



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Heikki Henriksson

# Puuportaiden suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinööriyö

26.3.2020

Tekijä Otsikko	Heikki Henriksson Puuportaiden suunnittelu
Sivumäärä Aika	59 sivua + 6 liitettä 26.3.2020
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Lehtori Mauri Konttila (Metropolia) Toimitusjohtaja Kari Laitinen (Hovinikkarit Oy)
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Hovinikkarit Oy:lle ja sen tarkoitus oli tutkia sekä kerätä yhteen eri tietolähteistä puuportaiden suunnitteluun vaikuttavia normeja. Tarkoitus oli keskittyä pääasiallisesti portaan käyttö- ja paloturvallisuuteen. Lisäksi tutkittiin rakennusmateriaalien tuotehyväksyntää Suomessa teollisesti valmistettujen puuportaiden näkökulmasta katsottuna. Tämän myötä tutkittiin myös puun ominaisuuksia rakennusmateriaalina ja puuportaiden lujuuteen liittyviä suunnitteluteknisiä seikkoja.</p> <p>Tutkimus suoritettiin tutustumalla aiheeseen liittyvään kirjalliseen materiaaliin kuten voimassa oleviin Suomen lakeihin, asetuksiin sekä alempiasteisiin standardeihin ja suosituksiin. Portaiden käyttöturvallisuuden osalta lähdeaineistoon kuului myös saksalainen DIN 18065 normisto. Lisäksi suoritettiin henkilöhaastatteluja sekä tehtiin yrityksen tuotannossaan hyödyntämien porraskomponenttien mitoituksen lujuustarkastelua Finnwood-ohjelmalla.</p> <p>Työhön ryhdyttiin koska puuportaiden suunnitteluun liittyvät normit ovat hyvin hajallaan eri lähteissä ja lisäksi monet niistä olivat uudistuneet hiljattain. Koettiin siis tarpeelliseksi kerätä yhteen suunnitteluohjeita ainakin opinnäytetyön aihepiiriin nimetyiltä alueilta. Hovinikkarit Oy on myös hankkimassa portailleen tuotehyväksynnän osoittavaa standardia, varmennustodistusta, ja siksi tuotehyväksyntä nivoutui oleelliseksi osaksi opinnäytetyötä. Yritys harjoittaa puuportaiden vientiä Saksaan, joten katsottiin tarpeelliseksi peilata suomalaista portaiden käyttöturvallisuusnormistoa vastaavaan Saksan kansalliseen DIN-normistoon.</p> <p>Opinnäytetyössä saatiin selvitettyä muun muassa, että varmennustodistus ei edellytä puuportaiden materiaalina käytettävältä liimapuulevyiltä CE-merkintää mutta valmistajan on pystyttävä osoittamaan käyttämänsä liimalevyn materiaali ja lujuusominaisuudet. Saksalainen DIN-normisto on käyttöturvallisuuden osalta joissakin tapauksissa sallivampi kuin Suomen käyttöturvallisuusasetus. Kokonaan palosuojaamattomasta puusta valmistettu porraskomponentti voidaan pintaluokkansa vuoksi sijoittaa ensisijaisesti P3-paloluokan rakennukseen.</p>	
Avainsanat	Puuportaati, tuotehyväksyntä, käyttöturvallisuus, paloturvallisuus

Author Title	Heikki Henriksson Design of Wooden Stairs
Number of Pages Date	59 pages + 6 appendices 26.3.2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Structural Engineering
Instructors	Mauri Konttila, Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences Kari Laitinen, Managing Director, Hovinikkarit Oy
<p>This thesis was done for Hovinikkarit Oy and its purpose was to study and gather information from different sources of the norms affecting the design of wooden stairs. The main purpose was to focus on operational and fire safety of the staircase. In addition, the product approval of building materials from the perspective of industrially manufactured wooden stairs was examined. The properties of wood as a building material and design aspects of the strength of wooden stairs were also investigated.</p> <p>The study was conducted mainly by reading related material, such as current Finnish legislation, as well as subordinate legal advice, standards and recommendations. As regards the safety of the stairs, the source material also included the German DIN 18065 standard. In addition, personal interviews were conducted, and the strength measurements of the staircase components used in the company's production were carried out with the Finnwood software.</p> <p>This thesis was undertaken because the standards for the design of wooden stairs are very scattered in different legal guidelines, and many of them were recently renewed. Thus, it was felt necessary to collect design guidelines at least from the areas designated for the thesis. Hovinikkarit Oy is also in the process of acquiring a national certificate for its stairs, which is why product certification became an integral part of the thesis. The company is engaged in the export of wooden stairs to Germany; thus, it was considered necessary to mirror the German national DIN standard, which corresponds to the Finnish stair safety standard.</p> <p>The thesis found, for example, that the Finnish national certificate does not require CE marking on the glued board used as the material for the wooden stairs, but the manufacturer must be able to demonstrate the material and strength properties of the glued board used. In many respects, the German DIN standard is more permissible in terms of safety than the Finnish safety regulation. A stair which is not made entirely of nonflame retardant wood, can be placed primarily in a P3 fire class building due to their surface class.</p>	
Keywords	wooden staircase, the use of safety, fire safety

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä	2
2.1	Yleistä	2
2.2	CE-merkintä	2
2.3	Kansalliset hyväksyntämenettelyt	3
2.3.1	Tyyppihyväksyntä	3
2.3.2	Varmennustodistus	4
2.3.3	Valmistuksen laadunvalvonta	5
2.3.4	Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen	5
2.4	Portaiden tuotehyväksyntä	5
3	Käyttöturvallisuus	7
3.1	Ohjaavia normeja	7
3.2	Portaan suunnittelun lähtökohdat	8
3.3	Porrastyypit	9
3.4	Portaan geometria	11
3.4.1	Askelmat	11
3.4.2	Kaiteet	14
3.4.3	Käsijohteet	17
3.4.4	Tasanteet	18
4	Lujuus	19
4.1	Yleistä	19
4.2	Puun ominaisuudet materiaalina	20
4.3	Sisäportaan MRT-mitoitus	22
4.3.1	Materiaalin lujuuden ja kestävyysmitoitussarvo	24
4.3.2	Taivutuskestävyys	25
4.3.3	Kiepahduskestävyys	26
4.4	KRT-mitoitus	27

4.4.1	Taipuma	27
4.5	Esimerkki reisolankun ja askelman mitoituksesta Finnwood-ohjelmalla	28
4.5.1	Kuormitus	29
4.5.2	Reisolankku	29
4.5.3	Askelma	31
5	Puuportaat ja rakennuksen paloturvallisuus	32
5.1	Yleistä	32
5.1.1	Palon kehittyminen	32
5.1.2	Säänteleviä normeja	33
5.2	Rakennusten paloluokitukset	34
5.3	Palokuorma ja palokuormaryhmät	34
5.4	Rakennusosien luokat R, E, I	35
5.5	Kantavien ja jäykistävien rakenteiden luokkavaatimukset	35
5.6	Palo-osastointi	37
5.7	Rakennustarvikkeiden paloluokitukset	37
5.8	Rakennusten sisäpuoliset pinnat	39
5.8.1	Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset	39
5.8.2	Sisäpintojen suojaverhoukset	41
5.9	Portaat uloskäytävänä (palotekninen tarkastelu)	43
5.10	Puisen sisäportaan käyttökohteet paloteknisesti	45
5.11	Palosuojaus	47
5.12	Puun hiiltyminen	49
5.12.1	Palosuojaaamattoman rakenteen hiiltyminen	49
5.12.2	Palosuojatun rakenteen hiiltyminen (palkit ja pilarit)	51
5.13	Palosuojaaamattoman puisen porrassyöksyn R30 palomitoitusesimerkki	52
6	Yhteenvedo	54
	Lähteet	57

#### Liitteet

Liite 1. Lujuustarkastelu reisolankku 50 mm, omapaino Gk + hyötykuorma qk

Liite 2. Lujuustarkastelu reisolankku 50 mm, omapaino Gk + pistekuorma Qk

Liite 3. Lujuustarkastelu reisolankku 35 mm, omapaino Gk + hyötykuorma qk

Liite 4. Lujuustarkastelu askelma 40/930 mm, omapaino Gk + hyötykuorma qk

Liite 5. Lujuustarkastelu askelma 40/930 mm, omapaino Gk + pistekuorma Qk

Liite 6. Lujuustarkastelu askelma 40/1130 mm, omapaino Gk + pistekuorma Qk

## Lyhenteet

AVCP	(The Assessment and Verification of Constancy of Performance), suoritus- tason varmennus ja arviointimenetelmä
CE	((ransk.), Conformité Européenne), eurooppalainen vaatimusten mukai- suus tuotteille
CLT	(Cross laminated timber) ristiinliimattu massiivipuu
Dop	(Declaration of Performance), suoritusasoilmoitus
ETA	eurooppalainen tekninen arviointi
EU	Euroopan unioni
hEN	harmonisoitu eurooppalainen tuotestandardi
Ka	Käyttöaste
KRT	Käyttörajatila
LVL	(Laminated Veneer Lumber) viilupuu
MRT	Murtorajatila
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään Hovinikkarit Oy:n toimeksiannosta ja siinä on tarkoitus tutkia puisten sisäportaiden suunnitteluun vaikuttavia normeja ja osatekijöitä. Hovinikkarit Oy on yksi Suomen johtavista puuporrasvalmistajista ja yrityksen tuotantotilat sijaitsevat Kangasniemellä. Yrityksellä on myös portaiden myyntinäyttelyt Helsingissä, Turussa ja Kotkassa. Yrityksen porrastuotannosta valtaosa kohdistuu kotimaan markkinoille mutta osa kanavoituu vientiin, pääasiallisesti Saksaan.

CE-merkintä on pakollinen niille rakennustuotteille, joille on määritelty harmonisoitu tuotestandardi (hEN). Valmistajalla on velvollisuus osoittaa tuotteensa kelpoisuus ja normien täyttävyys, joko kansallisella tai EU-tasolla. EU-tasolla hyväksynnän voi osoittaa tuotteen CE-merkinnällä, joka on tunnustettava koko unionin alueella. Muussa tapauksessa tuotehyväksyntä on osoitettava kansallisin menetelmin tai viimekädessä rakennuspaikkakohtaisesti, jolloin vastuu on rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Tässä opinnäytetyössä lähestytään tuotehyväksyntää teollisesti valmistettujen mutta yksilöllisesti mitoitettujen puisten sisäportaiden kannalta. Tutkimuksessa selvitetään tuotehyväksynnän pohjana olevia kriteereitä varmennustodistuksen osalta, joka on yksi Suomen kansallisista tuotehyväksyntämalleista.

Portaiden suunnittelua ohjaa lukuisa joukko säädöksiä ja normeja. Tässä opinnäytetyössä keskitytään tuotehyväksynnän lisäksi portaiden käyttöturvallisuuteen, paloturvallisuuteen sekä lujuuteen, ja lisäksi tarkastellaan puun ominaisuuksia materiaalina. Tutkimus suoritetaan tutustumalla Suomessa voimassa oleviin lakeihin ja asetuksiin sekä muihin ohjaaviin normeihin, lisäksi tehdään myös haastatteluja. Tutkimuksen aineistona on käyttöturvallisuuden osalta myös Saksan DIN 18065 normisto. Lujuuden osalta suoritetaan Hovinikkarit Oy:n käyttämän askelma- ja reisilankkupoikkileikkauksen mitoitustarkastelu Finnwood-ohjelmalla.

Opinnäytetyön aihe valikoitui sen pohjalta, että Suomessa vuonna 2018 ympäristöministeriön käyttöturvallisuusasetus korvasi aikaisemmin käyttöturvallisuutta ohjanneen rakennusmääräyskokoelman F2 osan ja tämän myötä halutaan tarkastella portaan käyttöturvallisuutta uusien sääntöjen valossa. Myös ympäristöministeriön paloasetus uudistui



vuonna 2018 ja tässä työssä tutkitaan uudistuneen asetuksen asettamia mahdollisuuksia tai rajoituksia puuportaan sijoittamiseen eri paloluokkaan kuuluvissa rakennuksissa. Hovinikkarit Oy on opinnäytetyön laatimisen aikaan käynnistämässä portailleen varmenustodistuksen hakuprosessia ja siksi on tarpeellista käsitellä aihetta myös tässä opinnäytetyössä.

## 2 Rakennustuotteiden tuotehyväksyntä

### 2.1 Yleistä

Rakennustuotteella tarkoitetaan yleensä tuotetta, josta muodostuu kiinteä osa rakennusta, mutta sillä voidaan käsittää myös edellä mainitun tuotteen asentamiseen käytettävää komponenttia. Suomessa kansallinen rakentamista ohjaava lainsäädäntö antaa puitteet ja kriteerit, jotka kaikkien rakentamiseen käytettävien materiaalien on täytettävä. Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 152 § määrittelee yleisesti rakennustuotteelle asetetut ominaisuudet ja muun muassa rakenteiden lujuutta ja vakautta sekä paloturvallisuutta koskevat yleiset vaatimukset käyvät ilmi §:ssä 117 a-g. Euroopan unionin rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011 on sellaisenaan jäsenvaltioita velvoittava säädös ja sääntelee unionin alueella CE-merkintään velvoitettuja rakennustuotteita. Vastaavasti CE-merkinnän ulkopuolelle jääviä tuotteita Suomessa kansallisesti ohjaa laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012) ja ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (555/2013). [1;5.]

### 2.2 CE-merkintä

CE-merkintä rakennustuotteessa osoittaa, että se on ominaisuuksiltaan eurooppalaisen harmonisoidun tuotestandardin (hEN) mukainen tai se on tutkittu eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) menetelmin. CE-merkinnän tarkoituksena on helpottaa tuotteiden kauppaa jäsenmaiden välillä ja vähentää päällekkäisiä kansallisia tuotestandardeja. Euroopan unionin alueella CE-merkintä on pakollinen kaikille niille rakennustuotteille, joilla on harmonisoitu tuotestandardi. Tuotteen valmistaja on velvollinen selvittämään, kuuluuko valmistettava tuote harmonisoinnin piiriin. Suomessa tämä onnistuu tarkoitukseen

ylläpidettävästä verkko-osoitteesta [www.henhelpdesk.fi](http://www.henhelpdesk.fi). Jos tuotteelle ei ole määritelty harmonisoitua tuotestandardia niin tällöin tuote ei tarvitse CE-merkintää. [6.]

Vaikka tuotetta ei olisi veloitettu CE-merkinnän piiriin niin siitä huolimatta valmistaja voi vapaaehtoisesti hakea tuotteelle ETA:n ja tätä kautta saada tuotteelle CE-merkinnän ja sen mukanaan tuomat edut. Suomessa ympäristöministeriön valtuuttamat akkreditoituidet ulkopuoliset tahot, kuten esimerkiksi Eurofins Expert Services Oy, ovat oikeutettuja tekemään tuotteelle tarvittavat testaukset ja laadunvalvonnan ETA menettelyn kautta hankittavaan CE-merkintään. CE-merkintä itsessään ei ole riittävä osoitus tuotteen kelpoisuudesta, vaan valmistaja on velvollinen tekemään siitä suoritustasoilmoituksen Dop:n, (Declaration of Performance). Suoritustasoilmoituksesta tulee käydä ilmi kaikki ne tuotteen ominaisuudet, jota kansalliset rakentamista ohjaavat normit edellyttävät tuotteelta. [6.]

EU:n rakennustuoteasetus 305/2011 jättää CE-merkinnän ulkopuolelle rakennustuotteet, joita valmistetaan tilauspohjalta nimettyyn kohteeseen, ei sarjavalmisteisesti, ja asennus kohteessa suoritetaan valmistajan toimesta. Samoin rakennuspaikalla valmistettavat tuotteet, jotka kiinnitetään paikoilleen valmistajan toimesta, sekä historiallisen rakennuskohteen tarvitsemat perinteisesti tuotetut komponentit. [2;6.]

### 2.3 Kansalliset hyväksyntämenettelyt

Jos rakennustuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin ja valmistaja ei halua hakea CE-merkintää ETA-menettelyn kautta tai sitä ei ole myönnetty, niin Suomessa kansalliset säädökset, laki eräiden rakennustuotteiden tuotemerkinnästä (954/2012) ja ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotemerkinnästä (555/2013), mahdollistavat kolme kansallista vapaaehtoista tuotehyväksyntämenettelyä. Ne ovat tyyppihyväksyntä, varmennustodistus ja valmistuksen laadunvalvonta. [3;4;7.]

#### 2.3.1 Tyyppihyväksyntä

Tyyppihyväksyntää tuotteelle voi hakea sen valmistaja ja siitä säädetään tyyppihyväksyntäasetuksessa. Tyyppihyväksyntää haetaan ympäristöministeriön valtuuttamalta

tyyppihyväksyntälaitokselta ja sellaisia ovat Suomessa Eurofins Expert Services Oy ja Inspecta Sertifiointi Oy. Erityisistä syistä tyyppihyväksynnän voi myöntää myös ympäristöministeriö. Tyyppihyväksynnän voimassaoloaika on enintään viisi vuotta ja se lakkaa välittömästi, jos tuote tällä aikaa tulee CE-merkinnän piiriin. Ulkopuolinen valtuutettu laadunvalvonnan varmentaja valvoo valmistajan sisäisen laadunvalvonnan toteutumista ja kelpoisuutta. Tyyppihyväksytty tuote on merkittävä asiaan kuuluvalla merkillä. [8.]

### 2.3.2 Varmennustodistus

Varmennustodistuksen voi tuotteelle valmistajan hakemuksesta myöntää ympäristöministeriön valtuuttama toimielin. Varmennustodistuksella tuotehyväksynnän voi saada rakennustuotteille, joiden ominaisuudet vaikuttavat rakennuksen olennaisten teknisten vaatimusten toteutumiseen. Käytännössä vaativampien rakennustuotteiden tuotehyväksyntään sovelletaan tyyppihyväksyntää ja vähemmän vaativien varmennustodistusta. Varmennustodistuksen hakemusprosessi on kevyempi ja varmennustodistuksen sisältö riippuu käsiteltävästä tuoteryhmästä. Ympäristöministeriö määrittelee tuoteryhmäkohtaisten arviointiperusteiden sisällön, jotta kaikilla sen valtuuttamilla toimielimillä olisi käytössään samat kriteerit tuotteen arvoitiin. Myös varmennustodistuksen myöntämisen edellytyksenä on tuotteen valmistajan suorittama tuotannon laadun omavalvonta ja sen kontrollointi ulkopuolisen laadunvarmentajan toimesta. Valmistajan on kiinnitettävä tuotteeseen, sen pakkaukseen tai asiakirjoihin hyväksynnän myöntämän toimielimen antama, kuvan 1 mukainen merkki, jossa lukee varmennustodistus. Varmennustodistus on voimassa viisi vuotta ja jos tästä poiketaan, niin eriävä voimassaoloaika on ilmoitettava todistuksessa.



Kuva 1. Varmennustodistuksen merkki. [Inspecta Sertifiointi Oy:n verkkosivut]

### 2.3.3 Valmistuksen laadunvalvonta

Valmistuksen laadunvalvonta voi tulla kysymykseen silloin kun rakennustuotetta ei voida osoittaa tarkoitukseen sopivaksi tyyppi hyväksynnän tai varmennustodistuksen avulla. Ympäristöministeriön valtuuttama laadunvalvonnan varmentaja valvoo valmistajan itse suorittamaa tuotteen valmistuksen laadunvalvontaa ja myöntää tuotteelle sertifikaatin, mikäli arviointiperusteet täyttyvät. Sertifikaatista on aina käytävä ilmi arviointiin sovelletut kriteerit. [11.]

### 2.3.4 Rakennuspaikkakohtainen varmentaminen

Jos rakennustuotteen kelpoisuutta ei voida osoittaa CE-merkinnällä tai tarkoitukseen soveltuvalla kansallisella hyväksyntämenettelyllä ja on syytä epäillä tuotteen tarkoitukseen soveltuvuutta, niin tällöin rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollista velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyneeltä rakennuspaikkakohtaista rakennustuotteen varmentamista. Tällöin varmentamiseen liittyvistä kustannuksista vastaa rakennushankkeeseen ryhtynyt. [3.]

Tuotteen kansalliset hyväksyntämenettelyt ovat tarkoitettu osoittamaan tuotteen kelpoisuuden siinä maassa, jossa hyväksyntä on annettu. Esimerkiksi Suomessa valmistettu puuporras, jolla on varmennustodistuksella osoitettu tuotehyväksyntä Suomessa, ei omaa tuotehyväksyntää muissa EU-maissa. Jos kyseinen porras viedään esimerkiksi Saksaan, niin saksalaiset viranomaiset eivät ole velvoitettuja tunnustamaan suomalaista varmennustodistusta mutta voivat halutessaan hyväksyä sen. Edellytyksenä hyväksynnälle on, että varmennustodistuksen katsotaan täyttävän myös Saksan kansallisesti tuotteelle asetetut normit. [36.]

## 2.4 Portaiden tuotehyväksyntä

Kuten kohdassa 2.2 mainittiin niin CE-merkintää ei tarvita rakennustuotteille, joita valmistetaan tilauspohjalta nimettyyn kohteeseen ei sarjavalmistaisesti ja asennus kohteessa suoritetaan valmistajan toimesta. Tähän ryhmään kuuluvat valtaosa portaista kuten tämän opinnäytteen aiheena olevat teollisesti valmistetut puuportaat. Lähtökohtaisesti CE-merkintään johtava rakennustuotteen ETA-arviointi sisältää kohdan ETAG 008

Prefabricated stair kits eli porrarakennussarjan, mutta kyseinen tuotekategoria ei pidä sisällään mittatilaustyönä valmistettuja portaita. [2.]

Usein teollisesti valmistettu porras mielletään harhaanjohtavasti sarjavalmistaiseksi, moduulimitoilla toteutettavaksi vakiotuotteeksi. Käytännössä jokainen porras kuitenkin mitoitetaan yksilöllisesti, koneellisesta tuotantotavasta huolimatta. Jokainen samaan rakennuskohteeseenkin toimitettu porras on mitoitukseltaan uniikki yksilö.

CE-merkinnän poissulkeutumisen jälkeen portaiden tuotehyväksynnän vaihtoehtoiksi Suomessa jäävät kansalliset vaihtoehdot: tyyppihyväksyntä, varmennustodistus, valmistuksen laadunvalvonta tai rakennuspaikkakohtainen hyväksyntä. Näistä viimeksi mainittu on huonoin vaihtoehto byrokraattisuutensa ja lisääntyvien kustannuksien takia. Portaan käyttötarkoitus huomioiden varmennustodistus on kansallisista menetelmistä soveltuvin portaan tuotehyväksynnän toteuttamiseen. Rakennustuotteita valvovan Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) verkkosivuilla, varmennustodistus mainitaan ainoaksi sisäportaiden kansallisen tuotehyväksynnän mahdollistavaksi menetelmäksi. [3;25;26.]

## Porrasjärjestelmät ja portaat

Puu- tai teräsportaat  
**ETAG 008 Varmennustodistus**

Kuva 2. Tukesin ilmoittama tuotekelpoisuuden toteamismenetelmä portaille (Tukesin verkkosivut)

Ympäristöministeriö julkaisee verkkosivuillaan suomalaisten varmennustodistuksen myöntämiseen valtuuttamiensa toimielinten yhteystiedot. Samoin ympäristöministeriön verkkosivuilta löytyvät varmennustodistuksen piiriin kuuluvien tuoteryhmien arviointiperusteet. Valtuutetut toimielimet, joiden toimialaan kuuluvat myös portaat ovat Finitrol Oy, Inspecta Sertifiointi Oy ja Eurofins Expert Services Oy. Suoritustason arviointiin ja varmentamiseen käytetään AVCP-järjestelmää (Assesment and Verification of Constancy of Performance). Järjestelmä tuntee luokat 1+,1,2+,3 ja 4 ja niistä säädetään EU:n rakennustuoteasetuksessa. Porrastuotejärjestelmiin sovelletaan AVCP-luokkaa 2+. [2;10.]

Porrasjärjestelmien arviointiperusteissa tuotteelle asetetut vaatimukset ovat:

- Mekaaninen lujuus
- Kuorman siirtymäkäyttäytyminen
- Kaiteiden kuormituskestävyys
- Portaiden geometria
- Kaiteiden geometria
- Fysikaalinen, kemiallinen ja biologinen kestävyys
- Pintakerrokset
- Palo-ominaisuudet

Tämän opinnäytetyön seuraavissa luvuissa tullaan käsittelemään edellä mainituista arviointiperusteista mekaanista lujuutta puun lujuusominaisuuksien ja portaan kuormien osalta, portaiden ja kaiteiden geometriaa sekä palo-ominaisuuksia sisäkäyttöön tarkoitettujen puuportaiden näkökulmasta tarkasteltuna. [10;13.]

### 3 Käyttöturvallisuus

#### 3.1 Ohjaavia normeja

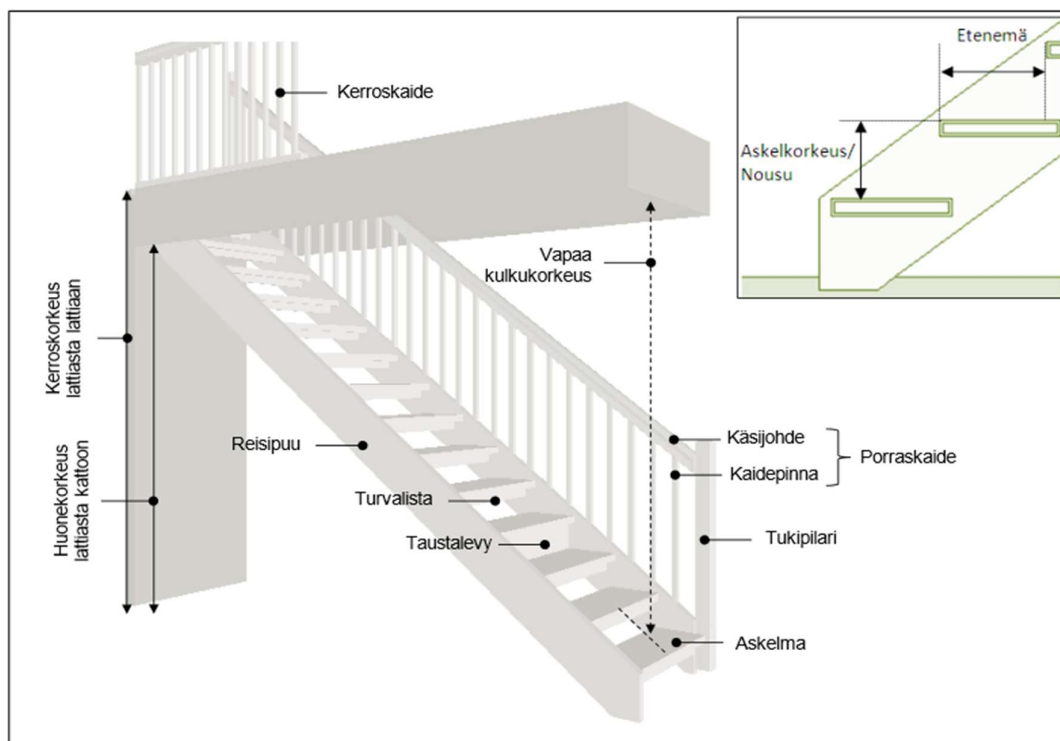
Suomessa portaiden käyttöturvallisuuteen liittyvät normit löytyvät ympäristöministeriön asetuksesta rakennuksen käyttöturvallisuudesta (1007/2017), (jatkossa tässä opinnäytetyössä käyttöturvallisuusasetus). Käyttöturvallisuusasetus tuli korvaamaan Suomen rakentamismääräyskokoelman F2 osan (2001). Uudistuksella pyrittiin luomaan normisto, mikä olisi selkeä ja sitä sovellettaisiin yhdenmukaisesti kaikissa rakennusvalvontaviranomaisissa. Samalla pyrittiin parantamaan myös viranomaistoiminnan ennakoitavuutta. Uuden käyttöturvallisuusasetuksen pohjalta on myös laadittu rakennusteollisuuden ohjekortti RT 103027 portaat ja luiskat, mikä antaa täsmentävää tietoa portaiden ja kaiteiden suunnitteluun eri käyttötarkoituksissa. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017) sisältää ohjeita tilanteisiin, joissa porraskäytävä toimii poistumistienä ja ne on huomioitava portaan mitoituksessa. Vertailupohjana Suomessa voimassa

oleville portaan käyttöturvallisuutta ohjaaville normeille tarkastellaan myös Saksan DIN 18065 normistoa, joka sääntelee vastaavia asioita kansallisella tasolla Saksassa. Tämä siksi, että opinnäytetyön toimeksiantaja Hovinikkarit Oy vie portaita myös Saksaan ja joutuu tämän vuoksi varmistamaan vientiportaiden käyttöturvallisuuskriteereiden täytymisen Saksan kansallisen rakennuslainsäädännön valossa. [15.]

### 3.2 Portaan suunnittelun lähtökohdat

Portaat tulisi suunnitella ja toteuttaa niin, että ne ovat turvalliset ja tarkoitukseensa soveltuvat. Lähtökohtaisesti poistumisalueen sisäisen portaan vähimmäisleveys tulee olla 850 mm, mutta kyseistä mitta voi kaventaa käsihoiteet ja jalkalistat oman paksuutensa verran. Poistumisalueella tarkoitetaan poistumisen järjestämisen kannalta yhtenäistä ja tarkoituksenmukaista rakennuksen osaa, kuten esimerkiksi kerrosta. Portaan leveyttä suunniteltaessa tulee kuitenkin huomioida se, että poistumisalueelta on oltava mahdollisuus liikkumiskyvyttömän henkilön kuljettamiseen paareilla uloskäytävää hyödyntäen. Uloskäytävällä tarkoitetaan poistumisalueelta suoraan ulos johtavaa ovea tai turvallisen poistumisen takaavaa tilaa, esimerkiksi porrashuonetta, joka voi sijaita rakennuksessa tai sen ulkopuolella. Kun kyseessä on muu kuin asuinrakennus ja poistumisalueen sisäinen kulkureitti uloskäytävään kulkee alueen sisäportaan kautta, niin tuolloin henkilön kuljettaminen paareilla on oltava myös mahdollista. Tällöinkin sisäportaan yhdistämien alueiden tulee kuulua samaan poistumisalueeseen. Portaan suositusleveytenä pidetään 1200 mm silloin kun siinä on varauduttava kuljettamaan henkilöä paareilla. Poikkeuksena enintään kaksikerroksien asuinrakennus, jossa on mahdollista olla yksi 900 mm leveä uloskäytävä. [14;16;20;21.]

Portaan valaistukseen ja askelmien kulkupintojen liukkauteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Askelmien pintakäsittelyn ollessa riittämätön liukastumisen estämiseen, voidaan tarvittaessa askelmien yläpinnan etureunaan jyrsiä liukuesteuritus tai upottaa jyrsettyn uraan liukuestekumi. Liukuestekumin tulee olla tasan askelpinnan kanssa, ettei se aiheuta kompastumisen vaaraa. Liukuesteen värivalinnalla voidaan myös tehostaa askelmien etureunojen havaittavuutta ja lisätä käyttöturvallisuutta. Portaan ympäristön valaistuksen ollessa riittämätön, voidaan esimerkiksi portaiden reisirakenteisiin upottaa led-valot lisäämään askelmien havaittavuutta ja yleistä käyttömukavuutta. [14;16.]



Kuva 3. Porrassien nimikkeitä. [Puutuoteteollisuuden verkkosivut]

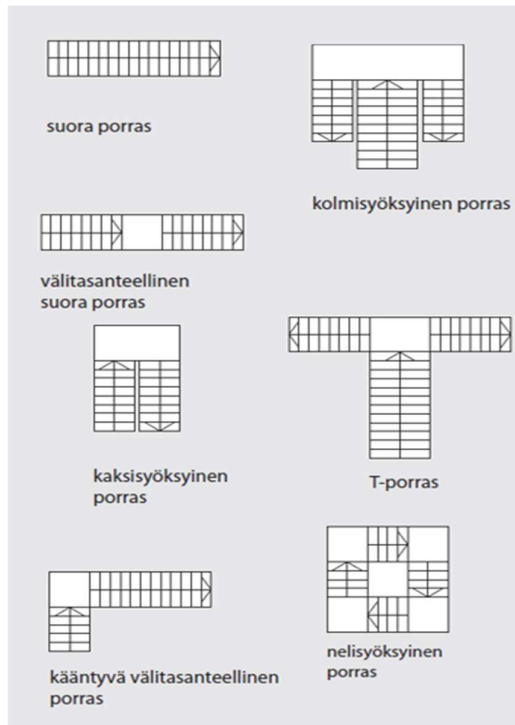
Porrasta suunniteltaessa on huomioitava, että portaassa on riittävä kulkukorkeus. Porrasaukon mitoitus ja vastaavasti samaan porraskuiluun sijoitettavien useamman kerroksen portaan rakenne saattavat helposti aiheuttaa riittävään vapaaseen kulkukorkeuteen rajoitteita. Suositeltava vapaa kulkukorkeus on 2200 mm, käyttöturvallisuus-asetuksen ja paloturvallisuusasetuksen sallima alin huonetilan kulkukorkeus on 2100 mm ja vastaavasti muun kuin uloskäytävässä olevan tai siihen johtavan tai asunnon sisäisen portaan alin vapaa kulkukorkeus on 1950 mm. Vapaa kulkukorkeus ja eri porrassien nimet ovat havainnollistettu kuvassa 3. Kuvassa 6 ilmenee vapaan kulkukorkeuden vaatimukset rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti. [14;16.]

### 3.3 Porrastyypit

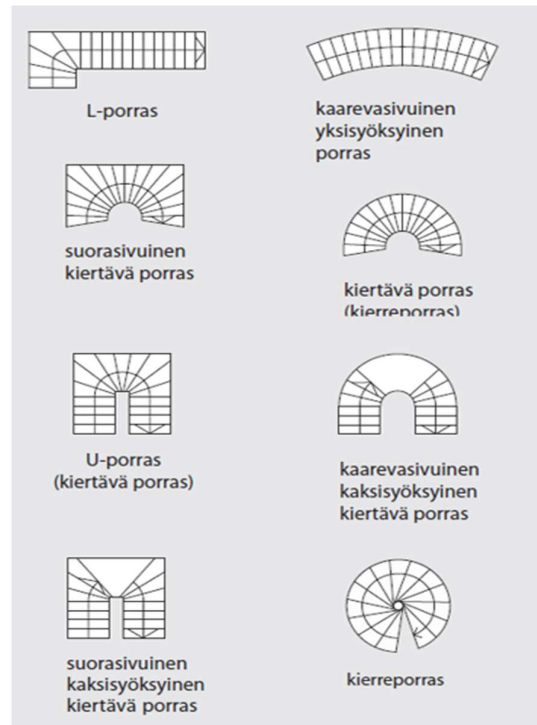
Lähtökohtaisesti portaat voidaan jakaa muotonsa pohjalta suoriin ja kiertäviin portaisiin. Suorissa portaissa kaikki askelmat ovat suorakaiteen muotoisia ja toisiinsa nähden symmetrisiä. Suorassa portaassa voi olla useampi syöksy ja porras voi olla varustettu lepotasanteella, jonka kohdalla syöksyen kulkusuunta muuttuu. Rakennuksen tilankäytön



kannalta täysin suora yhden syöksyn porras on usein hankala toteuttaa varsinkin isommissa kerroskorkeuksissa. Välitasannetta puoltavat myös turvallisuustekijät mahdollisessa kaatumistilanteessa, jolloin välitasanne lyhentää syöksyjen pituutta ja madaltaa putoamiskorkeutta. Suorassa portaassa askelmien etenemä on sama portaan kaikissa kohdissa ja tämän takia kyseisen portaan kuljettavuus ei riipu valitusta kulkulinjasta. Kiertävissä portaissa valtaosa askelmista muodostuu toisiinsa nähden epäsymmetrisistä kolmioaskelmista. Kolmioaskelmien etenemä pienenee portaan sisäkehää kohti mentäessä ja tämä seikka tekee kiertävästä portaasta kulkuominaisuuksiltaan rajoitteellisemman verrattuna suoraan portaaseen. Rakennuksen pääportaan tulisi olla lepotasanteellinen ja suorasyöksyinen. Hissittömissä asuinkerrostaloissa portaan tulee olla suorilla syöksyillä varustettua ja kutakin kerrosta kohden tulee olla yksi välitasanne. Kuvassa 4 on esitetty yleisimmin käytössä olevia suorasyöksyisiä ja kiertäviä portaita. [16.]



Kuva 4. Esimerkkejä suorasyöksyisistä portaista.



Kuva 5. Esimerkkejä kiertävistä portaista.

Kuva 4. Erilaisia porrastyyppöjä. [RT-kortti 103027]

Porras voidaan toteuttaa umpi- tai avoportaan. Umpiportaassa askelmien välissä ei ole avointa tilaa vaan sen täyttää esimerkiksi puuportaassa otsalauta eli taustalevy. Massiivisissa betoniportaissa porrasotsa on usein viistetty ylhäältä alaspäin loittonevaksi,

jolloin otsa muodostaa ylemmän askelman kanssa terävän kulman. Puuportaissa vinoa otsaa ei juurikaan käytetä rakenteellisista syistä ja vastaavasti ylemmän askelman etureuna ylittää taustalevyn muodostaen niin sanotun porraskokan. Porraskokan mitta ei saa olla suurempi kuin 20 mm. Jos porraskokoteutetaan avoportaana eli askelmien välit ovat auki, niin kyseinen väli tulee rajoittaa sellaiseksi, että siitä mahtuu enintään sivuiltaan 100 mm:n kuutio (kuva 7). Puuportaissa askelmien välitilan mitta rajoitetaan tarvittaessa tarkoitukseen soveltuvalla turvalistalla. Porraskok olisi suositeltavaa toteuttaa umpiportaana avoportaana rakenteen muodostaman kompastumisriskin vuoksi. Mikäli askelman ja kaiteen tai askelman päädyn ja seinän väliin jää rako, johon mahtuu sivumitaltaan yli 50 mm:n kuutio, niin askelman reuna on varustettava myös korotuslistalla. Kaikkien porraskokousujen on oltava yhtä suuria. Porraskoköksen mahdollinen asennustoleranssi korkeuden suhteen saa olla enintään 7 mm ja se on asetettava alimpaan nousuun eli poikkeuksena pääsääntöön alin nousu voi olla maksimissaan 7 mm muita nousuja korkeampi. [14;16.]

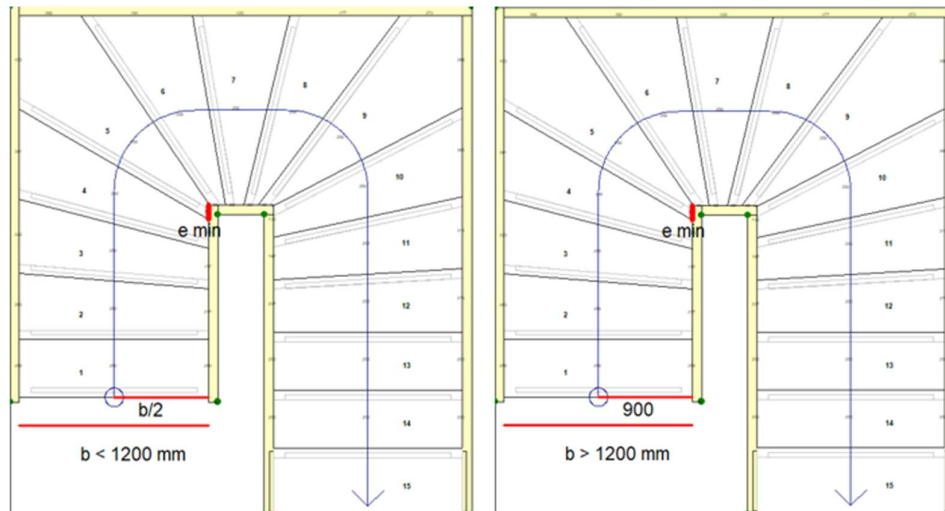
### 3.4 Portaan geometria

Tässä osiossa paneudutaan portaiden geometriseen mitoituseseen ja käsitellään askelmat, tasanteet, kaiteet ja käsijohteet kukin omassa alaluvussaan. Askelmien mitoituksessa käsitellään nousuun ja etenemään kohdistuvat vaatimukset eri rakennuksen käyttötarkoituluokissa. Askelmien minimileveys määräytyy ohjaavien normien porraskoköksen leveydelle asettamien vähimmäisvaatimusten mukaan ja tämä on käsitelty alaluvussa 3.2. Askelmien leveyteen vaikuttaa myös portaalle varatun tilan mitat. Kiertävän portaan kohdalla askelmien leveyttä ja koko porraskoköksen leveyttä voidaan joutua rajoittamaan, jotta niin sanottujen kolmioaskelmien kohdalla saavutettaisiin hyvän kuljettavuuden takaava mitoitus. Tästä hyvän kuljettavuuden kaavasta enemmän alaluvussa 3.4.1.

#### 3.4.1 Askelmat

Portaan turvallisen kuljettavuuden kannalta askeletenemä on porraskoksuunnittelun tärkein kriteeri. Askelmien nousun ja etenemän suunnittelussa hyvän kuljettavuuden kaavana pidetään sitä, että kahden nousun ja yhden etenemän summa on 630 mm. Sisäportaissa

kaavan summan toleranssi voi olla välillä 620 mm – 640 mm, ilman oleellista vaikutusta kuljettavuuteen. Saksalaisessa DIN 18065 normistossa käytetään vastaavaa laskenta-kaavaa, jossa 2 x nousu + etenemä saa asettua välille 590 – 650 mm. [16;17.]



Kuva 5. Kulkulinjan sijainnin määrittäminen kiertävissä portaissa (b on askelman leveys).

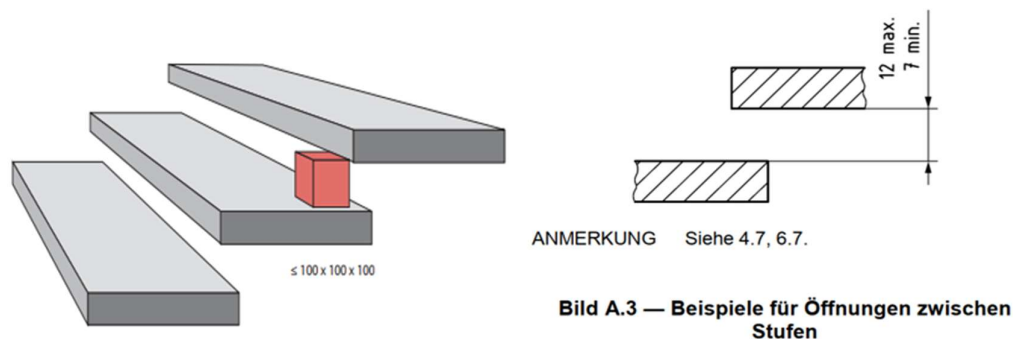
Portaan askelnousulla tarkoitetaan kahden askelman tai askelman ja tasanteen yläpintojen välistä mitta. Suorasyöksyisessä portaassa, jossa kaikki askelmat ovat toisiinsa nähden symmetrisiä suorakaiteita, askeletenemä mitataan vaakasuoraan kahden askelman etureunojen välisestä etäisyydestä. Avoportaassa mahdollista askelmien limitystä ei lueta mukaan askeletenemään. Kiertävissä portaissa askeletenemä mitataan kulkulinjan suuntaisesti. Kiertävä porttas, jonka leveys on 1200 mm tai sitä suurempi, askelenemä suositellaan mitattavaksi 900 mm:n etäisyydeltä askelman sisäreunasta. Jos portaan leveys on alle 1200 mm niin suosituksena on mitata askeletenemä portaan leveyden keskikohdasta, kuvan 5 osoittamalla tavalla. Asuinhuoneistojen ja majoitustilojen portaissa askeletenemän mittausta kohtaa voidaan siirtää portaan leveyden keskikohdasta enintään 10% ulkokehälle päin. Kiertävän portaan ns. kolmioaskelmien sisäreunan askeletenemä saattaa mitoituslanteessa jäädä hyvin pieneksi. Asuin- ja majoitustilojen portaissa sekä uloskäytävässä, joka ei ole sisäisen liikenteen käytössä, sisäkehän minimiaskeletenemäksi suositellaan 50 mm. Hallinto-, palvelu-, ja liiketilöiden auloissa, muissa sisätiloissa ja kokoontumistiloissa sisäkehän askelmien minimietenemäksi suositellaan 100 mm. Mainittu sisäkehän askelman kohta ilmenee kuvasta 5 merkinnällä  $e_{min}$  ja kuvan 6 taulukossa vastaava mitoitus yhteenvedona rakennuksen

käyttötarkoituksen mukaan. Käytännössä kiertävän portaan sisäkehän askeletenemää ei voida kasvattaa juurikaan edellä mainittuja minimiarvoja suuremmiksi ilman, että se kasvattaisi askelman ulkokehän etenemää ylisuureksi ja heikentäisi aikaisemmin mainittua ihanteellista kuljettavuuden kaavaa. Samalla kiertävän portaan ulkokehän ylisuureksi kasvava askeletenemä heijastuu myös askelkannattajan eli reisilankun korkeuteen. Askelmien geometrisessa mitoituksessa on käyttöturvallisuuden ja kuljettavuuden ohella pyrittävä löytämään teknisesti toteuttamiskelpoiset rakenneratkaisut. Sisäportaissa etenemä ja nousu määräytyvät rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan, kuvan 6 taulukon mukaisesti. [14;16;28]

<b>SISÄPORTAAT</b>				
<b>Tilan käyttötarkoitus</b>	<b>Min. etenemä/mm</b>	<b>Max. Nousu/mm</b>	<b>Vapaa korkeus min/mm</b>	<b>Sisäkehän e.min/mm</b>
Asuinhuoneistot ja majoitustilat	250	190	1950	50
Hallinto-, palvelu- ja liiketiloja sisältävien rakennusten auloissa ja muissa sekä kokoontumistiloissa	300	160	2100	100
Yksinomaanvaratienä käytettävä ja asunnossa tai majoitustilassa muihin kuin asumista palveleviin välttämättömiin tiloihin johtava porras	220	220	1950	50
Muut varsinaiset käyttötilat	270	180	1950	100
Uloskäytävän osana	270	180	2100	100
Uloskäytävä, jota ei käytetä sisäisessä liikenteessä	270	200	2100	50

Kuva 6. Yhteenveto sisäportaiden askelnousun, askeletenemän ja vapaan kulkukorkeuden mitoituksista eri käyttötarkoituksen rakennuksissa.

Saksalainen DIN 18065 normisto asettaa rakennusmääräysten alaisille julkisten tilojen portaille enimmäisaskelnousuksi 190 mm ja vähimmäisetenemäksi 260 mm. Enintään kaksikerroksisissa, asuinrakennuksissa askeltenemä tulee olla vähintään 230 mm ja askelnousu enintään 200 mm. Avoportaan askelmien vapaa väli saa olla enintään 120 mm. Portaan askelnousujen ja askeletenemien välinen mittaero toisiinsa nähden saa olla enintään 5 mm. Saksassa ollaan siis hieman sallivampia vapaan aukon turvamitoituksessa. Kuvassa 7 on havainnollistettu sekä Suomen, että Saksan normien edellyttämä askelmien vapaan välin mitoitus. [17.]

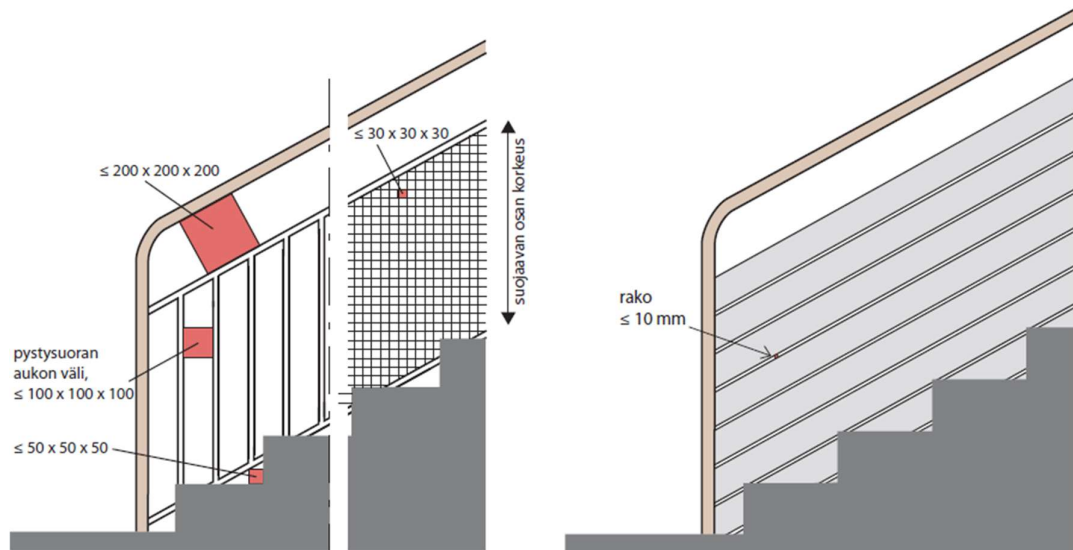


Kuva 7. Askelmien sallittu vapaa väli. Vasemmalla Suomen käyttöturvallisuusasetuksen vaatimus (mm) ja oikealla Saksan DIN 18065 normiston vaatimus (cm). [RT 103027; DIN 18065]

Edellä mainitun pohjalta esimerkkinä hyvän kuljettavuuden omaavan portaan nousun ja etenemän soveltamisesta käytäntöön Suomessa. Jos asuinhuoneiston kerroskorkeus on 3200 mm niin tällöin pienin sallittu porrasmäärä on 17 kpl ja yhden askelman nousuksi tulee 188,24 mm. Pienin sallittu askelman etenemä asuinhuoneiston portaassa on 250 mm. Hyvän kuljettavuuden nousun ja etenemän kaava:  $2 \times \text{nousu} + \text{etenemä} = 630 \text{ mm}$  (toleranssi 620 – 640 mm)  $\Rightarrow 2 \times 188,24 \text{ mm} + 250 \text{ mm} = 631,48 \text{ mm}$ . Jos samaan kerroskorkeuteen sovelletaan nousujen määräksi 18 kpl tuolloin yhden askelman nousuksi tulee 177,78 mm. Tällä askelenousun mitalla askeletenemää täytyy kasvattaa reilusti, jotta päästäisiin hyvään kuljettavuuteen.  $2 \times 177,78 \text{ mm} + 275 \text{ mm} = 630,56 \text{ mm}$ . Lähtökohtaisesti molemmat vaihtoehdot olisivat normien puitteissa toteuttamiskelpoisia mutta 18:sta nousun vaihtoehdolla portaan kokonaisen etenemä on 595 mm suurempi kuin 17:sta nousulla. (1 kpl lisäetenemä 275 mm + 16 kpl askelmien etenemien erotus 20 mm = 595 mm). Hyvän kuljettavuuden ohella huoneiston tehokas tilankäyttö saattaa nousta ratkaisevaksi portaan mitoitusta ohjaavaksi tekijäksi.

### 3.4.2 Kaiteet

0,5 m ylittävät tasoerot on varustettava kaiteella, jos putoamisen tai harhaan astumisen vaara on olemassa. Kaiteen voi jättää asentamatta vain, jos tilan toiminnan luonne edellyttää kaiteen poisjättämistä. Kaide voi olla rakenteeltaan avokaide tai suojakaide. [14.]



Kuva 8. Kaiteisiin kohdistuvia säädöksiä. [RT-kortti 103027]

Avokaiteella tarkoitetaan esimerkiksi 1m korkeaa kaidetta, jossa harvaan asennettujen kaidepilareiden varaan on asennettu ylös käsijohde ja välille vain yksi vaakajuoksu. Kaitteen rakenne on sellainen, että se ei estä lapsen putoamista. Avokaidetta voidaan käyttää tilassa, joihin lapsilla ei ole pääsyä tai putoamisvaaraa ei ole. Suojakaiteessa puolestaan suojaava osuus voi olla muodostunut pystypinnoista, joiden välistä mahtuu enintään sivultaan 100 mm:n kuutio tai suojaavan osuuden voi muodostaa rakenne, josta mahtuu enintään sivultaan 30 mm:n kuutio tai se voi muodostua vaakajuoksuista, joiden vapaa väli on enintään 10 mm. Yli 0,7 m:n tasoeroissa on käytettävä suojakaidetta, jos lapsilla on tilaan pääsy. Kaitteen suojaosan on ulotuttava vähintään 0,7 m:n korkeuteen askelman tai tasanteen pinnasta. Kaitteen suojaavan osuuden ja kaitteen yläreunan välistä tilasta saa mahtua enintään sivultaan 200 mm:n kuutio. Kaitteen suojaavan osan ja askelman tai tasanteen väliin saa jäädä rako, josta mahtuu enintään sivultaan 50 mm:n kuutio. Korkeuseron ollessa enintään 1m, kaide voidaan korvata muilla putoamisen estävillä ratkaisuilla. Kuvassa 8 on havainnollistettu edellä esitetyt suojakaiteisiin kohdistuvat vaatimukset. [14;16.]

Mikäli porras- tai tasannekaiteet tehdään lasista, niin niitä sääntelee samat normit kuin rakennuksen muita lasirakenteita. Lasirakenteen rikkoutuminen ei saa aiheuttaa putoamisvaaraa eikä sirpaleet saa aiheuttaa kenellekään haavoittumisvaaraa. Kaiteissa on

käytettävä turvalasia, joka kestää kaiteelle asetetut kuormitusvaatimukset, Turvalasi on laminoitu-, karkaistu-, rautalankalasi tai niiden yhdistelmä. [14;15.]

Putoamiskorkeuden ollessa enintään 6 metriä, niin kaiteen kokonaiskorkeus on oltava vähintään 1 metri. Kun putoamiskorkeus ylittää 6 metriä, niin kaiteen korkeuden on oltava vähintään 1,2 metriä. Kaiteen korkeuden tulee olla vähintään 0,9 m asunnoissa, kun putoamiskorkeus on enintään 3 metriä. [14.]

Saksalainen DIN 18065 normisto ilmoittaa julkisissa tiloissa rakennuslain mukaisen vähimmäiskaidekorkeuden 90 cm kun putoamiskorkeus on enintään 12 metriä. Samassa enimmäisputoamiskorkeudessa vaaditaan kaidekorkeudeksi 100 cm työpaikkalain mukaan, eli ankarampi vaatimus käyttötarkoituksen perusteella. Edelleen putoamiskorkeuden ollessa enintään 12 metriä, asunhuoneistoissa vähimmäiskaidekorkeus on 90 cm. Putoamiskorkeuden ollessa yli 12 m kaiteen minimikorkeus tulee olla 110 cm tilan käyttötarkoituksesta riippumatta. Kaiteen suojaavan osan korkeuden on oltava vähintään 70 cm. Saksan ja Suomen minimikaidekorkeuksien yhteenveto ilmenee kuvan 9 taulukosta. Askelman ja kaiteen tai askelman ja seinän väliin jäävä vapaa väli saa olla enintään 6 cm. Kun kaiteen alajuoksu kulkee portaan askelkulumien yläpuolella, niin askelman pinnan ja kaiteen alajuoksun vapaasta välistä saa mahtua enintään 150 mm kuutio. Kaiteen kulkiessa askelmien sivussa, saa askelpinnan ja kaiteen alajuoksun vapaa väli olla enintään sama kuin pienin portaan askeletenemä /2. [17;18.]

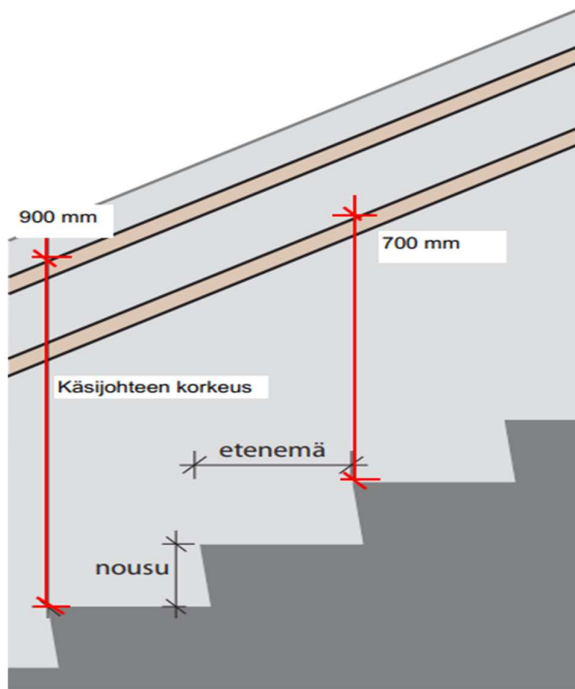
<b>KAITEIDEN KORKEUDET SUOMI/SAKSA</b>		
<b>Suomi</b>		
<b>Putoamiskorkeus</b>	<b>Kaiteen korkeus</b>	<b>Suojaavan osan korkeus</b>
Enintään 6 m	Min. 1m	Min. 0,7 m
Yli 6 m	Min. 1,2 m	Min. 0,9 m
Asuinhuoneiston sisäinen porras , pudotus alle 3 m	Min. 0,9 m	Min. 0,7 m
<b>Saksa</b>		
Enintään 12 m julkiset tilat rakennuslaki	Min. 0,9 m	
Enintään 12 m työpaikkalaki	Min. 1 m	
Enintään 12 m asuinhuoneistot	Min. 0,9 m	
Yli 12 m	Min. 1,1 m	Min. 0,7 m

Kuva 9. Suomen ja Saksan kaiteiden minimikorkeudet putoamiskorkeuden mukaan

### 3.4.3 Käsijohteet

Käsijohteen on oltava tukeva ja siitä tulee saada hyvä ote. Suositeltava käsijohteen muoto on pyöreä, halkaisijaltaan 30-40 mm. Käsijohde voi olla myös pyörästetty ja muotoiltu niin, että siihen turvallisen tarttumisen kriteerit täyttyvät. Käyttöturvallisuusasetuksen perustelumuition mukaan suora lauta käsijohteena ei täytä turvallisen käsijohteen vaatimuksia. Käsijohteen ja seinän väliin tulee jäädä 35-45 mm:n vapaa väli ja käsijohde tulee kiinnittää siten, että kättä voi vapaasti liu'uttaa sen pintaa pitkin. Riittävällä vapaalla välillä estetään sormien kiilautuminen käsijohteen ja seinän väliin ja kiinnityskohdat eivät saa vaarantaa turvallista tarttumista johteeseen. Portaassa on oltava käsijohde molemmin puolin porrassyöksyä. Tällä pyritään takaamaan sekä oikea- että vasenkätisille portaan käyttäjille mahdollisuus riittävään käsijohteen tarjoamaan tukeen. Käsijohteen tulee jatkua yhtenäisenä myös portaan välitasanteella. Käsijohteen on ulotuttava porrassyöksen alkamis- ja päättymiskohdan ohi ja johteen tulee olla malliltaan sellainen, että siitä saa tukevan otteen. Käsijohteen sijoituskorkeus on 900 mm, mitattuna pystysuoraan askelman tai tasanteen yläpinnasta käsijohteen yläreunaan. Tilan käyttötarkoituksesta perusteella porras on tarvittaessa varustettava kahdella korkeussuunnassa päällekkäin asennettavalla käsijohteella, jotta esimerkiksi lapset ylettyvät käsijohteeseen vaivatta portaissa liikkeessään. Alemman käsijohteen yläreunan korkeus tulee asettaa 700 mm:n korkeudelle askelman tai tason yläpinnasta pystysuoraan mitattuna. Käsijohteen korkeudet havainnollistettu kuvassa 10. Julkisissa tiloissa sekä liike- ja palvelutiloissa käsijohteen on ulotuttava vähintään 300 mm porrassyöksen alkamis-, ja päättymiskohdan ohitse. Jos porrassyöksen leveys ylittää 2,4 metriä, niin syöksy on jaettava käsijohteella kahteen enintään 2,4 metriä leveään osaan. [14;15;16.]





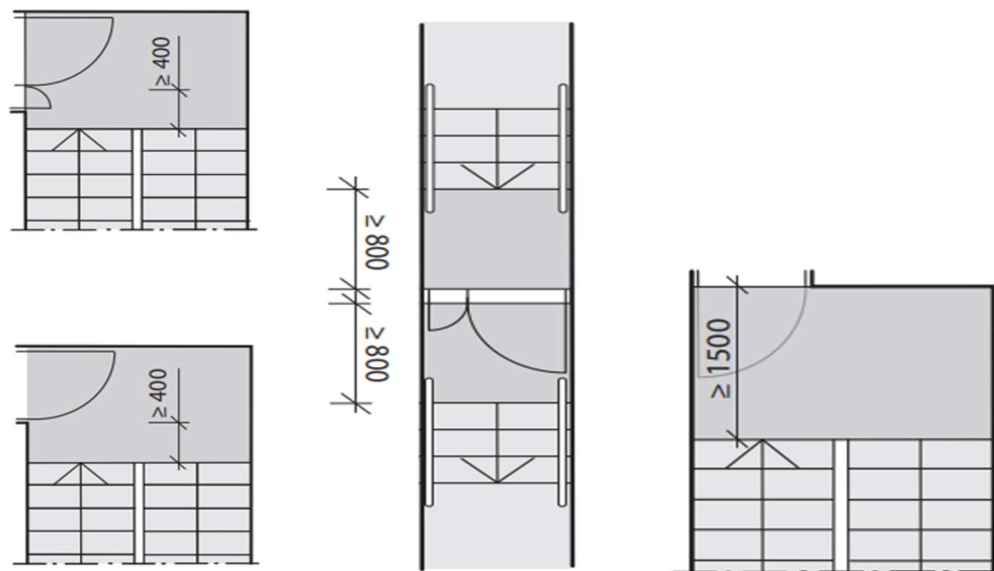
Kuva 10. Käsijohteiden korkeus Suomen käyttöturvallisuusasetuksen mukaisesti

Saksan DIN 18065 normisto edellyttää, että ainakin portaan toisella sivulla on käsijohde. Käsijohteen tulee olla leveydeltään vähintään 2,5 cm ja korkeudeltaan 6 cm. Vähimmäisetäisyys seinästä on oltava 5 cm. Käsijohteen yläreunan korkeuden tulee asettua välille 80 cm -115 cm askelman tai tasanteen yläpinnasta pystysuoraan mitattuna. Jos käsijohde sijoitetaan korkeammalle kuin 115 cm niin alapuolelle tulee sijoittaa toinen käsijohde. Käsijohteen epäjatkuvuuskohdissa tulee noudattaa seuraavia ehtoja. Käsijohteiden päiden välisen raon tulee olla vähintään 5 cm mutta enintään 20 cm. Käsijohteiden yläpintojen korkeusero toisiinsa nähden tulee olla vähintään 5 cm mutta enintään 20 cm. [17.]

#### 3.4.4 Tasanteet

Porrastasanteen tulee olla mitoitettu riittävän tilavaksi, jotta siinä on turvallinen liikkua. Mikäli suoraan portaaseen on suunniteltu välitasanne, tulisi tasanteen olla pituudeltaan vähintään 1200 mm. Tasanteen mitoituksessa tulee huomioida myös portaan mahdollinen toimiminen poistumistienä. Jos poistumisalueelta kuljetetaan liikuntakyvyttöä

henkilöä paareilla niin porrastleveyden suositus on vähintään 1200 mm. Tämä asettaa vaatimuksensa myös tasanteen syvyysmitalle. Paarikuljetuksen suositustilantarve 600 mm x 2600 mm täytyy toteutua tapauksissa, joissa porrassyöksyn suunta vaihtuu tasanteella. Jos porrastasanteen ja kaiteen tai tasanteen ja seinän väliin jää aukko, josta mahtuu yli 50 mm:n kuutio, niin tasanteeseen on tehtävä korotusreuna. Alaspäin johtavan porrassyöksyn yläreunan ja tasanteen sivuseinällä olevan oven väliin on jätävä vähintään 400 mm:n tila. Vastaavasti alaspäin johtavaa porrassyöksyä vastapäätä tasanteella olevan oven on jätävä vähintään 1500 mm:n etäisyydelle porrassyöksyn yläreunasta. Uloskäytävän kulkureitillä olevan oven molemmin puolin on varattava tasannetta vähintään 800 mm. Porrastasanteen ja siihen rajoittuvan oven mitoitusvaatimukset on havainnollistettu kuvassa 11. [14;16]



Kuva 11. Porrastasanteen ja siihen rajoittuvan oven väliset mitoitusvaatimukset (RT 103027)

## 4 Lujuus

### 4.1 Yleistä

Tässä luvussa käsitellään puulle materiaalina tyypillisiä ominaisuuksia, jotka tulee huomioida puurakenteen lujuusmitoituksessa. Lisäksi tarkastellaan SFS-EN 1991 ja sen

kansallisten liitteiden mukaan määräytyvät yleiset kuormat siltä osin, kun ne liittyvät sisäportaan lujuusmitoitukseen. Kuormien määrä ja jakautuminen porrasrungon eri osille tarkastellaan yksisyökyisen suoran portaan staattisen mallin mukaan, jossa reisilankut ja askelmat tarkastellaan yksittäisinä sauvoina. Finnwood 2.4 ohjelmalla tarkistetaan askelman ja reiden taivutuskestävyys, kiepahdus sekä taipuma käyttäen laskennassa C24 havupuusahatavaran lujuusominaisuuksia. Liitokset ja kaiteet rajataan tässä tapauksessa tarkastelun ulkopuolelle.

#### 4.2 Puun ominaisuudet materiaalina

Puu on anisotrooppinen materiaali ja tämän takia sen ominaisuudet eroavat toisistaan eri suunnissa. Tämä seikka vaikuttaa myös puun kosteustekniseen käyttäytymiseen eli puu turpoaa ja kutistuu kosteuden vaikutuksesta eri suunnissa eri tavalla. Puun tiheyspainolla on suora vaikutus myös puun lujuuteen. Tiheyspainon arvoon vaikuttaa puun kosteusprosentti ja yleisimmin tiheyspaino ilmoitetaan ilmakeivana, jolloin puun kosteus on välillä 12-15%. Tämän kuivemmaksi puuta ei saa ulkoilmassa ja esimerkiksi puusepänteollisuudessa käytettävän puutavaran kosteus on jopa 5-7%, johon päästään vain puutavaran koneellisella kuivatuksella tai pitkällä sisälämpötilassa tapahtuvalla varastoinnilla. Suomessa rakennuspuuna yleisimmin käytettävät puut ovat havupuista mänty ja kuusi sekä lehtipuista koivu. Jonkin verran käytetään myös tervaleppää esimerkiksi saunojen sisustuksissa. Suomalaisen männyn tiheyspaino on  $370\text{--}550\text{kg/m}^3$ , kuusen  $300\text{--}470\text{ kg/m}^3$  ja koivun  $590\text{--}740\text{kg/m}^3$ . Puun tiheyteen vaikuttaa sen maantieteellinen kasvualue ja jopa kasvupaikka. Myös vuodenajoilla on vaikutusta, sillä kevään kasvuosuus on puun rungossa tiheydeltään suurempaa kuin kesän kasvuosuus. [9;35.]

Puun lujuusominaisuudet riippuvat siitä, miten kuormitus suuntautuu suhteessa puun syyrakenteeseen. Jos tarkastellaan puun syiden suuntaista taivutuslujuutta, niin puun tiheyden kasvaessa kasvaa myös sen taivutuslujuus. Puun vetolujuus on syiden suuntaisesti 10-20-kertainen verrattuna kohtisuoraan syihin kohdistuvaan vetolujuuteen. Leikkauslujuus puulla on enintään 15% sen syynsuuntaisesta vetolujuudesta. Puun lujuus ja kimmoisuus vaihtelevat myös riippuen puun tiheydestä sekä kuormituksen suunnasta suhteessa syyrakenteeseen. Puun kimmoisuutta kuvataan kimmomoduulilla. Kimmomoduuli syiden suuntaisesti on jopa satakertainen verrattuna kimmomoduuliin kohtisuoraan syiden suuntaan. Jos sahatavara on sahattu rungosta syiden suhteen säteen

suuntaisesti, niin tuolloin sahatavaran kimmomoduuli on kaksinkertainen verrattuna siihen, että se olisi sahattu syiden suhteen tangentin suuntaisesti. Kuvassa 12 on esitetty säteen ja tangentin suuntaan suoritettu sahaaminen. [37.]



Kuva 12. Sahatavaran sahaussuuntia. [Puuproffa.fi]

Puurakenteen lujuustarkastelun lähtökohtana toimii se, että tunnetaan käytetyn puumateriaalin ominaisuudet. Sahatavaran lujuuteen ja laatuun liittyvä tarkastelu tehdään sahalla koneellisesti tai silmämääräisesti kiinnittämällä huomiota muun muassa oksien määrään ja kokoon. Sahatavaran tulee olla lujuusluokiteltu EN 14081-1 standardin mukaisesti. Havupuu sahatavaran lujuusluokat ovat annettu välillä C14-C50 ja lehtipuilla välillä D30-D70. Lujuusluokkien perusteella on annettu kussakin luokassa siihen kelpuutetulle sahatavaralle pätevät taulukkoarvot sen materiaaliominaisuuksista. Jatkojalosteille puutuotteille kuten LVL ja liimapuu on myös omat EN standardinsa ja siihen pohjautuvat taulukkoarvot materiaaliominaisuuksista, joita käytetään lujuuslaskennan perustana kyseisiä materiaaleja hyödynnettäessä. [25 s.51-55]

Sisäpuuportaiden valmistuksessa käytetään materiaalina hyvin paljon liimapuulevyä, varsinkin reisilankuissa, askelmissa ja käsijohteissa. Liimapuulevyjä valmistetaan useista eri puulajeista liimaamalla 40-50 mm leveitä höylättyjä rimoja rinnakkain. Perusominaisuuksiltaan liimapuulevy on verrattavissa höylättyyn puutavaraan mutta liimauksen ansiosta sen eläminen on kosteusvaihteluiden takia vähäisempää. Liimapuulevyä ei pidä sekoittaa liimapuuhun (GL). Rakennuskäytössä liimapuulevyn tulee olla standardin EN 13986 mukaista mutta koska yksilöllisesti mitoitettut sisäpuuportaatt eivät kuulu CE-

merkinnän piiriin niin niiden valmistuksessa käytettävän liimapuulevyn ei tarvitse olla EN 13986 standardin mukaista. Sisäpuuportaiden varmennustodistuksen edellyttämät portaan lujuusmitoitukset voidaan suorittaa heikoimman tuotannossa käytettävän liimalevyn arvoilla, joka on useimmiten C24 luokan täyttävä mäntyliimalevy. Riittää, että tällä materiaalilla tarkastellaan varmennustodistuksen piiriin tulevat porrasmallit mutta porrasmallin valmistajan vastuulle jää osoittaa, joko itse valmistamansa tai ostetun liimapuulevyn ominaisuuksien riittävyys. Kuvassa 13 olevasta taulukosta käy ilmi havupuusahatavaran yleisimmät luokat ja niiden ominaisuudet. [12;33;36.]

Lujuusluokka		Sahatavara		
		C18 (T1)	C24 (T2)	C30 (T3)
Ominaislujuudet (N/mm <sup>2</sup> )				
Taivutus	$f_{m,k}$	18	24	30
Veto	$f_{t,0,k}$	10	14,5	19
	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4
Puristus	$f_{c,0,k}$	18	21	24
	$f_{c,90,k}$	2,2	2,5	2,7
Leikkaus	$f_{v,k}$	3,4	4,0	4,0
Jäykkyysominaisuudet (N/mm <sup>2</sup> )				
Kimmomoduuli	$E_{0, \text{mean}}$	9000	11000	12000
	$E_{90, \text{mean}}$	300	370	400
Liukumoduuli	$G_{\text{mean}}$	560	690	750
Tiheydet (kg/m <sup>3</sup> )				
Ominaistiheys	$\rho_k$	320	350	380
Tiheyden keskiarvo	$\rho_{\text{mean}}$	380	420	460

Kuva 13. Sahatavaran C24 materiaaliominaisuudet. [Eurokoodi 5, lyhennetty suunnitteluohje]

#### 4.3 Sisäportaan MRT-mitointi

Murtorajatilamitointuksessa (MRT) rakenne romahtaa, mikäli siihen kohdistuvien kuormien määrä ylittää rakenteen kestävyysarvon. MRT-mitointuksessa kuormat kerrotaan osavarmuusluvulla, jotka määräytyvät kuormaluokan mukaan. Kiinteät kuormat kerrotaan joko luvulla 1,15 tai 1,35 ja muuttuvat kuormat luvulla 1,5. Jos kuormitusyhdistelmissä on samanaikaisesti useampi muuttuvakuorma, niin tapauskohtaisesti voidaan toista muuttuvaa kuormaa alentaa yhdistelykertoimella. Rakennukset on jaettu kolmeen seuraamusluokkaan CC1, CC2 ja CC3 niiden koon ja käyttötarkoituksen mukaan. Kullekin seuraamusluokalle on määritelty taulukossa oma  $K_{FI}$ -kerroin, joka

liitetään kuormaluokan eteen kuormitusyhdistelmiä laskettaessa.  $K_{FI}$ -kertoimet ovat CC1 luokassa 0,9, CC2 luokassa 1,0 ja CC3 luokassa 1,1. Kuormien aikaluokat ovat pysyvä, pitkäaikainen, keskipitkä, lyhytaikainen ja hetkellinen. Pysyviä kuormia ovat esimerkiksi rakenteen oma paino ja lyhytaikaisia muun muassa portaiden hyötykuormat. Rakenteet jaetaan kolmeen käyttöluokkaan sen perusteella millaisissa lämpötila ja kosteusoloissa ne joutuvat olemaan. Esimerkiksi käyttöluokkaan 1 kuuluu sellainen rakenne, jonka kosteus on lämpötilaa  $+20^{\circ}\text{C}$  vastaava ja ilman suhteellinen kosteus ei tilassa ylitä arvoa 65%:a kuin muutamana viikkona vuodessa. [25, s.27-33]

Sisäportaan mitoituksessa on huomioitava portaan omasta materiaalipainosta muodostuva kuorma. Huomioon otettavien hyötykuormien suuruus vaihtelee kuvan 14 taulukossa ilmenevien tilojen käyttötarkoituksen perusteella. Portaan mitoituksessa on huomioitava myös pistekuorma, jota ei kuitenkaan huomioida samanaikaisesti tasaisesti jakautuvan hyötykuorman kanssa. Sisäportaan kuormitusyhdistely tarkastetaan yhtälöistä (1), (2) ja (3). Kuormitusyhdistelmistä valitaan se, joka antaa suurimman arvon. Koska sisäportaan mitoituksessa on vain yksi muuttuva kuorma kerrallaan, niin kuorman yhdistelykertoimia ei käytetä. Kaiteiden osalta niiden omapainon lisäksi huomioidaan vain viivamainen vaakakuorma 0,5 kN/m, jonka vaikutus tarkastellaan käsijohteen korkeudella mutta ei kuitenkaan ylempänä kuin 1,2 m. [25, s.27]

$$1,35K_{FI}G_k \quad (1)$$

$$1,15 K_{FI} G_k + 1,5K_{FI} q_k \quad (2)$$

$$1,15K_{FI}G_k + 1,5K_{FI}Q_k \quad (3)$$

Joissa:

$G_k$  on portaan oma paino

$q_k$  on määräävän muuttuvan kuorman ominaisarvo ( $\text{kN/m}^2$ )

$Q_k$  on määräävän muuttuvan kuorman ominaisarvo (kN)

$K_{FI}$  seuraamusluokan mukainen kuormakerroin

HYÖTYKUORMIEN OMINAISARVOT PORTAILLE (Eurokoodi 5)		
Tilojen luokat	$q_k$ kN/m <sup>2</sup>	$Q_k$ kN
<b>Luokka A:</b> Asuintilat	2.0	2.0*
<b>Luokka B:</b> Toimistotilat	3.0	2.0
<b>Luokka C:</b> Kokoontumistilat	3.0	2.0
C1: Pöytäalueet	3.0	2.0
C2: Kiinteiden istuimien alueet:	3.0	2.0
C3: Esteettömät alueet	3.0	2.0
C4: Liikuntatilat ja näyttämöt	3.0	2.0
C5: Tungokselle alttiit tilat	6.0	2.0
<b>Luokka D:</b> Myymälätilat		
D1: Tavalliset vähittäiskaupat	3.0	2.0
D2: Tavaratalot	6.0	2.0
<b>Luokka E:</b> Varastotilat		
E1: Tavarantoimitus ja vastaanottotilat	3.0	2.0
<b>Luokka H:</b> Vesikatot ilman hyötykäyttöä	0.4	1.0
* Asunnon sisäiset portaat $Q_k = 1.5$ kN		

Kuva 14. Portaan hyötykuormien ominaisarvot

#### 4.3.1 Materiaalin lujuuden ja kestävyysmitoitussarvo

Standardin mukaisille puutuotteille on koottu taulukoidut arvot niiden lujuuden ominaisarvoista. Tarkasteltavat lujuusominaisuudet ovat taivutus, veto, puristus ja jäykkyysominaisuuksista kimmomoduuli, liukumoduuli sekä materiaalin tiheysarvot. Lujuusominaisuuden suunnittelu- eli mitoitussarvo  $X_d$  saadaan kaavasta (4). [38, s.15; 25,s.47-51]

$$X_d = k_{mod} \cdot X_k / Y_m \quad (4)$$

Jossa:

$k_{mod}$  on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin

$X_k$  on materiaalin lujuusominaisuuden ominaisarvo

$Y_m$  on materiaalin jäykkyyso- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluku

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,3

Kuva 15. Sahatavaran osavarmuusluku  $Y_m$ . [Eurokoodi 5, lyhennetty suunnitteluohje]

Kestävyden mitoitusarvo  $R_d$  lasketaan kaavasta (5). Rakenteen kestävyden mitoituksessa tavoite on, että kuormituksen aiheuttamat rasitukset ovat pienemmät tai korkeintaan yhtä suuret kuin rakenteen kestävyden mitoitusarvo (6). Kuvassa 15 osavarmuusluku  $Y_m$  sahatavaralle ja kuvassa 16 muunnoskerroin  $k_{mod}$  sahatavaralle. [25, s.47-48.]

$$R_d = k_{mod} \cdot R_k / Y_m \quad (5)$$

Jossa:

$k_{mod}$  on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin

$R_k$  on kestävyden ominaisarvo

$Y_m$  on materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluku

$$E_d \leq R_d \quad (6)$$

Jossa:

$E_d$  on kuormituksen aiheuttamat rasitukset

$R_d$  on kestävyden mitoitusarvo

Kuvassa 14 osavarmuusluku  $Y_m$  sahatavaralle ja kuvassa 15 muunnoskerroin  $k_{mod}$  sahatavaralle. [25, s.47-48.]

Materiaali	Käyttöluokka	Kuorman aikaluokka		
		Pysyvä	Keskipitkä	Hetkellinen
Sahatavara, Pyöreä puutavara, Liimapuu, LVL, Vaneri, CLT	1	0,60	0,80	1,10
	2	0,60	0,80	1,
	3	0,50	0,65	0,9

Kuva 16. Muunnoskerroimen  $k_{mod}$  arvot sahatavaralle. [Eurokoodi 5, lyhennetty suunnitteluohje]

#### 4.3.2 Taivutuskestävyys

Puuportaan lujuusmitoituksessa askelmien ja reisilankkujen taivutuskestävyys on keskeinen tarkasteltava seikka. Askelmia ja reisilankkuja voidaan tarkastella erillisinä vapaasti tuettuina yksiaukkoisina palkkeina. Yhteen suuntaan taivutetun sauvan taivutuskestävyyden on täytettävä kaavan (7) ehto. Suorakaidepoikkileikkaukselle taivutusjännitys lasketaan kaavasta (8). Suorakaidepoikkileikkauksen taivutusvastus lasketaan kaavasta (9). Taivutuslujuuden mitoitusarvo lasketaan kaavasta (10). [25, s.74]



$$\sigma_{md} \leq f_{md} \quad (7)$$

Jossa:

$\sigma_{md}$  on sauvan taivutusjännityksen mitoitusarvo

$f_{md}$  materiaalin taivutuslujuuden mitoitusarvo

$$\sigma_{md} = M_d/W \leq f_{md} \quad (8)$$

Jossa:

$M_d$  on taivutusmomentin laskenta-arvo

$W$  on taivutusvastus

$$W = b \cdot h^2 / 6 \quad (9)$$

Jossa:

$b$  on sauvan leveys

$h$  sauvan korkeus

$$f_{md} = k_{mod} \cdot f_{mk} / \gamma_m \quad (10)$$

Jossa:

$f_{md}$  on taivutuslujuuden mitoitusarvo

$k_{mod}$  on kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin

$f_{mk}$  on taivutuslujuuden ominaisarvo

$\gamma_m$  on materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien osavarmuusluku

#### 4.3.3 Kiepahduskestävyys

Taivutetussa sauvassa kiepahdus tulee ottaa huomioon taivutuslujuutta mitoitettaessa. Sauvan kiepahdusherkkyyteen vaikuttaa sauvan tehollinen pituus sekä sauvan korkeuden ja leveyden välinen suhde. Taivutuslujuuden pienentämiseen käytetään  $k_{krit}$  kerrointa ja kerroin voidaan lukea suoraan taulukosta suorakaidepoikkileikkauksille, kun sahatavaran lujuusluokka on enintään C30. Taulukkoa käytettäessä tehollinen pituus lasketaan kaavasta (11), kun kuormitus vaikuttaa sauvan puristetulla reunalla. Portaan mitoituksessa kiepahdus ei määräävä tekijä askelman kohdalla koska askelma on matala levymäinen kappale, jonka  $k_{krit}$  saa arvon 1,0. Reisilankun mitoituksessa kiepahdus tulee määrääväksi, vaikka askelmat toimivat reisilankun kiepahdustukina. [38, s.26-27]

$$L_{ef} = a + 2h \quad (11)$$

Jossa:

$L_{ef}$  on sauvan tehollinen pituus

$a$  on kiepahdustukien väli

$h$  on sauvan korkeus

#### 4.4 KRT-mitointi

Käyttörajatilamitointuksessa (KRT) ei käytetä kuormituslaskennassa murtorajatilan varmuuskertoimia. Rakenteen KRT-tarkastelussa on tarkoitus varmistua siitä, että kuormien vaikutuksesta rakenteeseen syntyvät muodonmuutokset pysyvät riittävän pieninä eivätkä aiheuta rakenteiden pintakerroksille vaurioita kuten esimerkiksi halkeamia. [25, s.30]

##### 4.4.1 Taipuma

Taipuman tarkastelu tehdään käyttörajatilan kuormitusmitointuksella. Puisen sisäportaan kohdalla tarkasteltavat kuormitusyhdistelmät ovat (12) ja (13). Hetkellinen taipuma määritetään kaavasta (14). ja lopputaipuma ilman rakenteellista esikorotusta kaavasta (15). Hetkellisen taipuman tarkastelun raja-arvona pidetään  $L/400$  arvoa ja lopullisen taipuman  $L/300$ , joissa  $L$  = tarkasteltavan rakenteen pituus. [25, s.30-31]

$$G_k + q_k \quad (12)$$

$$G_k + Q_k \quad (13)$$

Joissa:

$G_k$  on portaan oma paino

$q_k$  on määrävän muuttuvan kuorman ominaisarvo ( $\text{kN/m}^2$ )

$Q_k$  on määrävän muuttuvan kuorman ominaisarvo (kN)

$$W_{inst} = W_{inst,G} + W_{inst,Q1} \quad (14)$$

Jossa:

alaindeksit  $G$  ja  $Q$  tarkoittavat eri kuormaluokista aiheutuvaa taipumaa

$$W_{fin} = W_{fin,G} + W_{fin,Q1} + W_{fin,Q1} \quad (15)$$

Jossa:

$W_{fin,G} = W_{inst,G} * (1 + k_{def})$  pysyvästä kuormasta

$W_{fin,Q1} = W_{inst,Q1} (1 + \Psi_{2,1} * k_{def})$

$K_{def}$  on virumakerroin

#### 4.5 Esimerkki reisilankun ja askelman mitoituksesta Finnwood-ohjelmalla

Esimerkkinä tarkastellaan suoran, yksisyöksyisen asunnon sisäportaan reiden ja askelman lujuusmitoitus Finnwood-ohjelmalla. Liitokset rajataan tarkastelun ulkopuolelle. Kyseisessä porrastyyppissä reisilankkujen jännevälit ovat muihin porrastyyppisiin verrattuna pitkiä ja näin ollen tarkastelu antaa parhaan kuvan reiden kuormituskestävyydestä. Tarkastelu suoritetaan niin, että yksittäinen reisilankku ja yksittäinen askelma tutkitaan vapaasti tuettuina yksiaukkoisina sauvarakenteina. Portaan geometrinen mitoitus on huoneiston kerroskorkeuden 3000 mm mukainen, jolloin nousuja on 16 kpl ja askelmia 15 kpl. Askelnousu on 187,5 mm ja askeletenemä on 250 mm. Askelman ja reiden mitoituksessa käytetään Hovinikkarit Oy:n tuotannossa käytettäviä poikkileikkausmittoja. Portaan ulkoleveys on 1000 mm ja reisilankun leveys  $b=50$  mm, korkeus  $h=280$  mm ja pituus  $L=4825$  mm. Askelman korkeus  $h=40$  mm ja leveys  $b=270$  mm ja pituus  $L=930$  mm.

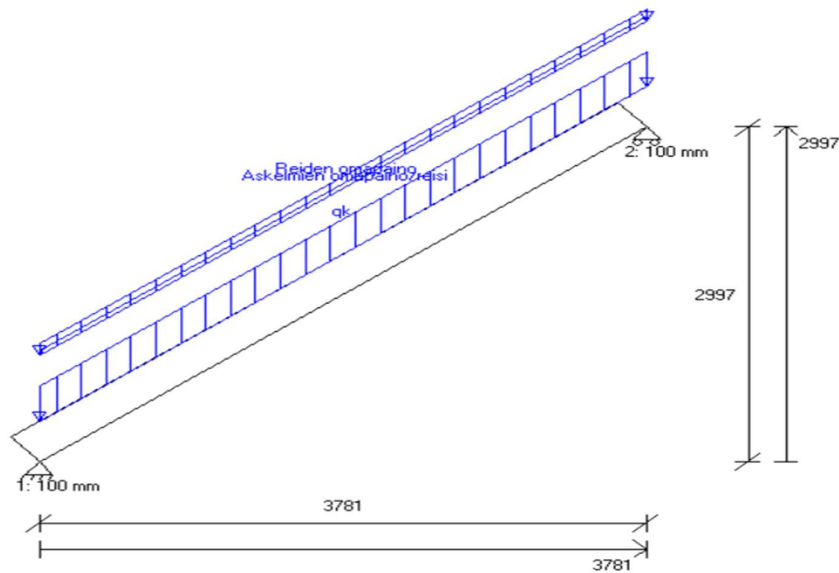
Sisäportaiden valmistuksessa käytetään liimapuulevyä, joka useimmiten on valmistettu lehtipuusta mutta tässä tapauksessa tarkastelussa hyödynnetään havupuusahatavaran C24 lujuusluokan materiaaliarvoja, jolloin ollaan saatujen tulosten suhteen varmallalla puolella. Materiaalin jäykkyys- ja kestävyysominaisuuksien varmuusluku  $Y_m = 1,3$ . Käyttöluokka on 1 koska kyseessä on tasaisen huonelämmön omaavat asuinhuoneiston sisätilat. Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskerroin  $K_{mod}$  on käyttöluokassa 1 pysyvässä aikaluokassa 0,6, pitkäaikaisessa 0,7, keskipitkässä, 0,8, lyhytaikaisessa 0,9 ja hetkellisessä 1,1.

#### 4.5.1 Kuormitus

Kuormituslaskennassa materiaalin painona on käytetty arvoa  $5 \text{ kN/m}^3$  ja materiaalin omapaino on syötetty laskentaohjelmaan erikseen eli automaattinen omapainon huomiointi on poistettu käytöstä. Portaan omapaino  $G_k = 0,3 \text{ kN/m}$  ja siitä yhdelle reisilankulle tuleva kuorma materiaalin painosta on puolet eli yhden reisilankun  $G_k = 0,15 \text{ kN/m}$ . Yksittäisen askelman  $G_k = 0,05 \text{ kN/m}$ . Portaalle laskettava hyötykuorma asunto- ja majoitustiloissa  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$  ja siitä 1m leveässä portaassa yhdelle reisilankulle kohdistuu  $1,0 \text{ kN/m}$ . Koska kyseessä on asuinhuoneiston sisäporras niin erillisessä pistekuormatarkisteluissa käytettävä pistekuorma  $Q_k = 1,5 \text{ kN}$ . Seuraamusluokka on CC2 eli kuormitusyhdistelmien  $K_{FI} = 1,0$ . MRT-tilassa tarkastellut kuormitusyhdistelmät ovat luvussa 4.1 ilmenevät (1), (2) ja (3). Taipumatarkastelussa käytetään luvun 4.4.1 kuormitusyhdistelmät (11) ja (12).

#### 4.5.2 Reisilankku

50 mm:n reisilankun MRT-tarkastelussa kuormitusyhdistelmä (2) eli tasainen muuttuva kuorma osoittautui määrääväksi. Kuormitusyhdistelmän staattinen malli on esitetty kuvassa 17 ja Finnwood-tuloste tarkastelusta liitteessä 1. Suurin momentti  $3,87 \text{ kNm}$  saavutettiin kentässä reisilankun pituusmitan puolivälissä ja silloinkin taivutuskestävyyden käyttöaste oli vasta 40% kiepahduskestävyys huomioituna. KRT-tarkastelussa kuormitusyhdistelmällä (11) tehty taipumatarkastelu tulee kyseisellä poikkileikkausmitoituksella rajoittavaksi tekijäksi. Hetkellinen taipuma  $L/400$  oli  $6,8 \text{ mm}$  käyttöaste 56 % ja lopullinen taipuma  $L/300$   $8,4 \text{ mm}$  käyttöaste tuolloin 52 %.

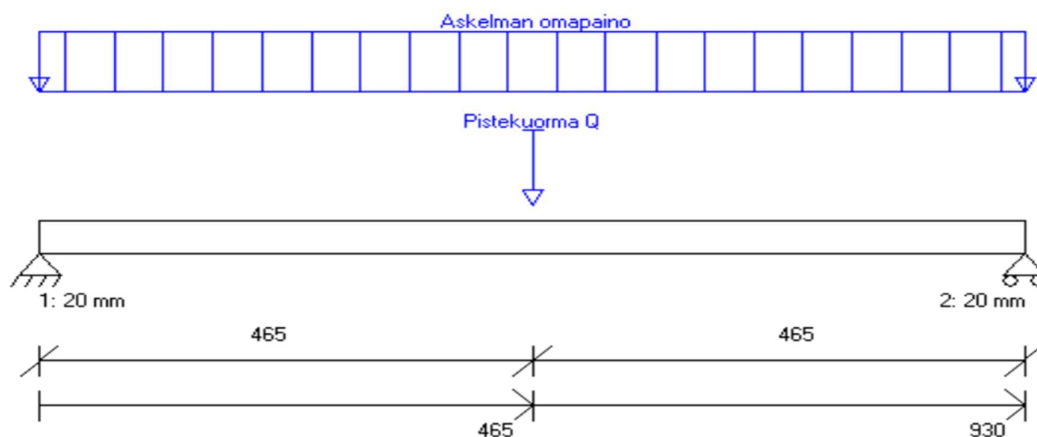


Kuva 17. Reisilankun kuormitusyhdistelmä (1). [Kuvakaappaus Finnwood]

Vaikka liitokset ovatkin rajattu tarkastelun ulkopuolelle niin täytyy kuitenkin reisilankun mitoituksessa huomioida askelmien liittyminen reisilankkuun. Hovinikkarit Oy upottaa askelman täysimittaisena 15 mm:n syvyydelle reisilankkuun sisään. Edellä selostettu 50x280 mm:n reisilankun lujuustarkastelu tehtiin ilman askelmien lovien huomioimista. Koska Finnwood-ohjelma ei mahdollista lovien ja reikien huomioimista sahatavaralla, niin suoritettiin vertaileva lujuustarkastelu saman materiaalin reisilankulle poikkileikkauksen ollessa 35x280mm, joka kuvaa askelloveuksien ulkopuolelle jäävää ehjää reisilankun osuutta. Vaikka kyseinen tarkastelu ei johda aivan samaan lopputulokseen kuin 50x280mm poikkileikkaus lovien kanssa niin ollaan tarkastelussa ainakin varmalla puolella. Tarkastelu tehtiin vain määrääväksi osoittautuvilla kuormitusyhdistelmillä (2) ja (11). MRT-tarkastelussa 35 mm vahvuisen reisilankun taiputuskestävyys osoittautui edelleen määrääväksi tekijäksi, kiepahdus huomioituna, mutta käyttöaste jäi edelleen 64%:iin. KRT-tarkastelussa hetkellinen taipuma  $L/400$  saavutti lukeman 9,7 mm, käyttöaste 80 % ja lopullinen taipuma  $L/300$  oli 12 mm käyttöasteen ollessa tuolloin 75%. Finnwood-tuloste liitteessä 3.

### 4.5.3 Askelma

Askelman 40x270mm L=930 mm, MRT-tarkastelussa pistekuorman omaava kuormitusyhdistelmä (3) osoittautui määrääväksi. Kyseinen kuormitustapaus havainnollistettu kuvassa 18 ja sen Finnwood-tuloste liitteessä 5. Pistekuorman ollessa jännevälin keskellä, saavutettiin tarkastelun taivutuskuormituksen suurin momentin arvo 0,53 kNm ja käyttöaste oli tuolloin 38%. Kiepahdusta ei tapahdu. Kuten reisilankun MRT-tarkastelussa, niin myös askelman MRT-tarkastelussa taivutuskestävyys osoittautui määrääväksi mitoitus-tekijäksi, mutta askelman käyttöaste jäi alle 50%:n. Liitteessä 4 vertailuarvona Finnwood-laskelma kuormitusyhdistelmästä (2). KRT-tarkastelussa kuormitusyhdistelmä (12) oli määräävä. Lyhytaikainen taipuma L/400 oli 1,7 mm, käyttöaste 72 % ja pitkäaikastaipuma L/300 2,0 mm, käyttöaste 64 %. Myös askelman osalta taipuma osoittautui mitoitusta ohjaavaksi tekijäksi.



Kuva 18. Askelman kuormitusyhdistelmä (2). [Kuvakaappaus Finnwood-laskentaohjelmasta]

Vertailuna tarkasteltiin kestäkö 1200 mm leveän porrassyöksen askelmat, valmistettuna 40 mm:n vahvuisesta materiaalista. Tuolloin askelman pituus L=1130 mm, h=40 mm ja b=270 mm. Tarkastelu tehtiin vain määrääviksi osoittautuneilla kuormitusyhdistelmillä MRT (3) ja KRT (12). Taivutusmomentin suurin arvo saavutettiin pistekuorman ollessa keskikentässä 0,65 kNm, jolloin käyttöaste 47%. KRT-tarkastelussa hetkellinen taipuma L=400 oli 3,0 mm ja silloin käyttöaste 106 %. Lopullinen taipuma L/300 saavutti lukeman 3,6 mm, käyttöasteen ollessa 95%. 40 mm:n vahvuinen askelma kestää 1130

mm pitkänä murtorajatilakuormituksen vaivatta mutta taipuma kasvaa yli sallittujen arvojen. Liitteessä 6 Finnwood-tuloste tämän askelman mitoituksesta.

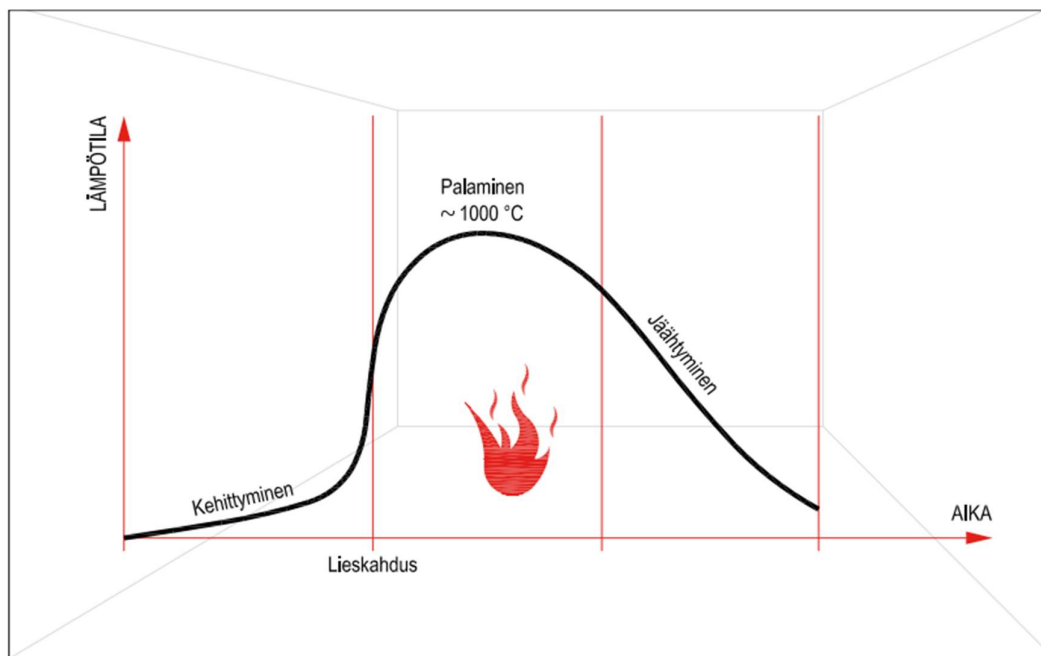
## 5 Puuportaat ja rakennuksen paloturvallisuus

### 5.1 Yleistä

Rakennuksen paloturvallisuus on tekijä, johon joudutaan kiinnittämään huomiota heti suunnittelun alkuvaiheesta lähtien. Paloturvallisuutta ohjaavissa normeissa rakennuksen koko, kerrosmäärä ja käyttötarkoitus määrittelevät vaatimustason, jolla rakenteiden syttymisherkkyys ja palonkestävyys on suunniteltava. Paloturvallisuuteen liittyvien normien uudistusvaiheessa on pyritty myötävaikuttamaan puurakentamisen yleistymiseen varsinkin kerrostalorakentamisessa. Puukerrostalojen yleistyessä avautuvat myös kasvavat markkinat puuportaiden hyödyntämiseen monikerrosrakentamisessa. Puupintojen palonkeston ja puisten kantavien rakenteiden stabiliteetin säilyminen tulee kuitenkin taata normien edellyttämällä tavalla ja seuraavissa alaluvuissa pyritään avaamaan voimassa olevien palosäädösten sisältöä puurakentamisen ja ennen kaikkea puuportaiden näkökulmasta. [22;27.]

#### 5.1.1 Palon kehittyminen

Palon alussa eli syttymisvaiheessa lämpötila kehittyy melko maltillisesti 400°C:seen. Palon saavuttaessa tuon astemäärän, syttyvät huonetilan yläosiin kertyneet kuumat palo-kaasut sekä kaikki palavien materiaalien pinnat lähes samanaikaisesti ja tuota tapahtumaa kutsutaan lieskahdukseksi. Tämän jälkeen palo kehittyy nopeasti täyteen laajuuteensa eli palamisvaiheeseen, jolloin lämpötila kohoaa ylimmillään jopa 1200°C:seen. Mikäli palo saa jatkoa rauhassa ilman onnistunutta sammutustoimenpidettä, niin viimeisenä vaiheena seuraa jäähtymisvaihe, jossa lämpötilan lasku on hyvin nopeaa (kuva 19). Palon alkuvaiheen maltillinen lämpötila mahdollistaa sen, että rakenteiden paloteknisellä suunnittelulla voidaan vaikuttaa rakennosien syttymisherkkyteen ja koko rakennuksen stabiliteetin säilymiseen. Tämä mahdollistaa palon alkuhetkien aikana henkilöiden turvallisen poistumisen rakennuksesta sekä luo olosuhteita pelastushenkilökunnan sammutustoiminnalle. [27.]



Kuva 19. Palon kehittyminen ilman sammutusjärjestelmää olevassa rakennuksessa. [Puuinfo]

### 5.1.2 Säänteleviä normeja

Tässä luvussa käsitellään rakennuksen paloturvallisuutta rakennusmateriaaleille asetettujen, syttymisherkyyteen ja palonkestoon liittyvien viranomaisvaatimusten näkökulmasta. Portaiden paloturvallisuuteen liittyvät geometriset mitoitusvaatimukset käsiteltiin jo aikaisemmin luvussa 3. Puu rakennusmateriaalina asettaa haasteita rakennuksen paloturvallisuuden takaamiselle koska se on materiaali, joka osallistuu paloon ja on osaltaan lisäämässä palokuormaa. [22.]

Suomessa rakennusten paloturvallisuuteen liittyviä seikkoja sääntelee 1.1.2018 voimaan tullut ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017, jatkossa tässä opinnäytetyössä paloasetus). Sitä sovelletaan uudisrakennuksiin ja vanhojen rakennusten laajennuksiin tai kerrosalaa lisääviin rakennusratkaisuihin. Korjaus- ja muutostöissä säädöstä on sovellettava, jos edellä mainitut työt aiheuttavat rakennuksen tai sen osan paloturvallisuuteen vaaralliseksi katsottavia vaikutuksia ja tämän takia katsotaan olevan tarvetta rakennuksen paloturvallisuuden parantamiseen henkilöturvallisuuden takaamiseksi. Tällainen tapaus voi olla esimerkiksi rakennuksen tai sen osan käyttötarkoituksen muutos, kun uusi käyttötarkoitus edellyttää tiukempaa paloturvallisuutta.



Rakennuskohteen pääsuunnittelijan, rakennussuunnittelijan sekä erityissuunnittelijan vastuulle jää huolehtia siitä, että rakennuksessa toteutuu sille paloasetuksessa asetetut käyttötarkoituksen edellyttämät paloturvallisuusvaatimukset. [20;21.]

## 5.2 Rakennusten paloluokitukset

Rakennus on suunniteltava niin, että sen voidaan olettaa palotilanteessa kestävän tietyn ennalta määrätyn ajan sortumatta. Paloasetuksessa rakennukset ovat jaettu paloluokkiin P0, P1, P2 ja P3. Paloluokan mukaan määrittyy se, minkälaisia paloturvallisuusvaatimuksia ja rakenteeseen tai henkilömäärään liittyviä rajoituksia rakennukseen kohdistuu. P1, P2 ja P3 paloluokkia käytetään silloin kun rakennuksen paloturvallisuussuunnittelu perustuu palomääräysten mukaiseen taulukkomitoitukseen. P1-luokka edustaa taulukkomitoituspaloluokista korkeinta vaatimusluokkaa ja siihen kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän tulipalon ilman sortumisvaaraa. P2-luokassa vaatimustaso on alhaisempi ja rakennuksen paloturvallisuus pyritään saattamaan riittävälle tasolle turvautumalla ennakoiviin rakenteista suojaaviin toimenpiteisiin, kuten palosuoja-verhouksiin tai automaattisiin sammutuslaitteisiin. P3-luokan rakennukselle ei lähtökohdaisesti aseteta erityisvaatimuksia paloturvallisuuden suhteen. [20.]

## 5.3 Palokuorma ja palokuormaryhmät

Palokuormalla tarkoitetaan kokonaislämpömäärää, joka vapautuu, kun tilassa oleva aine palaa täydellisesti. Rakennuksen palokuormaan luetaan rakennusosien lisäksi irtaimisto ja palokuorma ilmoitetaan megajouleina/lattianeliö  $\text{MJ/m}^2$ . P0-paloluokassa palokuormat on määritettävä erikseen jokaisessa mitoitustapauksessa. P1 paloluokassa palokuormaryhmät ovat luokiteltu kolmeen ryhmään: a) alle  $600 \text{ MJ/m}^2$ , b)  $600\text{--}1200 \text{ MJ/m}^2$  ja c) yli  $1200 \text{ MJ/m}^2$ . Palokuormaryhmä määräytyy rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan ja sitä hyödynnetään paloasetuksen 12§:n taulukossa 3, jossa määritetään vaatimukset P1 ja P2 paloluokan kantaville ja jäykistäville rakenteille. [20;22.]

#### 5.4 Rakennusosien luokat R, E, I

Rakennuksen paloteknisessä suunnittelussa kantavat ja osastoivat rakennusosat luokitellaan niiden kyvyn mukaan kestää tulipaloa. R kuvaa rakennusosan kantavuutta, E tiiviyttä ja I eristävyttä. Merkinnät voivat esiintyä muodossa R, E, RE, EI tai REI ja niiden jäljessä on luku, jolla kuvataan vaadittua palonkestävyyssaikaa minuuteissa. Käytetyt minuuttiluokat ovat 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240. Lisämerkintänä saattaa esiintyä myös kirjain M, jolla tarkoitetaan iskunkestävyyttä. [20;21.]

#### 5.5 Kantavien ja jäykistävien rakenteiden luokkavaatimukset

Paloasetuksen 12 §:n taulukon 3 (kuva 20) mukaan määräytyvät rakennuksen kantavien ja jäykistävien osien palonkestävyyksivaatimukset. Kantavat rakenteet on tehtävä rakennusmateriaaleista, jotka täyttävät vähintään rakennustarvikkeiden paloluokan D-s2, d2. (Rakennustarvikkeiden paloluokkien määräytymisestä tarkemmin osassa 5.8). Tämä mahdollistaa lähtökohtaisesti puun käytön kantavissa rakenteissa kaikissa rakennuksen paloluokissa P1, P2 ja P3 koska esimerkiksi palosuojamatton liimapuu ja sahatavara kuuluvat rakennustarvikkeena luokkaan D-s2, d0. Jos portaat kuuluvat uloskäytävään, niin niille on asetettu pääsääntönä kantavuuden osalta palonkestovaatimus R30. Poikkeuksena tilanne, jossa porraskäytävä on sijoitettu ylimmän kellarikerroksen alapuoliseen kellarikerrokseen ja se toimii samalla uloskäytävänä. Tällöin portaan porrassyöksylle ja tasanteille on asetettu palonkestovaatimus R60. Mikäli taulukossa kantaville rakenteille on materiaalien osalta asetettu vaatimus A2-s1, d0, niin silloin vaatimus koskee myös porrassyöksyjä ja tasanteita. Erikseen on mainittu myös, että P1 paloluokan yli 2-kerroksisen rakennuksen porrassyöksyt ja tasanteet on tehtävä aina vähintään A2-s1, d0 luokan rakennustarvikkeista, jos porraskäytävä toimii uloskäytävänä. [20.]

Rakennus	Rakennuksen paloluokka ja palokuormaryhmät MJ/m <sup>2</sup>			
	P1			P2
	yli 1 200	600–1 200	alle 600	-
<b>1–2-kerroksinen rakennus, yleensä</b>	R 120 (R60 *)	R 90 (R60 *)	R 60	R 30
- hoitolaitokset, majoitustilat	R 120, A2 (R60 *, A2)	R 90, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 30
- ylin kellarikerros	R 120, A2 (R90 *, A2)	R 90, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 60, A2
- yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne on kantavan rungon olennainen osa <sup>1)</sup>	R 60	R 60	R 60	R 30
- yksikerroksinen tuotanto- ja varastorakennus	R 60 (R30 *) (R15, A2 *)	R 60 (R30 *) (R15, A2 *)	R 60 (R30 *) (R15, A2 *)	R 30 (R15 *) (R15, A2)
- yläpohja rakennuksessa, jossa ei ole ullakkoa ja rakenne ei ole kantavan rungon olennainen osa <sup>1)</sup>	R 15	R 15	R 15	R 15
<b>Yli 2-kerroksinen rakennus, jonka korkeus on enintään 28 m, yleensä</b>	R 180, A2 (R90 *, A2)	R 120, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 60 * # <sup>3)4)</sup>
- ylin kellarikerros	R 180, A2 (R90 *, A2)	R 120, A2 (R60 *, A2)	R 60, A2	R 60 * A2
- asuinrakennus, asunto, ylin kerros	R 60 +	R 60 +	R 60 +	R 60 * # <sup>3)</sup>
- asuinrakennus, asunto, kaksi ylintä kerrosta <sup>2)</sup>	R60 * #	R60 * #	R60 * #	R 60 * # <sup>3)</sup>
- yli 2-kerroksinen asuinrakennus, jonka korkeus on enintään 14 m ja jonka kerrokset kuuluvat asunnoittain samaan huoneistoon	R 45, A2 (R30, A2 *)	R 45, A2 (R30, A2 *)	R 45, A2 (R30, A2 *)	R 45 # (R30 * #)
<b>Yli 2-kerroksinen rakennus, jonka korkeus on yli 28 m mutta enintään 56 m</b>	R 240, A2 (R180 *, A2)	R 180, A2 (R120 *, A2)	R 120, A2 (R90 *, A2)	ei mahdollinen
<b>Yli 2-kerroksinen rakennus jonka korkeus on yli 56 m</b>	R180 *, A2	R 120 *, A2	R 120 *, A2	ei mahdollinen
<b>Ylimmän kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset</b>	R 240, A2 (R180 *, A2)	R 180, A2 (R120 *, A2)	R 120, A2	R 120, A2 (R90 *, A2)

Parvekkeiden palonkestävyysvaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta.  
Kantavien rakenteiden on oltava vähintään D-s2, d2 -luokan tarviketta, ellei taulukossa toisin mainita.

Uloskäytävän porrassyöksen ja -tasanteen luokkavaatimus on R 30. Ylimmän kellarikerroksen alapuolella sijaitsevan kellarikerroksen uloskäytävän porrassyöksen ja -tasanteen luokkavaatimus on R 60. Jos kantaville rakenteille on asetettu luokkavaatimus A2-s1, d0, tämä koskee myös porrassyöksiä ja -tasanteita. Yli 2-kerroksisen P1-paloluokan rakennuksen uloskäytävän porrassyökset ja -tasanteet on tehtävä vähintään A2-s1, d0 -luokan tarvikkeista.

Ullakon tai ontelon vesikattorarakenteille, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita, ei aseteta palonkestävyysvaatimusta.

<sup>1)</sup> Kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia ovat pääkannattajat, runkoa jäykistävät sekundäärikannattajat ja yläpohjan jäykisteet ja muut sellaiset yksittäiset rakenteet, jotka toimivat yläpohjan stabiliteetin säilyttämiseksi, sekä näiden väliset liitokset.

<sup>2)</sup> Kun kolme ylintä kerrosta, lukuun ottamatta uloskäytävää, on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.

<sup>3)</sup> Huom. 24 § 3 momentissa esitetyt vaatimukset.

<sup>4)</sup> Jos käyttötarkoituksen mukainen palokuormaryhmä on 600–1 200 MJ/m<sup>2</sup>, luokkavaatimus on R 90 \* # <sup>3)</sup>

\* Rakennus on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla.  
# Lämmöneristeiden ja muiden täytteiden on oltava vähintään A2-s1, d0 -luokkaa.  
+ Lämmöneristeiden ja muiden täytteiden on oltava eristävältä osaltaan vähintään D-s2, d2 -luokkaa.  
A2 Kantavien rakenteiden on oltava vähintään A2-s1, d0 -luokkaa.

Kuva 20. Paloasetuksen taulukko 3. [Paloasetus 848/2017]

Portaan osalta 12§:n 3 taulukkoa tulkittaessa on muistettava ensin varmistaa portaan käyttötarkoitus. Portaan toimiessa uloskäytävänä tai sen osana siihen kohdistuvat omat vaatimuksensa tämän perusteella sekä materiaalin että palonkestävyysluokan suhteen. [20;21.]

## 5.6 Palo-osastointi

Pääasiallisesti palo-osastot muodostetaan niin, että rakennuksen kukin kerros on oma palo-osastonsa. Porrashuoneet muodostavat kaikkien kerrosten osalta yhtenäisen palo-osaston ja näin ollen porrashuone täyttää paloasetuksen 1 luvun 2 §:n määritelmän palolta suojattu uloskäytävä. Tällä seikalla on merkitystä, kun tulkitaan uloskäytävänä toimivan portaan kantavuuteen ja pintaluokkiin kohdistuvia vaatimuksia. Paloasetuksen 3-luvun 16 §:n taulukossa 6 on lueteltu osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset tiiviyn E ja eristävyyden I osalta. Tämän kohdalla on muistettava rakenteiden kantavuutta käsittelevän samaisen asetuksen 2-luvun 12 §:n poikkeusmaininta, jossa sanotaan, että jos kantavalta rakennusosalta vaaditaan E ja I luokissa korkeampaa luokkavaatimusta kuin mitä R arvo edellyttäisi, niin tuolloin R toteutetaan E:n ja I:n viitoittamalla korkeammalla luokkavaateella. Tämä tulee vastaan esimerkiksi P3-paloluokan enintään 2-kerroksisissa rakennuksissa. P3-paloluokassa uloskäytävässä kantavien rakennusosien lähtökohtainen kantavuusluokkavaatimus on R0 mutta tiiviyn ja eristävyyden vaatimus EI 30 ja tämän takia myös kantavuus ohjautuu luokkaan R30. [20;21;22.]

## 5.7 Rakennustarvikkeiden paloluokitukset

Rakennustarvikkeet jaetaan paloteknisesti luokkiin sen perusteella, miten ne osallistuvat paloon sen alkuvaiheessa. Luokittelu perustuu tuotteen syttymisherkyyteen, sen vaikutukseen palon leviämiseen, savun tuottoon ja palavan pisaroinnin muodostamiseen. Suomessa käytössä olevat rakennustarvikkeiden luokat, lukuun ottamatta lattiapäällysteitä ovat A1, A2, B, C, D, E ja F. Tämän lisäksi on käytössä rakennustarvikkeen savunmuodostusominaisuutta kuvaavat lisäluokat s1, s2, ja s3 sekä palavien pisaroiden muodostumisesta kertovat lisäluokat d0, d1 ja d2. Vain luokat A1 ja F ilmoitetaan aina ilman lisäluokkia. Alapuoella on kuvattu rakennustarvikeluokkien ja lisäluokkien paloon osallistumisen ominaisuuksia ja esimerkkejä kyseiseen rakennustarvikeluokkaan kuuluvista rakennusmateriaaleista. [21.]

A1, tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon (betoni, teräs)

A2, tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu (kipsilevy)

- B, tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu (palosuojattu puu)
- C, tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti (palosuojattu puu)
- D, tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä (puutuotteet yleisesti)
- E, tarvikkeet, joiden käyttäytyminen paloon on hyväksyttävissä (huokoiset puukuitulevyt)
- F, tarvikkeet, jotka eivät täytä E-luokan vaatimuksia (testaamattomat tuotteet)

- s1 savuntuotto on erittäin vähäistä
- s2 savuntuotto on vähäistä
- s3 savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia
- d0 palavia pisaroita tai osia ei esiinny
- d1 palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
- d2 palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia

Lattianpäällysteiden luokat ovat A1<sub>FL</sub>, A2<sub>FL</sub>, B<sub>FL</sub>, C<sub>FL</sub>, D<sub>FL</sub>, E<sub>FL</sub> ja F<sub>FL</sub>. Määrittelyt luokille ovat samat kuin muillekin rakennustarvikkeille. Lattianpäällysteiden savuntuottoa kuvataan merkinnällä s1 (savuntuotto rajoitettu) tai merkinnällä s2 (savuntuotto ei täytä s1 vaatimuksia). Palavien pisaroiden luokat määrittelyineen ovat lattianpäällysteillä samat kuin muillakin rakennustarvikkeilla. [21.]

Vain A1 luokan rakennustarvikkeet ovat täysin palamattomia ja yksiaineisia. A2-s1, d0 muodostuvat pääsääntöisesti useammasta aineesta. Sahatavaran, liimapuun ja esimerkiksi puuportaiden valmistuksessa paljon käytettävän massiivipuuliimalevyn paloluokitus täyttää yleisesti luokan D-s2, d0 vaatimuksen. Rakennustarvikkeiden luokka määritetään käytännön polttokokeilla ja luokissa A2 - D suoritetaan tuotteille myös savunmuodostuksen määrittely. [20;22.]

## 5.8 Rakennusten sisäpuoliset pinnat

### 5.8.1 Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset

Rakennuksen sisä- ja ulkopuolisille pinnoille on asetettu myös paloherkkyyttä kuvaavat pintaluokkavaatimukset. Koska tämä opinnäytetyö on jo aikaisemmissa luvuissa rajattu käsittelemään puisiin sisäportaisiin liittyviä määräyksiä, niin tässäkin osiossa keskitytään vain rakennuksen sisäpintoihin liittyviin palomääräyksiin. Paloasetuksen 23 §:n taulukossa 7 (kuva 21) on kuvattu rakennuksen sisäpuolisten pintojen pintaluokkavaatimukset eri paloluokan rakennuksissa niiden käyttötarkoituksen perusteella. Paloasetuksessa on kuitenkin erikseen mainittu, että pintaluokkavaatimusten ulkopuolelle voidaan jättää vähäiset rakennusosat kuten tavanomaiseksi luokiteltavat ovet, ikkunat, kiinnityspinnat, käsijohteet ja jalkalistat. Samoin enintään 2-kerroksisen rakennuksen palkit ja pilarit, jotka täyttävät vaatimukset R30 ja D-s2, d2, jäävät taulukko 7:n pintaluokkavaatimusten ulkopuolelle. [20.]

Puisen sisäportaan kannalta taulukon 7 edellyttämät rakennusmateriaalien pintaluokkavaatimukset ovat merkityksellisiä. Taulukossa määritetään, sallitaanko puupinta sisätiloissa sellaisenaan, palosuojattuna tai riittävätkö puun edellytykset pintaluokan suhteen lainkaan kyseisen rakennuksen sisätiloihin. Täytyy kuitenkin muistaa, että kaikissa tapauksissa rakennusosan materiaalin luokka ei suoraan määritä sen pintaluokkaa. Esimerkiksi puuritiä, joka valmistetaan D-s2, d0 luokan tuotteesta ei välttämättä saavuta pintaluokkaseen D-s2, d0 luokkaa, koska ritilän palolle altistuvan pinta-alan määrä asettaa sen huomattavasti suurempaan palorasitukseen kuin vastaavan materiaaliluokan tuotteesta tehty yhtenäinen seinäpinta. Tämä on huomionarvoinen seikka puuportaisiin usein liittyvien puisten säleikköseinien paloturvallisuutta määritettäessä. [20;22.]

23 §:n taulukko 7:ssä on annettu kussakin luokitustapauksessa seinille ja kattopinnoille, sekä joissakin tapauksissa myös lattiapinnoille, omat pintaluokkavaatimuksensa.



Käyttötarkoitus	Pinta	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot	seinät ja katot	D-s2, d2 <sup>1)</sup>	D-s2, d2 <sup>4)</sup>	D-s2, d2 <sup>1)</sup>
Majoitustilat	seinät ja katot	D-s2, d2	B-s1, d0 <sup>4)2)</sup> (C-s2, d1 <sup>*</sup> 4)2)	D-s2, d2
Hoitolaitostilat	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>4)</sup> D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 -
<b>Kokoontumis- ja liiketilat</b>				
- enintään 300 m <sup>2</sup> palo-osasto: ravintolat, myymälät, koulut, liikuntahallit, teatterit, kirkot, päiväkodit ja päivähoitolaitokset	seinät ja katot	D-s2, d2	D-s2, d2 <sup>4)</sup>	D-s2, d2
- yli 300 m <sup>2</sup> palo-osasto: ravintolat, koulut, liikuntahallit, teatterit, kirkot, päiväkodit ja päivähoitolaitokset	seinät ja katot	C-s2, d1 (D-s2, d2 <sup>*</sup> )	C-s2, d1 <sup>4)</sup> (D-s2, d2 <sup>*</sup> 4)	D-s2, d2
- yli 300 m <sup>2</sup> palo-osasto: myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 (C-s2, d1 <sup>*</sup> ) D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>4)</sup> (C-s2, d1 <sup>*</sup> 4) D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 (C-s2, d1 <sup>*</sup> ) -
<b>Työpaikkatilat</b>	seinät ja katot	D-s2, d2 <sup>1)</sup>	B-s1, d0 <sup>4)2)</sup> (D-s2, d2 <sup>*</sup> 4)	D-s2, d2 <sup>1)</sup>
<b>Tuotanto- ja varastotilat</b>				
- palovaarallisuusluokka 1	seinät katot lattiat	D-s2, d2 D-s2, d2 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 <sup>4)</sup> B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 D-s2, d2 -
- palovaarallisuusluokka 2	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1
<b>Autokorjaamot ja -huoltamot, autosuojat</b>	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>5)</sup> A2 <sub>FL</sub> -s1
<b>Ullakot ja yläpohjan ontelot</b>				
- ullakot sekä yläpohjan ontelot, jotka on osastoitu alapuolisesta tilasta	ullakon tai ontelon sisäpinnat	D-s2, d2 <sup>1)</sup>	D-s2, d2 <sup>1)</sup>	-
- asuinrakennuksen irtaimiston säilytystä tai pyykinkuivausta varten tarkoitettu ullakko	lattiat	D <sub>FL</sub> -s1	D <sub>FL</sub> -s1	D <sub>FL</sub> -s1
- yläpohjan ontelot, joita ei ole osastoitu alapuolisesta tilasta. Vaatimus ei koske lämmöneristeen tuuletusuria.	ontelon sisäpinnat	B-s1, d0 <sup>1)</sup>	B-s1, d0 <sup>1)</sup>	-
<b>Kellarit</b>	seinät ja katot lattiat	C-s2, d1 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 D <sub>FL</sub> -s1
<b>Teknisen huollon tilat</b>	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>4)</sup> D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1
<b>Kattilahuoneet, syöttöhuoneet ja nestemäisen polttoaineen varastot</b>	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>4)</sup> A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1
<b>Kiinteän polttoaineen varastot</b>	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A2 <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>4)</sup> A2 <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 -
<b>Uloskäytävät ja palosulut</b>	seinät ja katot lattiat	A2-s1, d0 <sup>3)</sup> D <sub>FL</sub> -s1	A2-s1, d0 <sup>3)</sup> D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1
<b>Sisäiset käytävät majoitus ja työpaikkatiloissa</b>	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 <sup>4)</sup> D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1
<b>Saunat ja kylpyhuoneetilat</b>	seinät ja katot	D-s2, d2	D-s2, d2	D-s2, d2

Taulukon vaatimuksia sovelletaan myös putkien, ilmapanien tai niiden eristeiden pintoihin, jollei näiden määrä ole vähäinen. Putkimaisten eristeiden osalta taulukon arvoja sovelletaan siten, että seiniä ja kattoja koskien paloon osallistumista kuvaavan luokan merkintään lisätään alaindeksi L. Savun tuottoa sekä palavaa pisarointia koskevat lisämäärät pysyvät samoina.

<sup>1)</sup> Vähäisiä osia pinnoista voidaan verhota tarvikkeilla, jotka eivät täytä vaatimusta.

<sup>2)</sup> Vähäisiä osia seinäpinnoista voidaan verhota D-s2, d2 -luokan tarvikkeilla. Koskee myös suojaverhottuja seiniä.

<sup>3)</sup> Vähäisten rakennusosien pintojen luokkavaatimus on B-s1, d0.

<sup>4)</sup> Kun suojaverhous vaaditaan, pintaluokkavaatimus määräytyy suojaverhouksen tarvikeluokkavaatimuksen mukaan.

<sup>5)</sup> Enintään 1000 neliömetrin erillisessä autosuojassa ja rakennuksen osana olevassa enintään 60 neliömetrin autosuojassa luokkavaatimus on kellarikerrosta lukuun ottamatta D-s2, d2.

\* Kun tila on varustettu tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla ei vaatimusta.

Kuva 21. Paloasetuksen taulukko 7. Pintaluokkavaatimukset. [Paloasetus 848/2017]

Tähdellä tai yläindeksiluvuilla 1 – 5 on määritetty mahdolliset poikkeamat pääsäännöstä ja selitykset poikkeamille on annettu taulukon alaosassa. Esimerkkinä taulukon tulkitsemisesta voidaan määrittää pintaluokkavaatimukset P2-paloluokan työpaikkatilalle. Pääsääntönä seiniä ja kattoja koskee materiaalin pintaluokkavaatimus B-s1, d0. Lattioille ei ole erikseen määritetty pintaluokkavaatimusta. Teollisesti palosuojattu puu riittää

täyttämään vaatimuksen. Lisäehtona on mainittu yläindeksillä <sup>(4)</sup> suojaverhouksesta, että mikäli sellainen tarvitaan, niin se toteutetaan erikseen ilmoitetun vaateen perusteella. (Suojaverhouksesta tarkemmin myöhemmin kohdassa 5.8.2). Edelleen lisäehtona <sup>(2)</sup> mainitaan, että vähäisiä osia seinäpinnoista voidaan verhota lievemmän luokan D-s2, d2 luokan tarvikkeilla ja sama koskien myös suojaverhouksia. Suluissa on mainittu vielä erikseen tähdellä <sup>(\*)</sup>, että jos tila on varustettu sprinklereillä eli automaattisella sammutuslaitteistolla niin pintaluokkavaatimus sisäpinnoille on D-s2, d2 eli suojaamaton puupinta on tuolloin mahdollista toteuttaa, kunhan huomioidaan tapauskohtaisesti suojaverhouksivaatimukset <sup>(4)</sup>. [20.]

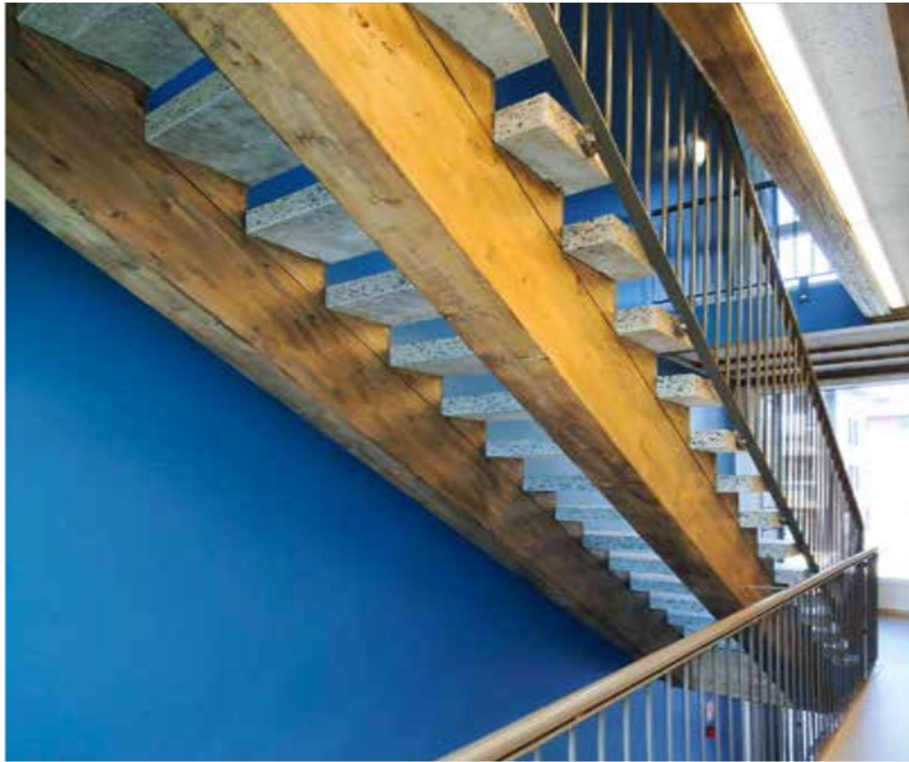
Pintaluokkavaatimuksen täyttävät materiaalit voidaan pintakäsittelä luokittelemattomalla materiaalilla eli esimerkiksi maalata, lakata, tasoittaa tai tapetoida ja tämä pinnoitus ei muuta materiaalin omaa pintaluokitusta. Taulukossa 7 uloskäytävät ja palosulut on otettu omaksi käyttötarkoituksiluokaksi sisäpintojen vaatimuksissa. Sisäportaat toimivat hyvin usein uloskäytävänä kuten porrashuoneiden tapauksessa ja tuolloin portaan eri osien pintaluokille asetetut vaatimukset tulevat tämän statuksen määrittäminä. Myöhemmin kohdassa 5.9 käsitellään portaita uloskäytävänä. Jos sisäporras ei ole uloskäytävä niin siihen liittyvät pintaluokkavaatimukset määrittyvät taulukon 7 muiden kohtien kuin uloskäytäviin liittyvien kriteerien mukaisesti, aikaisemmin tässä osiossa annetun taulukon tulkintaohjeen mukaisesti. [21.]

### 5.8.2 Sisäpintojen suojaverhoukset

Suojaverhous on erillinen pintarakenne, jonka tarkoitus on suojata sillä verhottua alusrakennetta palolta tietyn aikamäärän verran. Rakennustarvikkeiden suojaverhousluokat ovat määritelty standardin EN 14135 mukaisen testauksen perusteella. Mahdollinen rakenteen tarvitsema suojaverhous ja sen luokka on määritelty paloasetuksessa. Lähtökohtaisesti suojaverhous edellytetään P2-paloluokan rakennuksissa mutta tietyissä tapauksissa esimerkiksi vähäiset rakennusosat voivat jäädä ilman suojaverhousta. Esimerkki tällaisesta tapauksesta on esitetty kuvassa 22. Joissakin tapauksissa suojaverhous edellytetään P1- paloluokan rakennuksiin. P3-paloluokan rakennuksissa ei ole suojaverhousvaadetta. EN 14135 standardin suojaverhousluokista Suomessa on käytössä luokka K<sub>2</sub> 10 luokka ja K<sub>2</sub> 30 luokka. Luvut 10 ja 30 tarkoittavat kyseiseltä luokalta



edellyttävää suojausaikaa minuuteissa ja alaindeksiluvulla viitataan suojaverhouksen takana olevaan suojattuun pintaan. 2-luokan suojaverhous soveltuu



Kuva 22. Portaan kannatinpalkit (vähäinen rakennusosa) voivat olla ilman suojaverhousta P2 paloluokassa, kun puu on palosuojattu luokkaan B-s1,d0. [Paloturvallinen puutalo, Puuinfo]

laajasti erilaisille alustoille. Myös rakennustarvikkeille, joista kyseinen suojaverhous toteutetaan, on saatettu paloasetuksessa määritellä luokkavaatimuksia. Esimerkkinä rakennusmateriaalien kelpoisuudesta suojaverhoukseen mainittakoon EN 520 tuotestandardin mukainen kipsikartonkilevy, joka täyttää 13 mm paksuna täyttää suojaverhousluokan K<sub>2</sub>10 vaatimukset. K<sub>2</sub>30 suojaverhousluokkaan yltää muun muassa EN 15283 tuotestandardin mukainen kuitukipsilevy sen paksuuden ollessa vähintään 18 mm. [22;27.]

Suojaverhoukselta edellytetään pohjarakenteen täyttä suojausta sen aikamääreen verran mikä kyseisessä luokassa on edellytetty. Pohjarakenteessa ei tämän ajan puitteissa saa tapahtua murtumisia tai muita vaurioita ja myös pohjarakenteen lämpötilan nousu on hyvin tarkasti rajoitettu. Myöhemmin osassa 5.11 käsiteltävä palosuojaus on eri asia

kuin suojaverhous, vaikka niissä voidaankin osittain soveltaa samoja materiaaleja. Palo-suojaukselta edellytetty pohjarakenteen suojauskriteeri ei ole yhtä tiukka kuin suojaverhouksella. Paloasetuksen 4-luvun 24 §:ssä on määritelty eri rakennustyypeiltä vaaditut suojaverhoukset P2- ja P1-paloluokissa. Tässä opinnäytetyössä suojaverhouksien rakennuskohtainen tarkastelu rajataan uloskäytävien portaisiin, joita käsitellään alaluvussa 5.10. [27.]

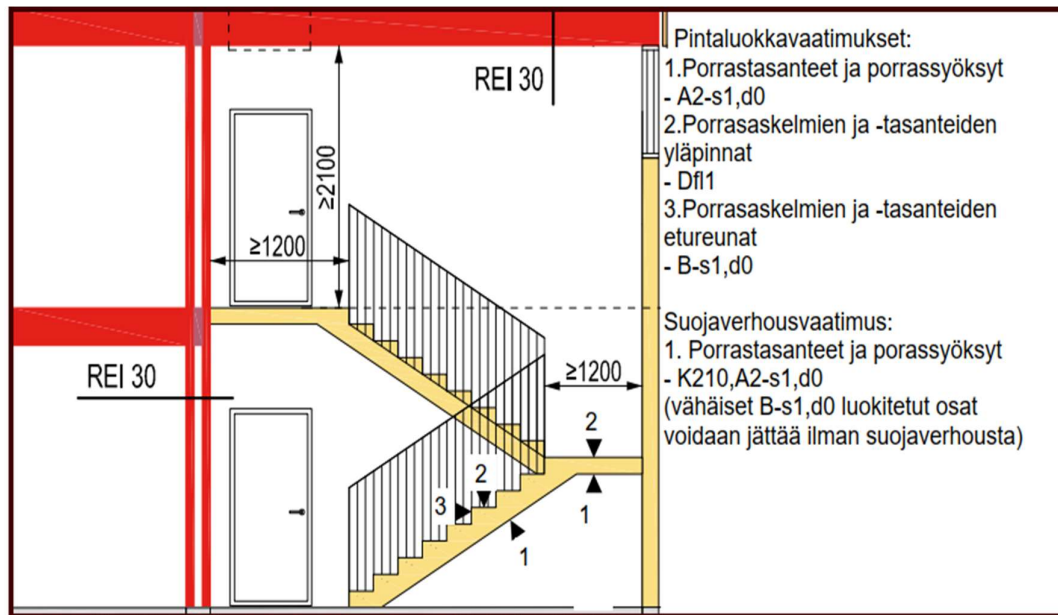
## 5.9 Portaat uloskäytävänä (palotekninen tarkastelu)

Rakennuksesta poistuminen on voitava suorittaa turvallisesti palotilanteessa. Paloasetuksessa rakennuksesta poistuminen palotilanteessa määritellään uloskäytävän kautta. Uloskäytävällä tarkoitetaan esimerkiksi rakennuksesta suoraan maanpinnalle johtavaa ovea tai sitten rakennuksessa tai ulkopuolella olevaa tilaa, josta poistuminen on palon sattuessa turvallista. Paloasetuksessa mainitaan erikseen osastoitu uloskäytävä kuten esimerkiksi porrashuone, joka on aina toteutettava omana palo-osastonaan. Jos rakennuksen ylimmän kerroksen lattiapinnasta etäisyys sisäänkäyntitason ylittää 24 m, niin rakennus on varustettava kahdella toisistaan riippumattomalla uloskäytävällä. Poikkeuksena asunnot ja alle 300 m<sup>2</sup>:n työpaikkatilat, joihin riittää yksi uloskäytävä ja lisäksi on oltava varatie. Hissiä ei lueta uloskäytäväksi, vaikka rakennuksessa sellainen olisikin. Portaiden toimiessa uloskäytävän osana, kohdistuu niihin paloasetuksessa erikseen mainittuja vaatimuksia rakennusmateriaali, kantavuuden, pintaluokan sekä suojaverhouksen suhteen. Kerrosluvulla tarkoitetaan rakennuksen maanpäällisiä kerroksi, paloasetuksen tarkoittamalla tavalla ja kellarikerrosten osalta portaisiin liittyvät erityisvaatimukset ovat mainittu alaluvussa 5.6. Kuvan 23 taulukkoon on koottu eri paloluokkiin kuuluvien rakennusten vaatimuksia uloskäytävänä toimivalle portaalle. Kuvassa 24 on havainnollistettu erään taulukkotapauksen avulla porrassosien sijainti helpottamaan taulukon tulkintaa. [20;21;22]

PORTAAT ULOSKÄYTTÄVÄNÄ			
<b>P3-paloluokan enintään 2-kerroksinen rakennus</b>			
Portaan osa	Pintaluokka	Suojaverhouk	Paloluokitus
Porrastasanteet- ja syöksyt	B-s1,d0	Ei	R30
Askelmien yläpinnat	D <sub>FL</sub> -S1	Ei	
Porrastasanteiden yläpinnat	D <sub>FL</sub> -S1	Ei	
Askelmien etupinnat	B-S1,d0	Ei	
Porrastasanteiden etupinnat	B-S1,d0	Ei	
<b>P2-paloluokan yli 2-kerroksinen rakennus</b>			
Portaan osa	Pintaluokka	Suojaverhouk	Paloluokitus
Porrastasanteet- ja syöksyt	A2-S1,d0	K <sub>2</sub> 10,A2-s1,d0	R30
Askelmien yläpinnat	D <sub>FL</sub> -s1	Ei	
Porrastasanteiden yläpinnat	D <sub>FL</sub> -s1	Ei	
Askelmien etupinnat	B-s1,d0	Ei	
Porrastasanteiden etupinnat	B-s1,d0	Ei	
<b>P2-paloluokan enintään 2-kerroksinen rakennus</b>			
Portaan osa	Pintaluokka	Suojaverhouk	Paloluokitus
Porrastasanteet- ja syöksyt	A2-S1,d0*	Ei	R30
Askelmien yläpinnat	D <sub>FL</sub> -S1	Ei	
Porrastasanteiden yläpinnat	D <sub>FL</sub> -S1	Ei	
Askelmien etupinnat	B-S1,d0	Ei	
Porrastasanteiden etupinnat	B-S1,d0	Ei	
* = vähäiset osat B-s1,d0			
<b>P1-paloluokan enintään 2-kerroksinen rakennus</b>			
Portaan osa	Pintaluokka	Suojaverhouk	Paloluokitus
Porrastasanteet- ja syöksyt	A2-S1,d0*	Ei	R30
Askelmien yläpinnat	D <sub>FL</sub> -S1	Ei	
Porrastasanteiden yläpinnat	D <sub>FL</sub> -S1	Ei	
Askelmien etupinnat	B-S1,d0	Ei	
Porrastasanteiden etupinnat	B-S1,d0	Ei	

Yleisvaatimus kaikissa luokissa: Portaan rungon rakennusmateriaaliluokka vähintään D-S2,d2

Kuva 23. Taulukko portaat uloskäyttävänä.



Kuva 24. Havainnekuva P2-paloluokan yli 2-kerroksisen rakennuksen uloskäyttävän portaan pintaluokkavaatimuksista. [Paloturvallinen puutalo, Puuinfo]

## 5.10 Puisen sisäportaan käyttökohteet paloteknisesti

Tässä opinnäytetyössä lähestytään asioita puuportaiden suunnittelua silmällä pitäen ja ennen kaikkea teollisesti valmistettujen sisäkäyttöön tarkoitettujen puuportaiden näkökulmasta. Suurimmat porrasvalmistajat valmistavat portaansa vakiomallistonsa pohjalta, joskin mitoitus tehdään rakennuspaikkakohtaisesti määräytyvän tilan mukaisesti. Puis-ten sisäportaiden materiaalina porrasrungoissa toimii liimapuulevy, jonka pintakäsittelynä on lakka- tai maalikerros. Myös kaiteet ovat lähtökohtaisesti maalattua tai lakattua puuta, mutta kaideosissa käytetään myös metalli- sekä lasikomponentteja. Puu on kuitenkin se materiaali portaissa, jonka mukaan paloturvallisuus arvioidaan ja näin ollen puu ilman erityiskäsittelyä sijoittuu rakennustarvike- ja pintaluokkaan D-s2, d2(kuva 25). Esimerkiksi tämän opinnäytetyön toimeksiantajalla Hovinikkarit Oy:llä ei ole mallistos-saan paloluokiteltuja portaita ja siksi valmistajan on myös tärkeä tietää minkälaisiin ra-kennuksiin palosuojaamattoman vakiomalliston puuportaan voi viedä.



Kuva 25. Vakiomallinen D-s2, d2 pintaluokan puuporras. Normaali lakka- tai maalikäsittely ei vai- kuta pintaluokitukseen. [Hovinikkarit Oy:n verkkosivut]

Jos tehdään yhteenveto tässä luvussa aikaisemmin käsiteltyjen asioiden pohjalta niin D-s2,d2 luokituksen omaavan puuporras soveltuu lähtökohtaisesti P3-paloluokan rakennuksiin. Mikäli porras sijoitetaan erikseen osastoituun porrashuoneeseen, jolloin R30 luokitus tulee koskemaan myös porrasta, niin tällöin puun D-s2, d2 vakioluokitus ei riitä kaikkiin portaan osiin. Vaikka porrasta eivät rajoittaisikaan uloskäytävän asettamat vaatimukset, niin P3-paloluokassa on tapauksia, joissa sisäpintojen luokkavaatimus on tiukempi kuin D-s2, d2. Nämä ovat yli 300m<sup>2</sup>:n palo-osastot myymälöissä, näyttelyhalleissa ja kirjastoissa samoin palovaarallisuusluokka 2:een kuuluvat tuotanto- ja varastotilat sekä erilaiset tekniset tilat. P3-paloluokassa ei ole suojaverhousvaatimuksia, jotka rajoittaisivat puun käyttöä. Omakotitalot ja rivitalot kuuluvat tähän paloluokkaan. [20;21.]

Myös P2-paloluokassa portaan toimiminen uloskäytävänä rajoittaa puuportaan käyttöä alaluvussa 5.10 esitetyllä tavalla. Vaikka P2-paloluokassa mahdollistetaan myös D-s2-d2 materiaalin käyttö runkorakenteissa ja rakennuksen pinnoissa niin kuitenkin valtaosa tämän paloluokan sisäpintojen vaatimuksista kuuluu tiukempaan luokkavaatimukseen ja sulkee näin ollen suojaamattoman puuportaan käytön pois. Enintään 300m<sup>2</sup>:n palo-osaston ravintoloissa, myymälöissä, kouluissa, liikuntahalleissa, teattereissa, kirkoissa, päiväkodeissa ja päivähoitolaitoksissa D-s2, d2 pintaluokka sallitaan, mutta näissäkin rakennustyypeissä rakenteiden suojaverhousvaatimukset voivat rajoittaa paljaan suojaamattoman puupinnan esiin jättämistä. P2-paloluokan työpaikatiloissa ja ullakoilla puupinta sallitaan mutta työpaikatiloissa edellytetään automaattista sammutusjärjestelmää ja samoin suojaverhousluokka tapauskohtaisesti saattaa asettaa rajoituksia paloasetuksen 24 §:ssä esitetyllä tavalla. [20;21.]

P1-paloluokkaan pätevät myös portaan alaluvun 5.10 uloskäytävälle esitetyt vaatimukset. Asunnot, majoitustilat, työpaikatilat sekä palovaarallisuusluokkaan 1 kuuluvat tuotanto- ja varastotilat on mahdollista toteuttaa D-s2, d2 sisäpinnoilla samoin kuin yli 300m<sup>2</sup>:n palo-osastot ravintoloissa, myymälöissä, kouluissa, liikuntahalleissa, teattereissa, kirkoissa, päiväkodeissa, ja päivähoitolaitoksissa. P1- paloluokan yli 2-kerroksisissa rakennuksissa on oltava sisäpinnat verhottu vähintään A2-s1, d0 luokan materiaaleilla, ellei rakennuksen runkorakenteet ole valmistettu A2-s1, d0 materiaaleista. [20;21]

Portaan kannalta katsottuna kaikissa paloluokissa, vähintään 2-kerroksisissa rakennuksissa, porras ohjautuu sijoitettavaksi erikseen osastoituun porrashuoneeseen,



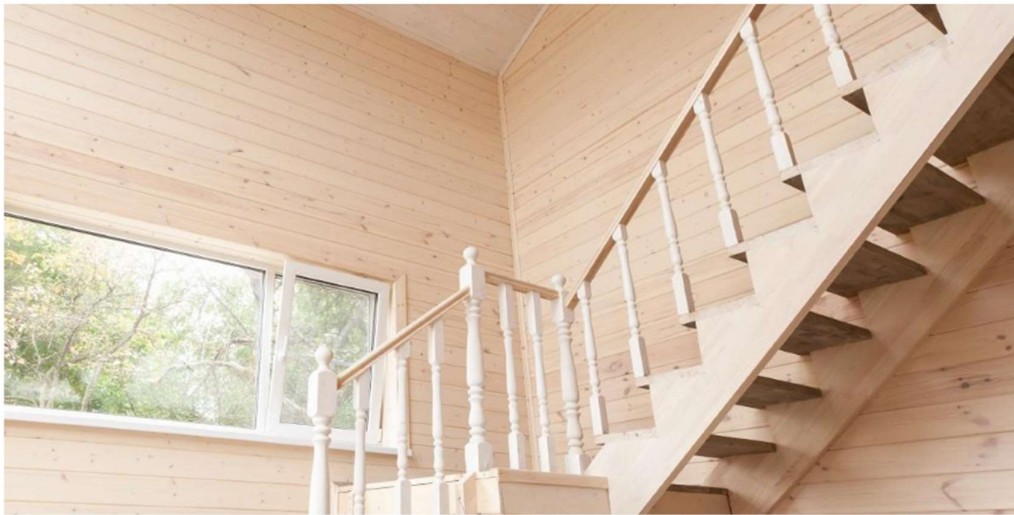
uloskäytävän, poistumisalueen ja palo-osastoinnin rakennuksille asettamien vaatimusten pohjalta. Tapauksissa, missä sallitaan useampi kerrostasanne kuuluvaksi samaan palo-osastoon ja poistumisalueeseen, niin uloskäytävään johtavan kulkureitin pituus saattaa asettaa rajoituksia. Kulkureitillä olevan portaan pituus lasketaan kulkureittiin nelinkertaisena. [20;21.]

### 5.11 Palosuojaus

Kuten alaluvussa 5.9.2 mainittiin, palosuojaus ei ole sama asia kuin suojaverhous. Palosuojauksella pyritään vaikuttamaan suojattavan materiaalin palonkestoon palon alkuvaiheessa, jolloin lämpötila nousee noin 400°C:seen saakka melko maltillisesti. Esimerkiksi teräksen osalta tämä on ratkaisevaa koska teräs kestää kuumuutta n. 500°C:seen, jonka jälkeen se menettää muodonmuutoksen myötä kantavuutensa. Puu materiaalina käyttäytyy palotilanteessa eri tavalla kuin teräs. Teräksestä poiketen suojaamaton puu on palava materiaali ja se osallistuu paloon. Puun käyttäytyminen palotilanteessa on kuitenkin ennakoitavissa ja sen kantavuudessa ei tapahdu äkillisiä romahduksia. Altistuttuaan riittävän suurelle kuumuudelle puu lähtee hiiltymään ulkopinnasta ja hiiltymisnopeuden pohjalta pystytään ennakoimaan puurakenteen palonkestävyyssäikeä, mikäli sellainen on rakenteelle asetettu. Palosuojauksella voidaan pyrkiä suojaamaan esimerkiksi R30 luokan kantava puurakenne niin, että se suojaaa rakennetta koko sille asetetun minuuttimäärän tai sitten vain osan siitä. Loppuaika voidaan mitoittaa niin, että annetaan puun hiiltyä ja menettää osa tehollisesta poikkileikkauksestaan, joka toki täytyy huomioida jo rakenteen poikkileikkausta mitoitettaessa. [22.]

Puuta voidaan palosuojata erilaisilla levymateriaaleilla tai jopa paneloinnilla mutta nykyisin puulle on kehitetty myös monenlaisia palosuojamaaleja sekä palosuojalakkoja. Palosuojamaalien ja palosuojalakkojen toiminta perustuu siihen, että ne sitovat itseensä palotilanteessa lämpöä ja alkavat paisumaan, saavuttaen jopa 50-kertaisen paksuuden lähtötilanteen kerrospaksuuteensa nähden. Maalien ja varsinkin lakkojen etuna levypinnoiteisiin nähden on se, että rakenteet saadaan pysymään keveämpinä ja puun luonnollinen elävä pinta saadaan jäämään näkyviin. Näillä kemiallisilla pintakäsittelyillä voidaan puun rakennusmateriaali- ja pintaluokka nostaa esimerkiksi suojaamattoman puun luokasta D-s2, d2 jopa luokkaan B-s1, d0. Edellytyksenä kemiallisesti palosuojatun puun käytölle on, että pintakäsittely tapahtuu teollisesti, valvotuissa olosuhteissa tehtävään

valtuutetun yrityksen toimesta. Vain pienet paikkaukset palosuojakäsittelyyn sallitaan työmaaolosuhteissa. Esimerkiksi Tikkurila Oyj valmistaa Fontefire Wf Clear puun palosuojalakkaa sisäpinnoille, jolla saavutetaan paloluokka B-s1, d0 standardin SFS-EN 13501-1:2007+A1:2009 mukaisesti (kuva 26). Suositeltava kokonaislevitysmäärä on märkänä 200 g/m<sup>2</sup> ja tämä tulisi suorittaa kahdessa osassa, kerrosten kuivumisajan ollessa 12 tuntia lämpötilassa +23°C:sta. Palosuojalakan päälle suositellaan levitettäväksi Akvilac Wf 10 pintalakka suojaamaan palonkestolakkaa kulumiselta ja korostamaan puun ulkonäköä. Pintalakalla ei ole vaikutusta palonsuojalakan ominaisuuksiin ja myös paloasetus sallii sen käytön. [22;31.]



Kuva 26. Tikkurilan Fontefire Wf Clear palosuojalakalla B-s1, d0 luokkaan käsitelty porras. [Tikkurila Oyj:n verkkosivut]

Puun palosuojamaaleille ja -lakoille ei ole määritetty kantavien rakenteiden R-suojaluokan edellyttämiä palosuojausaikoja, jotka esimerkiksi teräksen palosuojamaaleille on valmistajan toimesta annettu. Tämä aiheuttaa sen, että kun lasketaan kantavan puurakenteen hiiltymisnopeutta ja ennen kaikkea määritetään puun hiiltymisen alkamisen ajankohtaa, niin palosuojamaalaukselle tai -lakkaukselle ei voida laskea mitään roolia. Tosiasiallisesti pintakäsittelyillä on hiiltymisen alkamista myöhentävä vaikutus. Tällä hetkellä puuta palosuojavilla kemikaaleilla on vaikutusta vain puun pintaluokitukseen. [32.]

Erilaisilla puun palosuojaukseen standardoiduilla levytuotteilla voidaan niiden antama suojavaikutus ottaa huomioon laskennallisesti ja määrittää niiden vaikutus puun

hiiltymisen alkamisen ajankohtaan. Suojaavan levyn paksuus ja sen sijainti rakenteessa vaikuttavat suojaavan ajan pituuteen. Esimerkiksi 13 mm paksu EN 520 standardin A-tyyppin kipsilevy seinässä antaa 15 minuutin suojan ennen kuin se saavuttaa murtumishetkensä. Suojalevyn murtumishetki on samalla puun hiiltymisen alkamishetki, jota kuvataan materiaalitalukoissa merkinnällä  $t_{ch}$ . On huomattava, että palosuojauksessa suojattavan pinnan lämpötilan sallitaan nousta korkeammalle kuin aikaisemmin alaluovassa 5.9.2 käsitellyssä suojaverhouksen tilanteessa. Palosuojauksessa suojattavaan pintaan voi syntyä myös pieniä halkeamia tai lohkeamia. Edellä mainitulla esimerkkilevyllä saavutettiin suojaverhouksessa vain 10 minuutin suojaava vaikutus verhoukselle asetettujen kriteerien puitteissa. [22.]

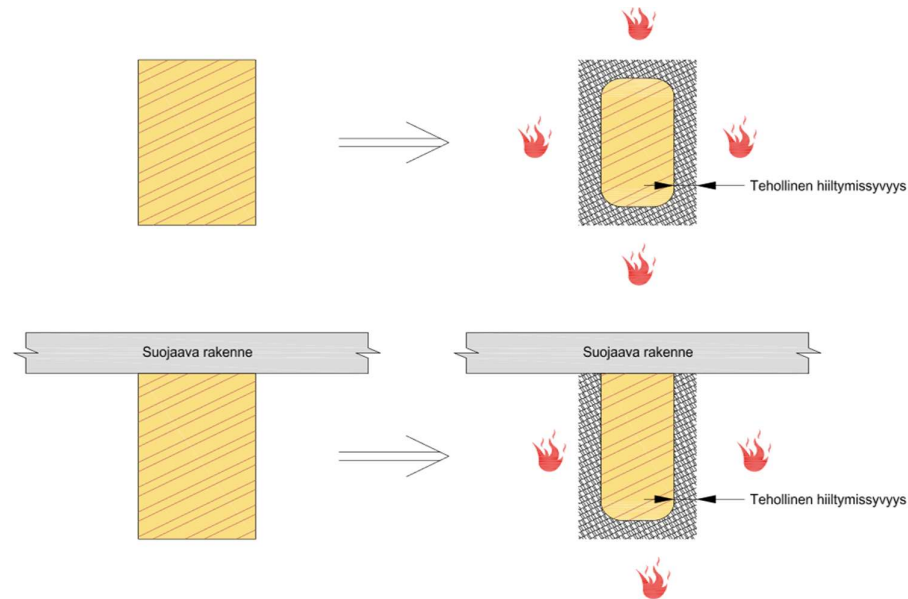
## 5.12 Puun hiiltyminen

Kun puu palaa, niin sen pinta alkaa hiiltymään. Puu syttyy noin 250 – 300°C:ssa ja sen syttymiseen vaikuttavat monet tekijät kuten se, että kauanko puu altistuu kuumuudelle. Massiivipuussa palo kehittyy melko hitaasti ja puun pintaan muodostuva hiilikerros osittain myös hidastaa palon etenemistä puun sisempiin osiin ja toimii itsessään suojaavana rakenteena. Lähtökohtaisesti järeät kantavat puurakenteet voidaan tehdä ilman erillistä palosuojausta, mikäli rakenteen poikkileikkaus on suunniteltu riittävän suureksi kestääkseen hiiltymisestä johtuvan poikkileikkauksen pienenemisen. Mikäli puurakenteelle tehdään palosuojaus, voidaan se suunnitella kestämään koko paloluokan edellyttämän ajan tai vain osittaisen sen. [22;27]

### 5.12.1 Palosuojamattoman rakenteen hiiltyminen

Palosuojamaton puurakenne alkaa hiiltymään heti palon alusta lähtien. Erilaisille puumateriaaleille on määritelty taulukkoarvoiksi omat hiiltymisnopeudet, jotka ilmoitetaan mm/min. Hiiltymisnopeuteen vaikuttaa se, kuinka monelta suunnalta kappale hiiltyy eli on samanaikaisesti palolle alttiina. Jos puu on alttiina palolle vain yhdeltä sivulta, kutsutaan hiiltymisnopeutta yksidimensionaaliseksi ( $\beta_0$ ). Mikäli palolle altistuu useampi sivu, on kyseessä nimellinen hiiltymisnopeus ( $\beta_n$ ). Esimerkiksi havupuusta valmistetulla





Kuva 27. Kuvassa puun hiiltymisen kehitys suojatulla ja suojaamattomalla rakenteella. [Puuinfo]

sahatavaralla, jonka tiheys on vähintään  $290 \text{ kg/m}^3$ ,  $\beta_n$  hiiltymisnopeutena käytetään arvoa  $0,8 \text{ mm/min}$  ja  $\beta_0$  hiiltymisnopeutena arvoa  $0,65 \text{ mm/min}$ . Nimellisessä hiiltymisnopeudessa on huomioitu kulmapyöritykset suorakaidepoikkileikkauksessa, sekä halkeamien vaikutus puurakenteeseen. Pyöreälle poikkileikkaukselle hiiltymisnopeus lasketaan nimellisen hiiltymisnopeuden perusteella. Sisäportaatt ovat rakenteeltaan yleensä sellaisia, että ne altistuvat palolle kaikilta sivuiltaan ja näin ollen puuosien hiiltymisen etenee nimellisenä hiiltymisenä. Yksidimensionaalisen hiiltymisen tapauksessa hiiltymisen mitoitussarvo  $d_{\text{char},0}$  saadaan kertomalla materiaalin hiiltymisnopeuden  $\beta_0$  taulukkoarvo palorasituksen kestolla  $t$  minuuteissa. Nimellisen hiiltymisen mitoitussarvo  $d_{\text{char},n}$  saadaan vastaavasti kertomalla materiaalin hiiltymisen taulukkoarvo  $\beta_n$  palorasituksen kestolla  $t$  minuuteissa. Kuvassa 27 on havainnollistettu palosuojauksen vaikutus puun hiiltymiseen. [22;30]

Liimatuissa puutuotteissa on lisäksi huomioitava käytetyn liiman tyyppi. Fenolipohjaisilla liimoilla ei ole vaikutusta puun hiiltymiseen ja siksi kyseisellä tuotteella liimatun puurakenteen oletetaan toimivan hiiltymistilanteessa kuten liimaamatonkin rakenne. Fenolipohjaisia liimoja käytetään esimerkiksi rakenteellisen vanerin ja LVL:n tuotannossa. Polyuretaanipohjaisilla liimoilla toteutetut liimasaumat voivat aueta palotilanteessa eli puhutaan liimatun tuotteen delaminoitumisesta. Ilmiö on mahdollinen, kun hiiltymisen

saavuttaa liimasauman. Tällaisessa tapauksessa hiiltymisen ennakoiminen on vaikeampaa koska hiiltyminen tapahtuu rakenteen eri osissa eri nopeuksilla. Polyuretaaniliimoja käytetään muun muassa CLT-levyjen valmistuksessa. Porrasteollisuudessa käytetään raaka-aineena hyvin paljon liimapuulevyjä, joten on ensiarvoisen tärkeää varmistaa levyn valmistukseen käytetyn liiman tyyppi, mikäli ollaan valmistamassa paloluokitettua porrasta. [22;34.]

### 5.12.2 Palosuojatun rakenteen hiiltyminen (palkit ja pilarit)

Jos puurakenne palosuojataan koko vaaditulle palonkestoajalle, niin sen kaikki palolle altistuvat sivut täytyy suojata esimerkiksi tarkoitukseen valmistetulla, riittävän suojan takaavalla kipsilevyllä. Mikäli suojaus on oikein mitoitettu, niin puu säilyy hiiltymättä koko vaaditun palonkestoajan. Vaikka hiiltymistä ei tapahtuisikaan, niin puu kuumenee palosuojauksen alla ja menettää lujuuttaan, joka on huomioitava rakenteen poikkileikkausta määrittäessä. Palosuojaukseen käytettävän tuotteen palosuojausominaisuudet on tunnettava tarkasti, jotta pystytään määrittämään suojauksen murtumishetki  $t_f$ , joka on myös puun hiiltymisen alkamishetki  $t_{ch}$ . Palosuojaukseen käytettävän materiaalin valinnassa on otettava palosuojauksen ohella huomioon se, että tuote täyttää kyseisen tilan asettamat kriteerit pintaluokan suhteen sekä mahdollisen suojaverhousvaatimuksen suhteen. [22;34.]

Mikäli puurakenne suojataan hiiltymiseltä vain osaksi vaadittua palonkestoaikaa, niin suojauksen ulkopuolelle jäävän ajan aikana tapahtuva puun hiiltyminen tulee ottaa huomioon rakenteen poikkileikkauksen mitoituksessa. Tässäkin suojausvaihtoehdossa tulee pystyä määrittämään palosuojauksen murtumishetki  $t_f$  ja siitä johtuva hiiltymisen alkaminen  $t_{ch}$ . Koska puurakenne on lämminnyt jo palosuojauksen aikana, niin suojauksen murtuessa hiiltyminen alkaa tapahtua nopeammin lämminneessä puussa. Kiihtynyt hiiltymisnopeus jatkuu aina niin kauan, kunnes hiiltymä saavuttaa 25 mm:n paksuuden ja tämän jälkeen hiiltymisnopeus normalisoituu laskennalliseen vakioarvoonsa. Rakenteen poikkileikkauksen hiiltymätön osuus eli tehollinen poikkileikkaus tulee olla mitoitukseltaan sellainen, että se kestää palotilanteessa sille määritellyt kuormat. Tehollinen poikkileikkaus lasketaan vähentämällä alkuperäisestä poikkileikkauksesta tehollisen hiiltymissyvyyden  $d_{ef}$  verran kultakin palolle altistuneelta sivulta. [22;34]

### 5.13 Palosuojaamattoman puisen porrassyöksen R30 palomitoitus esimerkki

Sahatavaran C24 hiiltymissyvyyden mitoitussarvo  $d_{char,n}$  lasketaan kaavasta (16).

$$d_{char,n} = \beta_n * t = 24 \text{ mm} \quad (16)$$

Jossa:

$\beta_n$  on hiiltymisnopeuden mitoitussarvo (0,8 mm/min)

$t$  = palonkesto aika (30 min)

Tehollisen poikkileikkauksen menetelmässä tehollinen hiiltymissyvyys  $d_{ef}$  määritetään kaavasta (17).

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 * d_0 = 31 \text{ mm} \quad (17)$$

Jossa:

$k_0$  kerroin on 1,0 kun pinta suojaamaton ja palo aika  $\geq 20$  min

$d_0$  on 7 mm

#### Reisilankun mitoitus:

Reisilankun palotilanteen kuorma  $E_{d,fi}$  lasketaan kaavasta (18).

$$E_{d,fi} = G_{k,v} + \Psi_2 * q_{k,v} = 0,386 \text{ kN/m} \quad (18)$$

Jossa:

$G_{k,v}$  on reisilankun omapainon vertikaaliosuus

$q_{k,v}$  = reisilankun hyötykuorman vertikaaliosuus

$\Psi_2$  = palotilanteen määräävän hyötykuorman alennuskerroin

Taivutuskestävyyden mitoitussarvo  $f_{d,fi}$  palotilanteessa lasketaan kaavasta (19).

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} * (k_{fi} * f_{mk}) / Y_{m,fi} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad (19)$$

Jossa:

$k_{mod,fi}$  on palotilanteen muunnoskerroin (1,0)

$k_{fi}$  = palotilanteen kerroin havupuulle (1,25)

$f_{mk}$  on taivutuskestävyyden ominaisarvo (24 N/mm<sup>2</sup>)

$Y_{m,fi}$  = Palotilanteen osavarmuusluku (1.0)

Reiden teholliselle poikkileikkaukselle määritetään mitat:

$$h = 280 \text{ mm} - 2 \cdot 31 \text{ mm} = 218 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ mm (arvaus)}$$

$$L = 4825 \text{ mm}$$

Reiden kiepahduskestävyys palotilanteessa  $M_{d,fi} = 3,135 \text{ kNm}$

Reisilankkuun kohdistuva suurin momentti palotilanteessa  $M_{d,max,fi} = 1,072 \text{ kNm}$

Reisilankkun käyttöaste on  $M_{d,max,fi} / M_{d,fi} = 0,342$  (34 % eli kestää).

Jotta reisilankku kestäisi R30 paloluokituksen edellyttämän rasituksen, niin poikkileikkauksen lähtömittojen tulisi olla  $h = 218 \text{ mm} + (2 \cdot 31 \text{ mm}) = 280 \text{ mm}$  ja  $b = 20 \text{ mm} + (2 \cdot 31 \text{ mm}) = 82 \text{ mm}$ . Askelman kannatukselle palotilanteessa on kuitenkin jäätävä vähintään 10 mm hiiltymätöntä puuta. Askelma upotetaan reisilankkuun  $31 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 41 \text{ mm}$  ja tällöin lähtötilanteen poikkileikkauksen leveys on  $41 \text{ mm} + 20 \text{ mm} + 31 \text{ mm} = 92 \text{ mm}$ .

#### Askelman mitoitus:

$$L = 982 \text{ mm (portaan vapaa kulkuleveys 900 mm)}$$

$$b = 270 \text{ mm} - (2 \cdot 31 \text{ mm}) = 208 \text{ mm}$$

$$h = 15 \text{ mm (arvaus)}$$

$$f_{m,d,fi} = k_{mod,fi} \cdot (k_{fi} \cdot f_{mk}) \cdot k_h / Y_{m,fi} = 39 \text{ N/mm}^2$$

Jossa  $k_h = (150/h)^2 = 100$ , täytyy olla  $\leq 1,3$  =>  $k_h = 1,3$

Askelman kuormat:  $G_{d,fi} = 0,05 \text{ kN/m}$ ,  $Q_{d,fi} = Q_k \cdot \Psi_2 = 0,45 \text{ kN}$

Askelmaan kohdistuva suurin momentti palotilanteessa  $M_{d,max,fi} = 0,123 \text{ kNm}$

Askelman kiepahduskestävyys (=taivutuskestävyys) palotilanteessa  $M_{d,fi} = 0,304 \text{ kNm}$

Askelman käyttöaste  $M_{d,max,fi} / M_{d,fi} = 0,404$  (40 % eli kestää)

Jotta askelman kantavuus olisi riittävä palotilanteen kuormille R30 edellyttämän palonkestoajan, niin askelman poikkileikkauksen lähtömitoituksen tulee olla

$$b = 208 \text{ mm} + (2 \cdot 31 \text{ mm}) = 270 \text{ mm ja korkeuden } h = 15 \text{ mm} + (2 \cdot 31 \text{ mm}) = 77 \text{ mm}$$

## 6 Yhteenveto

Tällä hetkellä teollisesti valmistetuille mutta yksilöllisesti mitoitetuille puuportaille ei ole olemassa olevaa harmonisoitua tuotestandardia, joka johtaisi tuotteen CE-merkintään. Vaikka tuotteen ETA-hyväksynnän kautta CE-merkinnän hakeminen olisikin mahdollista, niin siihen vaadittavien tuotteen tutkimusten ja testausten prosessi on ainakin pienille ja keskisuurille yrityksille taloudellisesti erittäin raskas tie. Näin ollen kansalliset tuotehyväksyntämuodot, kuten Suomen varmennustodistus, ovat käytännössä käyttökelpoisin tapa puuporrasvalmistajalle osoittaa tuotteensa normien mukaisuus. Vaikka tuotehyväksyntä koetaan monesti yrityksissä byrokratian määrää kasvattavana välttämättömänä pahana, niin käytännössä yritys voi kääntää vaikkapa hankitun varmennustodistuksen tuotteensa myyntiä edistäväksi markkinoinnin osaksi. Näin on tapahtunut puuporrasalalla Suomessa, jossa vasta kahdella valmistajalla on tuotteilleen varmennustodistus. Tämän opinnäytetyön aikana selvisi, kuinka monitahoinen asia tuotehyväksyntä on ja tieto eri asioista on ripoteltu lukuisiin tietolähteisiin. Valmistajalta vaaditaan sitkeyttä ja asiaan paneutumista selvittää kaikki tuotteeseensa liittyvät vaatimukset, sillä epäselvissä säädöstulkintatilanteissa välittömiä vastauksia eivät kykene antamaan edes normien laatijat tai valvovat viranomaiset. [36;39]

Käyttöturvallisuus on asiakokonaisuus, joka liittyy monelta osin paloturvallisuuteen. Portaen mitoituksessa niin geometrian kuin lujuudenkin suhteen on huomioitava monia seikkoja, jos porrassuunnittelijan on tunnettava sekä käyttöturvallisuusasetuksen, että paloasetuksen sisältöä aina perustelumuiotioineen. Nykyistä käyttöturvallisuusasetusta valmisteltaessa oli tarkoitus saattaa vanhan rakentamismääräyskokoelman F2 osan suosituksen omaiset ohjeet velvoittaviksi normeiksi. Tämä ei kuitenkaan toteutunut ja vallitsevassa käyttöturvallisuusasetuksessa asioita jätettiin tulkinvaraisiksi. Esimerkiksi kiertävän portaan kohdalla vähimmäisaskelenemän mitauskohtaa eli kulkuviivaa ei ole asetuksessa määritelty. Tämän kaltaisiin puutteisiin on pyritty vastaamaan ohjeen tasoisesti 2019 julkaistussa uudessa RT-kortissa RT103027 portaat ja luiskat. Samassa RT-kortissa on annettu myös suositukset kiertävän portaan sisäkehän vähimmäisaskelenemille. Saksan kansallisessa portaan käyttöturvallisuutta ohjaavassa DIN 18065 normistossa kiertäville porrastyypeille on määritelty tarkat ohjeet, niin kulkulinjalle kuin sisä- ja ulkokehän askelmitoitukselle.

Portaan lujuusmitoituksessa puulaji vaikuttaa lopputulokseen, kuten myös sahatavaran sahaussuunta suhteessa puun syykuvioon. Lujuusmitoituksen perustana toimii käytettävän materiaalin ominaisarvot. Ilman näiden tuntemista lujuusmitoituksella ei ole pohjaa. Puisten sisäportaiden valmistuksessa perusraaka-aineena toimii liimapuulevy. Mikäli liimapuulevyä käytetään rakennuslevynä, niin sen tulee olla CE-merkittyä, tuotestandardin EN13986 mukaista. Valmistettaessa puuportaita, jotka eivät kuulu CE-merkinnän piiriin, niin myöskään niiden valmistuksessa käytetyn liimalevyn ei tarvitse olla CE-merkittyä. Puuportaille myönnettävässä varmennustodistuksessa kuitenkin edellytetään, että porrasvalmistajan on kyettävä toteennäyttämään käyttämänsä puuraaka-aineen laatu- ja lujuusominaisuudet. Opinnäytetyön reisilankun ja askelman Finnwood- ohjelmalla suoritetuissa tarkistuksissa käytettiin Hovinikkarit Oy:n tuotannossaan käyttämiä poikkileikkausmittoja sekä C24 havupuusahatavaran ominaisuuksia. Kuten aikaisemmin luvussa 4 selostetuista ja liitteistä 1-6 ilmenevistä mittaustuloksista ilmenee, niin murtorajatilamitoitus ei nouse määrääväksi testatuissa tapauksissa. Käyttörajallassa määriteltävä taipuma tuli testitapauksissa määrääväksi, joskin testauksessa käytetyllä 40 mm:n vahvuisella askelmalla taipuman käyttöraja ylittyi vasta 1130 mm:n testipituudella ja silloin portaan ulkoleveys oli 1200 mm. Hovinikkarit käyttää 40 mm:n askelvahvuutta enimmillään 1000 mm ulkomitan omaaville portaille, jolloin askelman pituus on 930 mm. Tätä leveämmille käytetään vähintään 50 mm:n vahvuista askelmaa.

Palosuojaamaton puu voi kuulua enintään materiaali- ja pintaluokituksestaan luokkaan D-s1, d0. Palosuojakemikaaleilla käsitellyn puun pintaluokka voi yltää luokitukseen B-s1, d0. Palosuojaamattoman puun normaalit pintakäsittelyt kuten lakkaus ja maalaus eivät vaikuta sen pintaluokitukseen. Kun tarkastellaan kokonaan palosuojaamattomasta puusta valmistetun portaan tilannetta, niin lähtökohtaisesti sen voi sijoittaa P3-paloluokiteltuun rakennukseen, koska tämä paloluokka on suojausvaatimuksiltaan alimmalla tasolla ja kantaville rakenteille ei ole pääsääntöisesti asetettu luokkavaatimuksia. Tässäkin paloluokassa on tilanteita, jossa rakennuksen sisämateriaaleilta vaaditaan korkeampaa pintaluokkatasoa kuin normaali puun D-s1, d0, joten varauksettomasti palosuojaamaton puuporras ei sinnekään sovellu. P2- ja P1- paloluokissa kantaville rakenteille on asetettu luokkavaatimukset ja uloskäytävillä kantavuusluokitus on R30. P2-paloluokassa astuu mukaan myös sisärakenteiden suojaverhousvaatimukset. Uloskäytävien osalta P2- ja P1- paloluokissa portaiden eri osille on saatettu asettaa materiaali- tai pintaluokkaedellytyksiä, joihin palosuojaamattoman puun luokitus ei riitä. Vaikka puun palosuojaamaalit

ja -lakat nostavat puun pintaluokan D:stä B:hen niin niiden suojaavaa vaikutusta ei voida ottaa huomioon määriteltäessä puun hiiltymisnopeutta palotilanteessa. Jos puu on lähikohtaisesti sallittu materiaaliluokituksestaan ja pintaluokituksestaan tiettyyn sisätilaan, niin sille voidaan laskea kantavuusluokitus puun hiiltymisnopeuden perusteella. Tällöin luokituksen edellyttämässä aikarajassa on otettava huomioon rakenteen poikkileikkausmitoitukset ja tarvittaessa kasvatettava sitä hiiltymän edellyttämässä määrässä. Erilaisilla levytuotteilla kuten kipsilevyllä voidaan palosuojata puuta. Samalla voidaan vaikuttaa hidastavasti puun hiiltymiseen ja täyttää tilan edellyttämä pintaluokkavaatimus, johon puun oma pintaluokka ei välttämättä riittäisi.

Edellisen pohjalta voidaan todeta, että P1- ja P2 paloluokissa voidaan hyödyntää tiettyjä puisia porrassosia mutta hyvin monissa tapauksissa se edellyttää puun pintaluokan nostoa palosuojakemikaaleilla, puun suojaamista levyrakenteella tai rakenteen poikkileikkauksen kasvattamista tai useampaa näistä samanaikaisesti. Puuportaan suosio perustuu sen rakenteelliseen keveyteen, kustannustehokkuuteen verrattuna betoni- ja teräsportaisiin, sekä puun esteettisesti miellyttävään ulkonäköön. Jos puuportaan rakenteeseen joudutaan paloteknisten ominaisuuksien parantamiseksi tekemään kovin suuria muutoksia niin se herkästi menettää edellä mainitut kilpailuvalttinsa ja ennen kaikkea tuolloin ei puhuta enää sellaisesta puisesta sisäportaasta, joita Hovinikkarit Oy ja muut Suomen sisäpuuporrasvalmistajat tuottavat.

## Lähteet

- [1] Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132.
- [2] Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011.
- [3] Laki eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012)
- [4] Ympäristöministeriön asetus eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä 555/2013
- [5] Ympäristöministeriön verkkosivut, [www.ym.fi](http://www.ym.fi), luettu 18.12.2019, [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta)
- [6] Ympäristöministeriön verkkosivut, [www.ym.fi](http://www.ym.fi), luettu 18.12.2019, [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/CEmerkinta](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/CEmerkinta)
- [7] Ympäristöministeriön verkkosivut, [www.ym.fi](http://www.ym.fi), luettu 18.12.2019, [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/Kansalliset\\_hyvaksyntamenettelyt](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/Kansalliset_hyvaksyntamenettelyt)
- [8] Ympäristöministeriön verkkosivut, [www.ym.fi](http://www.ym.fi), luettu 18.12.2019, [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/Kansalliset\\_hyvaksyntamenettelyt/Tyyppihyvaksynta](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/Kansalliset_hyvaksyntamenettelyt/Tyyppihyvaksynta)
- [9] Puuinfon verkkosivut, [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi), luettu 10.11.2020, <https://www.puuinfo.fi/puu-tieto/puu-materiaalina/lujuusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia>
- [10] Ympäristöministeriön verkkosivut, [www.ym.fi](http://www.ym.fi), luettu 18.12.2019, [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/Kansalliset\\_hyvaksyntamenettelyt/Varmennustodistus](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/Kansalliset_hyvaksyntamenettelyt/Varmennustodistus)
- [11] Ympäristöministeriön verkkosivut, [www.ym.fi](http://www.ym.fi), luettu 19.12.2019, [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Rakennustuotteiden\\_tuotehyvaksynta/Kansalliset\\_hyvaksyntamenettelyt/Valmistuksen\\_laadunvalvonta](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Rakennustuotteiden_tuotehyvaksynta/Kansalliset_hyvaksyntamenettelyt/Valmistuksen_laadunvalvonta)
- [12] Puuinfon verkkosivu, [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi), luettu 18.12.2019, <https://www.puuinfo.fi/tiedote/puutuotteiden-ce-merkint%C3%A4>
- [13] Porrastuotejärjestelmät 2.7.2014 arviointiperusteet (YM).
- [14] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta 1007/2017, Finlex
- [15] Ympäristöministeriön asetus rakennuksen käyttöturvallisuudesta, perustelumuuisto 20.12.2017



- [16] RT 103027 portaat ja luiskat, ohjekortti syyskuu 2019
- [17] DIN 18065: 2000-01, Deutsche norm, Gebäudetreppen
- [18] Treppen, Geländer, Brüstungen, Konkrete Lösungen DIN 18065, Dipl.-Ing. Herbert Gottschalk, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, 17.01.2019.
- [19] Eurokoodi 1991-1-1, yleiset kuormat
- [20] Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, Finlex
- [21] Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta, perustelumuistio 28.11.2017
- [22] Paloturvallinen puutalo, asuin- ja toimitilarakentaminen, päivitetty 19.12.2019, Puuinfo
- [23] Paloturvallinen puutalo, Liite 1 palomääräystaulukkoja, Puuinfo
- [24] Paloturvallinen puutalo, Liite 2 esimerkkilaskelmia, Puuinfo
- [25] RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje, Grano Oy 2017
- [26] Turvallisuus- ja kemikaaliviraston verkkosivut, [www.rakennustuoteinfo.fi](http://www.rakennustuoteinfo.fi), luettu 20.12.2019, <http://www.rakennustuoteinfo.fi/tuotekelpoisuus/?hencat=sis%C3%A4valmistusvaihe#henresults>
- [27] Puulehti, 1/2017, Puuinfo Oy
- [28] Haastattelu Kari Laitinen, Hovinikkarit Oy, 25.10.2019 Omakotimesseut, Vantaa
- [29] RIL 205-1-2017, puurakenteiden suunnitteluohje, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- [30] RIL 205-2-2019, puurakenteiden palomitoitus, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
- [31] Tikkurila Oyj:n verkkosivut, [www.tikkurila.fi](http://www.tikkurila.fi), luettu 8.1.2020, [https://new.tikkurila.fi/teollinen\\_maalaus/ratkaisut/erityisalueet/palosuojaus/puun\\_palosuojamaalaus?utm\\_medium=ppc&utm\\_term=palosuojamaali&utm\\_campaign=Puun+palosuojaus+-+Fontefire+WF&utm\\_source=ad-words&hsa\\_src=g&hsa\\_ver=3&hsa\\_ad=393342547097&hsa\\_grp=68573045917&hsa\\_tgt=kwd-672610466041&hsa\\_net=ad-words&hsa\\_cam=1754690302&hsa\\_acc=1255207103&hsa\\_kw=palosuojamaali&hsa\\_mt=p&gclid=EAlalQobChMlucSB28705glVg-maCh0IWwz0EAAYASAAEgl6NPD\\_BwE](https://new.tikkurila.fi/teollinen_maalaus/ratkaisut/erityisalueet/palosuojaus/puun_palosuojamaalaus?utm_medium=ppc&utm_term=palosuojamaali&utm_campaign=Puun+palosuojaus+-+Fontefire+WF&utm_source=ad-words&hsa_src=g&hsa_ver=3&hsa_ad=393342547097&hsa_grp=68573045917&hsa_tgt=kwd-672610466041&hsa_net=ad-words&hsa_cam=1754690302&hsa_acc=1255207103&hsa_kw=palosuojamaali&hsa_mt=p&gclid=EAlalQobChMlucSB28705glVg-maCh0IWwz0EAAYASAAEgl6NPD_BwE)
- [32] Tikkurila Oyj, Palosuojamaalien tekninen neuvonta, 7.1.2020
- [33] Puuinfon verkkosivu, [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi), luettu 9.1.2020, <https://www.puuinfo.fi/tee-seitse/hyv%C3%A4-tiet%C3%A4%C3%A4-puulevyist%C3%A4>

- [34] Puuinfon verkkosivu, [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi), <https://www.puuinfo.fi/puutieto/insinooripuu-tuotteet/puurakentamisen-liimat>
- [35] Puutiedon verkkosivut, [www.puuproffa.fi](http://www.puuproffa.fi) , luettu 11.1.2020, <https://puuproffa.fi/liitosten-arkki/puun-liitokset/puun-ominaisuudet/>
- [36] Haastattelu DI Reijo Ravila, Inspecta Sertifiointi Oy, 16.1.2020
- [37] Puuinfon verkkosivu, [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi), luettu 20.1.2020, <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/lujuusteknisi%C3%A4-ominaisuuksia>
- [38] Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, Neljäs painos. Puuinfo. Päivitetty 8/2018.
- [39] Haastattelu DI Paula Porkola, ylitarkastaja Tukes, 9.1.2020.

## Reisilankku 50 mm, omapaino Gk ja hyötykuorma qk

Finnwood 2.4.3 (2.4.088) © Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood  
reisilankku  
28.2.2020

Sivu 4 Mitoitusarvo /raja-arvo/käyttöaste

Leikkaus (z): 2.80 kN 15.39 kN 18.2 % 302 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Veto: 2.54 kN 124.92 kN 2.0 % 4825 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Puristus: 2.54 kN 180.92 kN 1.4 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus (My): 3.87 kNm 9.65 kNm 40.1 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(ilman kiepahdusta): 3.87 kNm 9.65 kNm 40.1 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus+veto: 0.40 1.00 40.1 % 2533 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(My=3.86 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=0.13 kN)

Taivutus+puristus: 0.40 1.00 40.1 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(My=3.87 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=0.00 kN)

Tukipaine, tuki 1: 3.21 kN 15.00 kN 21.4 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipaine kerroin = 1.95

Tukipaine, tuki 2: 3.21 kN 15.00 kN 21.4 % 4825 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipaine kerroin = 1.95

jänneväli 1, Wz,inst: 6.8 mm 12.1 mm 56.1 % 2412 mm Yhdistelmä 14/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 8.4 mm 16.1 mm 52.2 % 2412 mm Yhdistelmä 14/1

### ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

### VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos: Maksimiarvo: Sijainti x:

Nx,max 2.54 kN 0 mm

Vz,max 3.21 kN 0 mm

My,max 3.87 kNm 2412 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki: MRTmax: MRTmin: KRTmax: KRTmin:

1: 4.09 kN 0.37 kN 2.82 kN 0.41 kN

2: 4.09 kN 0.37 kN 2.82 kN 0.41 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

**Reisilankku 50 mm, omapaino Gk ja pistekuorma Qk**

Finnwood 2.4.3 (2.4.088) © Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood  
reisilankku

28.2.2020

Sivu 4

**MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu: Mitoitusarvo: Raja-arvo: Käyttöaste \*): Sijainti x:

Leikkaus (z): 1.21 kN 15.39 kN 7.8 % 4523 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Veto: 0.99 kN 124.92 kN 0.8 % 4825 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Puristus: 0.99 kN 180.92 kN 0.5 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus (My): 2.57 kNm 9.65 kNm 26.7 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(ilman kiepahdusta): 2.57 kNm 9.65 kNm 26.7 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus+veto: 0.26 1.00 26.1 % 2533 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(My=2.47 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=0.71 kN)

Taivutus+puristus: 0.27 1.00 26.7 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(My=2.57 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=0.70 kN)

Tukipaine, tuki 1: 1.25 kN 15.00 kN 8.3 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 1.95

Tukipaine, tuki 2: 1.25 kN 15.00 kN 8.3 % 4825 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 1.95

jänneväli 1, Wz,inst: 3.9 mm 12.1 mm 32.3 % 2412 mm Yhdistelmä 14/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 5.0 mm 16.1 mm 31.1 % 2412 mm Yhdistelmä 14/1

**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

**VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos: Maksimiarvo: Sijainti x:

Nx,max 0.99 kN 4825 mm

Vz,max 1.25 kN 4825 mm

My,max 2.57 kNm 2412 mm

TUKIREAKTIOT:

Tuki: MRTmax: MRTmin: KRTmax: KRTmin:

1: 1.60 kN 0.37 kN 1.16 kN 0.41 kN

2: 1.60 kN 0.37 kN 1.16 kN 0.41 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

Kuormitustapaus: Omapaino

**Reisilankku 35 mm, omapaino Gk ja hyötykuorma qk**

Finnwood 2.4.3 (2.4.088) © Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood  
 reisilankku  
 28.2.2020  
 Sivuu 4

-----  
**MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:**

Tarkastelu: Mitoitusarvo: Raja-arvo: Käyttöaste \*): Sijainti x:

Leikkaus (z): 2.80 kN 10.77 kN 26.0 % 302 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Veto: 2.54 kN 87.45 kN 2.9 % 4825 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Puristus: 2.54 kN 126.65 kN 2.0 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus (My): 3.87 kNm 6.09 kNm 63.5 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(ilman kiepahdusta): 3.87 kNm 6.75 kNm 57.2 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus+veto: 0.57 1.00 57.2 % 2533 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(My=3.86 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=0.13 kN)

Taivutus+puristus: 0.57 1.00 57.2 % 2412 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(My=3.87 kNm, Mz=0.00 kNm, Nx=0.00 kN)

Tukipaine, tuki 1: 3.21 kN 10.50 kN 30.5 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 1.95

Tukipaine, tuki 2: 3.21 kN 10.50 kN 30.5 % 4825 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 1.95

jänneväli 1, Wz,inst: 9.7 mm 12.1 mm 80.1 % 2412 mm Yhdistelmä 14/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 12.0 mm 16.1 mm 74.5 % 2412 mm Yhdistelmä 14/1

Taipuma U: 0.1 mm 0.5 mm 25.6% (Värähtelytarkastelu)

Taajuus f1: 156.4 Hz 9.0 Hz 5.8% (Värähtelytarkastelu)

-----  
**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

**Askelma 40 mm, L= 930 mm, omapaino Gk ja hyötykuorma qk**

Finnwood 2.4.3 (2.4.088) © Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Askelma 40 mm

28.2.2020

Sivu 4

MITOITUKSEN ÄÄRIARVOT:

Tarkastelu: Mitoitusarvo: Raja-arvo: Käyttöaste \*): Sijainti x:

Leikkaus (z): 0.34 kN 11.87 kN 2.8 % 884 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus (My): 0.09 kNm 1.38 kNm 6.3 % 465 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(ilman kiepahdusta): 0.09 kNm 1.38 kNm 6.3 % 465 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipaine, tuki 1: 0.38 kN 24.92 kN 1.5 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

Tukipaine, tuki 2: 0.38 kN 24.92 kN 1.5 % 930 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

jänneväli 1, Wz,inst: 0.3 mm 2.3 mm 15.0 % 465 mm Yhdistelmä 14/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 0.4 mm 3.1 mm 13.7 % 465 mm Yhdistelmä 14/1

-----  
ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

-----  
VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:

Tulos: Maksimiarvo: Sijainti x:

Vz,max 0.38 kN 930 mm

My,max 0.09 kNm 465 mm

TUKIREAKTIOT:

-----  
Tuki: MRTmax: MRTmin: KRTmax: KRTmin:

1: 0.38 kN 0.02 kN 0.26 kN 0.02 kN

2: 0.38 kN 0.02 kN 0.26 kN 0.02 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

**Askelma 40 mm, L= 930 mm, omapaino Gk ja pistekuorma Qk**

Finnwood 2.4.3 (2.4.088) © Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Askelma 40 mm

28.2.2020

Sivu 4

Tarkastelu: Mitoitusarvo: Raja-arvo: Käyttöaste \*): Sijainti x:

Leikkaus (z): 1.15 kN 11.87 kN 9.7 % 46 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus (My): 0.53 kNm 1.38 kNm 38.3 % 465 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(ilman kiepahdusta): 0.53 kNm 1.38 kNm 38.3 % 465 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipaine, tuki 1: 1.15 kN 24.92 kN 4.6 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

Tukipaine, tuki 2: 1.15 kN 24.92 kN 4.6 % 930 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

jänneväli 1, Wz,inst: 1.7 mm 2.3 mm 72.0 % 465 mm Yhdistelmä 14/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 2.0 mm 3.1 mm 64.2 % 465 mm Yhdistelmä 14/1

-----  
**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

-----  
**VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos: Maksimiarvo: Sijainti x:

Vz,max 1.15 kN 930 mm

My,max 0.53 kNm 465 mm

TUKIREAKTIOT:

-----  
Tuki: MRTmax: MRTmin: KRTmax: KRTmin:

1: 1.15 kN 0.02 kN 0.77 kN 0.02 kN

2: 1.15 kN 0.02 kN 0.77 kN 0.02 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

-----  
Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.02

2: 0.02

**Askelma 40 mm, L= 1130 mm, omapaino Gk ja pistekuorma Qk**

Finnwood 2.4.3 (2.4.088)

MAKSIMIKÄYTTÖASTE YLITTYI

© Copyright 2019 Metsäliitto Osuuskunta, Metsä Wood

Askelma 40 mm

28.2.2020

Sivu 4

Tarkastelu: Mitoitusarvo: Raja-arvo: Käyttöaste \*): Sijainti x:

Leikkaus (z): 1.16 kN 11.87 kN 9.8 % 46 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Taivutus (My): 0.65 kNm 1.38 kNm 46.8 % 565 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

(ilman kiepahdusta): 0.65 kNm 1.38 kNm 46.8 % 565 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipaine, tuki 1: 1.16 kN 24.92 kN 4.7 % 0 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

Tukipaine, tuki 2: 1.16 kN 24.92 kN 4.7 % 1130 mm Yhdistelmä 2/1, Keskipitkä

Tukipainekerroin = 3.00

jänneväli 1, Wz,inst: 3.0 mm 2.8 mm 106.1 % 565 mm Yhdistelmä 14/1

jänneväli 1, Wz,net,fin: 3.6 mm 3.8 mm 94.8 % 565 mm Yhdistelmä 14/1

-----  
**ÄÄRIARVOJEN KUORMITUSYHDISTELMÄT**

Yhdistelmä 2/1 (Keskipitkä):

1.15\*Omapaino + 1.50\*Hyötykuorma

Yhdistelmä 14/1 :

1.00\*Omapaino + 1.00\*Hyötykuorma

-----  
**VOIMASUUREIDEN ÄÄRIARVOT:**

Tulos: Maksimiarvo: Sijainti x:

Vz,max 1.16 kN 0 mm

My,max 0.65 kNm 565 mm

TUKIREAKTIOT:

-----  
Tuki: MRTmax: MRTmin: KRTmax: KRTmin:

1: 1.16 kN 0.03 kN 0.78 kN 0.03 kN

2: 1.16 kN 0.03 kN 0.78 kN 0.03 kN

- KRT tukireaktiot ovat vain vertailua varten

TUKIREAKTIOT KUORMITUSTAPAUKSITTAIN (OMINAISARVOT):

-----  
Kuormitustapaus: Omapaino

Tuki: FZ [kN]:

1: 0.03

2: 0.03  
-----