

Kevytbetoniharkkorakenteet

OHJEET 2007

Ympäristöministeriön asetus kevytbetoniharkkorakenteista

Annettu Helsingissä 25 päivänä toukokuuta 2007

Ympäristöministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 5 päivänä helmikuuta 1999 annetun maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §:n nojalla rakentamisessa sovellettaviksi seuraavat ohjeet kevytbetoniharkkorakenteista.

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä lokakuuta 2007 ja sillä kumotaan ympäristöministeriön 13 päivänä maaliskuuta 1987 antama päätös kevytbetoniharkkorakenteista. Ennen asetuksen voimaantuloa vireille tulleeseen lupahakemukseen voidaan soveltaa aikaisempia ohjeita.

Helsingissä 25 päivänä toukokuuta 2007

Asuntonministeri *Jan Vapaavuori*

Rakennusneuvos Jaakko Huuhtanen

1	YLEISOHJEET	3	5	LAADUNVALVONTA	17
1.1	Soveltamisala	3	5.1	Yleistä	17
1.2	Määritelmiä	3	5.2	Aineiden ja tarvikkeiden laadunvalvonta	17
1.3	Standardit ja merkinnät	3	5.3	Rakenteiden valmistuksen valvonta	17
1.4	Vastavuoroisuuden tunnustaminen	3			
			6	RAKENTEIDEN KELPOISUUS	17
2	MUURAUSTARVIKKEET	4			
2.1	Kevytbetoniharkot	4	7	MUURIN LUJUUSOMINAISUUKSIEN	
2.2	Muurauslaastit	4		KOKEELLINEN MÄÄRITTÄMINEN	18
2.3	Raudoitteet	4	7.1	Yleistä	18
2.4	Muuraussiteet	4	7.2	Kokeiden määrä	18
2.5	Ylityspalkit	4	7.3	Koejärjestelyt	18
			7.4	Koetulosten tarkastelu	18
3	RAKENTEIDEN SUUNNITTELU	5			
3.1	Suunnitelmat	5	8	PALOTEKNINEN MITOITUS	18
3.2	Suunnitteluperusteet	5	8.1	Mitoitusperusteet	18
3.2.1	Mitoitusmenetelmät	5	8.2	Palonkestävyyden taulukkomitoitus	18
3.2.2	Yleiset suunnitteluperusteet	5			
3.2.3	Kuormat	5	Liite 1	Viittaukset	20
3.2.4	Muurin aineominaisuudet	6	Liite 2	Käytetyt merkinnät	21
3.2.5	Rakenteiden varmuus	8			
3.2.6	Ympäristörasitukset	8			
3.3	Rakenteelliset ohjeet	8			
3.3.1	Saummat ja limitykset	8			
3.3.2	Runkorakenteet	9			
3.3.3	Ulkoseinät	9			
3.3.4	Ei-kantavat väliseinät	9			
3.3.5	Raudoitettut rakenteet	9			
3.3.6	Rakenteiden muodonmuutokset	10			
3.4	Rakenteiden mitoitus	10			
3.4.1	Kantavat pystyrakenteet	10			
3.4.2	Sivuttaiskuormitetut seinät	11			
3.4.3	Jäykistävät seinät	12			
3.4.4	Paikallinen puristuskestävyys	12			
3.4.5	Raudoitettut muuratut rakenteet	13			
3.4.6	Muuraussiteet	15			
4	RAKENTEIDEN VALMISTUS	15			
4.1	Yleistä	15			
4.2	Muuraustyön johtaminen	15			
4.3	Muuraustarvikkeiden säilytys työmaalla	15			
4.4	Muuraus	15			
4.4.1	Limitys	15			
4.4.2	Saummat	15			
4.4.3	Muuraussiteiden ja raudoitteiden sijoittaminen rakenteisiin	16			
4.4.4	Työn tarkkuus	16			
4.4.5	Muurauksen yksityiskohtia	16			
4.4.6	Talvimuuraus	16			
4.4.7	Rakenteiden työnaikainen suojaaminen	16			
4.4.8	Rakenteiden kuormittaminen	16			

YLEISOHJEET

1.1 Soveltamisala

Nämä ohjeet koskevat nimellistiheydeltään enintään 1000 kg/m³ kevytbetoniharkkoista muurauslaastilla muuraamalla tai muulla vastaavalla tavalla tehtyjen rakenteiden lujuutta, säänkestävyyttä, pitkäaikaista kestävyyttä ja palonkestävyyttä.

1.2 Määritelmiä

Harkkorakenne

on harkkoista muurauslaastia käyttäen muurattu rakennosa

Muurauslaasti

on yhden tai useamman epäorgaanisen sideaineen, kiviaineksen, veden ja joskus seosaineiden ja/tai lisäaineiden seos, jota käytetään muurattujen rakenteiden muuraukseen, saumaukseen ja jälkisaumaukseen

Yleislaasti

on muurauslaasti lähinnä perinteiseen muuraukseen

Ohutsaumalaasti

on ohutsaumamuuraukseen tarkoitettu muurauslaasti, jonka suurin kiviaineksen raekoko on enintään 2 mm

Kevytlaasti

on muurauslaasti, jonka tiheys kuivana ja kovettuneena on enintään 1300 kg/m³

Muurauslaastin puristuslujuusluokka

on kirjaimella M merkitty luokka, jonka perässä esitetään laastille ilmoitettu puristuslujuuden keskiarvo N/mm²:nä

Muurattu rakenne

on tiilen tai harkon ja laastin muodostama rakennusosa

Muuri

on tiilen tai harkon ja laastin muodostama rakenne, jota käytetään muurin ominaislujuuden määrittämisessä (esim. muurin ominaispuristuslujuudelle 1 m korkea muurattu rakenne).

Kuorimuuri

on ulkoseinän ulkopuolinen muurattu pintarakenne, joka on kiinnitetty rakennuksen runkoon

Rakoseinä

on kahden toisiinsa sidotun muurin muodostama seinärakenne, jollaisena pidetään myös sandwich-harkkorakennetta

Ylityspalkki

on muuratun rakenteen aukkojen ylityksessä käytetty palkki, joka voi myös toimia liittorakenteena muuratun rakenteen kanssa; se on tehty teräksestä, muuraukspaleista, laastista, betonista tai kevytbetonista tai näiden yhdistelmistä; raudoite voi olla myös jänneterästä

1.3 Standardit ja merkinnät

Näissä ohjeissa viitattut standardit ja muut asiakirjat on lueteltu liitteessä 1. Viitattaessa jäljempänä yhdenmukaistettuun SFS-EN-tuotestandardiin tarkoitetaan standardin viimeisintä versiota muutoksineen sellaisena kuin se on saatettu voimaan komission ilmoituksella EU:n virallisessa lehdessä (OJ).

Näissä ohjeissa käytetyt merkinnät on esitetty liitteessä 2.

1.4 Vastavuoroisuuden tunnustaminen

Milloin näissä ohjeissa on viitattu SFS-standardeihin tai laadunvalvontamenettelyihin, niiden sijasta voidaan vastavuoroisen tunnustamisen periaatteen mukaisesti käyttää myös muussa Euroopan talousalueeseen kuuluvassa maassa voimassa olevaa turvallisuustasoltaan vastaavaa EN- tai muuta standardia tai laadunvalvontamenettelyä.

MUURAUSTARVIKKEET

2.1 Kevytbetoniharkot

Rakenteisiin käytetään SFS-käsikirjan 176 mukaisia kevytbetoniharkkoja.

Selostus:

SFS-käsikirjassa 176 esitetään, kuinka standardeja SFS-EN 771-3 ja SFS-EN 771-4 sovelletaan käytettäessä näitä ohjeita siihen asti, kun muurattujen rakenteiden suunnittelussa siirrytään standardin EN 1996-1-1 käyttöön.

Kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7001 esitetään kansallisen standardisoinnin toimialayhteisön suositukset vaatimustasoiksi eri käyttökohteissa mm. standardien SFS-EN 771-3 ja SFS-EN 771-4 sekä SFS-käsikirjan 176 mukaisille tuotteiden ominaisuuksille.

2.2 Muurauslaastit

Rakenteisiin käytetään SFS-käsikirjan 176 mukaisia muurauslaasteja.

Muurauslaasti valitaan siten, että se kovettuessaan sitoo muurauskappaleet yhtenäiseksi rakenteeksi.

Raudoitettuihin rakenteisiin käytettävien laastien tulee antaa riittävä korroosionsuoja raudoitukselle.

Selostus:

SFS-käsikirjassa 176 esitetään, kuinka standardia SFS-EN 998-2 sovelletaan käytettäessä näitä ohjeita siihen asti, kun muurattujen rakenteiden suunnittelussa siirrytään standardin EN 1996-1-1 käyttöön.

Kansallisessa soveltamisstandardissa SFS 7001 esitetään kansallisen standardisoinnin toimialayhteisön suositukset vaatimustasoiksi eri käyttökohteissa mm. standardin SFS-EN 998-2 sekä SFS-käsikirjan 176 mukaisille tuotteiden ominaisuuksille.

2.3 Raudoitteet

Rakenteisiin kohdistuvia vetorasituksia vastaanottamaan käytetään standardin SFS 1215 mukaisia betoniteräksiä tai standardin SFS 1259 mukaisia ruostumattomia teräksiä, jotka ovat ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuselimen varmentamia. Raudoitteet voivat olla myös standardin SFS-EN 845-3 mukaisia ohutsaumaraudoitteita edellyttäen, että niiden vetomurtolujuus, tartunta ja pitkäaikaiskestävyys on varmennettu.

2.4 Muuraussiteet

Kuorimuurin sitomiseen ja tukemiseen käytettävät tarvikkeet tehdään korroosionkestävistä materiaaleista. Niiden tulee kestää kelpoisuuttaan menettämättä lämpötilan vaihteluista johtuvat muodonmuutokset ja muut rasitukset.

Kuorimuurin sitomiseen käytetään ruostumattomasta teräslangasta taivutettuja siteitä tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja nauloja. Alle 5 m:n korkeissa kuorimuureissa voidaan käyttää myös vähintään 50 µm kuumasinkkikerroksella päällystettyjä terässiteitä.

Kuorimuurin sitomiseen voidaan käyttää standardin SFS-EN 845-1 mukaisia muuraussiteitä edellyttäen, että niiden puristuslujuus, vetolujuus, nurjahduslujuus/taivutusjäykkyys ja pitkäaikaiskestävyys on varmennettu.

2.5 Ylituspalkit

Rakenteisiin käytetään varmennetun käyttöselosteen mukaisia esivalmisteisia ylituspalkkeja. Rakenteisiin voidaan myös käyttää standardin SFS-EN 845-2 mukaisia esivalmisteisia ylituspalkkeja edellyttäen, että niiden kantavuus, taipuma, raudoitteen korroosionkestävyys sekä tarvittaessa pakkasenkestävyys ja palonkestävyys on varmennettu.

Selostus:

Muurattujen rakenteiden aukkojen ylityksiin voidaan esivalmisteisten ylituspalkkien ohella käyttää myös kantavina rakenteina mitoitettuja rakennuspaikalla valmistettuja ylituspalkkeja sekä raudoittamattomia luonnonkivikappaleita. Lisäksi aukkojen ylityksiin voidaan käyttää esivalmisteisia teräs-, betoni- ja kevytbetonipalkkeja, jotka on mitoitettu toimimaan kantavina rakenteina ilman muuratun rakenteen liittävaikutusta.

RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

3.1 Suunnitelmat

Suunnitelmissa esitetään käytettävät harkot ja muurauslaastit CE-merkintöjä tai SFS-käsikirjan 176 mukaisia merkintöjä noudattaen. Tavanomaisten rakenteita koskevien tietojen, kuten rakennemittojen, rakenteiden sijainnin ja hyötykuormien lisäksi suunnitelmissa esitetään tarvittavassa laajuudessa:

- raudoitukset, niiden suojaus ja ankkurointi
- muuraussiteiden laatu, muoto, määrä ja sijoitus
- veden- ja kosteudeneristys ja veden poistaminen
- liikuntasaumot, niiden sijainti ja rakenne
- harkkojen limitys
- saumatyyppi ja sauman paksuus
- seinien tuenta
- urat, roilot, syvennykset ja reiät
- työaukot ja -saumat
- erikoisolosuhteita kuten talvimuurausta koskevat lisäohjeet
- työnaikaiset kuormat ja tuenta

3.2 Suunnitteluperusteet

3.2.1 MITOITUSMENETELMÄT

Rakenteet mitoitetaan rajatilamenettelyllä kohdassa 3.3 esitettyjä rakenteellisia ohjeita noudattaen.

Rakenteet suunnitellaan sekä murto- että käyttörajatilat huomioon ottaen.

3.2.2 YLEISET SUUNNITTELU- PERUSTEET

Laskelmissa mittoina käytetään nimellismittoja. Kaikki poikkileikkauksen heikennykset otetaan laskelmissa huomioon. Kohdan 4.2 mukaisen rakosauman ja sisäänvedetyn sauman rajamitat täyttävän sauman mitaksi rakenteen leveyssuunnassa voidaan kuitenkin otaksua rakenteen leveys.

Kun sauman sisäänveto on suurempi tai rakosauman mitat ovat erilaiset kuin kohdassa 4.2, käytetään laskelmissa muuratun rakenteen paksuutena sauman kohdalta mitattua paksuutta.

Muuratun rakenteen pystysaumot voidaan suunnitella laastittomina, jos vaakasuuntaisen taivutus- ja leikkauskestävyyden pienennys otetaan huomioon.

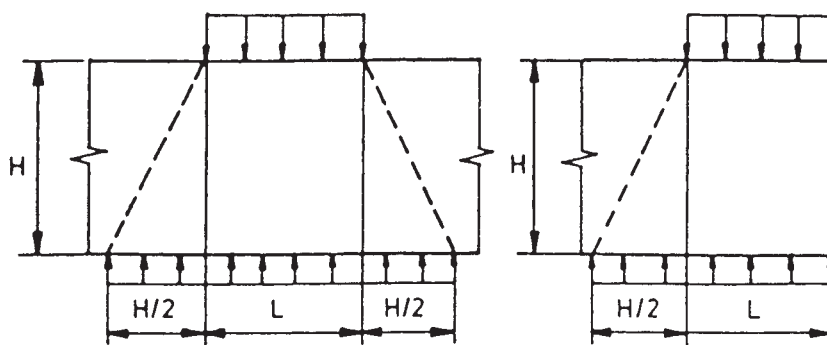
Rakenteiden jännemitoiksi otaksutaan tukien keskiöiden etäisyydet ja seinien ja pilarien korkeudeksi niiden vapaa korkeus. Jännemitoiksi ei kuitenkaan tarvitse otaksua suurempaa arvoa kuin tukien vapaa väli kerrottuna kertoimella 1,05.

Rakenteen taipuman käyttörajatilaa vastaa arvo $L/200$. Jos maanpaineen kuormittaman vaakaraudoitetun seinän jännemitan L ja seinän paksuuden h suhde $L/h \leq 25$, rakenteen katsotaan täyttävän käyttörajatilavaatimuksen, ellei muodonmuutoksille aseta erityisvaatimuksia.

3.2.3 KUORMAT

Rakenteiden laskentakuormat lasketaan niitä koskevien määräysten mukaan.

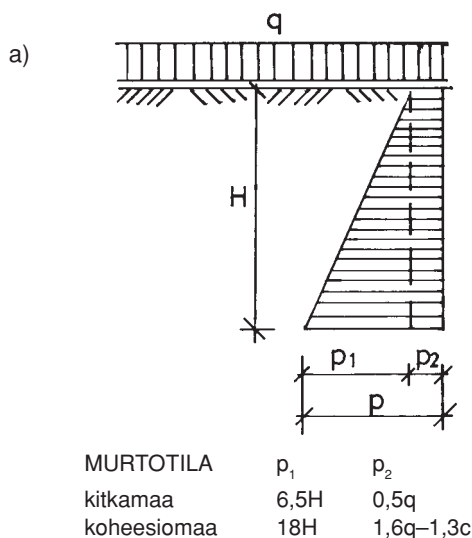
Pystykuormien voidaan olettaa jakautuvan ja siirtyvän muuratuissa seinissä kuvan 1 mukaisesti.



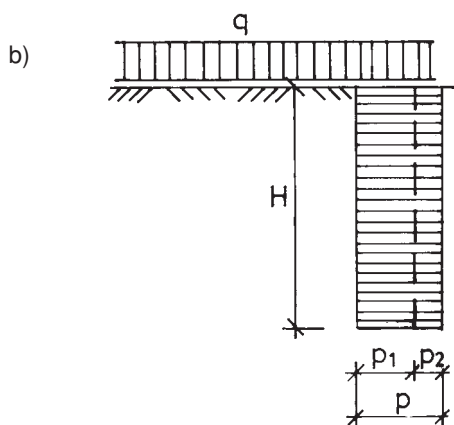
Kuva 1. Pystykuormien jakautuminen seinässä.

Vaakarakenteiden tuilla sekä seinien ja pilarien alapäässä kuormien voidaan otaksua jakautuvan tasan koko tukipinnalle.

Kun vaakarakenteet siirtävät vaakakuormat useammalle jäykistävälle seinälle, kuormien voidaan olettaa jakautuvan jäykistävälle seinille niiden jäykyyksien suhteessa. Tarvittaessa otetaan vaakakuormien jakautumisesta huomioon jäykistävien seinien epäsymmetrinen sijainti.



KÄYTTÖTILA	p_1	p_2
kitkamaa	$5,4H$	$0,3q$
koheesioma	$18H$	$q-2c$



MURTOTILA	p_1	p_2
kitkamaa	$3,3H$	$0,5q$
koheesioma	$9H$	$1,6q-1,3c$
KÄYTTÖTILA	p_1	p_2
kitkamaa	$2,7H$	$0,3q$
koheesioma	$9H$	$q-2c$

Kuva 2.

Maanpainekuorman laskenta. Maanpainekuorman laskenta-arvo on esitetty kuvassa a). Vaakaraudoitetussa seinässä voidaan käyttää myös kuvan b) mukaista kuorman jakautumaa.

Taivutusmomenttien ja leikkausvoimien jakautuminen rakenteissa lasketaan kimmoteorian mukaan. Kun seinärakenteita mitoitetaan tuulikuormalle, voidaan muurattu rakenne laskea käyttäen murtoviivateoriaa. Tarvittaessa otetaan huomioon rakenteen halkeilu ja pakkovoimien aiheuttamat rasitukset.

Jatkuissa rakenteissa voidaan poiketa kimmoteorian mukaisesta taivutusmomenttien jakautumisesta enintään 20 %, kun muut voimasuureet korjataan muuttunutta jakaumaa vastaaviksi.

Tavanomaisella maaperällä maanpaine kuormat lasketaan kuvan 2 mukaisesti. Täyttömaan tiivistämisen vaikutus otetaan tarvittaessa huomioon.

Kuvan merkinnät ovat:

- p_1 on maan painosta aiheutuvan maanpaineen laskenta-arvo (kN/m^2)
- p_2 on pintakuormasta ja koheesiomaassa lisäksi koheesiosta aiheutuvan maanpaineen laskenta-arvo (kN/m^2)
- H on täyttök korkeus (m)
- q on pintakuorma (kN/m^2)
- c on koheesiomaan koheesio (kN/m^2).

3.2.4 MUURIN AINEOMINAISSUUDET

Muurin lujuusominaisuudet määritetään kokeellisesti kohdan 6 mukaisesti tai suunnittelussa käytetään SFS-käsikirjan 176 mukaisille muurauskappaleille ja laasteille esitetystä keskiarvoista/ominaisarvoista muurille määritettyjä ominaisarvoja, joiden käyttäminen edellyttää, että saumat ja limitykset täyttävät kohdassa 3.3.1 esitetyt vaatimukset.

Yleislaastilla tai ohutsaumalaastilla muuratun muurin puristuslujuuden ominaisarvoina käytetään taulukon 1A arvoja kevytsoraharkkoille ja taulukon 1B arvoja höyrykarkaistuille kevytbetoniharkkoille.

TAULUKKO 1A.

Kevytsoraharkkomuurin ominaislujuudet

	Ominaislujuus
Puristus	$f_{ck} = 0,70 f_{qm}$
Taivutuslujuus vaaka-saumojen suuntaisessa murtotasossa, ks. kuva 4, tapaus 1	$f_{xk1} = 0,26 N/mm^2$
Taivutuslujuus vaakasau-mojen suuntaa vastaan kohtisuorassa tasossa, ks. kuva 4, tapaus 2	$f_{xk2} = 0,10 f_{qm}$
Leikkaus	$f_{vk} = 0,06 f_{qm}$

TAULUKKO 1B.

Höyrykarkaistun kevytbetoniharkkomuurin ominaislujuudet

	Ominaislujuus
Puristus	$f_{ck} = 0,70 f_b$
Taivutuslujuus vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa, ks. kuva 4, tapaus 1	$f_{xk1} = 0,26 \text{ N/mm}^2$ ¹
Taivutuslujuus vaakasaumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa tasossa, ks. kuva 4, tapaus 2	$f_{xk2} = 0,10 f_b$ ¹
Leikkaus	$f_{vk} = 0,05 f_b$

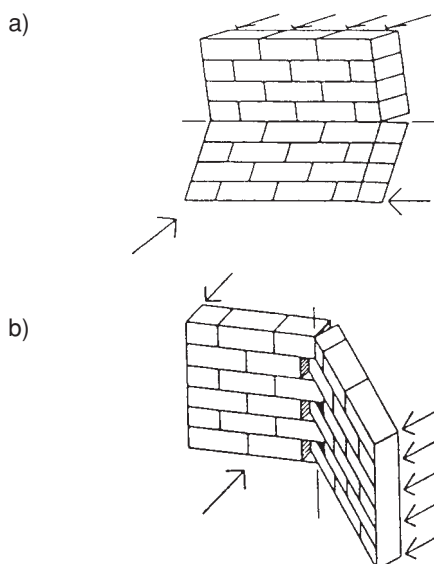
¹ Käytettäessä muurauslaastia M 100/500 tai ohutsaumalaastia, jonka leikkauslujuus (SFS-EN 1052-3) on kevytsoraharkkomuurille vähintään $0,06 f_{qm}$ ja höyrykarkaistulle kevytbetoniharkkomuurille vähintään $0,05 f_b$. Muita laasteja käytettäessä lujuusarvojen on perustuttava erillisiin selvityksiin.

Taulukon merkinnät ovat:

- f_{ck} on muurin puristuslujuuden ominaisarvo
 f_{qm} on valmistajan ilmoittama kevytsorabetonin massan puristuslujuuden keskiarvo
 f_b on valmistajan ilmoittama höyrykarkaistun kevytbetonin normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo
 f_{xk1} on taivutusvetolujuuden ominaisarvo vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa
 f_{xk2} on taivutusvetolujuuden ominaisarvo vaakasaumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa mutta kuitenkin enintään murtotasossa sijaitsevien muurauskappaleiden taivutuskapasiteetti
 f_{vk} on leikkaustuntalujuuden ominaisarvo, ks. SFS-käsikirja 176.

Kun muurauksessa ei käytetä laastia pystysaumoissa, voidaan taulukon 1 puristuslujuuden ominaisarvoja käyttää paitsi silloin kun puristus on kohtisuorassa suunnassa muurauskappaleen päätä vastaan, jolloin laastittomien pystysaumojen vaikutus otetaan huomioon pienennyskertoimella 0,5.

Kun muurauksessa ei käytetä laastia pystysaumoissa, voidaan taulukon 1 taivutusvetolujuuden ominaisarvoja käyttää molemmissa suunnissa, jos symmetrisesti vaakasaumoissa sijaitsevan raudoituksen poikkipinta-ala on yhteensä vähintään 0,03 % muuratun rakenteen poikkileikkauksen pinta-alasta. Jos tämä vaatimus ei täyty, tulee taulukon 1 ominaisarvoja f_{xk2} pienentää kertoimella 0,7.



Kuva 3.

Muurin taivutuslujuus eri suunnissa:

Tapaus 1: Taivutuslujuus vaakasaumojen suuntaisessa murtotasossa.

Tapaus 2: Taivutuslujuus vaakasaumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa.

Raudoitetun muuratun rakenteen leikkauslujuuden ominaisarvona f_{vk} käytetään taulukon 1 arvoja.

Laskettaessa lyhytaikaisen kuormituksen aiheuttamia muodonmuutoksia muuratun rakenteen kimmokertoimelle käytetään arvoa:

$$E_c = 750 f_{qm} \quad \text{kevytsoraharkkoista muuratulle rakenteelle}$$

$$E_c = 750 f_b \quad \text{höyrykarkaistuista kevytbetoniharkkoista muuratulle rakenteelle}$$

missä

f_{qm} on valmistajan ilmoittama kevytsorabetonin massan puristuslujuuden keskiarvo

f_b on valmistajan ilmoittama höyrykarkaistun kevytbetonin normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo.

Laskettaessa pitkäaikaisen kuormituksen aiheuttamia muodonmuutoksia muuratun rakenteen kimmokertoimelle käytetään arvoa:

$$E_{cc} = E_c / (1 + \Phi) \quad (3.1)$$

missä

$\Phi = 2$ kevytsoraharkkoista muuratulle rakenteelle

$\Phi = 1$ höyrykarkaistuista kevytbetoniharkkoista muuratulle rakenteelle.

Muurauksen jälkeiselle kutistumalle sekä muurin kas-
tumisesta ja kuivumisesta johtuvalle kosteusmuodon-
muutokselle käytetään molemmille arvoa 0,6 mm/m
kevytsoraharkoilla ja 0,2 mm/m höyrykarkaistuilla
kevytbetoniharkoilla.

Muuratun rakenteen pituuden lämpötilakertoimelle
voidaan käyttää arvoa $6 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ kevytsoraharkoille
ja höyrykarkaistuille kevytbetoniharkoille.

Raudoituksen ominaislujuutena käytetään alempaa
myötörajaa tai 0,2-rajaa ja kimmokertoimena kyseisen
teraslaadun kimmokerrointa.

3.2.5 RAKENTEIDEN VARMUUS

Kantavien rakenteiden murtorajatilatarkasteluissa las-
kentalujuus saadaan jakamalla materiaalin ominaislu-
juus taulukon 2 mukaisella materiaalin osavarmuus-
luvulla.

TAULUKKO 2.

Materiaalin osavarmuusluvut.

Materiaali	Murtorajatilan materiaa- lin osavarmuusluku
Muurattu rakenne sovel- lettavan SFS-käsikirjan kategorian I muuraus- kappaleista	2,0
Muurattu rakenne sovel- lettavan SFS-käsikirjan kategorian II muuraus- kappaleista	3,0
Raudoitus	1,2

Teräksisten muuraussiteiden materiaalin osavarmuus-
lukuna käytetään raudoituksen varmuuslukua ja ank-
kuroinnin osavarmuuslukuna muuratun rakenteen var-
muuslukua.

Käyttörajatilatarkasteluissa osoitetaan tarvittaessa,
etteivät muodonmuutokset ja halkeamat ylitä raken-
teen käyttökelpoisuudelle asetettuja vaatimuksia tai
ole muutoin haitallisia. Käyttörajatilatarkasteluissa
käytetään materiaalin osavarmuuslukuna arvoa 1,0.

3.2.6 YMPÄRISTÖRASITUKSET

Ulkoilmaa vasten sijaitsevien rakenteiden suunnitte-
lussa tulee ottaa huomioon ympäristörasitukset, joita
ovat lämpötilan ja kosteuden muutoksista aiheutuvat
muodonmuutokset, sade ja tuulenpaine sekä toistu-
vasta jäätymisestä aiheutuva pakkasrasitus. Ulkoiset
rasitukset riippuvat ilmastosta, rakennuksen sijainnis-
ta, muodosta ja korkeudesta sekä rakenteen yksityis-
kohdista.

Viistosaderasitus riippuu ensisijaisesti seinään koh-
distuvasta tuulenpaineesta. Erityistä huomiota sa-
teenpitävyyteen tulee kiinnittää silloin, kun rakennus
on räystäätön, korkea tai sijaitsee avoimella paikalla.
Kuurimuurin saumat muurataan mahdollisimman tii-
viiksi. Seinän suunnittelussa otetaan huomioon, että
kuurimuurin läpi saattaa päästä vettä, ja huolehditaan
veden ulosjohtamisesta.

Pakkasrasitus kohdistuu voimakkaimmin rakenteisiin,
jotka ovat alttiina runsaalle kosteudelle ja joiden läm-
pötilan vaihtelut seuraavat nopeasti ulkoilman läm-
pötilan vaihteluita. Pakkasrasitus otetaan huomioon
muuraustarvikkeiden valinnassa ja rakenteen suun-
nittelussa. Ulkona käytettävien muurauskappaleiden
ja laastin ja niistä muurattujen rakenteiden tulee olla
säänkestäviä. Rakenteet suunnitellaan siten, ettei nii-
hin kerääny haitallisesti vettä muista rakennusosista
ja ne eristetään maakosteudelta.

Normaalissa käytössä raudoitetuissa muuratuissa ra-
kenteissa käytettävälle rakenteelliselle raudoitteelle
voidaan kuvan 5 mukaisia laastikerrosten paksuuksia
pitää asianmukaisena korroosionsuojauksena.

3.3 Rakenteelliset ohjeet

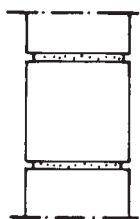
3.3.1 SAUMAT JA LIMITYKSET

Kohdassa 3.2.4 annetut lujuus- ja muodonmuutosomi-
naisuudet koskevat sellaista muuria, joka muurataan
täysin saumoin (kuva 4 a) tai rakosaumoin (kuvan 4 b
vaatimukset täyttäen) ja jonka sauman nimellispak-
suus on enintään 15 mm. Ohutsaumalaastia käytettä-
essä sauman nimellispaksuus saa olla enintään 3 mm
(yleensä sauman nimellispaksuus on 2 mm). Sauma
voi olla muurauskappaleen pinnasta sisäänvedetty
enintään kuvan 4 c mukaisesti.

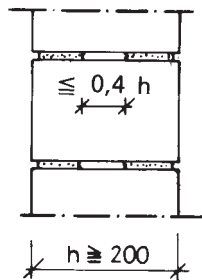
Muuratussa rakenteessa käytetään yleensä ½ kiven
limitystä, johon taivutusvetolujuuden ominaisarvo
vaakasaumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murto-
tasossa perustuu. Erityistapauksissa voidaan poiketa
½ kiven limityksestä, mutta tällöinkin päällekkäisten
muurauskappaleiden porrastus on oltava vähintään
100 mm.

Kun käytetään muuta limitystapaa, paksumpaa sau-
maa tai vajaaksi jätettäviä tai jälkisaumattavia saumo-
ja, muuratun rakenteen heikkeneminen otetaan suun-
nitelmissa huomioon. Seinärakenteet voidaan muurata
laastittomin pystysaumoin, jos rakenteen lujuuden
pieneminen otetaan huomioon kohdassa 3.2.4 esi-
tetyllä tavalla ja rakenne tiivistetään pintakerroksella
käyttökohteen edellyttämällä tavalla.

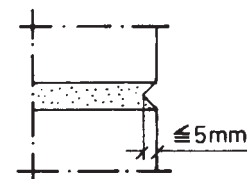
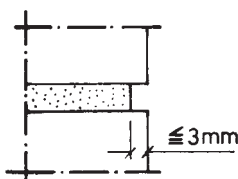
a) täysi sauma



b) rakosauma



c) sauman sisäänveto

**Kuva 4.**

Täysi sauma ja rakosauma.

3.3.2 RUNKORAKENTEET

Rakennuksen runko ja siihen kuuluvat muuratut rakenteet suunnitellaan siten, että saavutetaan riittävä kokonaisvakavuus ja työnaikainen vakavuus. Kohdan 3.4 mukainen muurattujen rakenneosien mitoitus edellyttää, että rakenneosien väliset liitokset siirtävät kaikki vaakavoimat jäykistäville rakenteille. Jäykistävät rakenteet ja liitokset tulee tarkistaa jokaisella tasolla vähintään vaakakuormalle, joka on 0,5 % tasolta siirtyvästä pystykuormasta. Jäykistävinä rakenteina käytetään yleensä levyinä toimivia väli- ja yläpohjia ja poikittaisia seiniä tai ristikko- ja kehärakenteita. Runkoon kuuluvat seinät limitetään toisiinsa tai sidotaan toisiinsa raudoituksella.

Kantavan tai jäykistävän seinän tehollinen nimellispaksuus t_e (ks. kaavat 3.5 tai 3.6) on vähintään 100 mm.

Mitoitushoikkuuden tulee täyttää ehdon:

$$H_o / t_e \leq 30 \quad (3.2)$$

missä

H_o on nurjahduspituus

t_e on rakenteen tehollinen paksuus.

3.3.3 ULKOSEINÄT

Kuorimuuri tuetaan ja sidotaan rakennuksen runkoon siten, että lämpötilan ja kosteuden vaihteluista aiheutuvat muodonmuutokset eivät vaurioita rakennetta. Kuorimuuri jaetaan liikuntasaumoin sellaisiin osiin, että muodonmuutokset eivät aiheuta haitallisia halkeamia. Liikuntasaumot sijoitetaan niihin kohtiin, joissa muurin vapaa liikkuminen estyy, kuten nurkkiin, tai kohtiin, joissa halkeilu on todennäköistä esimerkiksi poikkileikkauksen muuttumisen tai heikennysten takia. Paikallisesti halkeilua voidaan rajoittaa myös raudoituksella. Kuorimuurin eri korkeudelta kannatetut tai epäjatkuihin rakenteisiin tuetut osat erotetaan pystysuuntaisin liikuntasaumoin.

Kuorimuuri sidotaan muuraussitein rakennuksen runkoon. Jos kuorimuurin jäykistävää vaikutusta käytetään hyväksi kantavan seinän mitoituksessa tai jos rakoseinä mitoittetaan tuulikuormille jakamalla kuormaa kummallekin kuorelle, siteiden vähimmäismäärä on yleensä 4 kpl/m² koko seinäpinnalla.

Ulkoseinä suunnitellaan siten, ettei sadevesi pääse haitallisesti tunkeutumaan seinään tai seinän läpi. Aukkojen pielet, liittyminen muihin rakennusosiin ja tuuletusaukot suunnitellaan niin, että vesi ei niiden kautta pääse tunkeutumaan seinään. Ulkoseinien liittyminen ikkuna- ja oviaukkoihin, väli- ja yläpohjiin ja perustuksiin suunnitellaan sellaiseksi, että kuorimuurin läpi mahdollisesti tunkeutunut vesi kulkeutuu ulos vahinkoa tuottamatta.

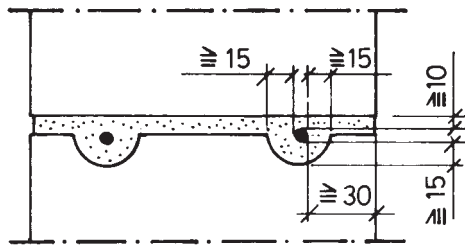
3.3.4 EI-KANTAVAT VÄLISEINÄT

Ei-kantavat väliseinät tuetaan siten, että saavutetaan riittävä vakavuus vaakakuormille. Seinien suunnittelussa otetaan huomioon vaakarakenteiden mahdolliset taipumat.

3.3.5 RAUDOITETUT RAKENTEET

Raudoitteet sijoitetaan vaakasaumoihin, muurauskappaleiden vaakasaumojen uriin tai erikoismuurauskappaleista muodostettuihin kouruihin. Laastin puristuslujuusluokan tulee olla vähintään M 7,5 ulkona olevissa rakenteissa ja vähintään M 5 sisätiloissa. Raudoitteen etäisyyden rakenteen pinnasta tulee olla vähintään 15 mm sisätiloissa tai kun käytetään ruostumattomasta teräksestä valmistettuja raudoitteita, muulloin 30 mm.

Raudoitteet voidaan sijoittaa kouruun tai uraan siten, että raudoitetta ympäröivän laastikerroksen paksuus on vähintään 15 mm, kuitenkin 10 mm kuvan 5 esittämässä tapauksessa.



Kuva 5.

Raudoitustankojen sijoittaminen muurattuihin rakenteisiin.

Raudoituksen limijatkoksia on syytä välttää suurimpien taivutusmomenttien alueilla. Limijatkoksen pituus on vähintään $90 \varnothing$, missä $\varnothing$ on raudoitustangon halkaisija, ellei luotettavilla selvityksillä muuta osoiteta.

Palkkirakenteissa poikkileikkauksen tehollinen korkeus on enintään $1/2$ jännemitasta ja enintään 10 kertaa palkin leveys.

3.3.6 RAKENTEIDEN MUODONMUUTOKSET

Muurattu rakenne, liitokset ja liikuntasaumot suunnitellaan siten, että kuormien, lämpötilan ja kosteuden muutoksien aiheuttamat muodonmuutokset ja halkeamat eivät ole haitallisia rakenteen toiminnalle tai vaurioita liittyviä rakenteita.

3.4 Rakenteiden mitoitus

3.4.1 KANTAVAT PYSTYRAKENTEET

3.4.1.1 Yleistä

Kantavia pystyrakenteita kuormittaa niiden pysty akselin suuntainen kuorma ja mahdollinen vaakakuorma. Raudoittamattomat muuratut seinät ja pilarit mitoitetaan homogeenisinä ja vetoa kestävämmä. Raudoittamattomat muuratut seinät ja pilarit voidaan mitoittaa olettamalla ne taivutuskestäviksi vain mitoitettaessa niitä tuulikuormille tai vastaavanlaisille lyhytaikaisille kuormille.

Mitoituksessa otetaan huomioon kuorman epäkeskisyys ja rakenteen hoikkuus. Seiniä ja pilareita tarkastellaan erillisinä rakennusosina otaksumalla tuentatapa nivelelliseksi tai otaksumalla tuentatapa osittain tai täysin kiinnitetyksi (esim. kehärakenteiden osina).

Kun seinät ja pilarit kiinnittyvät vaakarakenteisiin, niitä voidaan tarkastella myös kehärakenteen osina

ja käyttää rakenteiden mitoituksessa tässä ohjeessa esitettyjä likimääräismenetelmiä tarkempia laskentamenetelmiä. Tällöin pystykuormien epäkeskisyys lasketaan kiinnitysmomenttien avulla ja nurjahduspituutena H_0 käytetään yleensä vähintään 0,75-kertaista rakenteen vapaata korkeutta.

3.4.1.2 Puristuskestävyys

Muuratun seinän ja pilarin puristuskestävyys N_u lasketaan kaavalla:

$$N_u = \frac{1 - 2 e_d/t}{1 + 0,001 (H_0/t_e)^2} A_c f_{cd} \quad (3.3)$$

missä

e_d on normaalivoiman ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden laskenta-arvo

H_0 on nurjahduspituus

t on rakenteen paksuus

t_e on rakenteen tehollinen paksuus

A_c on muuratun rakenteen nettopoikkileikkausala

f_{cd} on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo.

Normaalivoiman ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden laskenta-arvo e_d lasketaan kaavalla:

$$e_d = 0,05 t_e + e_0 \quad (3.4)$$

missä

e_0 on normaalivoiman alkuperäinen epäkeskisyys.

Kun rakenteen sivusiirtymä on estetty, voidaan nurjahduspituutena H_0 käyttää rakenteen vapaata korkeutta. Kun seinä on tuettu esim. poikittaisella seinällä toiselta tai molemmilta sivuilta, nurjahduspituus H_0 lasketaan kertomalla vapaa korkeus H kertoimella k_h , joka saadaan taulukosta 3, jossa L on seinän vaakasuora pituus.

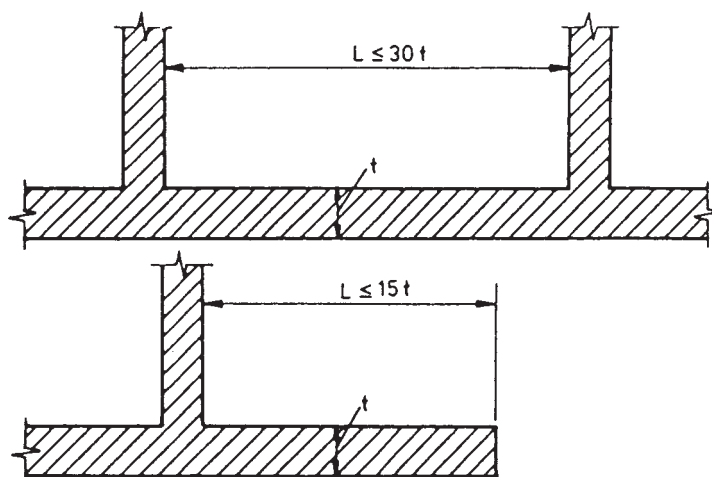
TAULUKKO 3.

Kerroin k_h .

L/H	k_h	
	Molemmat sivut tuettu ¹⁾	Toinen sivu tuettu ²⁾
0,3	0,2	0,5
0,5	0,3	0,7
1,0	0,6	0,9
1,5	0,8	1,0
2,0	0,9	1,0

¹⁾ $L \leq 30 t_e$

²⁾ $L \leq 15 t_e$



Kuva 6.
Seinän tuenta.

Tehollinen paksuus t_e on yksinkertaisella seinällä sen nimellispaksuus ja pilarilla sen pienempi sivumitta. Rakoseinillä, jotka on sidottu toisiinsa tasan koko seinäpinnalle jaetuilla muuraussiteillä siirtäen seinän taipumasta syntyvät vaakavoimat, tehollinen paksuus lasketaan kaavasta:

$$t_e = \sqrt[3]{(t_1^3 + t_2^3)} \quad (3.5)$$

missä

t_1 ja t_2 ovat rakoseinän seinämien paksuudet.

Mielivaltaiselle poikkileikkaukselle tehollinen paksuus t_e lasketaan kaavalla:

$$t_e = \sqrt[3]{12 i} \quad (3.6)$$

missä

i on jäyhyysäde tarkasteltavassa suunnassa.

3.4.1.3 Yhdistetty puristus- ja taivutuskestävyys

Ellei käytetä tarkempia mitoitusmenetelmiä, riittää seuraavien ehtojen tarkistaminen kun käytetään kriittisintä normaalivoiman ja taivutusmomentin kuormitusyhdistelmää:

a) Kun puristettua muurattua rakennetta rasittaa normaalivoiman epäkeskisyyttä lisäävä taivutusmomentti, tarkistetaan ehto:

$$N_u \geq N_d + 2 \cdot (A_c/t) \cdot (M_d/N_d) f_{cd} \quad (3.7)$$

missä

N_u on muuratun rakenteen puristuskestävyys kohdan 3.4.1.2 mukaisesti

N_d on normaalivoiman laskenta-arvo

M_d on normaalivoiman epäkeskisyyttä lisäävän taivutusmomentin laskenta-arvo

A_c on muuratun rakenteen nettopoikkileikkausala

t on rakenteen paksuus

f_{cd} on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo.

b) Kun tuulikuormasta aiheutuvan taivutusmomentin lisäksi muurattua rakennetta rasittaa normaalivoima, joka on enintään 50 % kohdan 3.4.1.2 mukaisesta puristuskestävyydestä, tarkistetaan ehto:

$$M_u \geq M_d + (e_d - t/6) \cdot N_d \quad (3.8)$$

missä

M_u on rakenteen taivutuskestävyys kohdan 3.4.2 mukaisesti

M_d on tuulikuormasta aiheutuvan taivutusmomentin laskenta-arvo ($\leq 0,5 N_d$)

N_d on normaalivoiman laskenta-arvo ($\leq 0,5 N_u$)

N_u on muuratun rakenteen puristuskestävyys kohdan 3.4.1.2 mukaisesti

e_d on normaalivoiman ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden laskenta-arvo

t on rakenteen paksuus.

3.4.2 SIVUTTAISKUORMITETUT SEINÄT

Kun seinää kuormittaa pääasiassa sen tasoa vastaan kohtisuora sivuttaiskuorma, taivutusmomenttien jakautuminen voidaan laskea ortotrooppisen laatan kimboteoriaa tai murtoviivateoriaa soveltaen. Seinät mitoitetaan siten, etteivät laskentakuormien aiheuttamat taivutusmomentit ylitä taivutuskestävyyttä tarkasteltavassa suunnassa.

Kun muurattua rakennetta kuormittaa tuulen aiheuttama vaakakuorma, rakenteen taivutuskestävyys pystysuunnassa lasketaan kaavasta:

$$M_u = (f_{xd1} + \sigma_c) W \quad (3.9)$$

missä

f_{xd1} on taivutusvetolujuuden laskenta-arvo vaakasau-
mojen suuntaisessa murtotasossa

σ_c on pystykuorman aiheuttama puristusjännitys,
joka lasketaan pysyvistä kuormista käyttäen var-
muuslukua 0,9

W on poikkileikkauksen taivutusvastus.

Taivutuskestävyys vaakasuunnassa lasketaan kaa-
vasta:

$$M_u = f_{xd2} W \quad (3.10)$$

missä

f_{xd2} on taivutusvetolujuuden laskenta-arvo vaakasau-
mojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasos-
sa mutta kuitenkin enintään murtotasossa sijait-
sevien muurauskappaleiden taivutuskapasiteetin
mitoitusarvo

W on poikkileikkauksen taivutusvastus.

Rakoseinillä tuulikuorman voidaan olettaa jakautuvan
seinille niiden jäykkyysien suhteessa, kun muuraus-
siteet jaetaan koko seinäpinnalle ja mitoitetaan tuulen
paineelle ja imulle.

Kun seinärakenne on vaakasuunnassa jatkuva ja sei-
nän pituuden ja paksuuden suhde L/t on enintään 25,
sen voidaan olettaa toimivan vaakasuuntaisena kaare-
na. Seinän taivutuskestävyys voidaan laskea kaavalla:

$$M_u = 0,10 f_{cd} t^2 H \quad (3.11)$$

missä

f_{cd} on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo

t on seinän paksuus

H on tarkasteltavan seinän osan vapaa korkeus.

Kun seinärakenne on tuettu koko ylä- ja alapinnaltaan,
seinän hoikkuus H/t on enintään 20 ja seinää kuormit-
taa samanaikainen pystykuorma, sen voidaan olettaa
toimivan pystysuuntaisena kaarena. Jos normaalivoi-
man laskenta-arvosta koko poikkipinta-alalle laskettu
puristusjännitys on enintään 0,2-kertainen laskentapu-
ristuslujuus, seinän taivutuskestävyys voidaan laskea
kaavalla:

$$M_u = 0,3 t N_d \quad (3.12)$$

missä

t on seinän paksuus

N_d on normaalivoiman laskenta-arvo (lasketaan py-
syvistä kuormista käyttäen kuorman osavarmuus-
lukua 0,9).

3.4.3 JÄYKISTÄVÄT SEINÄT

Jäykistäviä seiniä kuormittaa niiden tason suuntainen
vaakakuorma ja mahdollinen pystykuorma. Seinät mi-
toitetaan vaakakuormien aiheuttamalle leikkaukselle
ja pystykuormalle.

Muuratun rakenteen leikkauskestävyys V_u vaakasau-
mojen tasossa lasketaan kaavalla:

$$V_u = A_{cc} f_{vd} + \mu N_d \leq 1,5 A_{cc} f_{xd2} \quad (3.13)$$

missä

N_d on leikkautumistasoa vastaan kohtisuorassa suun-
nassa vaikuttava normaalivoiman laskenta-arvo
(lasketaan pysyvistä kuormista käyttäen kuorman
osavarmuuslukua 0,9)

A_{cc} on nettopoikkileikkauksen pinta-ala, josta on vä-
hennetty vedetty osuus

f_{xd2} on valmistajan ilmoittama taivutusvetolujuuden
laskenta-arvo vaakasau-
mojen suuntaa vastaan
kohtisuorassa murtotasossa mutta kuitenkin
enintään murtotasossa sijaitsevien muurauskap-
paleiden taivutuskapasiteetin mitoitusarvo

μ on 0,3 kun muurauskappaleiden nimelliskuiva-
tiheys on $< 500 \text{ kg/m}^3$ ja 0,5 kun muurauskappa-
leiden nimelliskuivatiheys on $\geq 500 \text{ kg/m}^3$.

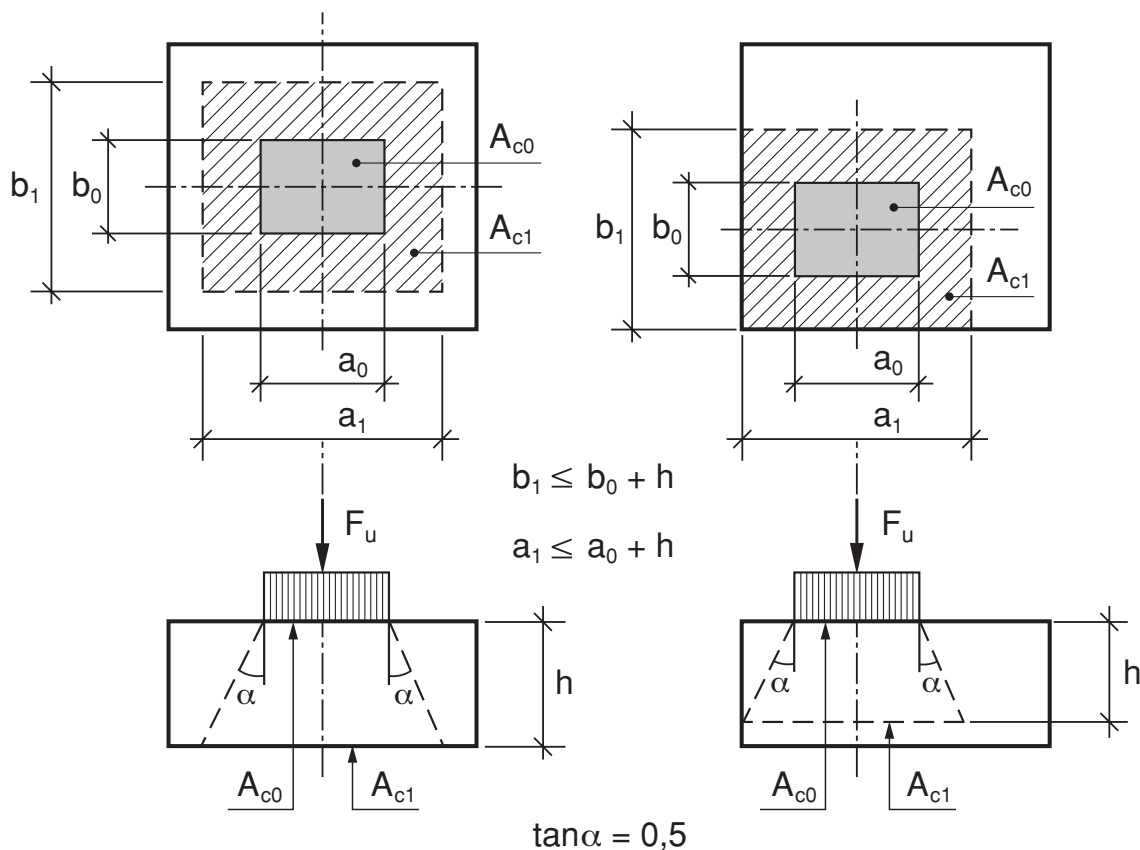
Tarvittaessa otetaan huomioon seinän liukuminen kos-
teuseristeen päällä.

Jäykistävän seinän puristuskestävyys lasketaan koh-
dan 3.4.1 mukaisesti ottamalla huomioon seinän tason
suuntainen kuorman epäkeskisyyys.

3.4.4 PAIKALLINEN PURISTUSKESTÄVYYS

Kun puristava voima kuormittaa vain osaa muura-
tun rakenteen pinnasta, voidaan rakenteen pinnassa
puristuslujuuden laskenta-arvona käyttää korotettua
arvoa, jos on olemassa edellytykset puristusrasituk-
sen jakaantumiseksi alkuperäistä pintaa suuremmalle
alalle.

Kuorman oletetaan jakaantuvan kuvan 7 mukaisesti
siten, että $\tan \alpha = 0,5$.



Kuva 7. Paikallinen puristus.

Paikallinen puristuskkestävyys N_{Ru} lasketaan kaavalla:

$$N_{Ru} = A_{co} f_{cd} \sqrt[3]{(A_l/A_{co})} \leq k A_{co} f_{cd} \quad (3.14)$$

missä

A_{co} on kuormitetun pinnan ala

A_l on kuormituksen jakaantumispinnan ala

f_{cd} on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo

k on 1,5 kun muurauskappaleiden nimelliskuivatiheys on $\leq 500 \text{ kg/m}^3$ ja 2,0 kun muurauskappaleiden nimelliskuivatiheys on $> 500 \text{ kg/m}^3$.

Kaavan käytön edellytyksenä on (ks. kuva 7), että:

- jakaantumispinnan painopisteen tulee olla kuormittavan voiman vaikutussuoralla;
- kuormitetun pinnan ja jakaantumispinnan välillä ei rakenteessa saa olla heikennyksiä.

3.4.5 RAUDOITETUT MUURATUT RAKENTEET

3.4.5.1 Mitoitusperusteet

Raudoituksella voidaan lisätä muuratun rakenteen taivutus- ja vetokestävyyttä ja estää rakenteen hauras murtuminen. Raudoituksen toiminta ja raudoitetun rakenteen ominaisuudet riippuvat muurauskivien, laastin ja raudoitteen aineominaisuuksien lisäksi näiden välisestä tartunnasta sekä raudoituksen korroosiosuojasta.

Raudoitusta käytetään yleensä palkkirakenteissa muurin aukkojen yläpuolella ja sivuttaiskuormitetuissa, laattana toimivissa seinissä. Tällöin rakenteet mitoitetaan taivutusmomentille, leikkausvoimalle ja näiden aiheuttamalle raudoituksen ankkurointivoimalle.

3.4.5.2 Taivutuskkestävyys

Raudoitetun muuratun rakenteen (ks. kuva 8) taivutuskkestävyys M_u lasketaan kaavalla:

$$M_u = 0,85 A_s d f_{yd} \leq \alpha f_{cd} b d^2 \quad (3.15)$$

missä

A_s on vetoraudoituksen poikkileikkausala

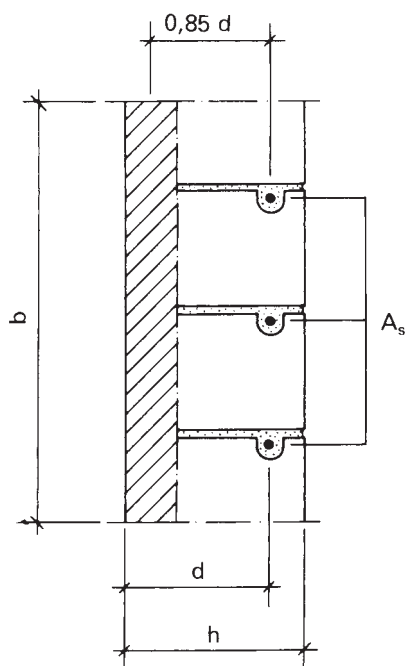
b on poikkileikkauksen leveys

d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus

f_{cd} on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo tarkasteltavassa suunnassa

f_{yd} on teräksen laskentalujuus

α on 0,4 kun sekä vaaka- että pystysaumoissa käytetään laastisaumaa ja 0,3 kun vain raudoituksen suuntaisissa saumoissa käytetään laastisaumaa.



Kuva 8.

*Vaakaraidoitettun muuratun seinän poikkileikkaus-
arvot taivutuksessa.*

3.4.5.3 Leikkauskestävyys

Taivutusraudoitetun muuratun rakenteen leikkauskestävyys V_u lasketaan kaavalla:

$$V_u = 1,4 \cdot \beta_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{xd2} \quad (3.16)$$

missä

b on poikkileikkauksen leveys

d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus

f_{xd2} on valmistajan ilmoittama taivutusvetolujuuden laskenta-arvo vaakasaumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa mutta kuitenkin enintään murtotasossa sijaitsevien muurauskappaleiden taivutuskapasiteetin mitoitusarvo

β_1 on kerroin, joka on esitetty taulukossa 4.

Leikkauskestävyyttä tarkistettaessa voidaan laskenta-kuormat, joiden etäisyys tuen reunasta on pienempi kuin $2d$, kertoa luvulla $0,5 \cdot a/d$.

TAULUKKO 4.

Kerroin β_1

Harkkotyyppi	β_1	
	Vaaka- ja pysty-laastisauma	Vain raudoituksen suuntainen laastisauma
Umpiharkko	1,0	0,7
Reikäharkko	0,4	0,3

3.4.5.4 Ankkurointikestävyys

Raudoitteen vetorasitus tarkasteltavassa poikkileikkauksessa on tarkasteltavan kohdan taivutusmomentin ja leikkausvoiman aiheuttamien rasitusten summa, joka tarkistetaan kaavalla:

$$F_{bu} \geq V_d + M_d / (0,85 d) \quad (3.17)$$

missä

V_d on poikkileikkauksen leikkausvoiman laskenta-arvo

M_d on poikkileikkauksen taivutusmomentin laskenta-arvo

d on poikkileikkauksen tehollinen korkeus.

Raudoitteen vetovoimaa ei kuitenkaan tarvitse otaksua taivutusmomentin kannalta määräävissä leikkauksissa esiintyviä arvoja suuremmaksi.

Suoran harjatangon ankkurointikestävyys F_{bu} lasketaan kaavalla:

$$F_{bu} = f_{bu} u_s l_b \quad (3.18)$$

missä

f_{bu} on ankkurointilujuuden laskenta-arvo, joka on harjatangoilla (A500HW ja B600KX) $1,5 \text{ N/mm}^2$ muurauslaastilla, jonka puristuslujuusluokka on vähintään M 7,5

ja

$1,0 \text{ N/mm}^2$ muurauslaastilla, jonka puristuslujuusluokka on vähintään M 5

u_s on raudoitustangon ympärysmitta

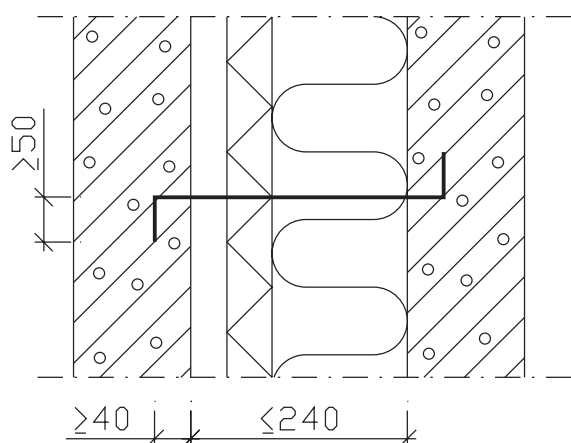
l_b on ankkurointipituus

($\geq 10 \varnothing$ jossa $\varnothing$ on tangon halkaisija).

Kuorimuurin muuraussiteet mitoitetaan tuulenpaineen ja imun aiheuttamalle puristukselle ja vedolle. Kuvan 9 mukaisesti ankkuroidun ruostumattomasta tai kuumasinkitystä teräksestä valmistetun, halkaisijaltaan 4 mm muuraussiteen vetokestävyytenä käytetään laskenta-arvoa 0,8 kN ja puristuskestävyytenä laskenta-arvoa 0,4 kN, kun laastin puristuslujuusluokka on vähintään M 5.

Muiden muuraussidetyyppien veto- ja puristuskestävyys määritetään standardin SFS-EN 845-1 mukaisesti.

Muuraussiteiden ankkurointi muihin kuin muurattuihin rakenteisiin suunnitellaan kyseisiä rakenteita ja käytettävää sidetyyppiä koskevien ohjeiden mukaan.



Kuva 9.

Esimerkki kuorimuurin muuraussiteestä

Muuraussiteiden suunnittelussa otetaan huomioon kuorimuurin toistuvat lämpö- ja kosteusliikkeet. Molemmista päistään kiinnitettyjen terässiteiden katsotaan kestävän muodonmuutosrasitukset, jos niiden vapaa pituus on:

$$l \geq \sqrt{(0,2 \cdot \sigma_d \cdot H)} \quad (3.19)$$

missä

l on muuraussiteen vapaa pituus

σ_d on muuraussiteen halkaisija

H on kuorimuurin korkeus.

Jos muuraussiteen pituus on tätä pienempi, käytetään pystysuuntaisen liikkeen sallivaa kiinnitystä.

RAKENTEIDEN VALMISTUS

4.1 Yleistä

Muurattu rakenne tehdään piirustusten ja muiden rakennusasiakirjojen mukaisesti.

4.2 Muuraustyön johtaminen

Muuraustyöstä vastaavalla henkilöllä tulee olla tehtävään riittävä koulutus, taito ja kokemus. Hän pitää huolta suunnitelmien noudattamisesta ja työn laadusta rakennustyön eri vaiheissa.

4.3 Muuraustarvikkeiden säilytys työmaalla

Muuraustarvikkeet säilytetään siten, että ne pysyvät käyttökelpoisina. Ne suojataan sateelta, maakosteudelta, lialta ja muilta vahingollisilta vaikutuksilta. Lisäksi huolehditaan siitä, etteivät eri laadut sekoitu keskenään.

4.4 Muuraus

4.4.1 LIMITYS

Ellei suunnitelmissa toisin mainita, päällekkäiset muurauskappaleet limitetään toisiinsa yleensä 1/2 kiven limityksellä.

4.4.2 SAUMAT

Rakenteet muurataan täysin saumoin (kuva 4 a) tai rakosaumoin (kuva 4 b) tai suunnitelmien mukaisin erikoissaumoin. Rakosaumaa käytetään vain rakenteissa, joiden paksuus on vähintään 200 mm. Sauma voi olla muurauskappaleen pinnasta sisään vedetty enintään kuvan 4 c mukaisesti, ellei piirustuksissa toisin mainita. Vaaka- ja pystysaumojen nimellispaksuus on yleislaastia käytettäessä 10 mm ja ohutsaumalaastia käytettäessä 2 mm, ellei suunnitelmissa toisin mainita. Sään rasitukselle alttiissa ja runkorakenteisiin kuuluvissa rakenteissa kiinnitetään erityistä huomiota saumojen tiiveyteen.

Kun laastiin lisätään työmaalla lisäaineita, tulee rakennuspaikalla olla laastin valmistusta ja käyttöä koskeva ohje.

4.4.3 MUURAUSSITEIDEN JA RAUDOITTEIDEN SJOITTAMINEN RAKENTEISIIN

Muuraussiteet ja raudoitteet sijoitetaan rakenteisiin suunnitelmissa merkittyihin kohtiin siten, että kohdisa 3.3.5 ja 3.4.6 annetut vaatimukset täytetään.

4.4.4 TYÖN TARKKUUS

Seinän ja pilarin ylä- ja alapään keskipisteiden yhdyslinja saa poiketa pystysuorasta enintään $H/150$ ja yhdyslinjasta mitattu käyryys saa olla enintään $H/250$, missä H on rakenteen vapaa korkeus.

Tuilla saa seinän ja pilarin vaakasuora poikkeama suunnitellusta keskilinjasta olla enintään $t/20$, missä t on muuratun rakenteen paksuus.

4.4.5 MUURAUKSEN YKSITYISKOHTIA

Uria, roiloja ja syvennyksiä, joiden syvyys ylittää 20 mm ja leveys 50 mm, saadaan tehdä vain piirustuksissa esitetyllä tavalla.

4.4.6 TALVIMUURAUS

Talviolosuhteiden katsotaan vallitsevan, kun ilman lämpötila ajoittainkin laskee alle $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tällöin työn suoritukseen, rakennustarvikkeiden säilytykseen ja varastointiin, työn järjestelyyn sekä muuratun rakenteen suojaamiseen kiinnitetään erityistä huomiota. Muuraukappaleet eivät saa olla märkiä, jäisiä tai lumisia. Tarvittaessa ne voidaan lämmittää.

Talviolosuhteissa käytetään talviolosuhteisiin tarkoitettuja muurauslaasteja. Muurauslaastissa ei saa olla jääpaloja eikä jäisiä osa-aineita. Tarvittaessa muurauslaastin sekoitukseen käytetään lämmitettyä vettä. Lämpimiä muurauslaasteja käytettäessä tulee ottaa huomioon laastin nopea jäykistyminen. Valmiin muurauslaastin lämpötila ei saa ylittää $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja laastin sekoituksessa käytettävän veden lämpötila ei saa ylittää $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Mikäli muurauksessa käytetään erityisesti talvimuuraukseen kehitettyjä muurauslaasteja, tulee laastin valmistajan esittää ohjeet laastin käytöstä pakasrajoineen. Ohjeiden tulee perustua tutkimustuloksiin laastin toimivuudesta talviolosuhteissa.

Talviolosuhteissa muuraustyö tehdään ja rakenne suojataan siten, että muurauslaastin lämpötila pysyy niin kauan $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:n yläpuolella, ettei veden jäätyminen enää vaurioita laastia tai laastin ja muuraukappaleen välisiä tartuntaa.

Muurauslaasti saa jäätyä vasta kun muuraukappaleen imu on pienentänyt laastin vesipitoisuuden riittävän alhaiseksi tai kun laasti on kovettunut niin pitkään, että se on saavuttanut riittävän lujuuden ennen jäätymistä.

Muuraussementtilaasteilla jäätyminen kannalta riittävän pieneksi vesipitoisuudeksi voidaan katsoa 6 % kuivapainosta. Veden imeytyminen muurauslaastista muuraukappaleisiin selvitetään kokeellisesti tai muulla luotettavalla tavalla. Rakenteen sulaessa muurin lujuudeksi saa olettaa enintään 40 % laskentalujuudesta.

Muuraussementtilaastien voidaan katsoa saavuttaneen jäätyminen kannalta riittävän lujuuden vesimäärästä riippumatta kun ne ovat kovettuneet yli $0\text{ }^{\circ}\text{C}$:een lämpötilassa vähintään 3 vuorokautta. Muurauslaastin lämpötilaa seurataan luotettavalla tavalla. Rakenteen sulaessa muurin lujuudeksi saa olettaa enintään 60 % laskentalujuudesta.

4.4.7 RAKENTEEN TYÖNAIKAINEN SUOJAAMINEN

Muurattu rakenne suojataan työnaikaisilta vahingollisilta rasituksilta ja likaantumiselta. Vahingollinen rasitus voi olla esim. vastamuuratun rakenteen kastuminen sateen, lumen, sulamisveden sekä betonirakenteiden valun ja kastelun vaikutuksesta tai liian nopea tai epätasainen kuivuminen ja lämpiäminen.

4.4.8 RAKENTEEN KUORMITTAMINEN

Muotit ja tuet tehdään niin, ettei muuratuissa rakenteissa tapahdu haitallisia muodonmuutoksia. Tukirakenteet saa purkaa ja rakennetta kuormittaa vasta, kun muurattu rakenne on saavuttanut riittävän lujuuden. Rakenteen lujuutta voidaan arvioida laastin lujuuden kehittymisen perusteella. Kovettumisnopeus riippuu veden imeytymisestä muuraukappaleisiin ja lämpötilasta.

Riittävän lujuuden kehittymiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota talviolosuhteissa.

LAADUNVALVONTA

5.1 Yleistä

Muurattujen rakenteiden kelpoisuuden varmistamiseksi valvotaan rakenteiden ja niihin käytettävien rakennustarvikkeiden laatua.

5.2 Aineiden ja tarvikkeiden laadunvalvonta

Aineiden ja tarvikkeiden laadunvalvonta käsittää muuraukappaleiden, muurauslaastien ja niiden osa-aineiden sekä raudotteiden ja muiden tarvikkeiden valmistajan ja käyttäjän suorittaman laadunvalvonnan.

Aineiden ja tarvikkeiden valmistaja valvoo tuotteiden laatua (ks. luku 2):

- SFS-käsikirjan 176 soveltamisalan mukaisille tuotteille ko. käsikirjan edellyttämällä tavalla
- SFS-EN tuotestandardin mukaisille tuotteille CE-merkinnän edellyttämällä tavalla
- muille tuotteille ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuselimen antamien ohjeiden mukaisesti.

Rakennuspaikalla rakennustarvikkeet tarkastetaan silmämääräisesti ja varmistetaan, että ne vastaavat suunnitelmia ja että niiden kelpoisuus kohdan 6 mukaisesti täyttyy. Tuotteissa ja pakkauksissa olevat valmistusmerkinnät otetaan talteen.

5.3 Rakenteiden valmistuksen valvonta

Rakenteiden valmistuksen valvonta käsittää työn valvonnan sekä mahdolliset ennakkokokeet ja työnaikaiset kokeet.

Muuraustyöstä vastaava henkilö valvoo, että muuraustyö tehdään riittävällä ammattitaidolla kohdassa 4 annettujen ohjeiden ja suunnittelijan antamien ohjeiden mukaisesti.

Muuratun rakenteen lujuusominaisuudet selvitetään ennakkokokein, jos käytetään SFS-käsikirjasta 176 poikkeavia muuraukappaleita tai muurauslaasteja taikka laastin lisäaineita, joiden ominaisuuksia ei tunneta tai jos käytetään rakenteiden mitoituksessa tästä ohjeesta poikkeavia mitoitusarvoja. Ennakkokokeet tehdään kohdan 7 mukaisesti. Ennakkoon selvitetään tarvittaessa myös muuratun rakenteen muut ominaisuudet, kuten säänkestävyys ja kosteustekninen toiminta. Ennakkokokeiden koekappaleet tehdään käytettäväksi aiotuista rakennustarvikkeista. Ennakkokokeita täydennetään tarvittaessa työnaikaisilla kokeilla.

6

RAKENTEIDEN KELPOISUUS

Muurattujen rakenteiden kelpoisuus osoitetaan aineista ja tarvikkeista, suunnittelusta ja rakenteiden valmistuksesta näissä ohjeissa edellytetyn aineiston perusteella. Kelpoisuuden osoittaminen voi perustua myös ennakkokokeista ja näitä täydentävistä työnaikaisista kokeista käytettävissä olevaan aineistoon.

Aineiden ja tarvikkeiden kelpoisuus katsotaan yleensä hyväksyttäväksi, jos

- ne ovat luvussa 2 esitettyjen vaatimusten mukaisia ja
- ei ole ilmennyt syytä epäillä aineiden ja tarvikkeiden laatua.

Muussa tapauksessa kelpoisuus arvostellaan rakennuspaikalta otetuista näytteistä hyväksytyssä koetuslaitoksessa tehtyjen kokeiden perusteella. Näytteet otetaan ja kokeet tehdään SFS-käsikirjan 176 edellyttämällä tavalla siinä laajuudessa kuin valmistettavan rakenteen kannalta arvioidaan tarkoituksenmukaiseksi.

Rakenteissa käytettävien muuraussiteiden osalta riittää yleensä, että ne tarkastetaan silmämääräisesti ja todetaan niiden täyttävän kohdan 2.4 mukaiset edellytykset.

MUURIN LUJUUS- OMINAISUUKSIEN KOKEELLINEN MÄÄRITTÄMINEN

7.1 Yleistä

Rakenteiden suunnittelussa käytettävät muurin lujuusominaisuudet voidaan määrittää muuratuilla koe-kappaleilla. Kokeet voidaan tehdä yhtä laastin koostumusta, muurauskappaleen tyyppiä ja muuraustapaa koskien tai laajempina soveltuvuuskokeina.

7.2 Kokeiden määrä

Kokeiden määrä riippuu halutusta tulosten tarkkuudesta ja tulosten käyttöalueen laajuudesta. Ominaisuuksien määrittämiseksi tehdään vähintään kolme koetta kullakin tarkasteltavalla materiaaliyhdistelmällä. Koetulosten tilastollista tarkastelua varten tarvitaan vähintään kuusi samanlaista koetta.

7.3 Koejärjestelyt

Koejärjestelyt tehdään siten, että koe-kappaleille tuleva rasitus vastaa riittävällä tarkkuudella muurin rasitusta rakenteessa. Kokeet tehdään niitä koskevien standardien mukaisesti. Rakennekokeiden yhteydessä määritetään tarvittavassa laajuudessa käytettävien muurauskappaleiden ja muurauslaastien ominaisuudet.

7.4 Koetulosten tarkastelu

Ominaislujuudet lasketaan koetuloksista käyttämällä alitusosuutta 5 % ja hyväksymistodennäköisyyttä 50 %. Jos koetuloksia on tilastollisen tarkastelun edellyttämä määrä, ominaislujuus lasketaan koetuloksista määritettyä keskiarvoa ja keskihajontaa käyttäen. Jos koetuloksia ei ole riittävästi keskihajonnan määrittämiseksi, muurin lujuuden hajonnaksi voidaan yleensä otaksua 15 % keskiarvosta. Ominaislujuutta ei saa kuitenkaan tällöin otaksua pienintä yksittäistä koetulosta suuremmaksi. Muurin muodonmuutosominaisuudet määritetään koetulosten keskiarvona. Rakennekokeiden yhteydessä tehtävien muurauskappaleiden ja muurauslaastin testitulosten perusteella määritetään näiden laadunvalvonnassa tarvittavat ominaisuudet.

PALOTEKNINEN MITOITUS

8.1 Mitoitusperusteet

Kantavat ja osastoivat rakennusosat jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne kestävät paloa. Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan seuraavilla merkinnöillä:

R kantavuus
E tiiviys
I eristävyys

Rakennusosan vaatimustenmukaisuus osoitetaan kokeellisesti, laskennallisin menetelmin tai kohdan 8.2 taulukkomitoituksen avulla.

Rakennusosat tehdään sellaisista rakennustarvikkeista, että ne täyttävät kussakin käyttötavassa tarvikkeille asetetut luokkavaatimukset.

Selostus:

Rakennusosiin kohdistuvat palonkestävyysvaatimukset ja rakennustarvikkeiden luokkavaatimukset on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osissa E1, E2, E4 ja E9.

8.2 Palonkestävyyden taulukkomitoitus

Aukkoryhmiin 1 tai 2 kuuluvista kevytbetoniharkoista muurauslaastilla muurattujen seinien eri palonkestävyysluokkia vastaavat minimimitat on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

Mitoitushoikkuuden tulee täyttää ehdot:

$$H_o / t_e \leq 27 \quad \text{kantaville muuratuille rakenteille} \quad (3.20)$$

$$H_o / t_e \leq 40 \quad \text{kantamattomille muuratuille rakenteille}$$

missä

H_o on nurjahduspituus

t_e on rakenteen tehollinen paksuus.

TAULUKKO 5.

Kevytsojarahkoista (nettokuivatiheys $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$) muuratun seinän minimipaksuus (mm) eri palonkestävyysluokissa EI (osastoiva kantamaton rakenne), REI (osastoiva kantava rakenne) ja R (kantava osaston sisäinen rakenne).

	Muuratun seinän minimipaksuus (mm)					
Palonkestävyysluokka, palonkesto aika (minuutteina)	30	60	90	120	180	240
EI	70	70	100	100	120	150
REI	100	100	120	150	200	200
R ¹	100	125	150	200	240	290

¹ Seinän pituus vähintään 1 m.

TAULUKKO 6.

Höyrykarkaistuista kevytbetonihihkoista ($400 \text{ kg/m}^3 \leq \text{bruttokuivatiheys} \leq 650 \text{ kg/m}^3$) muuratun seinän minimipaksuus (mm) eri palonkestävyysluokissa EI (osastoiva kantamaton rakenne), REI (osastoiva kantava rakenne) ja R (kantava osaston sisäinen rakenne).

	Muuratun seinän minimipaksuus (mm)					
Palonkestävyysluokka, palonkesto aika (minuutteina)	30	60	90	120	180	240
EI	68	68	88	100	120	150
REI	100	100	100	150	200	200
R ¹	100	125	150	200	240	290

¹ Seinän pituus vähintään 1 m.

VIITTAUKSET

SFS-käsikirja 176	Muuratut tuotteet
SFS 7001	Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot
SFS-EN 1996	Eurokoodi 6 – Muurattujen rakenteiden suunnittelu
SFS-EN 771-3	Muurauskappaleiden spesifikaatiot – Osa 3: Betoniharkot (normaalipainoinen kiviaines ja kevytrunkoaines)
SFS-EN 771-4	Muurauskappaleiden spesifikaatiot – Osa 4: Höyrykarkaistut kevytbetoniharkot
SFS-EN 845-1	Muurattuja rakenteita täydentävien tuotteiden spesifikaatiot – Osa 1: Muuraussiteet, kiinnitysvanteet, kannakkeet ja konsolit
SFS-EN 845-3	Muurattuja rakenteita täydentävien tuotteiden spesifikaatiot – Osa 3: Harkkosauman raudoiteteräsverkot
SFS 1215	Betoniteräksiset – Hitsattava kuumavalssattu harjatanko A500HW
SFS 1259	Betoniteräksiset – Kylmämuokattu ruostumaton harjatanko B600KX

MERKINNÄT

A_c	on muuratun rakenteen nettopoikkileikkausala	f_{xd1}	on taivutusvetolujuuden laskenta-arvo vaaka-saumojen suuntaisessa murtotasossa
A_{cc}	on nettopoikkileikkauksen pinta-ala, josta on vähennetty vedetty osuus	f_{xk2}	on taivutusvetolujuuden ominaisarvo vaaka-saumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa mutta kuitenkin enintään murtotasossa sijaitsevien muuraukappaleiden taivutuskapasiteetti
A_{co}	on kuormitetun pinnan ala	f_{xd2}	on taivutusvetolujuuden laskenta-arvo vaaka-saumojen suuntaa vastaan kohtisuorassa murtotasossa mutta kuitenkin enintään murtotasossa sijaitsevien muuraukappaleiden taivutuskapasiteetin mitoitusarvo
A_l	on kuormituksen jakaantumispinnan ala	f_{vk}	on leikkaustartuntalujuuden ominaisarvo
A_s	on vetorausoituksen poikkileikkausala	f_{yd}	on teräksen laskentalujuus
E_c	on muuratun rakenteen kimmokerroin lyhyt-aikaisille kuormille	i	on jäyhyysäde tarkasteltavassa suunnassa
E_{cc}	on muuratun rakenteen kimmokerroin pitkä-aikaisille kuormille	k	on paikallisen puristuskapasiteetin ylärajan kerroin
F_{bu}	on suoran harjatangon ankkurointikestävyys	k_h	on vapaan korkeuden pienennyskerroin kun seinä on tuettu esim. poikittaisella seinällä
H	on tarkasteltavan seinän osan vapaa korkeus, täyttökorkeus (m)	l	on muuraussiteen vapaa pituus
H_o	on nurjahduspituus	l_b	on ankkurointipituus
M_u	on rakenteen taivutuskestävyys	p_1	on maan painosta aiheutuvan maanpaineen laskenta-arvo
M_d	on normaalivoiman epäkeskisyyttä lisäävän taivutusmomentin laskenta-arvo	p_2	on pintakuormasta ja koheesiomaassa lisäksi koheesiosta aiheutuvan maanpaineen laskenta-arvo
N_u	on muuratun rakenteen puristuskestävyys	q	on pintakuorma
N_d	on normaalivoiman laskenta-arvo	t	on seinän paksuus
N_{Ru}	on paikallinen puristuskestävyys	t_e	on rakenteen tehollinen paksuus
V_d	on poikkileikkauksen leikkausvoiman laskenta-arvo	t_1 ja t_2	ovat rakoseinän seinämien paksuudet
W	on poikkileikkauksen taivutusvastus	u_s	on raudoitustangon ympärysmitta
a	on kuorman etäisyys tuesta	α	on raudoitetun muuratun rakenteen taivutuskestävyyden ylärajan kerroin
b	on poikkileikkauksen leveys	β_1	on raudoitetun muuratun rakenteen leikkauskestävyyden pienennyskerroin (reikien ja laastisaumojen vaikutus)
c	on koheesiomaan koheesio	σ_c	on pystykuorman aiheuttama puristusjännitys
d	on poikkileikkauksen tehollinen korkeus	μ	on kitkerroin
e_d	on normaalivoiman ensimmäisen kertaluvun epäkeskisyyden laskenta-arvo	Φ	hiipumaluku
e_o	on normaalivoiman alkuperäinen epäkeskisyyys	$\emptyset$	on raudoitustangon halkaisija
f_{ck}	on muurin puristuslujuuden ominaisarvo	$\emptyset_d$	on muuraussiteen halkaisija
f_{cd}	on muurin puristuslujuuden laskenta-arvo		
f_{qm}	on kevytsorabetonin massan puristuslujuuden keskiarvo		
f_b	on höyrykarkaistun kevytbetonin normalisoidun puristuslujuuden keskiarvo		
f_{bu}	on ankkurointilujuus		
f_{xk1}	on taivutusvetolujuuden ominaisarvo vaaka-saumojen suuntaisessa murtotasossa		