

Kennoharkkorakenteiden SUUNNITTELUOHJE

1.2.2024

Poroton suunnitteluohje

Sisällys

Poroton suunnitteluohje	3
Yleistä	5
Eri harkkotyypit	5
Ulkoseinäharkot.....	5
Väliseinäharkot (soveltuvat myös maskimuuraukseen).....	7
Aukonylitysmuottiharkot.....	7
Lisäeristysharkot (soveltuvat myös maskimuuraukseen).....	8
Kuurimuurausharkot.....	8
Erilaiset soviteharkot.....	11
Muurauslaastit.....	11
Yleiset suunnitteluperusteet	11
Poroton-harkkomuurauksen yleiset suunnitteluperusteet.....	11
Betonivalutäyhteisten harkkojen yleiset suunnitteluperusteet	12
Laskentaperusteet	12
Murtorajatila	12
Käyttörajatila	12
Kuormat.....	13
Kuormayhdistelmät	13
Osavarmuuskertoimet.....	13
Materiaalin osavarmuusluvut.....	13
Eri kuormalaadut	14
Pysyvät kuormat.....	14
Hyötykuormat.....	14
Lumikuormat	14
Tuulikuormat	19
Poroton-harkkojen ominaisuudet	25
Laskentalujuudet	25
Lämpö-, ääni- ja palotekniset ominaisuudet.....	26
Laskenta.....	27
Seinän mitoitus pystysuuntaiselle puristusvoimalle (vähimmäisepäkeskisyyss huomioiden)	27
Harkkoseinän leikkauslujuuden ominaisarvo	29
Seinän mitoitus pysty- ja vaakakuormien yhdistelmälle	30

Aukkopalkkien mitoitus	31
Taivutusmitoitus	31
Leikkausmitoitus	33
Aukkopalkkien käyttörajatilatarkastelu	37
Harkkojen suunnittelussa huomioon otavat asiat	37
Harkkojen etenemä, limitys ja moduulimitoitus	37
Liikuntasaumat	39
Liitosten suunnittelu	39
Kiinnitysten suunnittelu	40
Pinnoitusten suunnittelu	41
Liitteet	43

Yleistä

Tämä suunnitteluohje perustuu standardien EN-1990 (Eurocode 0), EN-1991 (Eurocode 1), EN 1992 (Eurocode 2) ja EN 1996 (Eurocode 6) ja näiden kansallisten liitteiden mukaiseen mitoitukseen. Suunnitteluohje käsittelee standardien EN 771-1 ja SFS 7001 vaatimukset täyttäviä Poroton-harkkoja ja standardin EN 998-2 vaatimukset täyttäviä muuraus- ja ohutsaumamuurauslaasteja. Poroton-harkot kuuluvat aukkoryhmään 3.







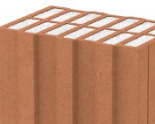

Poroton-harkkomuurauksella voidaan toteuttaa yksiaineinen, kantava ulkoseinä, joka täyttää nykyisen lämmöneristysvaatimuksen ilman erillistä lämmöneristettä. Poroton-harkkoseinä on hengittävä rakenne, jolla on suuri lämpö- ja kosteuskapasiteetti. Näin ulkoseinärakenne toimii itsessään sisäpuolista lämpöä ja kosteutta tasaavana.

Eri harkkotyypit

Poroton-harkkojen pääraaka-aine on savi, josta harkot valmistetaan polttamalla. Harkon toiminta perustuu kennorakenteeseen, jossa kennot toimivat eristävänä osana ja kennojen väliset seinämät kantavana rakenteena. Poroton-harkkoissa kennojen täytteenä on joko ilma tai perliitti (lämpökäsitelty vulkaaninen kiviaines). Harkot muurataan käyttäen ohussaumalaastia (1 mm). Harkkojen päissä on pontitus ja pystysaumoihin ei tule laastia.

Ulkoseinäharkot

Runkorakentamiseen soveltuvat harkot on esitelty seuraavassa taulukossa. Näillä harkkotypeillä saavutetaan nykyvaatimusten mukainen seinän lämmöneristysarvo $U = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.
Ulkoseinäharkkojen menekki neliölle on 16 kpl. Ulkoseinäharkkoista on olemassa puolikasharkkoja, joiden leveys on 123 mm. Näiden avulla muurauksen limitys saadaan toteutettua eri muurauskerroksissa. Puolikasharkkojen ominaisuudet vastaavat kokonaisia harkkoja.




Harkkotyyppi	Harkon ulkomitat B x H x L [mm]	Paino [kg]	Puristuslujuus	Lambda-arvo λ [W/(m*K)]	U-arvo [W/m ² K]	Ääneneristävyyys * R'w [dB]	Paloluokka (REI) [min]
Ilmakennoharkot							
 Poroton U8-490	490 x 249 x 248	18,2 kg	2,3 MPa	0,08 W/(m*K)	0,16 W/m ² K	43 dB	90
Perliittitetyt harkot							
 Poroton T6,5-365	365 x 249 x 248	13,6 kg	1,8 MPa	0,065 W/(m*K)	0,17 W/m ² K	43,0 dB	60
 Poroton T6,5-425	425 x 249 x 248	15,9 kg	1,8 MPa	0,065 W/(m*K)	0,15 W/m ² K	43,2 dB	60
 Poroton T7-425	425 x 249 x 248	18,6 kg	1,8 MPa	0,07 W/(m*K)	0,16 W/m ² K	43,2 dB	90
 Poroton T7-490	490 x 249 x 248	21,4 kg	1,3 MPa	0,07 W/(m*K)	0,14 W/m ² K	43,5 dB	90
 Poroton T8-300**	300 x 249 x 248	13,1 kg	1,8 MPa	0,08 W/(m*K)	0,25 W/m ² K	-	90
 Poroton S7-425	425 x 249 x 248	20,0 kg	2,3 MPa	0,07 W/(m*K)	0,16 W/m ² K	48,5 dB	90
 Poroton S8-490***	490 x 249 x 248	26,0 kg	5,8 MPa	0,08 W/(m*K)	0,16 W/m ² K	>48,0 dB	90

* Harkon sisäpinnassa on 15 mm tasoite ja ulkopinnassa 20 mm rappaus.

** Harkkotyyppi Poroton T8-300 käy puolilämpimien tilojen ulkoseinien toteutukseen

*** Harkkotyyppi Poroton S8-490 käy korkeiden rakennusten runkoharkoksi ja kohtiin, jossa vaaditaan enemmän puristuskestävyyttä

Väliseinäharkot (soveltuvat myös maskimuuraukseen)




Harkkotyyppi	Harkon ulkomitat B x H x L [mm]	Paino [kg]	Puristuslujuus	Lambda- arvo λ [W/(m*K)]	U-arvo [W/m ² K]	Ääneneristävyyss* R'w [dB]	Paloluokka (REI) [min]
 Poroton T0,8-115	115 x 249 x 495	11 kg	3,7 MPa	0,039 W/(m*K)	1,67 W/m ² K	41,6 dB	90
 Poroton T0,8-175	175 x 249 x 373	12,6 kg	3,7 MPa	0,039 W/(m*K)	1,33 W/m ² K	46,0 dB	90
 Poroton T0,8-240	240 x 249 x 373	17,2 kg	3,7 MPa	0,039 W/(m*K)	1,09 W/m ² K	49,6 dB	90




*Ääneneristävyyss kun väliseinässä on 15 mm tasoite molemmilla puolin

Väliseinäharkoista on olemassa myös samoilla ulkomitoilla olevia harkkoja, joissa on paksummat kannakset. Näiden muurin puristuslujuus on 4,7 MPa.

Aukonylitysmuottiharkot

Poroton-kennoharkkomuurauksessa aukon ylityksissä käytetään aukonylitysmuottiharkkoja, raudoitusta sekä betonivalua. Järjestelmässä on eri levyisiä aukonylitysmuottiharkkoja käytettäväksi eri levyisten harkkojen ja aukkojen tapauksissa.




Harkkotyyppi	Harkon ulkomitat B x H x L [mm]	Paino [kg]	Valuosan sisämitat b x h [mm]
 Poroton U-175	175 x 238 x 249	5,8 kg	95 x 195
 Poroton U-240	240 x 238 x 249	7,4 kg	135 x 185
 Poroton U-300	300 x 238 x 249	8,7 kg	200 x 190

 <p>Poroton U-365</p>	365 x 238 x 249	10,0 kg	265 x 190
 <p>Poroton WU-365</p>	365 x 238 x 249	9,4 kg	165 x 200
 <p>Poroton WU-425</p>	425 x 238 x 249	11,1 kg	200 x 190

Lisäeristysharkot (soveltuvat myös maskimuuraukseen)

Poroton-harkoista löytyy harkkotyyppi WDF, jota voidaan käyttää vanhojen seinärakenteiden sisä- tai ulkopuoliseen lisälämmöneristykseen. Perliittitäytteinen tiiliharkko on epäorgaaninen, hengittävä ja vesihöyryä läpäisevä ($\mu=4/5$).









Harkkoja voidaan käyttää myös väli- tai yläpohjaliittymien kohdalla maskimuurauksena.


Harkkotyyppi	Harkon ulkomitat B x H x L [mm]	Paino [kg]	Puristuslujuus	Lambda-arvo λ [W/(m*K)]	U-arvo* [W/m ² K]
 <p>Poroton WDF-80</p>	80 x 249 x 495	6,2 kg	2,0 MPa	0,065 W/(m*K)	0,42 W/m ² K
 <p>Poroton WDF-120</p>	120 x 249 x 495	8,1 kg	2,0 MPa	0,060 W/(m*K)	0,33 W/m ² K
 <p>Poroton WDF-180</p>	180 x 249 x 495	9,5 kg	2,0 MPa	0,055 W/(m*K)	0,23 W/m ² K

*U-arvo kun lisäeristettävän seinän U-arvo on noin 1,0 W/m²K

Kuorimuurausharkot

Poroton—harkkomuurauksessa välipohjien liittyisiin ja muihin verhomuurausta vaativiin kohtiin on olemassa omat harkkonsa. Näissä harkoissa on kiinni valmiiksi lämmöneriste, estämässä ettei liitoksiin muodostu kylmäsiltoja. Kuorimuurausharkkoja on saatavilla useita eri korkeuksia, että välipohjaliitoksen toteutus voidaan tehdä ilman harkkojen sahaamista. DRS-maskiharkkojen Lambda-arvo $\lambda = 0,032$ [W/(m*K)]

Harkkotyyppi	Harkon ulkomitat B x H x L [mm]	Paino [kg]
Poroton DRS-180 	120 x 180 x 500	2,8 kg
Poroton DRS-200 	120 x 200 x 500	3,1 kg
Poroton DRS-220 	120 x 220 x 500	3,4 kg
Poroton DRS-240 	120 x 240 x 500	3,7 kg
Poroton DRS-260 	120 x 260 x 500	4,0 kg
Poroton DRS-280 	120 x 280 x 500	4,4 kg
Poroton DRS-300 	120 x 300 x 500	4,7 kg
Poroton DRS-320 	120 x 320 x 500	5,0 kg

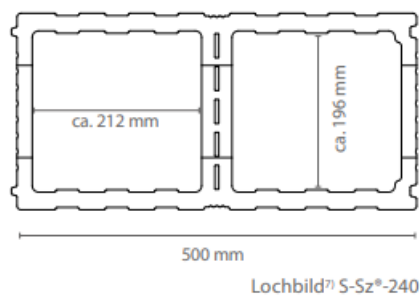
<p>Poroton DRS-340</p> 	<p>120 x 340 x 500</p>	<p>5,3 kg</p>
--	------------------------	---------------

Pilarivaluharkot

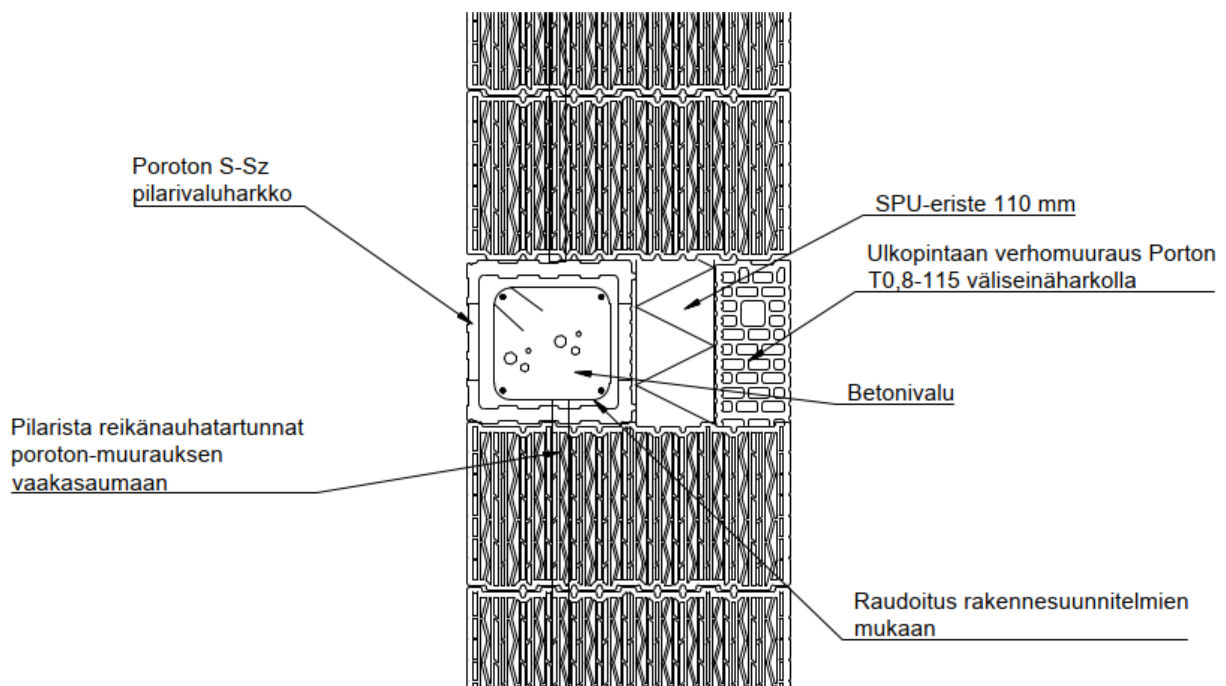
Poroton-järjestelmässä on myös pilarivaluharkkoja, joiden tunnus on Poroton-S-Sz, joiden koko on 500x240x249. Näitä käytetään, jos rakenteessa on suuria pistemäisiä kuormia, joille seinän kestävyys ei ole riittävä. Pilarivaluharkkoja käytetään myös jäykistyksessä, mikäli seinän jäykkyys ei ole riittävä. Pilarivaluharkot sijoitetaan seinän sisälle sisäpuolelle.



Pilarivaluharkko mitoitetaan betonipilarina EN 1992-1-2 (Eurocode 2) mukaan. Alla on esitetty pilarivaluharkon valuaukkojen mitat. Harkko tulee yhtenäisenä mutta se voidaan katkaista keskeltä kahtia yksittäisiksi pilarivaluharkoiksi.



Kuva 1: Poroton S-Sz leikkaus



Kuva 2: Pilarin sijoittaminen periaate seinän sisälle

Poroton-S-Sz pilarivaluharkoista voidaan muurata ja betonoiden huoneistojen välinen seinä. Seinän Ääneneristävyys* $R'w$ [dB] on 62,8 dB ja paloluokka REI120.

Erilaiset soviteharkot

Poroton-runkoharkoista on saatavilla eri korkuisia valmiiksi sahattuja soviteharkkoja, joiden avulla huonekorkeuden sovittaminen onnistuu helposti. Harkkojen tunnus on kirjaimet HAZ ja niiden edessä harkon korkeus.

Soviteharkkoja löytyy 115, 160 ja 220 mm korkuisina.

Muurauslaastit

Poroton-harkkojen muurauksessa käytetään kesäolosuhteissa kennoharkkojen muuraukseen kehitettyä ja tarkoitettua Poroton-ohutsaumamuurauslaastia (Dunbettmörttel). Poroton-ohutsaumalaastin puristuslujuus f_m on >10 N/mm². Talviolosuhteissa alle +5 ° C lämpötiloissa tulee käyttää talviolosuhteisiin sopivaa ohutsaumalaastia, esimerkiksi Weber Vetonit OL15P-pakkaslaastia.

Muurauksessa laastipaksuus on 1 mm. Harkot muurataan vaakasaumasta, pystysaumoissa harkoissa on pontitus. Laastimenekit eri harkkoleveyksille ovat seuraavat:

- 365 mm harkon laastimenekki noin 6 kg/m²
- 425 mm harkon laastimenekki noin 7 kg/m²
- 490 mm harkon laastimenekki noin 8 kg/m²

Yleiset suunnitteluperusteet

Poroton-harkkomuurauksen yleiset suunnitteluperusteet

Poroton-harkkorakenteet tulee suunnitella EN-1996 mukaisesti niin, että EN 1990:ssa ja sen kansallisessa liitteessä esitetyt perusvaatimukset täyttyvät. Perusvaatimusten täyttyminen voidaan varmistaa, kun harkot mitoitetaan käyttäen rajatilamitoitusta ja osavarmuuslukumenetelmää EN 1990:n ja sen kansallisen liitteen mukaisesti. Mitoituksessa käytettävät kuormat ja niiden yhdistelmät tulee määrittää EN 1991:n ja kansallisen liitteen sääntöjen mukaan. Kuormien määrittämisessä voidaan käyttää julkaisussa RIL 201-1- 2017 suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat annettuja ohjeita.

Lisää ohjeita muurattujen rakenteiden suunnitteluun löytyy julkaisussa RIL 206-2011 Muurattujen rakenteiden suunnitteluohje.

Rakenteet mitoitetaan pääosin pitkäaikaista vetorasitusta kestävämmäin. Kun Poroton-harkkorakennetta mitoitetaan tuulikuormille, käytetään hyväksi Poroton-harkkomuurauksen taivutusvetolujuutta. Taivutusvetolujuus muodostuu harkon ja ohutsaumalaastin yhteisvaikutuksesta.

Rakennuksen runko liittyvine muurattuine rakenteineen tulee suunnitella ja mitoittaa niin, että riittävä kokonaisvakavuus saavutetaan. Poroton-harkosta muuratussa rakennuksessa kantavia pystyrakenteita ovat pääsääntöisesti muuratut ulkoseinät sekä tarvittaessa kantavat väliseinät ja pilarit. Tarvittaessa jäykistävinä rakenteina käytetään levyrakenteena toimivia väli- ja yläpohjia sekä poikittaisia väliseiniä. Rakenteen jäykistyksessä voidaan käyttää myös ulkoseinän sisään valuharkoilla toteutettuja betonipilareita.

On huomioitavaa, että tämä suunnitteluohje on yksinkertaistettu ohjeiltaan ja johtaa Eurokoodeihin nähden varmallalla puolella olevaan mitoitukseen. Laskelmat on tehty Poroton-harkoille ja niitä ei voi suoraan soveltaa muille harkkotuotteille.

Huomioitavaa on myös, että EN-1996 käsittelee ainoastaan muuratun rakenteen kuormituskestävyys-, käyttökelpoisuus- ja säilyvyysvaatimuksia. Poroton-harkkoihin liittyvät lämmön- ja ääneneristysvaatimukset

tulevat Suomen rakentamismääräyskokoelmasta C3 sekä Ympäristöministeriön asetuksesta rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017.

Betonivalutäytteisten harkkojen yleiset suunnitteluperusteet

Betonivalutäytteisten harkkojen täytteenä käytettävän betonin tulee olla standardin EN 206 mukaista. Betonivalutäytteen puristuslujuuden ominaisarvo f_{ck} (betonin lujuusluokka) tulee olla vähintään C20/25.

Betonia määritettäessä tulee varmistaa sen työstettävyys, niin että valettavan kohdan tyhjät tilat täyttyvät kokonaan. Useimmissa tapauksissa standardin EN 206-1 mukainen painumaluokka S3...S5 tai leviämäluokka F4...F6 on riittävä. Betonivalutäytteen runkoaineen suurin sallittu raekoko on 20 mm. Mikäli rakenteessa on kohtia, joiden pienin mitta on alle 100 mm tai jos raudoituksen suojaetäisyys on alle, betonivalutäytteen runkoaineen suurin raekoko saa olla enintään 10 mm.

Betonivalutäytteisissä harkoissa käytetyn tavallisen raudoitusteräksen tulee olla standardien EN 10080 ja EN 1992-1-1 mukaista.

Laskentaperusteet

Tämän suunnitteluohjeen mitoitustavassa rakenteet mitoitetaan rajatilamenettelyllä. Rajatilamenetelmän rajatilat ovat murtorajatila ja käyttörajatila. Laskelmissa käytetään harkon nimellismittoja.

Betonivalutäytteisten harkkojen mitoituksessa otetaan huomioon poikkileikkauksesta valettu betoniosuus ja harkon osuus jätetään pois.

Murtorajatila

Murtorajatilalaskennassa tulee osoittaa, että rakenne kestää siihen kohdistuvat kuormat sekä niiden vaikutukset.

Staattisen tasapainon tarkastaminen tehdään vertaamalla rakenteen tasapainoa heikentävien kuormien ($E_{d,dst}$) vaikutusta tasapainoa parantavien kuormien ($E_{d,std}$) vaikutukseen. Tarkastelussa tulee osoittaa, että:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,std}$$

Lisäksi tulee tarkastella, ettei synny murtumista tai liian suurta siirtymää:

$$E_d \leq R_d$$

Missä

E_d on kuormitusyhdistelmästä syntyvä vaikutus (esimerkiksi rakenteeseen vaikuttavat leikkausvoimat)

R_d on vastaava kestävyden mitoitusarvo (esimerkiksi rakenteen leikkauskestävyys)

Käyttörajatila

Käyttörajatilatarkastelussa varmistetaan, että rakenteelle asetetut käyttökelpoisuuskriteerit täyttyvät, näitä ovat esimerkiksi rakenteen muodonmuutokset (taipuma ja värähtely). Tarkastelun kautta tulee osoittaa, että:

$$E_d \leq C_d$$

Missä

E_d on käyttökelpoisuuskriteerissä määriteltyjen kuormien vaikutuksen mitoitusarvo

C_d on asianomaisen käyttökelpoisuuskriteerin mukainen rajoittava mitoitusarvo.

Kuormat

Tähän suunnitteluohjeeseen on koottu lyhennettynä ja yksinkertaistettuna yleisimmät EN 1990:n kuormitusyhdistelmät ja EN 1991:n kuormat sekä niitä koskevat kansalliset liitteet.

Rakenteissa vaikuttavat kuormat jaetaan pysyviin kuormiin G, muuttuviin kuormiin Q sekä onnettomuuskuormiin A. Muuttuviin kuormiin lasketaan kaikki ne kuormat, jotka voivat muuttua ajanhetkestä toiseen. Onnettomuuskuormat vaikuttavat vain onnettomuustilanteissa.

Pysyvistä ja muuttuvista kuormista muodostetaan laskennassa käytettävät mitoituskuormat ja kuormitusyhdistelmät käyttäen ominaiskuormia ja niiden osavarmuuslukuja. Kuormitusyhdistelmiä määrittäessä huomioidaan vain sellaiset tapaukset, jotka voivat esiintyä fysikaalisesti samanaikaisesti. Onnettomuuskuormia määritettäessä tulee tarkastaa, onko kyseinen onnettomuustilanne mahdollinen.

Kuormien mitoitusarvot saadaan yksinkertaistetusti seuraavalla kaavalla:

$$F_d = \gamma_t F_k$$

Missä

F_d on kuorman mitoitusarvo

γ_t on kuorman osavarmuusluku, jolla otetaan huomioon kuorman arvon epävarmuudet

F_k on kuorman ominaisarvo

Kuormayhdistelmät

Murto-rajatilojen mitoitus-tilanteiden kuormayhdistelmät määritellään EN-1990 kohdan 6.4.3.2 mukaisilla kaavoilla huomioiden velvoittava liite A1. Yksinkertaistukset vuoksi tässä on esitetty kaavojen 6.10a ja 6.10b yleisimmin käytetyt tapaukset. Mitoitukseen näistä valitaan epäedullisin.

Pysyvien kuormien kuormitusyhdistelmänä voidaan käyttää* (muuttuvia kuormia ei huomioida ollenkaan)

$$1,35 G_k$$

Kun huomioidaan myös muuttuvat kuormat, kuormitusyhdistelmänä käytetään suurempaa seuraavista*:

$$\max \left\{ \begin{array}{l} 1,15G_k + 1,5Q_{k,t} + 1,05Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} \\ 1,15G_k + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} + 0,9Q_{k,t} \end{array} \right.$$

Missä

G_k on pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,t}$ on tuulikuorman ominaisarvo

$Q_{k,1}$ on lumi- tai hyötykuorman ominaisarvoista suurempi

$Q_{k,2}$ on lumi- tai hyötykuorman ominaisarvoista pienempi

*EN 1990 + A1 + AC Taulukko A1.2(B)

Osavarmuuskertoimet

Materiaalin osavarmuusluvut

Tavanomaisissa ja onnettomuustilanteissa tulee käyttää murto-rajatilan materiaalin osavarmuusluvun γ_M kyseiselle mitoitus-tilanteelle annettuja arvoja.

Eri kuormalaadut

Pysyvät kuormat

Rakennuksen kantavien ja ei-kantavien rakenteiden, maakerroksien sekä kiinteiden laitteiden omapainot muodostavat rakenteeseen vaikuttavat pysyvät kuormat. Rakenteen omapaino lasketaan tilavuuspainon ja rakenteen nimellismittojen mukaan. Omapainot huomioidaan yhtenäisenä kuormana.

Rakenteisiin kiinnitettyjen kantamattomien keveiden väliseinien omapaino voidaan käsitellä tasaisena lattiakuormana. Tämän kuorman arvona ei saa kuitenkaan käyttää pienempää arvoa kuin $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$. Vapaasti liikuteltavien seinämien omapaino lasketaan mukaan hyötykuormiin.

Hyötykuormat

Tilojen käyttö aiheuttaa rakennuksen hyötykuormat. Laskennassa käytetään seuraavia kuormituksia.

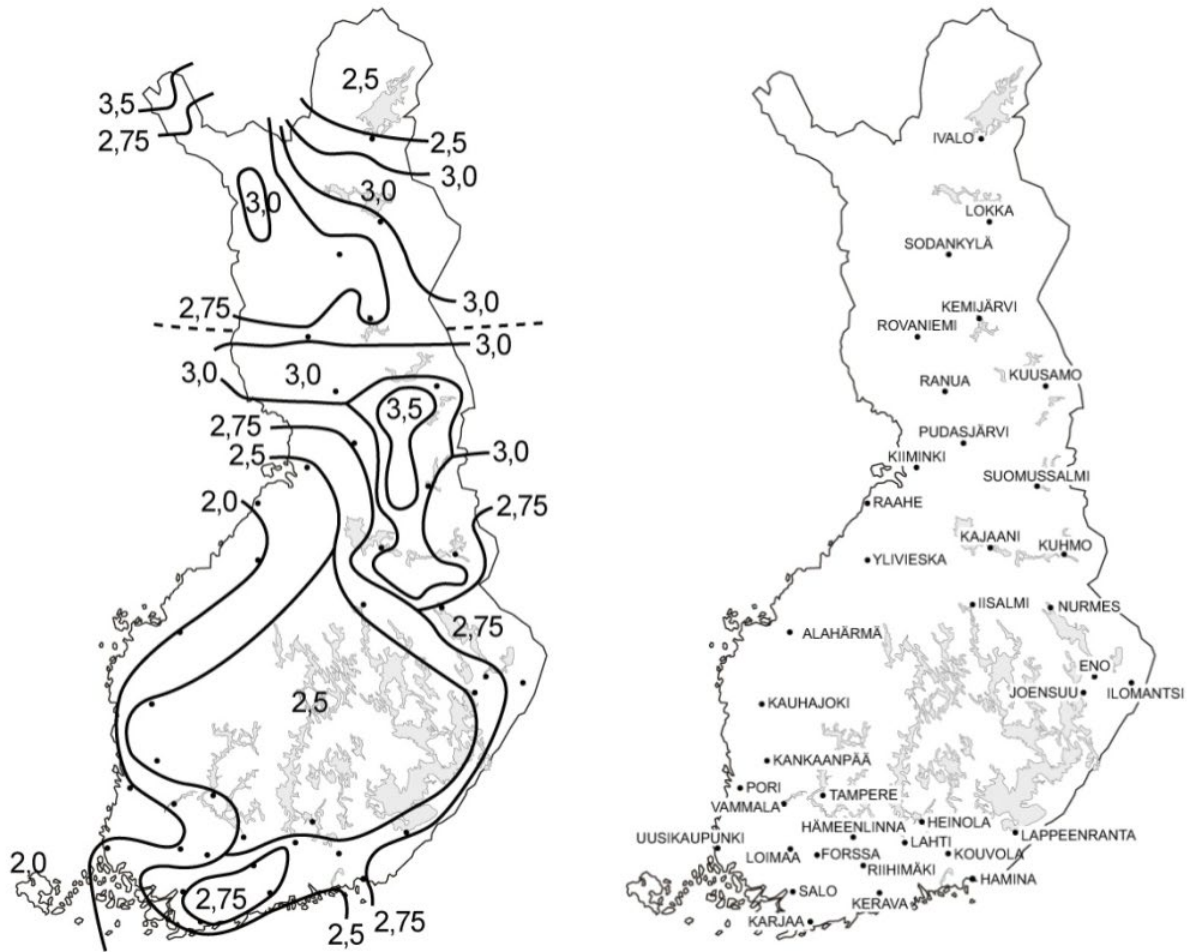
Kuormitettujen tilojen luokat	Pinta-alakuorma q_k (kN/m ²)			Pistekuorma Q_k^* (kN)
	Välipohjat	Portaat	Parvekkeet	
Luokka A: Asunto- ja majoitustilat	2,0	2,0	2,5	2,0
Luokka B: Toimistotilat	2,5	3,0	2,5	2,0
Luokka C: Kokoontumistilat				
C1: Pöytäalueet	2,5	3,0	2,5	3,3
C2: Kiinteiden istuimien alueet	3,0	3,0	3,0	3,0
C3: Esteettömät tilat	4,0	3,0	4,0	4,0
C4: Liikuntatilat ja näyttämöt	5,0	3,0	5,0	4,0
C5: Tungokselle alttiit tilat	6,0	6,0	6,0	4,0
Luokka D: Myymälätilat				
D1: Tavalliset vähittäiskaupat	4,0	3,0	4,0	4,0
D2: Tavaratalot	5,0	6,0	5,0	7,0
Luokka E: Varastotilat (tavaran säilytys)	7,5	3,0		7,0
Luokka H: Vesikatot ilman hyötykäyttöä		0,4		1,0

*(Pistekuorma Q_k portaissa yleisesti 2,0 kN, asuntojen sisäisissä portaissa Q_k on 1,5 kN)

Lumikuormat

Tässä on esitetty lumikuormien laskemiseen yleiset ohjeet. Tarkempia ohjeita lumikuormien määrittämisestä löytyy EN 1991-1-3 sekä RIL 201-1-2017.

Lumikuormat luokitellaan muuttuviksi, kiinteiksi kuormiksi. Rakennuspaikalla, maan pinnalla vaikuttavan lumikuorman ominaisarvo s_k saadaan EN 1991-1-3 kansallisesta liitteestä.



Kuva 3: lumikuorman ominaisarvo s_k maan pinnalla (SFS-EN 1991-1-3: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat – kansallinen liite)

Tästä lumikuormasta saadaan katoilla vaikuttava lumikuorma huomioimalla katon muoto, viereisten rakennus vaikutus, ympäröivä maasto ja paikallinen ilmasto, erityisesti tuulisuus.

Lumikuormia tarkastellessa tulee ottaa huomioon kaksi pääasiallista kuormituskaaviota, kattojen kinostumaton ja kinostunut lumikuorma. Kattojen lumikuorma määritellään kaavalla:

$$q_k = \mu_i C_e C_t s_k \text{ (EN 1991-1-3 kaava 5.1)}$$

Jossa μ_i on lumikuorman muotokerroin, joka riippuu rakennuksen ja katon muodosta.

C_e on tuulensuojakerroin (suositusarvo 1,0 normaaleissa olosuhteissa). Mikäli rakennus on avoimessa ja tuulisessa maastossa yksistään, voidaan arvona käyttää 0,8. Suojaisessa maastossa, jossa tuuli ei pääse lumeen vaikuttamaan, arvona käytetään 1,2.

C_t on lämpökerroin (arvo 1,0)

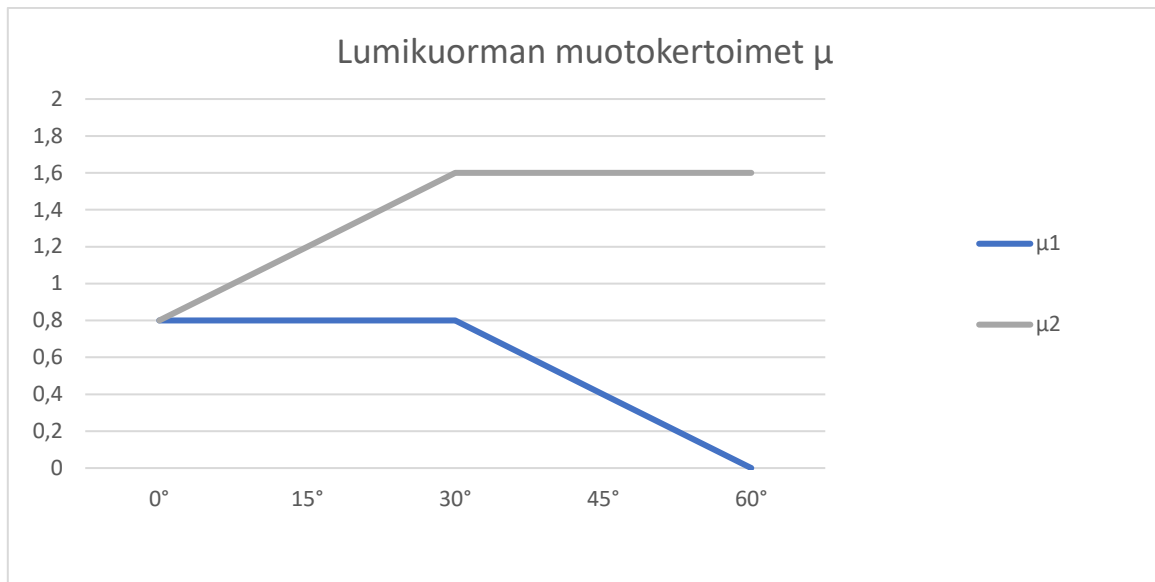
Lämpökertoimen C_t arvo voi olla eri jos katon lämpöhäviön voidaan todeta aiheuttavan sulamista. Tällöin lämmönläpäisyvyyden tulee olla suurta $> 1 \text{ W/m}^2\text{K}$, tämä koskee lähinnä lasikatteisia kattoja.

Seuraavaksi on tarkasteltu yleisimpien kattotyyppien muotokertoimet. Kattojen muotokertoimet lumelle ovat voimassa, kun lumi pääsee vapaasti liikkumaan katolla. Mikäli katolla on lumieste tai lumen liukuminen ja liikkuminen on muutoin estetty, tulee muotokertoimen μ_1 arvona käyttää vähintään arvoa 0,8.

Katon muotokerroin μ_i määritetään yleisimmille kattomuodoille EN 1991-1-3 taulukon 5.2 ja kuvien 5.1, 5.2, 5.3 ja 5.4 mukaisesti. Tässä yhteydessä ei käsitellä kaarevia kattoja.

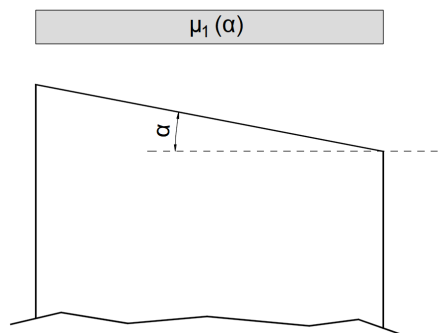
Lumikuorma kasaantuu eri tavoin eri osille ja näissä käytetään eri muotokertoimia.

Lumikuorman muotokertoimet	Katon kaltevuuskulma		
	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$60^\circ \leq \alpha$
μ_1	0,8	$0,8 * (60 - \alpha) / 30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 * \alpha / 30$	1,6	1,6



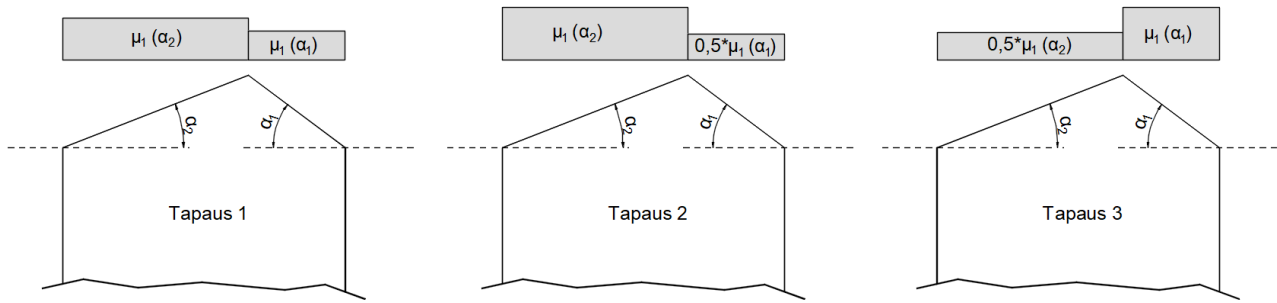
Pulpettikatot

Pulpettikatton lumikuorman muotokerroin μ_1 määräytyy katon kaltevuuskulman α mukaan käyttäen eurokoodin mukaisia muotokertoimen laskentasääntöjä.



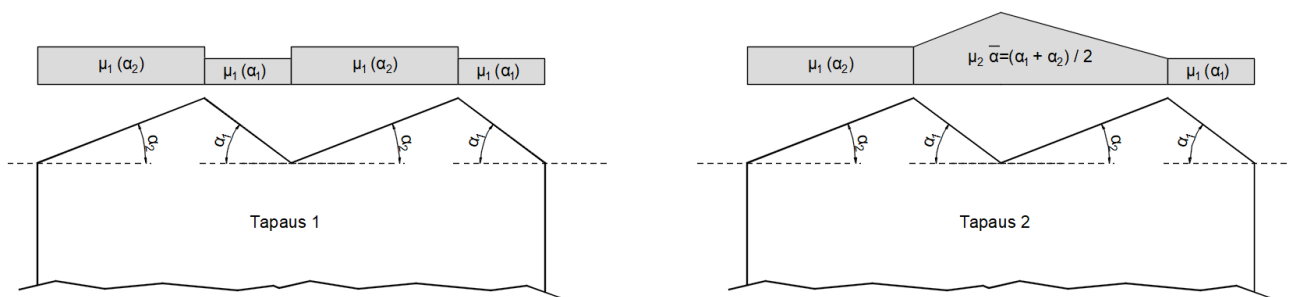
Harjakatot

Harjakatoilla lumikuorma tarkastellaan täydellä muotokertoimella molemmille puolille harjaa, mikäli lumi on kinostumatonta (tapaus 1). Jos lumi kinostuu, voidaan tarkastelussa toisen lappeen muotokertoimen arvo puolittaa. (tapaukset 2 ja 3).



Sahakatot

Sahakatoilla lumikuorma tarkastellaan täydellä muotokertoimella molemmille joka lappelle, mikäli lumi on kinostumatonta (tapaus 1). Jos lumi kinostuu, tehdään tarkastelu muotokertoimelle keskikatolla erikseen (tapaus 2).



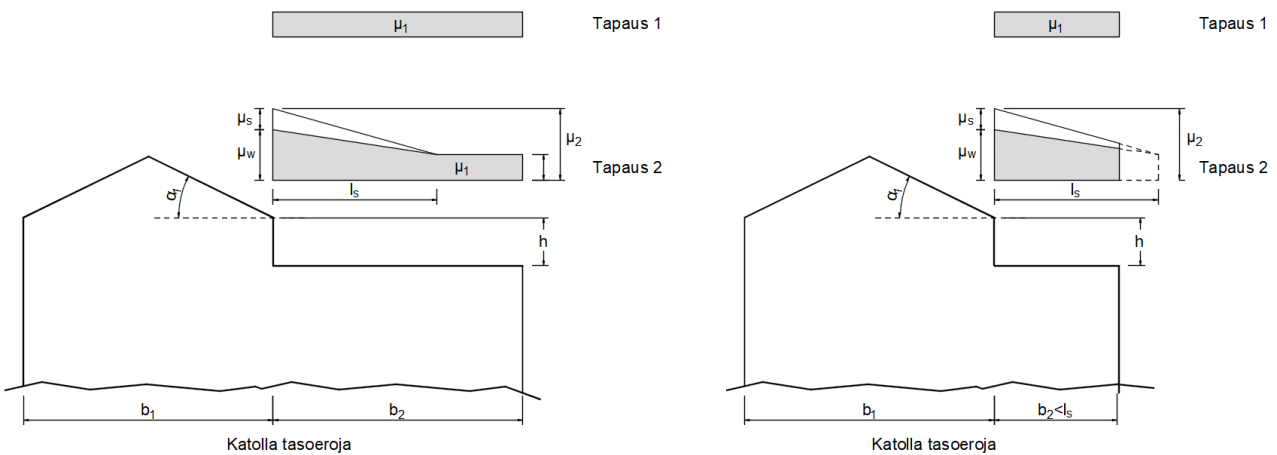
Kinostuminen

Lumikuormia laskettaessa tulee ottaa huomioon lumen kinostuminen. Kinostuminen voi tapahtua korkeampaa rakennusosaa vasten tai paikallisesti ulkonemiin ja esteisiin.

Suomessa kinostumapituuden vaihteluväli l_s on $2\text{ m} \leq l_s \leq 6\text{ m}$.

Kinostuminen korkeampaa rakennusosaa vasten

Korkeampaa rakennusosaa vasten kinostuva lumikuorma lasketaan käyttäen seuraavan kuvan ja kaavojen mukaisia muotokertoimia:



Muotokerroin μ_1 saadaan aiemman määrittelyn mukaan, tasakatoilla $\mu_1 = 0,8$.

Muotokerroin μ_2 koostuu ylemmältä katolta liukuvan lumen aiheuttaman lumikuorman muotokertoimesta μ_s sekä tuulesta johtuvan lumikuorman muotokertoimesta μ_w .

Jos kattokaltevuus $\alpha \leq 15^\circ$, niin katsotaan, ettei ylempältä tasolta liu'u lunta. Tällöin $\mu_s = 0$.

Jos katon kaltevuus on isompi kuin 15° , määritellään μ_s lisäkuormasta, joka on 50 % suurimmasta kokonaislumikuormasta, joka vaikuttaa viereisellä ylempään katon lappeella harjakaton ohjeiden mukaisesti laskettuna.

Muotokertoimen μ_w määrittelyssä b_1 ja b_2 ovat rakennuksen mittoja, h tasojen korkeusero, γ on lumentilavuuspaino (2 kN/m^3) ja s_k lumikuorman ominaisarvo maan pinnalla.

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2 * h} \leq \gamma * \frac{h}{s_k}$$

Suomessa muotokertoimen μ_w vaihteluväli riippuu alemman katon pinta-alasta seuraavasti:

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokertoimet	Alemman katon pinta-ala		
	$\geq 6 \text{ m}^2$	$= 2 \text{ m}^2$	$\leq 1,0 \text{ m}^2$
μ_s	$0,8 \leq \mu_s \leq 2,5$	$0,8 \leq \mu_s \leq 1,5$	$\mu_s = 0,8$

Ulkonemiin ja esteisiin kinostuminen

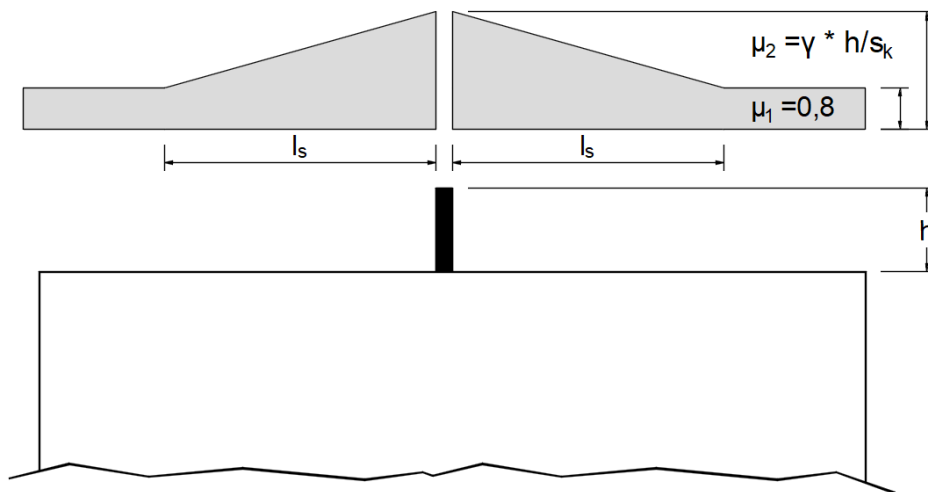
Lähes vaakasuorilla katoilla ulkonemiin ja esteisiin kinostuva lumi huomioidaan seuraavilla lumikuorman muotokertoimilla:

$$\mu_1 = 0,8 \quad \mu_2 = \gamma * \frac{h}{s_k}$$

Muotokertoimen μ_2 määrittelyssä γ on lumentilavuuspaino (2 kN/m^3), h ulkoneman tai esteen korkeus ja s_k lumikuorman ominaisarvo maan pinnalla.

Kinostumapituus saadaan esteen korkeudesta seuraavasti:

$$l_s = 2 * h$$



Tasakatto

Tuulikuormat

Tässä on esitetty tuulikuormien laskemiseen yksinkertaistetut yleiset ohjeet. Tarkempia ohjeita tuulikuormien määrittämisestä eri rakennusosiin ja eri rakennusosille löytyy EN 1991-1-4 sekä RIL 201-1-2017.

Tuulikuorma vaikuttaa rakennuksessa eri tavoin riippuen sijainnista. Rakenteiden mitoituksessa erotellaan seuraavat mitoituspaikukset:

1. Rakennuksen kokonaisstabiiliteetin tarkastelu, jolloin rakennusta kuormittaa kokonaistuulikuorma. Tarkastelussa mitoitetaan rakennuksen jäykistävät rakenteet.
2. Paikallisen tuulenpaineen aiheuttama kuormitus. Rakennuksen tai rakenteen osapinta ja kiinnitykset mitoitetaan paikalliselle kuormitukselle. Paikallinen kuormitus voi vaikuttaa työntönä tai imuna.

Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa rakennuksen koko ja muoto sekä ympäröivä maasto. Tavanomaisten rakennusten yhteydessä voidaan Suomessa käyttää yksinkertaistettua menettelyä tuulikuorman laskemiseen.

Suomessa tuulennopeuden modifioimaton perusarvo on:

$$v_b = 21 \text{ m/s}$$

Tuulen nopeuspaineen perusarvo tavanomaisia rakenteita mitoittaessa saadaan laskettua tuulennopeuden modifioimattoman perusarvon ja ilman tiheyden ($1,25 \text{ kg/m}^3$) avulla seuraavasti:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho * v_b^2$$

Kokonaistuulikuorma

Rakennuksen vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma voidaan laskea käyttäen tuulikuorman voimakerrointa c_f , kun rakennuksen korkeus on pienempi kuin rakennuksen leveys ($h < b$) ja rakennus ei ole korkeampi kuin 50 m. Menetelmä rajoittuu rakennuksen kokonaistuulivoimien määrittämiseen sekä tuulta vastaan jäykistävien rakenteiden suunnitteluun. Kerroin ei sovellu yksittäisten rakenneosien mitoittamiseen, sillä se ei huomioi rakennuksen sisäpuolisia paineita.

Kokonaistuulikuorma lasketaan seuraavasti:

$$F_{t,k} = c_f \times q_k(h) \times A_{ref}$$

Missä:

$F_{t,k}$ on kokonaistuulikuorman resultantti (oletetaan vaikuttavan 0,6 h korkeudella)

c_f on rakenteen voimakerroin (rakennuksen muoto)

$q_k(h)$ on rakennuksen korkeutta vastaava nopeuspaine

A_{ref} on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

Voimakertoimen määrittelyssä tarkastellaan tuulta vastaan kohtisuoria pintoja ja otetaan huomioon rakennuksen hoikkuus λ sekä seinien sivusuhte (d / b) . Hoikkuutta määriteltessä tarkastelurakennuksen korkeus vaikuttaa hoikkuuden laskentaan.

Kun rakennuksen korkeus on alle 15 m, hoikkuus lasketaan seuraavasti:

$$\lambda = \frac{2 * h}{b}$$

Kun rakennuksen korkeus on yli 15 m mutta alle 50 m, hoikkuus lasketaan seuraavasti:

$$\lambda = (2,25 - 0,017 * h) * \frac{h}{b}$$

Voimakerroin c_f määritellään sivusuhteen ja hoikkuuden kautta seuraavalla taulukolla (välit voidaan interpoloida):

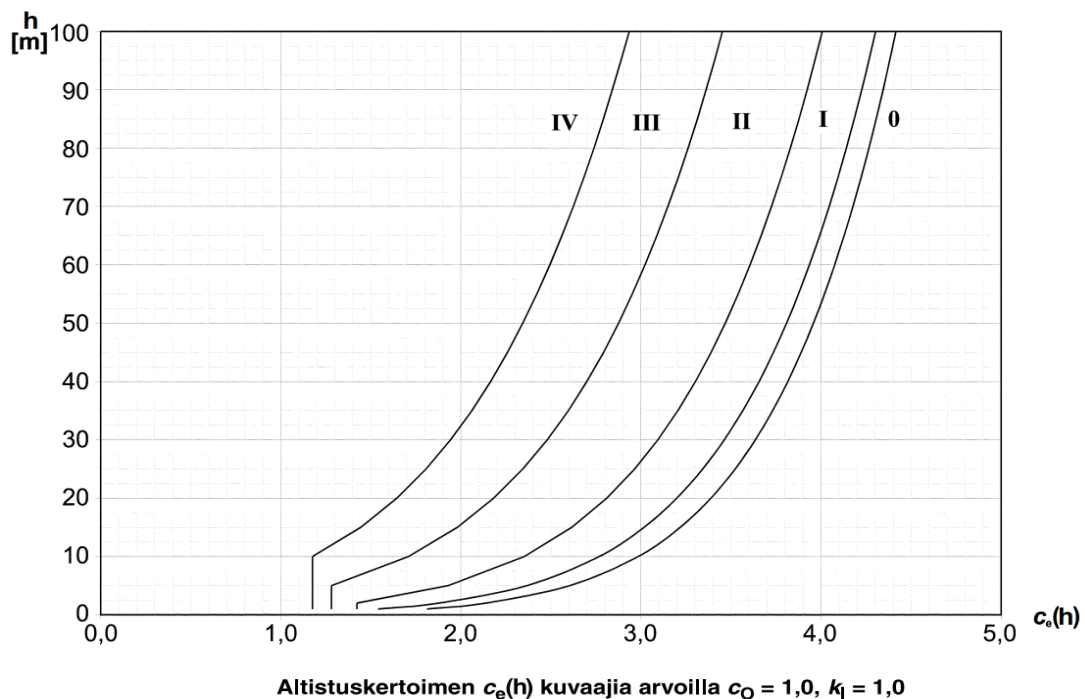
Voimakerroin c_f									
Sivusuhte (d / b)									
hoikkuus λ	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
≤ 1	1,20	1,20	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Kokonaistuulikuorman laskennassa vallitsevan maastoluokan ja rakennuksen korkeuden perusteella valitaan altituskertoimen $c_e(h)$ ja sen sekä tuulen nopeuspaineen perusarvon avulla lasketaan tuulen nopeuspaineen ominaisarvo $q_k(h)$ seuraavasti (EN 1991-1-4, kaavasta 4.8):

$$q_k(h) = c_e(h) * q_b$$

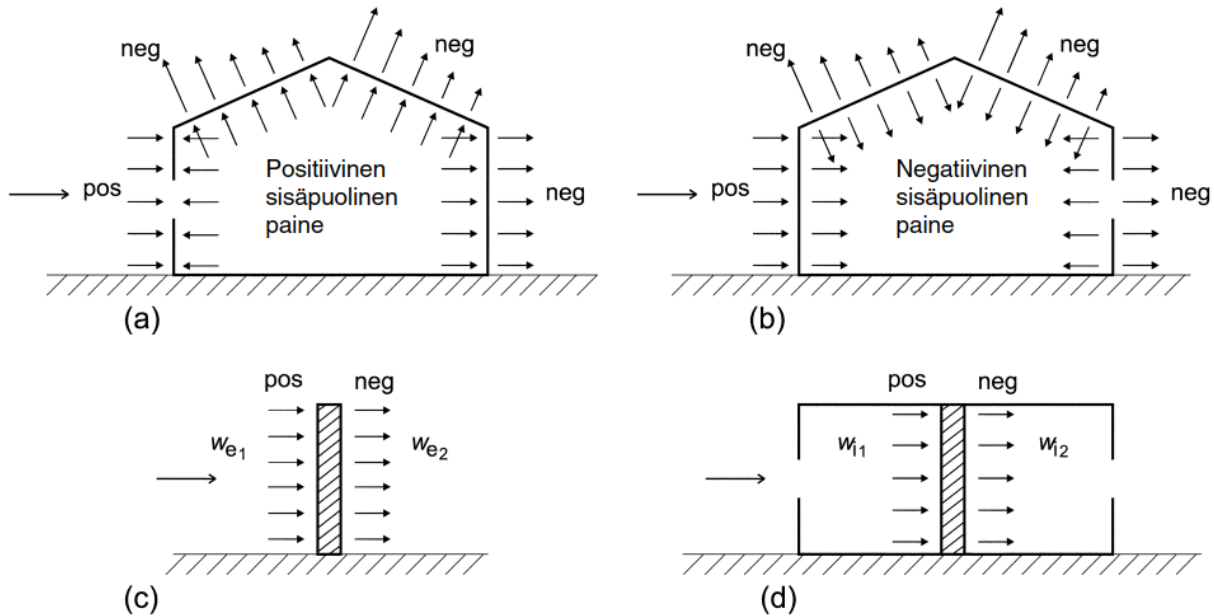
Maastoluokka	Maaston rosoisuuden ja pinnanmuodon kuvaus
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko
I	Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä
II	Alue, jolla on matalaa kasvillisuuttaja ja erillisiä puita tai rakennuksia, joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus. Esim. maatalousmaa.
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet ja kylät
IV	Yhtenäiset laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta on vähintään 15 % on rakennettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m.

EN 1991-1-4 mukainen taulukko altituskertoimen $c_e(h)$ valintaan:



Paikallinen tuulenpaine

Yksittäiselle rakenneosalle tuulikuormaa laskettaessa huomioidaan ulkoisen paineen lisäksi myös sisäpuolisen paineen vaikutus, joka voi vähentää tai lisätä rakenneosaan vaikuttavaa tuulenpainetta.



Kuva 4: tuulenpaineen vaikutukset ympäri rakennusta

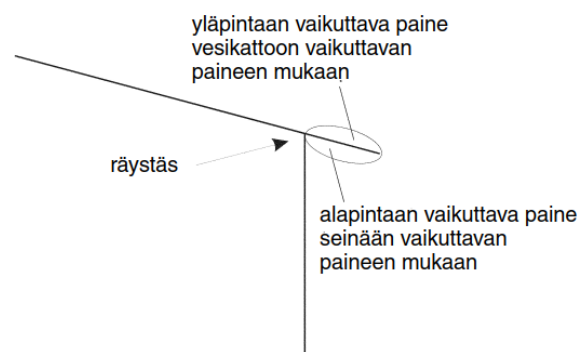
Vaikuttava tuulikuorma saadaan kertomalla tuulennopeuspaine $q_k(h)$ nettopainekertoimella $c_{p,net}$, joka puolestaan määritetään ulkopuolisen ja sisäpuolisen painekertoimen avulla seuraavasti:

$$c_{p,net} = c_{pe} - c_{pi}$$

Sisäpuoliset kertoimet voidaan laskea tarkemmin huomioiden rakennuksen muoto ja ulkopinnan aukot. Yksinkertaistettuna voidaan myös käyttää sisäpuolisen paineen kertoimen arvoina vaarallisimman vaikutuksen tuottavaa arvo +0,2 ja -0,3 (EN 1991-1-4 7.2.9).

Ulkoinen painekertoimen arvo riippuu kuormitetun alan A koosta, joka tuottaa laskettavassa poikkileikkauksessa vaikuttavan tuulikuorman. Eurokoodissa on taulukoitu kertoimen arvot kuormitetun alan A arvoille 1 m^2 ($c_{pe,1}$) ja 10 m^2 ($c_{pe,10}$). Kerroin $c_{pe,1}$ on tarkoitettu pienten osien ja kiinnitysten mitoittamiseen ja $c_{pe,10}$ rakennusten kantavan rungon suunnitteluun, esimerkiksi vesikaton kattokannattajan kiinnityksen tuuleen imulle.

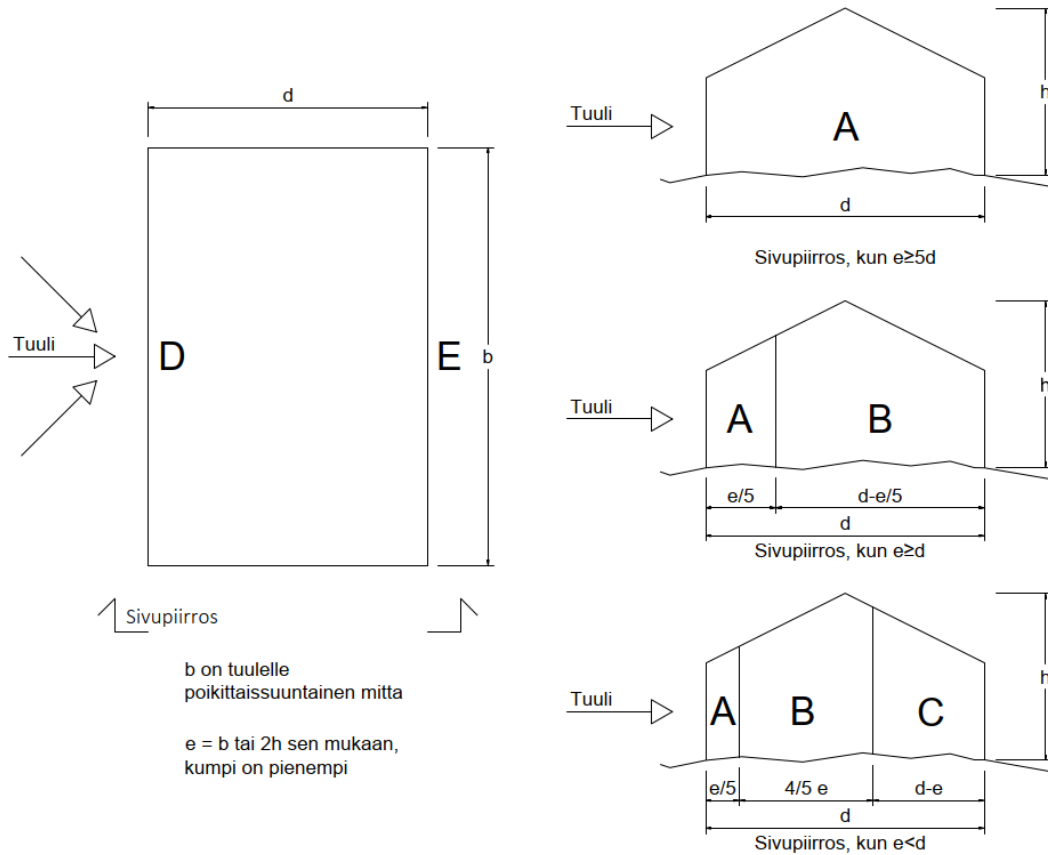
Ulkopuolisen nopeuspaineen kertoimen suositusarvot on esitetty eurokoodissa pystyseinille ja eri vesikattotyypeille. Räystäällä räystäään alapinnan paine on sama kuin räystäään vieressä olevan pystyseinän paine. Räystäään yläpintaan vaikuttaa yhtä suuri paine kuin viereiselle vesikatolle.



Kuva 5: räystääseen vaikuttava tuulenpaine

Suorakaiteen muotoisen rakennuksen pystyseiniä tuulenpainekertoimet

Rakennus jaetaan eri vyöhykkeisiin riippuen sivumitoista ja rakennuksen korkeudesta. Näille alueille saadaan eurokoodin taulukosta ulkopuolen tuulenpainekerroin.



Kuva 6: Suorakaiteen muotoisen rakennuksen tuulenpainekertoimen vyöhykkeet

Tässä on huomioitu myös sisäpuolisen painekertoimen vaarallisin vaikutus ja näin saadaan suoraan paikalliselle tuulelle nettopainekerroin.

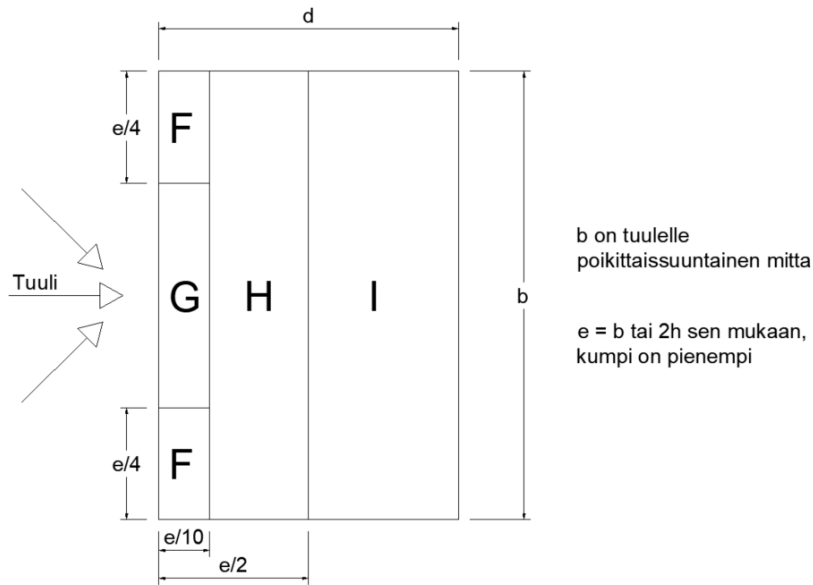
h/d	A (nurkka-alueet)		B (keskialueet)		C (suojaisa nurkka-alue)		D (tuulta vastaan oleva alue)		E (suojassa oleva alue)	
	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}
≤5	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	-0,8		+1,0	+1,2	-1,0	
1	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	-0,8		+1,0	+1,2	-0,8	
≤0,25	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	-0,8		+0,9	+1,2	-0,3	

Vesikattojen tuulenpainekertoimet

Vesikattojen tuulenpainekerroin saadaan myös eurokoodien taulukoista suositusarvot. Tässä käydään läpi yleisimmät kattotyypit.

Tasakatot

Tasakattoja ovat vesikatot, joiden kaltevuus on -5° ja 5° välissä. Vesikatto jaetaan vyöhykkeisiin ja eri vyöhykkeille saadaan suoraan nettopainekerroin huomioiden sisäpuolisen painekertoimen vaarallisin vaikutus suoraan.

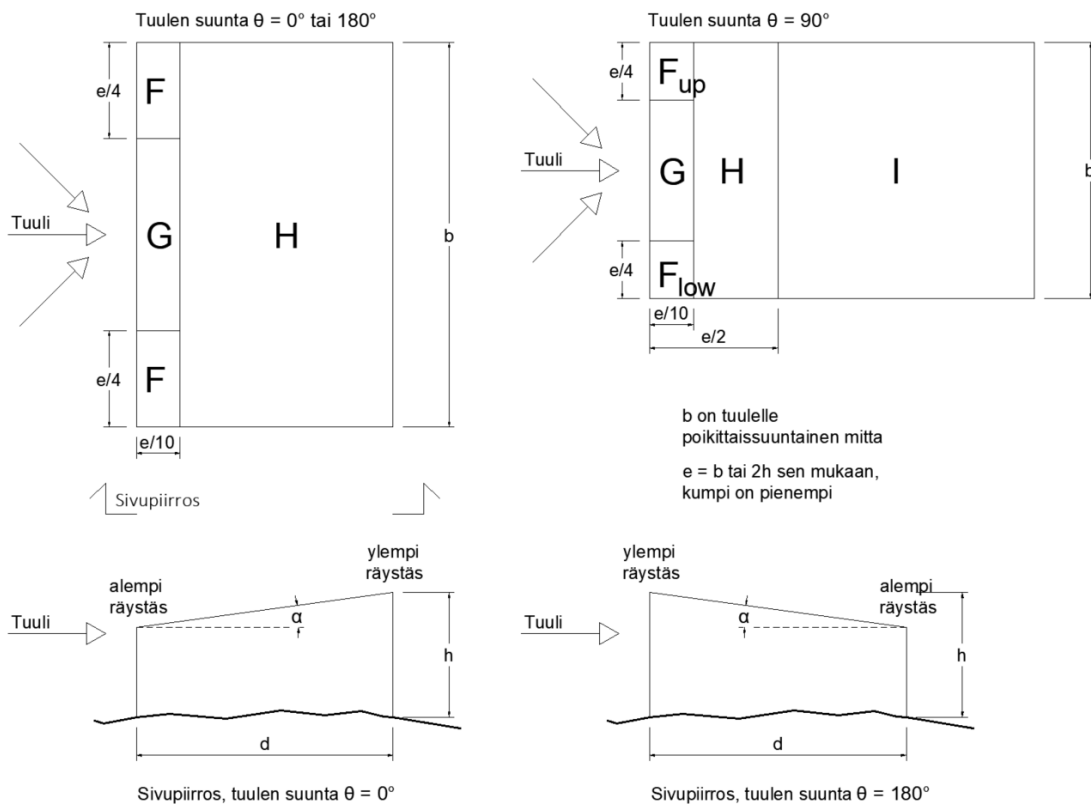


Kuva 7: Tasakaton tuulenpainekertoimen vyöhykkeet

	F (nurkka-alueet)		G (Reuna-alue)		H (keskialue)		I (muu alue, suojaisa)	
	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}
Terävät räystäät	-2,1	-2,8	-1,5	-2,3	-1,0	-1,5	-0,5 ja +0,4	

Pulpettikatot

Pulpettikattojen tuulenpainekertoimissa huomioidaan pulpettikaton kaltevuus sekä tuulensuunta.



Kuva 8: Pulpettikaton tuulenpainekertoimen vyöhykkeet

Tuulen suunta 0°						
F (nurkka-alueet)		G (Reuna-alue)		H (keskialue)		
Katon kaltevuus α	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$
5°	-2,1	-2,8	-1,5	-2,3	-0,9	-1,5
15°	-1,2/+0,4	-2,3/+0,4	-1,1/+0,4	--1,8/+0,4	-0,6/+0,4	
30°	-0,8/+0,9	-1,8/+0,9	-0,8/+0,9	-1,8/+0,9	-0,5/+0,6	
45°	-0,3/+0,9		-0,3/+0,9		-0,3/+0,8	
Tuulen suunta 180°						
F (nurkka-alueet)		G (Reuna-alue)		H (keskialue)		
Katon kaltevuus α	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$
5°	-2,6	-2,8	-1,6	-2,3	-1,1	-1,5
15°	-2,8	-3,1	-1,6	-2,3	-1,2	-1,5
30°	-1,4	-2,6	-1,1	-1,8	-1,1	
45°	-0,9	-1,6	-0,8		-1,0	

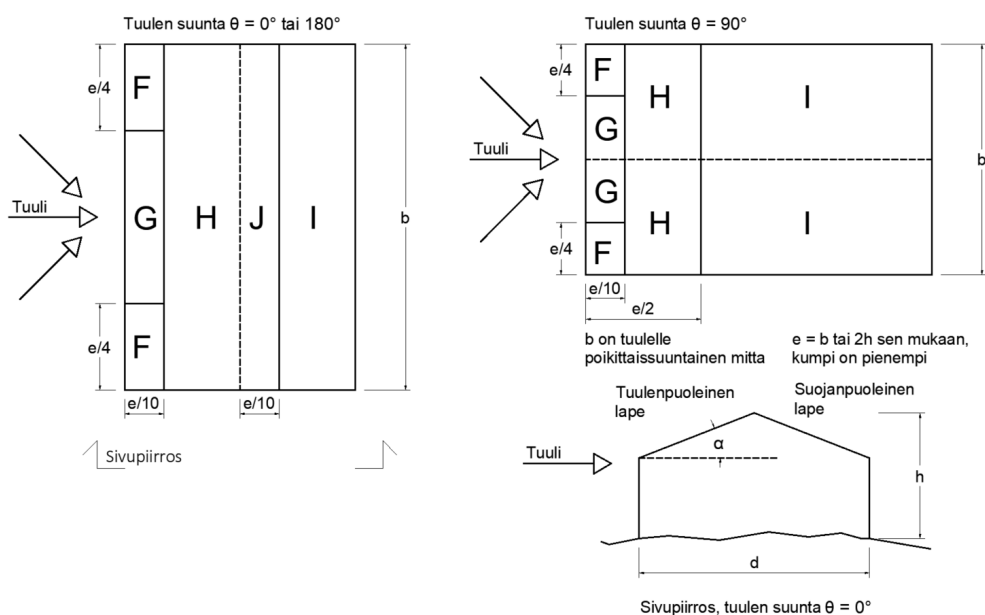
Pulpettikaton kertoimet, kun tuulen suunta on 90 astetta rakennusta vasten:

Pulpettikatto - tuulen suunta 90°										
α	F_{up} (ylempi räystääs)		F_{low} (alempi räystääs)		G (Reuna-alue)		H (Keskialue)		I (suojassa oleva alue)	
	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$	$C_{pe.10.net}$	$C_{pe.1.net}$
5°	-2,4	-2,9	-2,4	-2,7	-2,1	-2,3	-0,9	-1,5	-0,8	
15°	-2,7	-3,2	-1,9	-2,7	-2,2	-2,8	-1,1	-1,5	-1,0	-1,5
30°	-2,4	-3,2	-1,6	-2,3	-1,8	-2,3	-1,3	-1,6	-1,1	-1,5
45°	-1,8	-2,7	-1,6	-2,3	-1,7	-2,3	-1,3	-1,6	-1,0	-1,5

Väliarvot saadaan lineaarisella interpolaatiolla. Kaltevampien kattojen arvot EN 1991-1-4 taulukoiden mukaisesti, vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös kaltevuuskulman 45° arvoja, jolloin ollaan varmallalla puolella.

Harjakatot

Harjakattojen tuulenpainekertoimet saadaan EN 1991-1-4 taulukoista samoilla periaatteilla kuin pulpettikattojen arvot.



Kuva 9: Harjakaton tuulenpainekertoimen vyöhykkeet

Harjakaton tuulenpainekertoimien arvot suoralle tuulelle kohti kattolappeita:

Harjakatto - tuulen suunta 0°										
	F _{up} (ylempi räystääs)		G (Reuna-alue)		H (Keskialue)		I (suojan puolen räystääs)		J (suojan puolen lape)	
α	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}
5°	-2,0 +0,2	-2,8 +0,2	-1,5 +0,2	-2,3 +0,2	-0,9 +0,2	-1,5 +0,2	-0,9		-0,9/+0,4	
15°	-1,2 +0,4	-2,3 +0,4	-1,1 +0,4	-1,8 +0,4	-0,6/+0,4		-0,7/+0,2		-1,3 +0,2	-1,8 +0,2
30°	-0,8 +0,9	-1,8 +0,9	-0,8 +0,9	-1,8 +0,9	-0,5/+0,6		-0,7/+0,2		-0,8/+0,2	
45°	-0,3/+0,9		-0,3/+0,9		-0,3/+0,8		-0,5/+0,2		-0,6/+0,2	

Harjakaton tuulenpainekertoimien arvot tuulelle kohti päätä:

	F (nurkka-alueet)		G (Reuna-alue)		H (keskialue)		I (muu alue, suojaisa)	
α	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}	C _{pe.10.net}	C _{pe.1.net}
5°	-1,9	-2,5	-1,6	-2,3	-1,0	-1,5	-0,9	
15°	-1,6	-2,3	-1,6	-2,3	-0,9	-1,5	-0,8	
30°	-1,4	-1,8	-1,7	-2,3	-1,1	-1,5	-0,8	
45°	-1,4	-1,8	-1,7	-2,3	-1,2	-1,5	-0,8	

Muut kattotyypit tulee tarkistaa eurokoodista 1991-1-4.

Poroton-harkkojen ominaisuudet

Laskentalujuudet

Muurattujen kappaleiden puristuslujuuden ominaisarvo on testeihin perustuva valmistajan ilmoittama. Puristuslujuuden ominaisarvo voidaan laskea myös kaavalla kun tiedetään muurauskappaleen normalisoitu puristuslujuus f_b :

$$f_k = K * f_b^\alpha * f_m^\beta$$

Vakion K arvo riippuu aukkoryhmästä ja käytetystä laastista. Ohutsaumalaastilla se on aukkoryhmälle 3 K=0,5. Ohutsaumalaastia käytettäessä vakioiden arvot $\alpha = 0,7$ ja $\beta = 0$.

Poroton-ohutsaumalaastin puristuslujuus f_m on $>10 \text{ N/mm}^2$.

Poroton-seinän kimmokerroin lasketaan EN-1996-1-1 kohdan 3.7.2 mukaisesti seuraavasti:

$$E_{long term} = \frac{E}{1 + \phi_\infty}$$

Missä E on lyhytaikaisen kimmokertoimen arvo, ja se lasketaan seuraavasti:

$$E = K_E * f_k$$

Missä kertoimen K_E arvo Suomessa poltetuille tiilille 700 ja f_k harkon ominaispuristuslujuus.

ϕ_∞ on virumaluku, ja poltetuille tiilille käytetään Suomessa arvoa 0,75.

Oheisessa taulukossa on kootusti harkkojen materiaalitiedot ja laskennassa käytettävät ominaisarvot

Harkkotyyppi	Harkon ulkomitat B x H x L [mm]	Muurin puristuslujuus f_k	Lyhytaikainen kimmokerroin E	Pitkäaikainen kimmokerroin $E_{\text{long term}}$
Runkoharkot				
Poroton U8-490 (ilmakennoharkko)	490 x 249 x 248	2,3 MPa	1610 N/mm ²	920 N/mm ²
Poroton T6,5-365	365 x 249 x 248	1,8 MPa	1260 N/mm ²	720 N/mm ²
Poroton T6,5-425	425 x 249 x 248	1,8 MPa	1260 N/mm ²	720 N/mm ²
Poroton T7-425	425 x 249 x 248	1,8 MPa	1260 N/mm ²	720 N/mm ²
Poroton T7-490	490 x 249 x 248	1,3 MPa	910 N/mm ²	520 N/mm ²
Poroton T8-300 (puolilämmin tila)	300 x 249 x 248	1,8 MPa	1260 N/mm ²	720 N/mm ²
Poroton S7-425	425 x 249 x 248	2,3 MPa	1610 N/mm ²	920 N/mm ²
Poroton S8-490 (kerrostaloharkko)	490 x 249 x 248	5,8 MPa	4060 N/mm ²	2320 N/mm ²
Väliseinäharkot				
Poroton T0,8-115	115 x 249 x 495	3,7 MPa	2590 N/mm ²	1480 N/mm ²
Poroton T0,8-175	175 x 249 x 495	3,7 MPa	2590 N/mm ²	1480 N/mm ²
Poroton T0,8-240	240 x 249 x 495	3,7 MPa	2590 N/mm ²	1480 N/mm ²

Lämpö-, ääni- ja palotekniset ominaisuudet

Kennoharkkojen lämpö- ja äänitekniisiin ominaisuuksiin vaikuttaa onko kyseessä ilmakennoharkko vai perliittitäytteiset kennot sekä kennojen koko. Lisäksi molempiin ominaisuuksiin vaikuttaa harkon pinnoissa käytetyn tasoiitteet tai rappauksen paksuus. Harkkoseinien ääneneristysarvot on ilmoitettu, niin että harkon sisäpinnalla on 15 mm tasointa ja ulkopinnassa 20 mm rappaus.

Ulkoseinärakennetta suunniteltaessa tulee huomioida, että harkon molempiin puoliin tulee vähintään tasointa, joka tiivistää harkkomuurauksen pystysaumot ja tekee rakenteesta tarvittavan ilmatiiviin. Tasointa tehdään myös siinä tapauksessa, mikäli ulkopuolelle tulee rappauksen tilalle tiilimuraus tai muulla tavoin toteutettu verhoilu (laudoitus, julkisivulevyt).

Kaikki Poroton-kennoharkot kuuluvat rakennusmateriaalien paloluokkaan A1. Alla olevaan taulukkoon on kootusti kerätty harkkojen lämpö-, ääni- ja palotekniset ominaisuudet:

Harkkotyyppi	U-arvo* [W/m ² K]	Ääneneristävyyttä* R' _w [dB]	Paloluokka (REI) [min]
Poroton U8-490	0,16 W/m ² K	43 dB	90
Poroton T6,5-365	0,17 W/m ² K	43,0 dB	60
Poroton T6,5-425	0,15 W/m ² K	43,2 dB	60
Poroton T7-425	0,16 W/m ² K	43,2 dB	90
Poroton T7-490	0,14 W/m ² K	43,5 dB	90
Poroton T8-300	0,25 W/m ² K	-	90
Poroton S7-425	0,16 W/m ² K	48,5 dB	90
Poroton S8-490	0,16 W/m ² K	>48,0 dB	90
Poroton T0,8-115	1,67 W/m ² K	41,6 dB	90
Poroton T0,8-175	1,33 W/m ² K	46,0 dB	90
Poroton T0,8-240	1,09 W/m ² K	49,6 dB	90

* Harkon sisäpinnassa on 15 mm tasointa ja ulkopinnassa 20 mm rappaus.

Laskenta

Seinän mitoitus pystysuuntaiselle puristusvoimalle (vähimmäisepäkeskisyys huomioiden)

Pystykuormitetun harkkoseinän kestävyys murtorajatilassa perustuu seinän geometriaan, sovellettavien epäkeskisyysvaikutukseen ja harkon materiaaliominaisuuksiin. Pystykuormana voi olla viivakuorma tai paikallinen pistemäinen kuorma. Molemmissa tapauksessa alapuolisen rakenteen kestävyys tulee tarkistaa. Pistekuormien yhteydessä ei käytetä paikallista korotuskerrointa β vaan sen arvona on 1,0. Paikallisen, pistekuormituksen laskenta tehdään samoin kuin viivakuormalla.

Pystykuormitettujen harkkoseinien kestävyyttä laskettaessa voidaan olettaa:

- Tasot säilyvät tasoina
- muuratun harkkorakenteen vetolujuus kohtisuoraa saumaa vasten on nolla

Murtorajatilassa muurattuun harkkoseinään kohdistuva pystysuuntainen mitoitusvoima N_{Ed} tulee olla enintään yhtä suuri kuin seinän pystysuuntainen puristuskestävyyden mitoitusarvo N_{Rd}

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \text{ (kaava x.x)}$$

Seinää mitoittaessa tulee huomioida pystykuormien lisäksi epäkeskisydet, jotka johtuvat kuormien sijainneista sekä rakenteen mittapoikkeamista ja materiaaliroista. Myös seinän taipumisesta aiheutuva toisen kertaluvun vaikutus tulee huomioida. Mitoituksessa tarkistetaan seinän kestävyys seinän yläpäässä, keskellä ja mikäli alapään kuormitus on epäkeskinen, niin myös alapäässä. Muussa tapauksessa seinän yläpään mitoitustulos käy myös seinän alapäähän.

Harkkoseinän puristusmitoituksen periaatteet:

1. Valitaan käytettävä kennoharkko ja seinän korkeus h ja paksuus t
2. Arvioidaan rakenteisiin vaikuttavat kuormat ja lasketaan mitoituspuristusvoima N_{Ed} sekä mitoitusmomentti M_{Ed} seinän yläpäässä, keskikohdassa ja alapäässä
3. Lasketaan seinän puristuslujuuden mitoitusarvo f_{cd}
4. Lasketaan seinän tehollinen korkeus h_{eff} ja tehollinen paksuus t_{eff} ja tarkistetaan että seinä ei ole liian hoikka ($h_{eff}/t_{eff} \leq 27$)
5. Määritetään epäkeskisydet e ja epäkeskisyyden pienennyskerroin Φ
6. Lasketaan seinän mitoituskestävyys N_{Rd} ja tarkistetaan sen riittävyys

Kennoharkon materiaalin osavarmuuslukuna käytetään arvoa $\gamma_M = 1,8$. Harkot kuuluvat aukkorajamaan 3. Puristuslujuuden mitoitusarvo saadaan laskettua seuraavasti:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

Seinän nurjahduspituus (tehollinen) pituus saadaan todellisesta seinäkorkeudesta seuraavasti:

$$h_{eff} = \rho_n * h$$

Missä ρ_n on seinän tuentatavan huomioiva kerroin. Jos mitoituksessa käytetään rakennemallina päistään niveleilyä sauvaa, pienennyskerroimen arvona voidaan käyttää arvoa $\rho_n = 1,0$.

Harkkoseinän tehollisena paksuutena käytetään rakenteen todellista paksuutta huomioiden aukkojen osuus.

Tehollisen korkeuden ja paksuuden avulla voidaan laskea seinän hoikkuusluku seuraavasti:

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t_{eff}} < 27$$

Seinän hoikkuusluku ei saa olla suurempi kuin 27 kun seinän kuormituksen on pääosin pystysuuntaiset kuormat.

Hoikkuudesta ja epäkeskisyydestä aiheutuva pienennyskerroin lasketaan erikseen seinän ylä- ja alapäähän sekä seinän keskiosalle.

Rakennustyön epätarkkuudet otetaan huomioon alkuepäkeskisyyden avulla. Alkuepäkeskisyys vaikuttaa koko seinän korkeudella ja se lasketaan seuraavasti:

$$e_{init} = \frac{h_{eff}}{450}$$

Seinän ylä- ja alapäässä pienennyskerroin lasketaan huomioiden epäkeskisyys ja seinän paksuus:

$$\Phi_i = 1 - 2 * \frac{e_i}{t}$$

Epäkeskisyys seinän ylä- tai alapäässä saadaan laskettua seuraavasti:

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} \pm e_{init} \geq 0,05 * t$$

Epäkeskisyyden arvon tulee olla vähintään 0,05 kertaa seinän paksuus. Taivutusmomentin mitoitusarvo M_{id} , johtuu tuella olevan vaakarakenteelta tulevan kuorman epäkeskisyydestä. Epäkeskisyyttä laskiessa huomioidaan myös mahdollisten vaakakuormien (esim. tuuli) aiheuttama epäkeskisyys e_{he} .

Seinän keskiosalla pienennyskerroimen määrittämisessä huomioidaan seinärakenteen kimmokerroin E ja puristuslujuuden ominaisarvo f_k , pienennyskerroin saadaan laskemalla:

$$\Phi_m = A_1 * e^{-\frac{u^2}{2}}$$

Missä epäkeskisyyden ja paksuuden huomioiva kerroin:

$$A_1 = 1 - 2 * \frac{e_{mk}}{t}$$

Kerroin

$$\mu = \frac{\lambda - 0,063}{0,73 - 1,17 * \frac{e_{mk}}{t}}$$

Kerroin, joka huomioi teholliset mitat, puristuslujuuden ja kimmokerroimen:

$$\lambda = \frac{h_{eff}}{t_{eff}} \sqrt{\frac{f_k}{E}}$$

Jos halutaan huomioida viruma, kaavassa käytetään pitkäaikaiskimmokerrointa $E_{long term}$

Epäkeskisyyden laskentakaava:

$$e_{mk} = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} \pm e_{init} \geq 0,05 * t$$

Seinän pystysuuntainen puristuskestävyyden mitoitusarvo N_{Rd} saadaan laskettua seuraavasti:

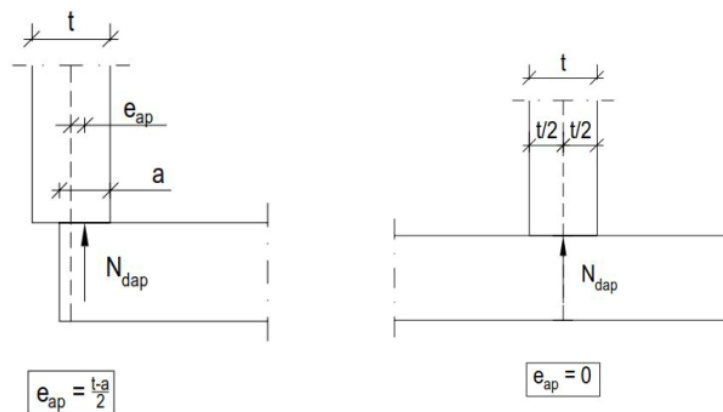
$$N_{Rd} = \Phi * t * f_d$$

Puristuskestävyys tarkastellaan seinän ylä- ja alapäässä sekä keskellä ja sitä verrataan kohdissa vaikuttaviin mitoitusvoimiin. Puristuskestävyyden tulee olla suurempi kuin mitoitusvoima.

Epäkeskisyyksien perustapaukset

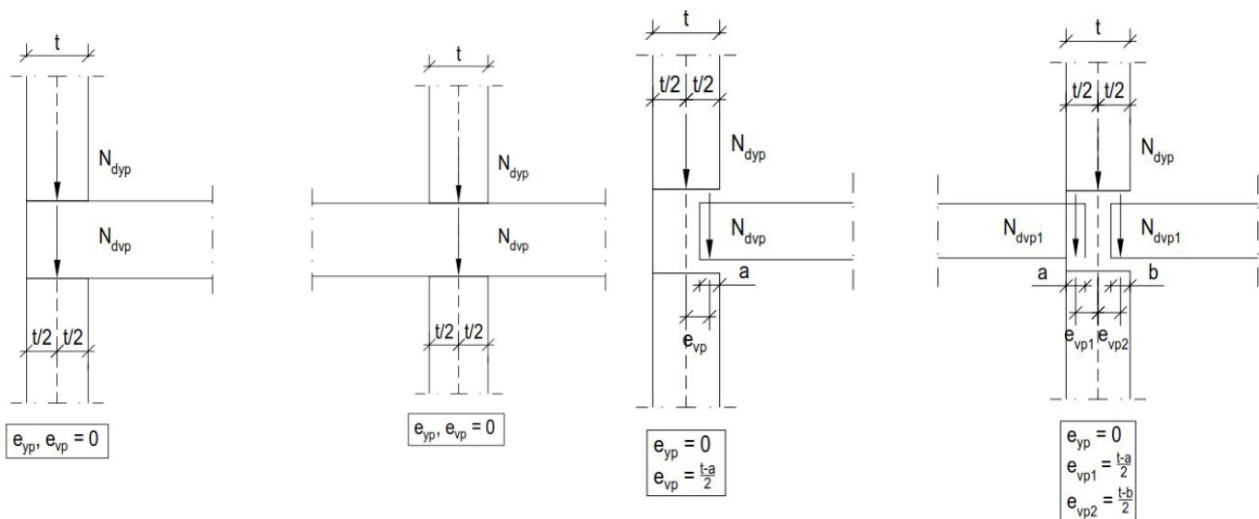
Seinälle kohdistuvien kuormien epäkeskisyyksien seinän keskilinjaan nähden tulee aina tarkistaa ja huomioida mitoituksessa. Vaikka kuorma tulisi keskilinjaan kohdalle, tulee vähimmäisepäkeskisyyksiä silti aina huomioida.

Seinän alapäässä epäkeskisyyksien riippuu siitä, tukeutuuko seinä kokonaisuudessaan alapuoliseen rakenteeseen vai vain osittain.



Kuva 10: Epäkeskisyyksien seinän alapäässä

Seinän yläpäässä epäkeskisyyksien riippuu, miten välipohja tukeutuu seinän päälle.



Harkkoseinän leikkauslujuuden ominaisarvo

Poroton-harkkojen pystysaumoissa ei käytetä laastia, vaan pystyliitos tulee harkkojen ponttien avulla. Muuratun rakenteen leikkauslujuuden ominaisarvo saadaan tällöin laskettua seuraavasti:

$$f_{vk} = 0,5 * f_{vko} + 0,4 * \sigma_d$$

Missä f_{vko} on muurin ominaisleikkauslujuuden perusarvo. Arvo määräytyy muurauskappaleen ja käytetyn laastin perusteella. Poroton-kennoharkkoseinälle f_{vko} on 0,30 N/mm².

Kaavassa σ_d on tarkasteltavassa rakenneosassa leikkaustasoa vastaan kohtisuorassa suunnassa vaikuttava puristusjännityksen mitoitusarvo, joka perustuu rakenneosan puristetulla osalla olevaan keskimääräiseen pystyjännitykseen. Puristusjännitystä saa käyttää laskennassa hyväksi leikkauslujuutta nostavana.

Muuratun rakenteen leikkauslujuudelle on yläraja, joka saadaan kaavasta:

$$f_{vlt} = 0,45 * f_{bt} \sqrt{1 + \frac{\sigma_d}{f_{bt}}} \leq 0,7 * (f_b - \sigma_d)$$

Missä f_{bt} on muurauskappaleen vetolujuus, joka saadaan laskettua seuraavasti:

$$f_{bt} = 0,15 * f_b * t_{ct}$$

Missä:

f_b on muurauskappaleen normalisoitu puristuslujuus

t_{ct} on muurauskappaleen kannasten ja seinämien yhdistetyn paksuuden suhde kokonaisleveyteen.

Seinän mitoitus pysty- ja vaakakuormien yhdistelmälle

Kun harkkoseinää mitoitetaan pysty- ja vaakakuormien yhdistelmälle, käytetään laskennassa puristuslujuuden lisäksi seinän taivutuslujuutta. Rakenteen taivutuslujuus määräytyy muurauskappaleen ja laastin lujuuksien kautta. Harkkoseinän jäykistystä voidaan parantaa poikittaisilla liittyvillä seinärakenteilla tai seinän sisään tulevien valuharkoilla toteutettujen betonipilarien avulla.

EN 1996 kansallisen liitteen ohjeiden mukaan taivutuslujuuden ominaisarvoksi kennoharkolle ja ohutsaumalaastille ($f_m \geq 10\text{N/mm}^2$) voidaan valita vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa $f_{xk1} = 0,15\text{N/mm}^2$.

Murtorajatilassa muurattuun harkkoseinään kohdistuva taivutusmomentin mitoitusvoima M_{Ed} tulee olla enintään yhtä suuri kuin seinän momenttikestävyyden mitoitusarvo M_{Rd}

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Muuratun seinän momenttikestävyyden mitoitusarvo M_{Rd} saadaan seuraavasti:

$$M_{Rd} = f_{xd} * Z$$

Missä f_{xd} on taivutuslujuuden ominaisarvosta saatu mitoitusarvo:

$$f_{xd} = \frac{f_{xk1}}{Y_M}$$

Taivutuslujuuden mitoitusarvossa voidaan käyttää hyväksi rakenteessa pystysuunnassa vaikuttavaa puristusjännitystä ja korottaa mitoitusarvoa seuraavasti:

$$f_{xd1,app} = f_{xd1} + \sigma_d$$

Korottava puristusjännitys σ_d saa olla enintään 0,2 kertaa seinän puristuskestävyyden mitoitusarvo f_d .

Seinän taivutusvastus Z saadaan laskettua seinän paksuuden t kautta seuraavasti, kun laastisauman leveys on sama kuin harkon paksuus:

$$Z = \frac{t^2}{6}$$

Aukkopalkkien mitoitus

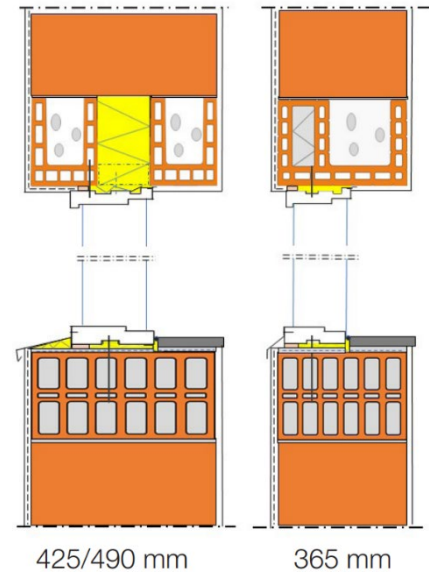
Poroton-seinän aukkojen ylitysharkoilla ja betonivalulla tehdyt palkit mitoitetaan betonipalkkeina EN 1992-1-2 (Eurocode 2) mukaan. Poroton-harkko toimii palkeissa vain muottina ja kantava rakenne muodostuu raudoituksesta ja betonista. Harkkoja voidaan pinota kaksi päällekkäin, jolloin palkin betonin korkeus kasvaa ja kuormituskapasiteetti lisääntyy.

Poroton T 6,5-365-harkojen kanssa käytetään Poroton WU-365 aukonylitysharkkoa, jossa on eriste toisella sivulla valmiiksi. Näin yhdellä aukonylityspalkilla saadaan toteutettua aukon ylitys oikean levyisenä.

425 ja 490 mm paksujen poroton harkkojen kanssa käytetään kahta Poroton U-aukonylitysharkkopalkkia, joiden välissä on eristekaista. Yleisimmin näissä ylitys toteutetaan Poroton U-175 harkkoriveillä tai niin, että sisäpuolella on poroton U-240 ja ulkopuolella Poroton U-175 harkot.

Poroton U- ja WU-aukonylitysharkkojen suunnittelussa tulee huomioida niiden korkeus, joka on 11 mm matalampi kuin Poroton-runkoharkot. Harkot tasataan paikalleen joko aukon reunoille tai palkin päälle tehtävän laastipatjan avulla.

Aukonylityspalkit tulee ulottaa vähintään 250 mm aukon reunan yli tuelle.



Kuva 11: aukkopalkkityypit

Palkkityyppi	Poroton- aukonylityspalkit		
	Harkon paino [kg]	Harkon ulkomitat B x H [mm]	Valuosan sisämitat b x h [mm]
Poroton U-175	5,8 kg	175 x 238	95 x 195
Poroton U-240	7,4 kg	240 x 238	135 x 185
Poroton U-300	8,7 kg	300 x 238	200 x 190
Poroton U-365	10,0 kg	365 x 238	265 x 190
Poroton WU-365	9,4 kg	365 x 238	165 x 200
Poroton WU-425	11,1 kg	425 x 238	200 x 190

Aukkopalkkeja suunnitellessa voidaan huomioida, onko mitoittettava palkki sisätiloja vai ulkotiloja vasten ja valita tämän mukaan betonin rasitusluokka ja terästen suojapeitepaksuudet. Muottiharkkoa ei huomioida betonin suojapeitepaksuudessa. Ulkotiloja vasten olevissa palkeissa suositellaan käytettävän ruostumattomia teräksiä.

Taivutusmitoitus

Palkin taivutusmitoitus perustuu yläpinnan betonin puristuslujuuteen ja alapinnan terästen vetolujuuteen. Murtorajatilamitoituksessa määritetään tilanne, jossa rakenteen murto tapahtuu yhtä aikaa betonin puristumurtona ja teräksen myötäessä (tasapainotilanne).

Aukkopalkkien taivutusmitoituksen periaatteet:

1. Valitaan käytettävä aukkopalkki ja poikkileikkausmitat $b \times h$
2. Arvioidaan rakenteisiin vaikuttavat kuormat ja lasketaan mitoitusmomentti M_{Ed}
3. Valitaan käytettävä teräslaatu f_{yk} sekä betonin lujuusluokka f_{ck} suunnittelukäyttöään ja rasitusluokkien mukaan.

- a. Seinän sisäpinnan puolella olevissa palkeissa rasisitusluokka X0 tai XC1
- b. Seinän ulkopinnan puolella olevissa palkeissa rasisitusluokka XC3,4, XF1
- c. Mitoituksessa voidaan käyttää betonin vähimmäislujuutta suurempaa lujuutta

Taulukko 7 Betonipeitteen vähimmäisarvoaumatukset eurokoodin EN 1992-1-1 kansallisen liitteen mukaisesti (kun suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta).

Kriteeri	Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvoaumatukset $c_{min,dur}$ (mm)							
	Rasisitusluokka eurokoodin EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä ¹⁾	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Minimilujuusluokka ²⁾	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C35/45
Valittu lujuusluokka \geq	C20/25	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C45/55
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

4. Valitaan aukon alaosaan pääteräkset, betonin rasisitusluokan mukaiset suojapeitepaksuudet ja arvioidaan palkin tehollinen korkeus d_{eff}
5. Lasketaan materiaalien mitoitusarvot, teräkselle f_{yd} ja betonille f_{cd}
6. Lasketaan suhteellinen momentti μ ja puristuspuolelta suhteellinen korkeus β
7. Lasketaan tarvittava rauditus mekaanisen raudoitussuhteen määritelmästä ω tai sisäisen momenttivarren z avulla.
8. Tarkistetaan, onko valittu rauditus riittävä, täytyykö minimiraudoitusehto ja mahtuuko rauditus rakenteeseen.

Aukonylityspalkin laskentakaavat kootusti

Suhteellinen momentti
$$\mu = \frac{M_{Ed}}{b \times d_{eff}^2 \times f_{cd}}$$

Puristuspuolelta suhteellinen korkeus
$$\beta = 1 - \sqrt{(1 - 2 \times \mu)} = \frac{y}{d_{eff}}$$

Mekaaninen raudoitussuhde
$$\omega = \rho \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{A_s}{b \times d_{eff}} \times \frac{f_{yd}}{f_{cd}}$$

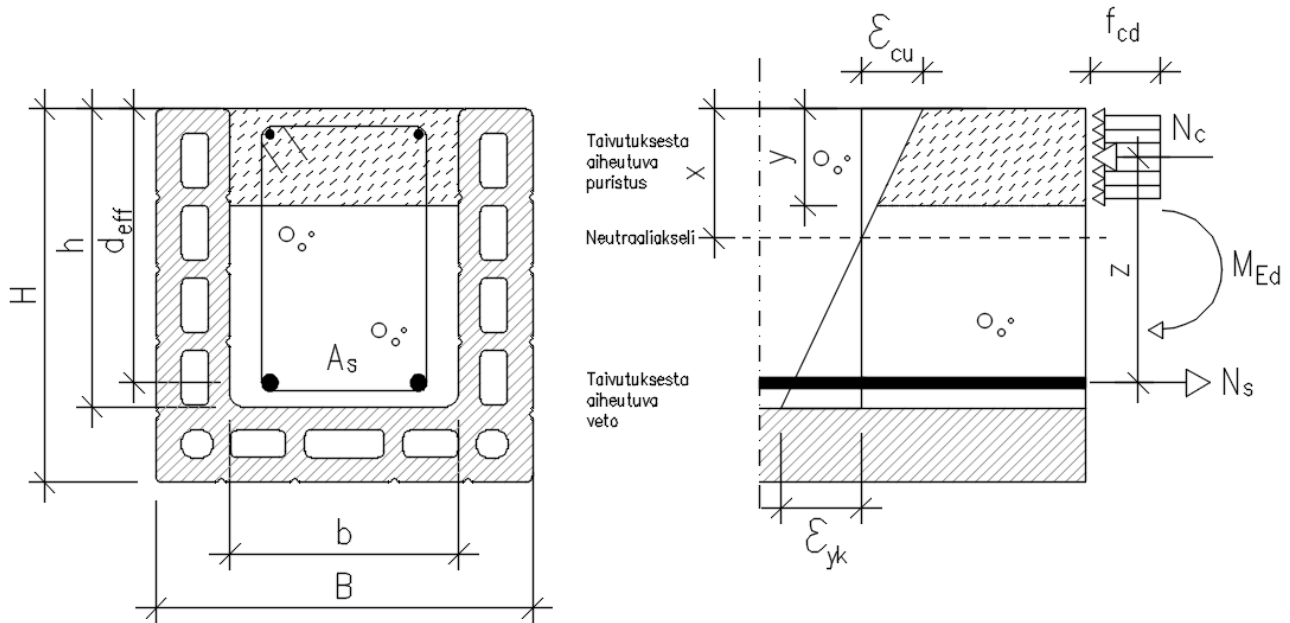
Sisäinen momenttivarshi
$$z = \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \times d_{eff}$$

Tarvittava rauditus saadaan laskettua joko mekaanisen raudoitussuhteen avulla

$$A_{s,vaad} = \omega \times b \times d_{eff} \times \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

Tai sisäisen momenttivarren avulla

$$A_{s,vaad} = \frac{M_{Ed}}{F_{yd} \times z}$$



Kuva 12: aukkopalkin toiminta taivutustilanteessa

Yksiaukkoisen palkin murtorajatilan mitoittava taivutusmomentti voidaan tasaisella kuormalla laskea seuraavasti.

$$M_d = \frac{G_d * L^2}{8}$$

Missä G_d on rakenteen mitoituskuorma sisältäen pysyvät ja muuttuvat kuormat ja L on palkin pituus.

Palkilla tulee olla vähimmäisraudoitus, joka on suurempi seuraavista:

$$A_{s,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 * \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d_{eff} \\ 0,0013 * b * d_{eff} \end{array} \right\}$$

Litteessä 1.2 on esitetty yksiaukkoisten aukonylityspalkkien suurimpia sallittuja kuormituksia perusraudoituksilla.

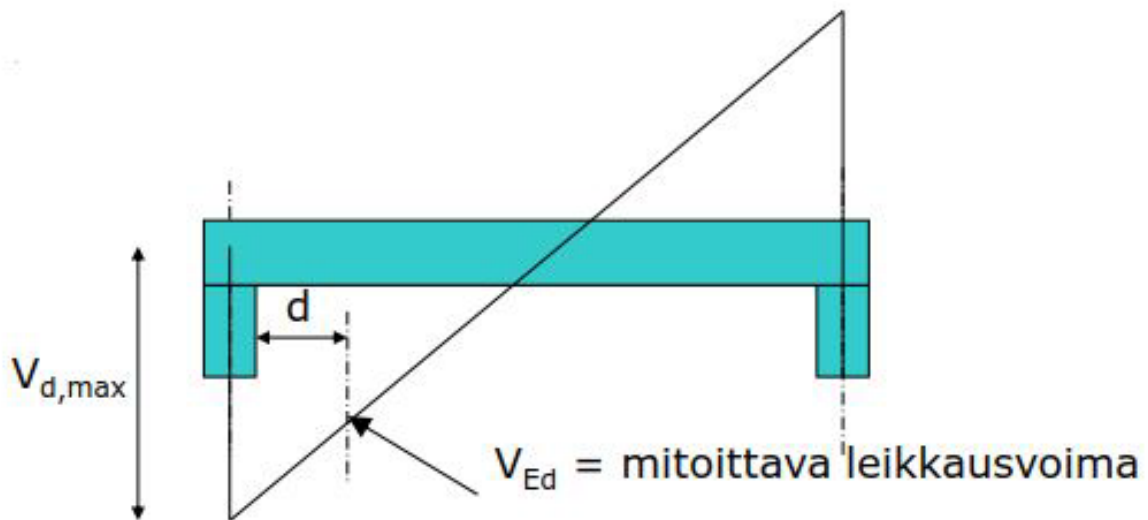
Leikkausmitoitus

Aukonylityspalkin leikkausmitoituksen periaatteet:

1. Lasketaan palkin leikkausvoiman maksimiarvo $V_{Rd,max}$
2. Tarkistetaan ettei rakenteeseen kuormista syntyvä leikkausvoima $V_{d,max}$ ylitä leikkausvoiman maksimiarvoa $V_{Rd,max}$
3. Lasketaan mitoittava leikkausvoima V_{Ed} etäisyydellä d_{eff} tuen reunasta
4. Lasketaan leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen kestävyys $V_{Rd,c}$ (selvitetään riittääkö minimileikkausraudoitus, eli $V_{Ed} < V_{Rd,c}$)
5. Määritetään rakenteen leikkausraudoitus joko:

- Minimileikkausraudoituksena, jos leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen kestävyys riittää $\frac{A_{sw}}{s} = b_w \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$
- Tai mitoittavan leikkausvoiman V_{Ed} kautta $\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta}$

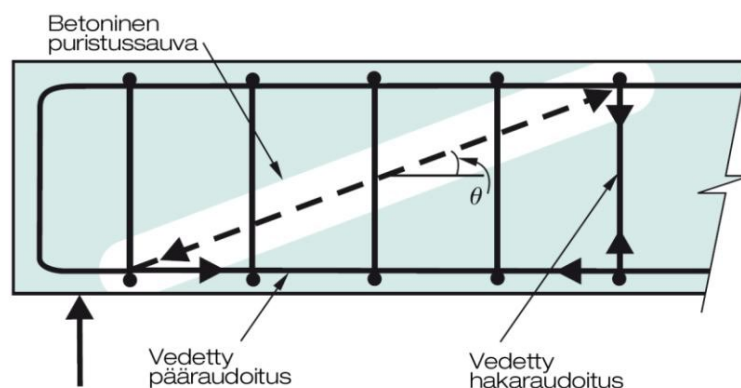
Palkin leikkausmitoituksessa voidaan leikkausvoiman laskenta-arvona V_{Ed} käyttää leikkausvoimaa, joka vaikuttaa tehollisen korkeuden d_{eff} päässä tuen reunasta, kun palkkia kuormittaa tasainen kuorma. Leikkausraudoitus tulee kuitenkin suunnitella tuen reunaan asti.



Kuva 13: yksiaukkoisen aukkopalkin leikkajännitysjaakauma

Leikkausvoima siirtyy betonipalkissa leikkausraudoituksena toimivien vedettyjen hakojen ja niiden väliin jäävien betonisten puristettujen osien muodostaman ristikkomallin avulla. Laskennassa voidaan valita betonisen puristussauvan diagonaalien kulma väliltä $1 \leq \cot \theta \leq 2,5$.

Puristusdiagonaalien kulman arvo θ vaikuttaa pääterästen vetovoimaan. Laskennassa on suositeltavaa käyttää arvoa $\cot \theta = 2,5$, sillä se antaa suurimman varmuuden leikkausvoimille, tämä vastaa kulmaa $\theta = 21,8^\circ$.



Betonin puristussauvan murron estämiseksi mitoittava leikkausvoima V_{Ed} ei saa ylittää arvoa $V_{Rd,max}$

$$V_{Rd,max} = 0,5 \times b \times d_{eff} \times v \times f_{cd}$$

Kerroin v on leikkausvoiman vaikutuksesta halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right)$$

Leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen leikkauskestävyys

Leikkausvoiman maksimiarvon määrittämisen jälkeen tarkastellaan leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen leikkauskestävyys seuraavasti:

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{\frac{1}{3}}] \times b \times d_{eff}$$

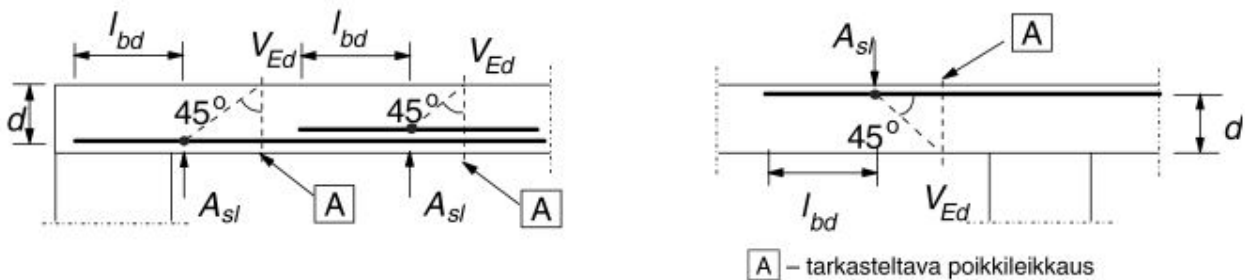
Missä:

$$\text{Suure } C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$$

$$\text{Kerroin } k \text{ saadaan laskettua seuraavasti: } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_{eff}}} \leq 2,0 \text{ (} d_{eff} \text{ millimetreissä)}$$

$$\text{Mekaaninen raudoitussuhde: } \rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \times d_{eff}} \leq 0,02$$

A_{sl} on tarkasteltavan poikkileikkauksen momentin itseisarvon pienenemissuuntaan vähintään matkan ($l_{bd} + d$) ulottuva vetorauditus ja b_w on poikkileikkauksen pienin leveys vedetyllä alueella (yleensä $b_w = b$).



Leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen leikkauskestävyyden tarkastelussa varmistetaan vielä, että leikkauskapasiteetin minimiarvo täyttyy:

$$V_{Rd,c} > V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \times b_w \times d_{eff}$$

Betonin lujuuden f_{ck} ja kertoimen k avulla määritetty kerroin v_{min}

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$$

Mikäli leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen leikkauskestävyys on suurempi kuin mitoittava leikkausvoima, voidaan rakenteessa käyttää minimileikkausraudoitusta. **Palkkirakenteessa tulee aina olla minimileikkausraudoitus!**

$$V_{Rd,c} > V_{Ed}$$

Minimileikkausraudoitus

Minimileikkausraudoituksessa leikkaushakojen maksimijakoväli määräytyy palkin tehollisen korkeuden kautta seuraavasti:

$$s_{max} = 0,75 * d_{eff}$$

Mekaanisen raudoitussuhteen minimiarvo palkissa on seuraava:

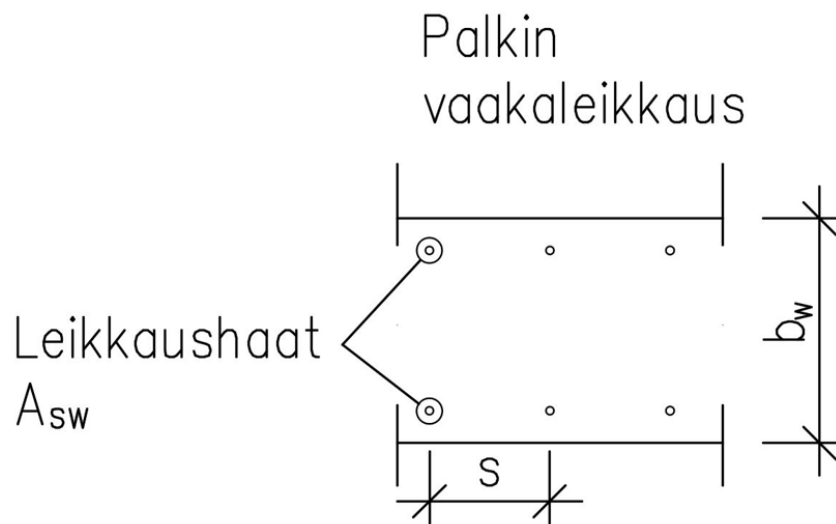
$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$

Leikkausvoimat vastaanottavan raudoituksen mekaaninen raudoitussuhde saadaan laskettua seuraavasti:

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s \times b_w \times \sin(\alpha)}$$

Minimiarvon ja mekaanisen raudoitussuhteen avulla saadaan laskettua leikkausraudoituksen minimipinta-ala palkin pituusyksikköä kohden seuraavasti:

$$\frac{A_{sw}}{s} = b_w \frac{0,08 \times \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$$



Kuva 14: Palkin leikkausraudoitusjärjestelyt

Palkin leikkausraudoitus

Mikäli leikkausraudoittamattoman poikkileikkauksen leikkauskestävyys on pienempi kuin mitoittava leikkausvoima, mitoitetään rakenteeseen leikkausraudoitus.

$$V_{Rd,c} < V_{Ed}$$

Pystysuoran leikkausraudoituksen pinta-ala saadaan laskettua mitoittavan leikkausvoiman V_{Ed} avulla seuraavasti:

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta}$$

Palkkien leikkausraudoituksen jakona suositellaan käytettävän k100-jakoa.

Aukkopalkkien käyttörajatilatarkastelu

Rakenteet tulee mekaanisen kestävyuden lisäksi tarkastella käyttörajatilassa, jossa rakenteen haitalliset muodonmuutokset ja siirtymät estetään. Muodonmuutoksia ovat mm betonin viruma ja rakenteiden halkeilu. Rakenteessa vaikuttavat kuormat puolestaan aiheuttavat siirtymiä kuten taipumaa.

Betonirakenteiden halkeilu ja sen rajoittaminen tulee tarkastella EN 1992-1-1 mukaisesti.

Rakenteen siirtymätila ei saa haitata rakenteen toimintaa, käyttöä tai ulkonäköä. Yleisesti palkeille ja laatoille taipuman raja-arvona voidaan käyttää $L/250$. Taipumaa voidaan kompensoida rakenteen esikorottamisella.

Taipumatarkastelu tehdään EN 1992-1-1 kohdan 7.4 mukaisesti seuraavilla periaatteilla:

1. Tarkistetaan taipuma jännemitan ja korkeuden perusteella huomioiden rakennejärjestelmä
2. Tarkistetaan taipuma laskennallisesti, laskennassa tulee huomioida:
 - rakenteen halkeilu (halkeamaton ja halkeillut tilanne)
 - kuormitustyyppi
 - lyhyt- ja pitkäaikaiskuormitus
 - Kutistumisesta aiheutuva käyristymä
 - Viruman vaikutus

Harkkojen suunnittelussa huomioitavat asiat

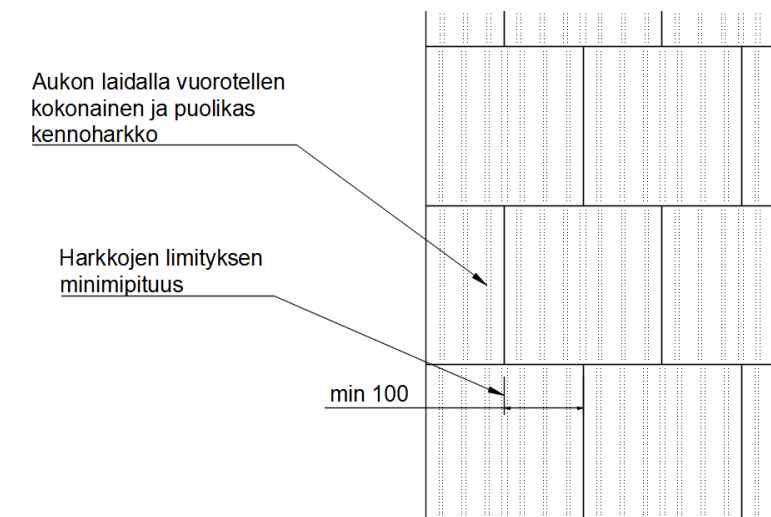
Harkkojen etenemä, limitys ja moduulimitoitus

Ulkoseinämuurauksissa harkkojen menekki ulkoseinäneliölle on 16 kappaletta.

Poroton-harkkomuuraus toteutetaan puolen kiven limityksellä. Harkkojen minimilimitys on 100 mm.

Suunnittelussa on hyvä huomioida nämä, kun mietitään harkon etenemään ja aukkojen sijoittelua. Poroton-kennoharkkoja voidaan sahata eri kokoisiksi.

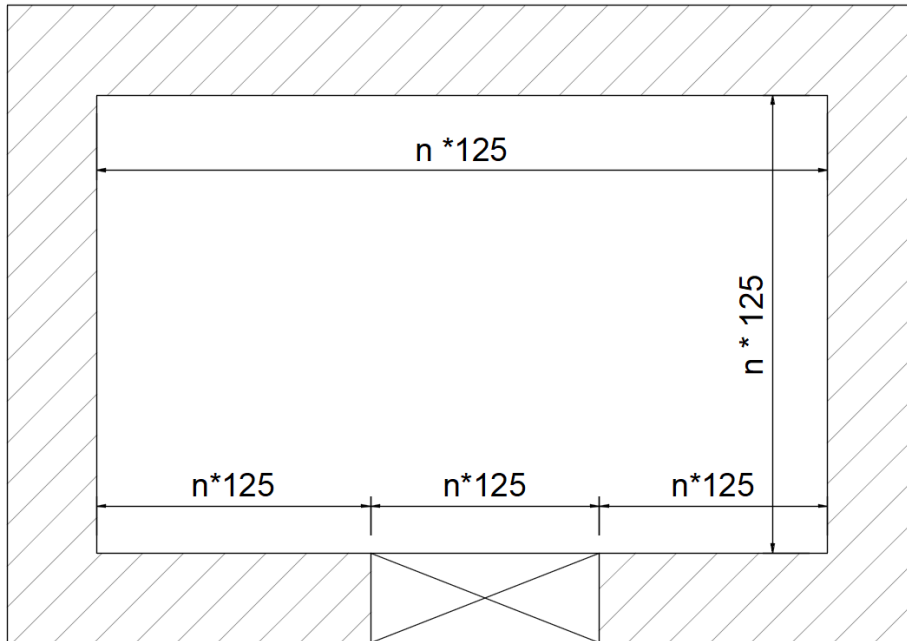
Harkkojärjestelmässä on valmiiksi puolitettuja harkkoja, jolloin aukon reunalla limitys saadaan toteutettua. Puolikasharkon pituus on aina 123 mm.



Kuva 15: Harkkojen minimilimitys ja aukon reunan toteutus

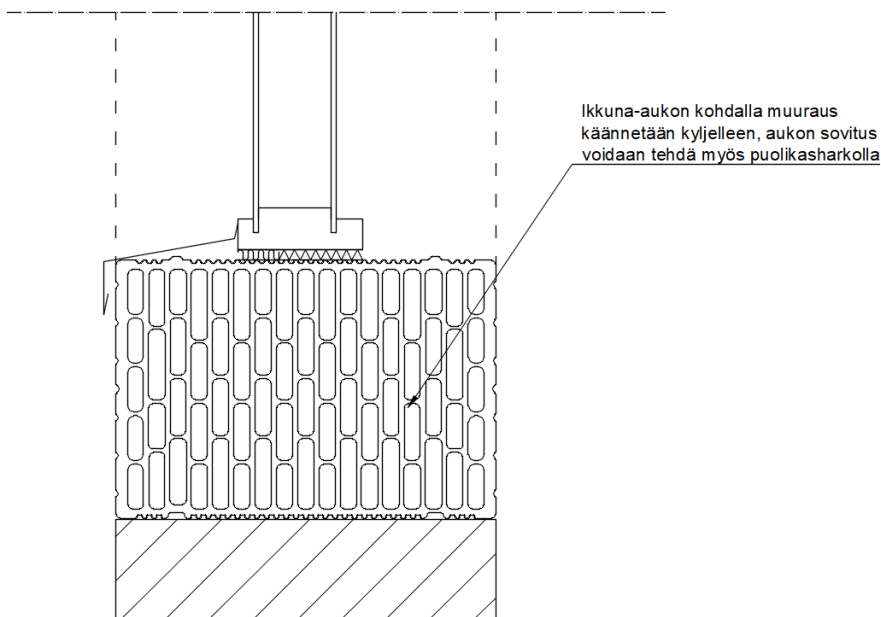
Suositus on miettiä rakennuksen mitat ja aukkojen sijainti ja koko harkkojen moduulimittojen mukaan. Näin harkkojen sahaustarve vähenee ja muuraustyö on sujuvaa. Vaakasunnassa harkkorakenteen etenemä on 125 mm ja pystysunnassa harkon korkeus laasti huomioiden 250 mm.

Korkeussuunnassa aukonylitysmuottiharkot ovat 10 mm matalampia kuin runkoharkot ja tämä tulee ottaa suunnittelussa huomioon.



Kuva 16: Harkkoseinän moduulimitoitus vaakasuunnassa 125 mm moduuleilla (puolikas harkko)

Ikkuna-aukkojen alareunassa suositellaan käytettävän lappelleen käännettyä kokonaista ja puolikas harkkoa, näin reunaa ei tarvitse tasoittaa ja ikkunan kiinnittäminen on helpompaa.



Kuva 17: ikkuna-aukon alareunassa harkko käännettynä lappelleen

Mikäli kohta tasoitetaan, niin suositellaan käytettäväksi lasikuituverkolla vahvistettua kuitulaastia (esim. Weber 410 ohutrappauslaasti).

Liikuntasaumat

Poroton-harkkorakenteen kuivumiskutistuma on pieni ja rakenteen pintalämpötilojen vaihtelu on niin vähäinen, että rakenne ei ole herkkä kuivumiskutistumien eikä lämpötilojen vaihtelusta aiheutuvien jännitysten aiheuttamille muodonmuutoksille. Tästä syystä Poroton-harkkomuureihin ei normaalisti tarvitse tehdä liikuntasauvoja muihin kuin muiden rakenteellisten liikuntasaumojen kohdille.

Liitosten suunnittelu

Kennoharkkorakenteen toimivuuden takaamiseksi liitosten suunnittelu kannattaa tehdä huolellisesti. Seuraavassa on käyty yleiset huomiot eri liitostyyppien suunnitteluun. Liitosten tarkempia mallidetaljeja löytyy Wienerbergerin ProLib-kirjastossa.

Alapohjaliitokset

Kennoharkkotalo voidaan perustaa eri tavoin. Perustusten suunnittelussa tulee huomioida korkomaailma, niin että runkomuuraus voidaan aloittaa helposti. Alimman harkkokerroksen alla käytetään bitumihuopakaistaa ja sen päällä muurauslaastia tasauskerroksena.

Perusmuurin ja harkkoseinän liitos tulee suunnitella niin, että alimman harkon alla on tarpeeksi kantopintaa. Suositeltavaa olisi, että harkko tukeutuu kokonaisuudessaan perusmuurille.

Välipohjaliitokset

Välipohjat Poroton-harkkorakennukseen toteutetaan useimmiten ontelolaatoilla tai paikalla valetuilla betonilaatoilla.

Välipohjaliitoksissa tulee huomioida välipohjien kuormien aseoituminen seinälle. Välipohjaa tulee minimissään 200 mm ulkoseinän päälle.

Välipohjan ja alemman seinän väliin tulee bitumihuopakaista ja välipohjan kohdalle ulkopuolelle maskimuuraus joko valmiiksi eristetyillä maskikivillä harkolla ja erillisellä eristeellä.

Välipohja suositellaan suunnittelemaan niin, että harkkojen madaltamiselta työmaalla vältytään.

Tarvittaessa korkeussovitus voidaan tehdä valmiiksi madalletuilla HAZ-harkoilla, joiden korkeudet ovat 115, 160 ja 220 mm.

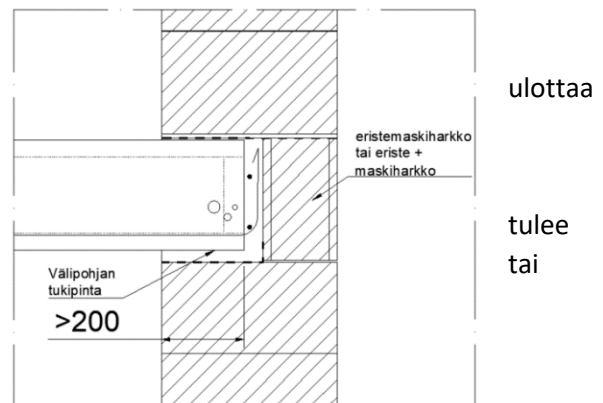
Välipohja on mahdollista toteuttaa myös puurakenteisena. Tällöin välipohjan kohdalle seinärakenteeseen suunnitellaan palkkirakenne, johon välipohjan puupalkisto saadaan kiinnitettyä. Palkkirakenne voidaan tehdä käyttäen aukonylitysmuottiharkkoja, jotka raudoitetaan ja betonivaletaan.

Yläpohjaliitokset

Yläpohjaliitoksissa kattorakenteen tuetaan seinän yläpäässä kiertävään, aukonylitysmuottiharkoilla toteutettuun betonipalkkiin. Palkki toimii samalla seinän yläosan jäykisteenä. Palkin koko määräytyy kattorakenteista tulevien omien painojen ja kuormien kautta.

Seinäkorkeuden suunnittelussa tulee huomioida rakennuksen kokonaiskorkeus ja kattorakenteiden vaatima tila. Suunnittelussa tulisi pyrkiä käyttämään kokonaisia harkkoja.

Kattorakenteet tulee sitoa jäykistepalkkiin, niin että ne kestävät nostetta aiheuttavat tuulikuormat.



Kuva 18: Välipohjan periaateliitos

Väliseinäliitokset

Väliseinät voidaan myös toteuttaa Poroton-harkoilla. Kantavan väliseinän paksuus tulee olla vähintään 175 mm. Mikäli kantavan väliseinän päällä on esimerkiksi ontelolaattojen jatkoskohta, seinän paksuuden tulee olla vähintään 240 mm. Kevyiden väliseinien paksuus voidaan valita vapaasti, mutta yleensä ne tehdään esimerkiksi 115 mm paksuisista Poroton-harkoista. Logistisesti väliseinääharkoksi kannattaa valita sama harkkotyyppi, jota käytetään myös maskiharkkomuurauksissa.

Väliseinät muurataan samaan tapaan kuin ulkoseinät. Ensimmäisen harkkokerroksen alle asennetaan bitumihuopakaista, jonka päälle muurataan M5- tai M10- muurauslaastilla noin 10 mm tasaussauma.

Väliseinien sidonnassa ulkoseiniin on kaksi eri vaihtoehtoa. Väliseinääharkot voidaan asentaa ulkoseinääharkkojen muurauksen yhteydessä etukäteen valmiiksi mitatuille paikoille ulkoseinääharkkojen sisään harkkoja koloten tai ne asennetaan vasta ulkoseinien muurauksen jälkeen, mikä on yleisempi tapa. Tällöin reiällinen teräsvanneside kiinnitetään ensin tulpparuuvilla ulkoseinään, jonka jälkeen se taitetaan väliseinääharkon vaakasaumaan. Väliseinääharkon pintaan lovetaan raspilla pieni ura, jotta side ei jää kantamaan harkkoa. Ulkoseinään liittyvän väliseinän reuna tiivistetään muurauslaastilla tiiviiksi.

Väliseinien aukonylitykset voidaan tehdä usealla eri tavalla.

Kantavien väliseinien aukonylitykset tehdään rakennesuunnitelmien mukaisesti joko 175 mm tai 240 mm U-harkoilla. Leveiden aukkojen ylitykset voidaan tehdä myös rakennesuunnittelijan suunnittelemista teräsbetonipalkeista. Seiniä pinnoitettaessa on betonipalkkien kohdalla käytettävä lasikuituverkkoa niin, että verkko ulottuu reilusti palkkia ympäröivälle muurauspinnalle.

Ei-kantavan seinän aukonylitys voidaan tehdä esimerkiksi aukon yläpuolelle asennetun T-profiilin varaan. Teräksestä tai alumiinista valmistettu T-profiili asennetaan aukon reunoilla olevan ylimmän harkon kolottuun reunaan. T-profiilin päälle asennettavien harkkojen alapintaan tehdään pituussuuntaisesti T-profiilin paksuutta ja korkeutta hieman suurempi ura. T-profiilin päälle muurattavien harkkojen pystysaumoihin laitetaan muusta muurauksesta poiketen myös saumalaasti. Joissakin tapauksissa pienemmissä aukonylityksissä riittää, että harkot on liimattu Poroton-laastilla pontillisista pystysaumoista huolellisesti toisiinsa kiinni.

Ikkuna- ja oviliitokset

Ikkuna- ja oviliitoksissa tulee huolehtia oikeanlaisesta kiinnityksestä ja karmin asemoimisesta niin, ettei muodostu kylmäsiltaa. Karmi on suositeltavaa asemoida harkon keskilinjan ulkopuolelle. Karmi tulee tiivistää runkoa vasten niin, ettei väliin muodostu ilmavuotokohtaa. Tiivistys voidaan tehdä PU-vaahdotuksella tai tiivistysteipeillä. Karmin ja rungon väli tilkitään lisäksi eristeellä.

Kiinnitysten suunnittelu

Kiinnitykset harkkorakenteisiin voidaan tehdä usealla tavalla. Poraus harkkoon tehdään ilman iskuoporatoimintoa!

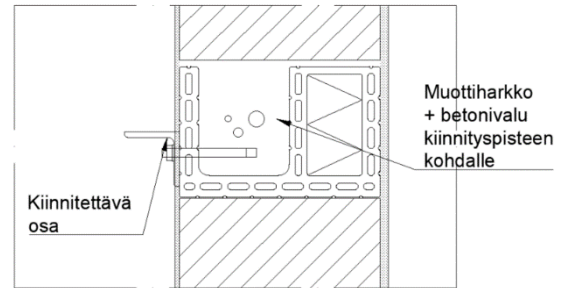
Sisätiloihin asennettaviin kevyisiin kannatuksiin käytetään erilaisia yleistulppa-ruuvi yhdistelmiä. Kun kyseessä on raskas kannatus, on hyvä tarkastaa ruuvien kantavuus ja ulosvetoarvot. Kaappien ja ovien kiinnityksiin suositellaan käytettäväksi kemiallisia ankkureita.

Raskaiden ulko-ovien kiinnitys harkkomuuriin voidaan tehdä myös esimerkiksi poraamalla karmin kiinnityskohtiin rasiaporalla Ø 80–100mm reikä ja täyttämällä se nopeasti kovettuvalla betonimassalla. Tällöin karmi voidaan kiinnittää perinteisiä karmiruuveja käyttäen. Kiinnityskohdan massatäytön lujutta voidaan tarvittaessa lisätä asentamalla valureikään betonimassan täytön yhteydessä esim. Ø 4 mm raudoitelenkki.

Ikkunoiden ja ovien kiinnityksissä ei käytetä apukarmeja, vaan kiinnitykset tehdään suoraan harkon kylkeen. Ulkorakenteiden kiinnityksiin käytettävien ruuvien tulee olla aina ruostumattomia

Mikäli kennoharkkorunkoiseen taloon tulee ulokeparvekkeita tai muita raskaita ulokekiinnityksiä, ne tulee kiinnittää välipohjan betonivaluun esimerkiksi valmiita ulokeparvekkeiden kannatuksiin suunniteltuja raudoite-elementtejä, kuten esim. Peikko NIRO, käyttäen.

Muiden, hieman pienempien ja kevyempien, ulkopuolisten rakenteiden kiinnitys Poroton-harkkoseinään voidaan tehdä esimerkiksi Poroton U- ja WU-harkkoilla riippuen käytetystä runkoharkosta. U-harkko asennetaan kiinnitettävälle puolelle ja toiselle reunalle esimerkiksi T 0,8-175 -harkko ja väliin SPU-eriste. Vaihtoehtoisesti U-harkko voi tulla myös molemmille puolille. WU-harkko käännetään kiinnityspisteen kohdalla valupuoli ulospäin.



Kuva 19: kiinnityspisteen tuenta WU-harkolla ja betonilla

Jos kennoharkon ulkopuolelle tehdään verhomuuraus, niin julkisivumuuraus sidotaan harkkojen saumoihin harkkomuurauksen yhteydessä litteillä muuraussiteillä, esim. WHS 1,0x22x90 AISI 304, tai vastaava. Mikäli muuraussiteet kiinnitetään jälkikäteen, siteiden kiinnitykseen käytetään tulpparuuviyhdistelmään kiinnitettävää Joma Amutek Villakulma VK-2 + AMU-tiilisanka yhdistelmää

Kennoharkolle soveltuvia esimerkkikiinnikkeitä lujuusarvoineen:

Sisäkäyttöön soveltuvat kiinnitykset		
Ruuvi/tulppa/ankkurointi	Pituus [mm]	Ulosvetolujuus [kN (kg)]
Würth W-UR8	≥70	0,14 (14)
TOX PDS-SL 10/90	90	0,33 (33)
Fischer SXRL 10x120T	120	0,57 (57)
Hilti HRD + 10x80	80	0,41 (41)
Hilti HIT-HY 270 + HIT-SC16+10x115	115	1,00 (100)
Ulkokäyttöön soveltuvat kiinnitykset (voidaan käyttää myös sisäkiinnityksiin)		
Ruuvi/tulppa/ankkurointi	Pituus [mm]	Ulosvetolujuus [kN (kg)]
Fischer Duopower RST		
Fischer AM 10 + FIS F16	85	0,51 (51)
Fischer AM 10 + FIS F16	130	0,58 (58)

Muiden kiinnikkeiden soveltuvuus tulee varmistaa kiinniketoimittajalta.

Pinnoitusten suunnittelu

Ulkopuolen pinnoitukset

Kaksikerrosrappaus

Ulkoseinien rappaus toteutetaan yleensä kaksikerrosrappauksena, jonka kokonaisvahvuus on noin 15 mm. Pohjan täyttö ja oikaisu tehdään esimerkiksi Vetonit 410 tai 440 kuitupohjaisella tai vastaavat ominaisuudet omaavalla sementtilaastilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Pintarappaus tehdään värillisellä vettä hylkivällä pintalaastilla esimerkiksi weber Silcopinnoite ja Silcomaali tuoteyhdistelmällä tai vastaavat ominaisuudet omaavalla pintarappauslaastilla.

Täyttörappauksessa on suositeltavaa käyttää lasikuitupohjaista rappausverkkoa laastivalmistajan ohjeiden mukaisesti etenkin silloin, kun pohjamateriaali vaihtuu (esimerkiksi betonipalkkien liitoskohdat ja kohdat,

joissa rappaus menee suoraan eristeen tai rakennuslevyn päälle). Toinen vaihtoehto on rajata pohjana olevan materiaalin vaihtumiskohta liikuntasaumalla, esimerkiksi liittymäkohdat pitkiin betonipalkkeihin.

Rappaustyö tulee tehdä yli + 5 °C lämpötilassa, jonka alle mentäessä tulee huolehtia riittävän suojauksen rakentamisesta ja rappauskohteen lämmittämisestä siten, että edellä mainittu lämpötila ei alitu. Tarkemmat rappaustyöohjeet ovat saatavissa rappauslaastin valmistajien kotisivuilta.

Kolmikerrosrappaus

Rappaus voidaan tehdä myös perinteisenä kolmikerrosrappauksena kalkkisementtipohjaisilla rappauslaasteilla. Tällöin alin tartuntakerros tehdään esimerkiksi webervetonit 401 tai 402 KS tartuntalaastilla, jonka kerrospaksuus on noin 3 mm. Tartuntalaastikerroksen on peitettävä vähintään 90 % alustasta ja se on jätettävä karkeaksi. Täyttörappaus tehdään esimerkiksi webervetonit 412 täyttörappauslaastilla aikaisintaan vuorokauden kuluttua tartuntarappauksesta. Täyttörappauksen kerrospaksuus on yleensä 15–25 mm. Yli 20 mm paksuinen täyttörappaus tehdään useampana kerroksena.

Kolmikerrosrappauksessa käytettävä rappausverkko on kuumasinkittyä teräsverkkoa ja sitä käytetään tarvittaessa, kun pohjamateriaali vaihtuu (esim. betonipalkkien liitoskohdissa ja kohdissa, jossa rappaus tulee suoraan eristeen päälle) tai jos kerrospaksuus on yli 30 mm. Rappausverkko kiinnitetään alustaansa ennen tartuntarappausta esimerkiksi weber RVK-kiinnikkeiden ja Fisherin Duopower tai vastaavat ominaisuudet omaavilla ruuvitulppayhdistelmillä siten, että verkko on 5–10 mm irti alustasta. Pintarappaus voidaan tehdä esimerkiksi harmaalla webervetonit 422 -pintarappauslaastilla tai vastaavat ominaisuudet omaavalla pintalaastilla, joka hierretään tasaiseksi ja maalataan esimerkiksi weber Silikaattimaalilla. Pintarappauksen paksuus on yleensä 3–5 mm. Pintarappaus voidaan tehdä myös värillisellä weber Jalolaastilla, jolloin pinta voidaan jättää ruiskupintaiseksi, hiertää tasaiseksi tai tehdä ns. revitty rappauspinta. Jalolaastipinta suositellaan viimeisteltäväksi pintaa suojaavalla silikaattimaalilla.

Muut ulkoverhoilut

Mikäli kennoharkkorakenteeseen halutaan tiili- puu- tai julkisivulevyverhous, harkon ulkopinta tulee aina vähintään slammata riittävän rakenteellisen tiiveyden varmistamiseksi. Slammauksen tulee olla vahvuudeltaan vähintään noin 5–8 mm. Slammaukseen voidaan käyttää esimerkiksi Vetonit 410 tai vastaavat ominaisuudet omaavaa rappauslaastia.

Sisäpuolen pinnoitukset

Sisäseinien oikaisu ja pinnoitus voidaan tehdä joko kipsilaastilla tai perinteisellä tiiliseinien pinnoitusmenetelmällä oikaisu- ja pintasoitteilla. Sisäpuolella voidaan käyttää myös savirappausta.

Tarkemmat pinnoitusohjeet ovat saatavissa pinnoitusmateriaalin valmistajalta. Sisäpintojen tasoituksen yhteydessä suositellaan seinien yliverkotusta kauttaaltaan.

Kipsipohjaiset laastit

Kipsilaasti on hengittävä yksikerrospinnoite, joka soveltuu erinomaisesti kennoharkkoseinien sisätasoihteeksi. Sisäseinien oikaisu ja tasoitus kipsilaastilla tehdään esimerkiksi Knauf MP 75 L -laastilla.

Oikaisu ja pinnan tasoitus voidaan tehdä samalla laastilla yhtenä työsuorituksena valmistajan ohjeiden mukaan. Kipsitasoitteen etuna on, että yhdellä tasoituskerralla voidaan tehdä tasoitekerroksia aina 50 mm asti ja tuore pinta on työstettävissä jopa 3–4 tuntia. Kipsilaastitasoituksen paksuus tulisi olla vähintään noin 8 mm. Pinta tulee kostuttaa ennen laastin levitystä tai vaihtoehtoisesti käyttää primeria, esimerkiksi Knauf Stuc-Primer, hyvän pohjartatunnan varmistamiseksi.

Sementtipohjaiset laastit

Sisäseinien oikaisu ja tasoitus voidaan tehdä myös sementtipohjaisilla tasoitteilla. Pohjan oikaisu tehdään tällöin esimerkiksi weber TT+ Täyttötasoitteella (kerrosvahvuus 4 mm) ja pinta weber LR+ Pintatasoiteella (kerrosvahvuus 2 mm). Pohjan oikaisun yhteydessä pohja verkotetaan lasikuituverkolla vähintään palkkien ja eri materiaalien liittymäkohdissa. Jos liittymäkohtia ei verkoteta, näihin suositellaan tehtäväksi ohut liikuntasauama. Harkkopinta tulee aina hieman kostuttaa ennen pohjalaastin levitystä hyvän pohjatartunnan varmistamiseksi.

Märkätilojen vedeneristeet

Märkätiloissa sisäseinien oikaisu tehdään sementtipohjaisella tasoitteella, jonka päälle tehdään vedeneristys tuotetoimittajan ohjeiden mukaan.

Esimerkkiratkaisussa oikaisu ja pinnan tasoitus tehdään Weber MT Märkätilatasoiteella. Tasoitetun pinnan päälle sivellään Weber MS kosteussulku kahteen kertaan. Ennen laattojen asennusta seinät tiivistetään vedeneristysmassalla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Laatat kiinnitetään esimerkiksi Weber Rex fix Saneerauslaastilla ja saumat viimeistellään sopivalla laattasaumalaastilla.

Maalit

Poroton-harkkoseinien hengittävyysominaisuuksien varmistamiseksi myös käytettävän pintamaalin tai tapetin tulee olla hengittäviä. Hengittävyys saavutetaan, kun sisäpuolen maalin diffuusiovastuskerroin S_d (H_2O) on alle 1,0 m

Maaliksi soveltuu esimerkiksi Coloria Greenline, Teknoksen maaliyhdistelmä EKORA 3 pohjamaali + EKORA 7 seinämaali, Tikkurila Kivitex tai vastaavat tai vastaavat ominaisuudet omaava hyvin vesihöyryä läpäisevä sisustusmaali.

Lisäeristäminen WDF-lisäeristysharkoilla.

WDF-harkko soveltuu diffuusioavoimuutensa ansiosta erinomaisesti erilaisten massiivirakenteisten vanhojen ulkoseinien lisäeristämiseen. Sisäpuolista lisäeristämistä suunniteltaessa on ensin selvitettävä, kantaako olemassa oleva lattiarakenne harkkojen muodostaman kuorman vai joudutaanko harkkoseinä kannattelemaan konsolein vanhasta seinärakenteesta. Tällöin myös taustaseinän soveltuvuus konsolikannatukseen tulee selvittää.

Varsinainen harkkomuuraus aloitetaan harkon ja betonilattian väliin asennettavan bitumihuopakaistan päältä. Harkkokerroksen alla olevan lattiarakenteen mahdolliset epätasaisuudet tasataan 10–15 mm paksuisen M5- muurauslaastikerroksen avulla.

WDF-harkkokerros muurataan noin 15–20 mm etäisyydelle vanhasta seinärakenteesta, jotta vanhan seinän epätasaisuudet saadaan samalla suoristettua. Suositeltavaa on piikata suurimmat epätasaisuudet. Harkkokerroksen taakse jäävä rako täytetään notkealla ohutsaumalaastilla, notkealla muurauslaastilla tai Perliitti-jauheella. Harkkojen kiinnitys ja tuenta vanhaan seinään varmistetaan tulpparuuveilla kiinnitetyillä z-muotoisilla rst-reikäsiteillä noin 2 kpl/m².

Liitteet

Liite 1. Mitoitustaulukot

- Liite 1.1 Seinäharkkojen puristuskestävyystaulukot
- Liite 1.2 Aukkopalkkien kuormitustaulukot

Liite 2. Laskentaesimerkit

- Liite 2.1 Ikkunan ylityspalkki
- Liite 2.2 Puristettu ulkoseinärakenne
- Liite 2.3 Puristettu ja taivutettu ulkoseinärakenne



RINKI

MUKANA PAKKAUS-
KIERRÄTYKSESSÄ



Inspecta Sertifiointi Oy

Wienerberger Oy Ab:n tiilet ovat CE-merkittyjä.
Wienerberger Oy:llä on myös ISO 14001
-standardin mukainen ympäristöjärjestelmä sekä
ISO 9001 -standardin mukainen laatu järjestelmä.
Ulkopuolisena laaduntarkastajana toimii Inspec-
ta-Sertifiointi Oy.

Wienerberger Oy

www.wienerberger.fi/myynti
Toimittava tehdas
Korian tiilitehdas
Tiilitehtaantie 60, 45610 KORJA

www.wienerberger.fi

Wienerberger