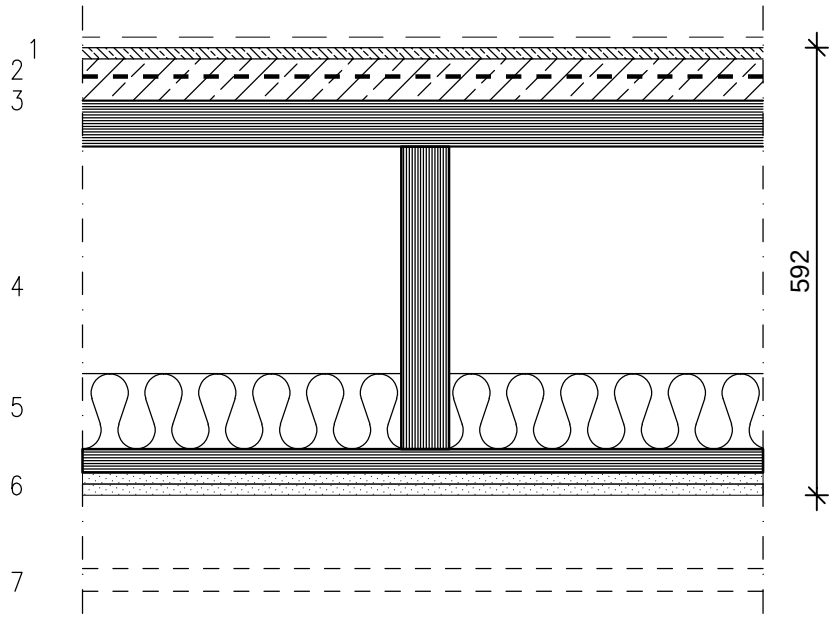
TOTEUTUS– JA SUUNNITTELUOHJEET:

- ruostumattomat ansaat rakennesuunnitelmien mukaan
- lämmöneristeen tuuletus rakennesuunnittelijan ohjeen mukaan
- elementtien vaakasaumoihin tulevat tuuletusputket vähintään k 2000
- julkisivubetonin laatuvaatimukset ks. elementtityöselitys
- sisäkuoreen tulevien sähköputkituksien päihin liitoskappaleet, yläpään sijainti keskeisesti elementtiin
- julkisivun mahdolliset pintaverhoilut arkkitehtisuunnitelmien mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN 0.17 W/m²K, YM asetus 1010/20172 vertailuarvo 0.17

PALONKESTOLUOKKA: REI 90 (aina)
REI 120 (kun sisäkuoren paksuus 160mm)

SWECO Sustainable engineering and design	**SWECO RAKENNETEKNIIKKA Oy** HATANPÄÄN VALTATIE 11 33100 TAMPERE PUH. 0207 392 200 www.sweco.fi	SUUNN. TYÖN NRO 10811691 PVM. xx.xx.xxxx PIIRTÄJÄ FIPKOK	VP1	MITTAKAAVA 1:10 MUUTOS
KOHDE MUSTASAARI, CLT–KEHITYS		SISÄLTÖ Välipohja L = ~7500		



		1	Pintamateriaali
15	mm	2	Tasoitevalu
55	mm	3	Lattiavalu, betoni C25/30, keskeinen raudoitus #6–150
492	mm	4	LVL–kotelolaatta elementtirakenteena
100	mm	5	Mineraalivilla, 100mm, $\rho \geq 30 kg/m^3$
30	mm	6	Palokipsilevyt 2xGF15
		7	Alakatto rakennusselostuksen mukaan

LÄMMÖNLÄPÄISYKERROIN:	–	YM asetus 1010/2017:	–
ÄÄNENERISTÄVYYS:	52dB DnT,W	YM asetus 796/2017:	min 52 dB
	63dB L'nT,w+Cl,50–2500	YM asetus 796/2017:	max 63 dB
PALONKESTÄVYYS:	R30	YM asetus 848/2017	vaatimus R30