

Ladottavien muottiharkkojen suunnitteluohjeet

1 YLEISTÄ	3
2 MUOTTIHARKKOJEN OMINAISUUDET	3
3 MITTAJÄRJESTELMÄ.....	3
4 LASKENTAOTAKSUMAT	4
5 KUORMAT.....	5
6 MATERIAALIT JA LASKENTALUJUUDET	5
7 SEINÄN MITOITUS PYSTYKUORMALLE	6
7.1 Pystykuorma ilman vaakakuormaa.....	6
7.2 Pystykuorman ja taivutusmomentin yhteisvaikutus	7
7.3 Pilarit	7
8 MAANPAINESEINIEN	13
MITOITUS	13
8.1 Yleistä	13
8.2 Mitoitus pystysuuntaan raudoitettuna	13
8.3 Mitoitus pysty- ja vaakasuuntaan (kahteen suuntaan) raudoitettuna.....	14
8.4 Maanpaineeseinien mitoitustaulukot	16
9 AUKKOPALKKIEN MITOITUS.....	18
9.1 Yleistä	18
9.2 Leikkausraudoittamaton palkki.....	19
9.3 Leikkausraudoitettu palkki	21
9.4 Liittopalkki	24
10 PAIKALLINEN PURISTUSKESTÄVYYS	27
11 MINIMIRAUDOITUS	28
12 PALONKESTO, ÄÄNENERISTÄVYYS	29
13 LOPUKSI.....	30

1 YLEISTÄ

Nämä työohjeet koskevat ainoastaan Lammin Betoni Oy:n harkkoja.

Ohjeet perustuvat Ympäristöministeriön 1.10.1993 antamaan ohjeeseen Betoniharkko-rakenteet (Suomen rakentamismääräyskoelma osa B9).

Harkkojen valmistuksessa, laadunvalvonnassa ja koetuksessa noudatetaan Suomen Standardisoimisliiton standardeja SFS 5212 ja SFS 5213.2

2 MUOTTIHARKKOJEN OMINAISUUDET

Lammin Betoni Oy:n tuotevalikoimaan kuuluu neljä erilevyistä muottiharkkoa: MH-150, MH-200, MH-250 ja MH-300. Muottiharkot on kehitetty vaativiin rakenteisiin, joissa vaaditaan vastaavan paksuisen teräsbetonirakenteen kapasiteettia.

Lammin Betonin ladottava muottiharkko muodostuu harkon 30 mm paksuista kuorista, joita yhdistää kuorien välissä olevat rivat eli kannakset. Ripojen väliin jäävät ontelot täytetään betonilla. Muottiharkko kestää n. 3 m:n korkean seinän valamisen yhdessä valussa. Muottiharkon nimelliskorkeus on 200 mm ja nimellispiittuus 600 mm. Perusharkon lisäksi on olemassa lyhyempiä pääty- ja kulmaharkkoja. Rakenteen kulmissa käytetään kulmaharkkoa, mikä mahdollistaa teräksien taivuttamisen ja oikean sijoittelun. Rakenteen päädyssä käytetään erilisiä päätyharkkoja.

Muottiharkkojen leveydet ovat: 150 mm, 200 mm, 250 mm ja 300 mm. Muottiharkon tunnus on MH - 'leveys'.

Valikoimissa on myös harkkoja kaareviin rakenteisiin **KMH 150** ja pilareihin (**PH-250, PH-400**)

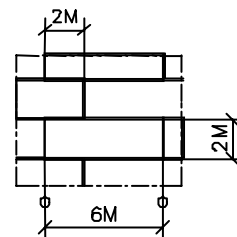
Muottiharkot on valmistettu pakkasenkestävästä, maakosteasta betonimassasta. Betonimassan, josta harkot valmistetaan, lujuusluokka on 30 MN/m².

Taulukkoon 1 on koottu muottiharkkojen keskeisimmät tekniset tiedot.

3 MITTAJÄRJESTELMÄ

Muottiharkkoseinien suunnittelussa käytetään modulimitoitusta. Moduuliviivat sijoitetaan aina seinän sisäpintaan. **Muottiharkkoseinä mitoitetaan vaaka- ja pystysuunnassa 2M modulilla. Myös aukkojen leveys ja aukkojen sijainti noudattaa 2M:n modulia.** Aukon leveys ja aukon reunan sijainti sisäkulmasta on myös 200 mm:n kerrannainen. Seinissä käytetään 2M:n limitystä. Harkkojen katkaisutarpeen vähentämiseksi tulisi rakennus mahdollisuuksien mukaan mitoittaa moduulimitoilla. Toisaalta on muistettava, että kysymyksessä on muottiharkko, joten lisämuotittamalla voidaan helposti jatkaa rakenne haluttuihin mittoihin.

**Ovi- ja ikkunakarmien vaaka- ja pystymitta tulisi olla ladottavassa seinässä
n x 200 - 20 mm.**



Kuva 2. Harkkoseinän limitys pystysuunnassa

Taulukko 1. Muottiharkkojen sekä valettavan massan ominaisuuksia.

Tyyppi	Koko pit . x lev. x kork.	Menekki kpl / m ²	Paino kg / kpl	Betonin Raekoko Max mm	Betonin Menekki l / m
MH-300	600x300x200	8,33	25	8 ... 16	185
MH-300 kulma	500x300x200	11,1	19	8 ... 16	185
MH-250	600x250x200	8,33	23	8 ... 16	150
MH-250 kulma	450x250x200	11,1	19	8 ... 16	150
MH-250 pääty 1/1	400x250x200	12,5	18	8 ... 16	150
MH-250 pääty 1/2	200x250x200	25,0	10	8 ... 16	150
MH-200	600x200x200	8,33	21	8 ... 16	115
MH-200 kulma	400x200x200	12,5	16	8 ... 16	115
MH-200 1/1 pääty	400x200x200	12,5	16	8 ... 16	115
MH-200 1/2 pääty	200x200x200	25,0	9	8 ... 16	115
MH-150	600x150x200	8,33	19	8	80
MH-150 kulma	350x150x200	14,3	12	8	80
KMH-150	400x150x200	12,5	12	8	80
PH- 250	250x250x200	5 kpl / m	13	8 ... 16	36 l / jm
PH- 400	390x390x200	5 kpl / m	25	16 ... 32	110 l / jm
AH- 500	500x500x200	5 kpl / m	26	16 ... 32	82 l / jm

4 LASKENTAOTAKSUMAT

Harkkorakenne suunnitellaan murto- ja käyttö-rajatiloissa kimmoteoriaan perustuen. Laskelmissa käytetään nimellismittoja. Poikkileikkauksesta otetaan huomioon vain valettu sydänosa ja harkon kuoret jätetään pois. Kaikki poikkileikkauksen heikennykset otetaan huomioon.

Harkkomuuri mitoitetaan erikseen sekä pystyettä vaakakuormille sekä niiden samanaikaiselle yhteisvaikutukselle. Mikäli seinää rasittaa samanaikaisesti lumikuormasta aiheutuva pystykuorma sekä tuulikuorma, niin lumi- ja tuulikuorman yhteisvaikutusta tarkasteltaessa voidaan ottaa huomioon RakMk B2:n määräykset luonnon-kuormien yhdistelystä.

Rakenteen mitoituksessa noudatetaan seuraavia ohjeita:

- RakMk B2 Rakenteiden varmuus ja kuormitukset
- RakMk B4 Betonirakenteet
- RakMK B9 Harkkorakenteet

Muottiharkkoseinät mitoitetaan kuten teräsbetonirakenteet yleensä.

Harkon kuorien ei oleteta toimivan valmiissa rakenteessa kuormia kantavana osana vaan ai-noastaan valumuotteina. Seinän teholliseksi leveydeksi otetaan paikalla valetun sydänosan leveys (harkon kuorien vapaa väli).

Harkkoseinä voidaan raudoittaa sekä pystyettä vaakasuuntaan. Vaakateräksset asennetaan kerroksittain harkossa oleviin uriin (etäisyys harkon ulkoreunasta 64 mm). Pystyteräksset asetetaan paikoilleen ennen betonointia. Pystyteräksset asetetaan yleensä mahdollisimman lähelle rakenteen ulkopintoja.

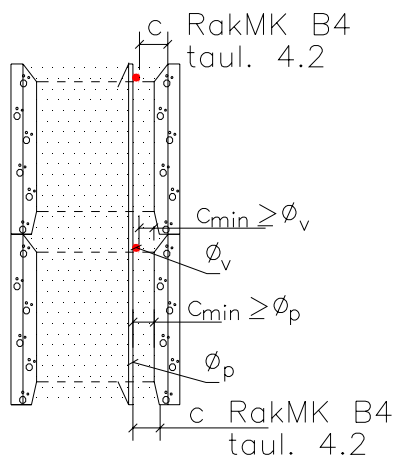
Taulukko 2. Muottiharkkoseinän kokonaispaksuus h ja tehollinen paksuus h_e

Harkko	Kokonaispaksuus h (mm)	Tehollinen paksuus h_e (mm)
MH-150	150	88
MH-200	200	138
MH-250	250	186
MH-300	300	234

Betonipeite määräytyy RakMK B4 kohdan 4.1.1.2 (taulukko 4.2) mukaan. Lisäksi on otettava huomioon RakMK B9 kuvassa V 4.1 esitetyt vaatimukset. Betonipeitteen c viisteen reunasta mitattuna (kuva 4) tulee olla vähintään RakMK B4 taulukon 4.2 mukainen. Betonipeitteen tulee olla harkon kuoren sisäreunasta lukien kuitenkin vähintään tangon halkaisijan ϕ suuruinen. Taulukossa 3 on esitetty harjaterästen ja muottiharkon kuoren sisäpinnan minimiväli $c_{\min}$.

Taulukko 3. Harjaterästen ja harkon kuoren sisäpinnan minimiväli $c_{\min}$ (mm)

	Ympäristöluokka		
	Y 1	Y 2	Y 3
Vaakateräs ϕ_h	20 $\exists \phi_h$	10 $\exists \phi_h$	10 $\exists \phi_h$
Pystyteräs ϕ_v	35 $\exists \phi_v$	25 $\exists \phi_v$	15 $\exists \phi_v$



Kuva 4. Betonipeite

5 KUORMAT

Harkkomuurille tulevat kuormat määritetään RakMK B2:n mukaan. Tarkasteltavan seinän yläpuoliselta seinältä tulevan kuorman voidaan olettaa vaikuttavan keskeisesti alapuoliseen seinään. Laatastolta tulevan kuorman oletetaan vaikuttavan laatan tukipituuden keskellä

6 MATERIAALIT JA LASKENTALUJUUDET

Paikallavalubetonin lujuusluokan tulee olla vähintään K 20 ja korkeintaan K 40. Mitoitustaulukot ja käyrästöt on laadittu betonin lujuudelle K 30-2.

Taulukko 4. Betonin lujuusarvot

Betonin lujuusluokka		K 30 – 2
- harkko		K 30 – 2
- paikallavalubetoni		K 30 – 2
Puristuslujuus		
- ominaislujuus	$f_{ck} = 0,6 K$	18 MPa
- laskentalujuus	f_{cd}	9 MPa
Vetolujuus		
- ominaislujuus	$f_{ctk} = 0,15 K^{2/3}$	1,45 MPa
- laskentalujuus	f_{ctd}	0,72 MPa
Kimmokerroin	E_c	27400 MPa
Varmuuskertoin	γ_c	2,0

Taulukko 5. Raudoituksen lujuusarvot

Rauditus		A 500 HW
Ominaislujuus	f_{yk}	500 MPa
Laskentalujuus	f_{yd}	417 MPa
Kimmokerroin	E_s	200000 MPa
Varmuuskertoin	γ_s	1,2

7 SEINÄN MITOITUS PYSTYKUORMALLE

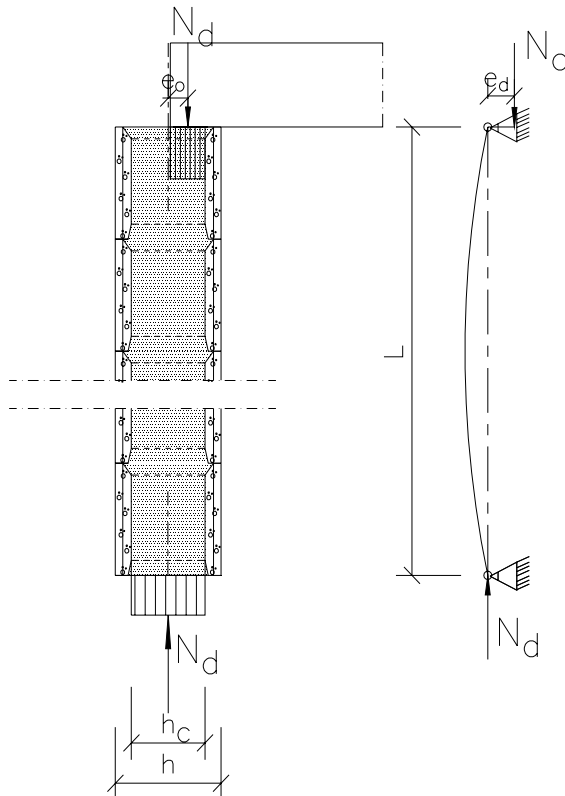
7.1 Pystykuorma ilman vaakakuormaa

Harkkoseinä mitoitetaan rajatila-menetelmällä. Poikkileikkauksesta otetaan huomioon vain paikalla valettu sydänosa, harkon kuoria ei oteta huomioon.

Kun seinä on tuettu sekä ylhäältä ja alhaalta että myös toiselta tai molemmilta pystysivuilta riittävän jäykällä rakenteella, voidaan seinän nurjahduspituutena arvoa

$$L_c = k_c \cdot L$$

missä L on seinän vapaa korkeus pystysuunnassa
 k_c saadaan taulukosta 6.



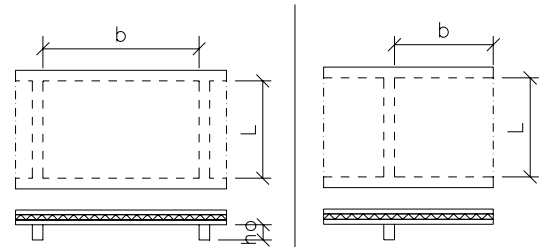
Kuva 5. Seinän staattinen malli ja pystykuorman epäkeskisyyys.

Pystysuuntaisen tukirakenteen voidaan katsoa olevan riittävän jäykkä tukemaan seinää, jos sen sivumitta h_0 seinän tasoa vastaan kohtisuorassa suunnassa on vähintään $h_0 \geq 2,5 h$, missä h on harkon kokonaispaksuus.

Seinän nurjahduspituutena L_0 käytetään yleensä seinän vapaata korkeutta.

Seinä oletetaan päistään nivelöidyksi ja seinän ylä- ja alareunan siirtymät on estetty. Normaalivoimalle oletetaan seinän yläpäässä epäkeskisyyden $e_0 = 10 \dots 30$ mm perusepäkeskisyyden $e_a = 0,05 h$ lisäksi. Seinän alapäässä puristuksen oletetaan jakautuvan keskeisesti.

Taulukko 6. Kerroin k_c



	Tuki molemmilla pystysivuilla	Tuki vain toisella pystysivulla
b/L	$b/h < 30$	$b/h < 15$
0,3	0,2	0,5
0,5	0,3	0,7
0,7	0,5	0,8
1,0	0,6	0,9
1,5	0,8	1,0
2,0	0,9	1,0
>2,0	1,0	1,0

Mitta b on jäykistävien rakenteiden vapaa väli (tuki molemmilla pystysivuilla) tai vapaan reunan etäisyys jäykistävästä rakenteesta (tuki vain toisella pystysivulla). Mitta L on seinän vapaa korkeus.

Kun $b/h \geq 30$ (tuki molemmilla pystysivuilla) tai $b/h \geq 15$ (tuki vain toisella pystysivulla), on $k_c = 1,0$ kaikilla b/L :n arvoilla.

Laskentaepäkeskisyyden on

$$e_d = e_a + e_0 = 0,05 h + e_0$$

Raudoittamattoman seinän pystykuorman kantokyky kN/m saadaan kaavasta

$$N_{uo} = \frac{1 - 2 \cdot \frac{e_d}{h_c}}{1 + 0,001 \cdot \left(\frac{L_c}{h}\right)^2} \cdot b \cdot h_c \cdot f_{cd}$$

missä

h_c on seinän tehollinen paksuus

h on seinän kokonaispaksuus

$b = 1000$ mm

Kun pystykuorman epäkeskisyys e_o ylittää taulukossa 7 esitetyt arvot, on seinässä käytettävä pystyraudoitusta.

Raudoitetussa seinässä perus- ja lisäepäkeskisyydet sekä seinän kantokyky lasketaan RakMK B4:n mukaan. Hoikkuus voidaan laskea käyttäen koko seinän paksuutta h :

$$\lambda = \frac{L_c \sqrt{12}}{h}$$

Perusepäkeskisyys e_a on

$$e_a = \frac{h_c}{20} + \frac{L_c}{500} \cdot \frac{h_c}{h}$$

Lisäepäkeskisyys e_2 lasketaan kaavasta

$$e_2 = \left(\frac{\lambda}{145}\right)^2 \cdot h_c = 0,083 \cdot \left(\frac{L_c}{h}\right)^2 \cdot h_c$$

Laskentaepäkeskisyys on

$$e_d = 0,6 \cdot e_o + e_a + e_2$$

Seinän poikkileikkaus mitoitetaan seinää rasittavalle normaalivoimalle N_d ja taivutusmomentille $M_d = N_d \cdot e_d$ joko pelkästään vetoraudoitettuna tai veto- ja puristusraudoitettuna esim. kuvan 7 momentti – normaalivoima – yhteisvaikutus-käyriä käyttäen. Jälkimmäisessä tapauksessa sekä vaaka- ja pystyraudoituksen seinän molemmissa pinnoissa tulee täyttää taulukon 14 vaatimukset eikä teräsväli saa ylittää 300 mm. Jos seinä mitoitetaan pelkästään ve-

toraudoitettuna, riittää, että vedetyn reunan pystyraudoitus täyttää taulukon 13 vaatimukset.

Taulukossa 7 on esitetty raudoittamattoman seinän kantokyky N_{uo} (kN/m) pystykuormalle ilman vaakakuormia.

Taulukossa 8 on esitetty vetoraudoitetun seinän kantokyky N_{uo} (kN/m) pystykuormalle ilman vaakakuormia. Taulukoita voidaan käyttää myös veto- ja puristusraudoitetulle seinälle.

7.2 Pystykuorman ja taivutusmomentin yhteisvaikutus

Kun seinää rasittaa pystykuorma yhdessä vaakakuormasta aiheutuvan taivutusmomentin kanssa, saadaan raudoittamattoman seinän kantokyky kaavasta

$$N_u = N_{uo} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{M_d}{N_d \cdot h_c}\right)$$

Momentin ja normaalivoiman yhteisvaikutuskäyrä on esitetty kuvassa 7.

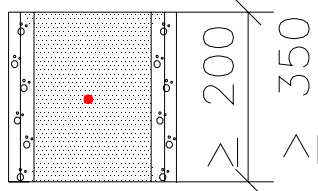
Raudoitetun seinän kantokyky määritetään kuvassa 7 esitetyn momentti-normaalivoiman yhteisvaikutuskäyrien perusteella. Perus- ja lisäepäkeskisyys lasketaan RakMK B4:n mukaan.

7.3 Pilarit

Muottiharkoista voidaan tehdä pilareita, joiden pienin sivumitta b seinän pituussuunnassa on 200 mm. Harkosta MH-150 tehdyn pilarin sivumittaan tulee olla vähintään 350 mm. Pientaloissa ja niihin verrattavissa rakennuksissa saa kuitenkin olla 200 mm edellyttäen, että pilarin laskentakuorma on alle 50 % pilarin kapasiteettista.

Raudoitus ja normaalivoimakapasiteetti saadaan taulukon 7- ja 8 arvoista tai kuvan 7 kertomalla se termillä $b/1000$, missä b on pilarin sivumitta (mm) seinän pituussuunnassa

väh. 1 $\varnothing 10$



Kuva 6. Pilaripoikkileikkaus

MH-150: ≥ 350

Taulukko 7. **Raudoittamattoman** seinän kantokyky N_{uo} (kN/m) ilman vaakakuormaa. e_o on kuorman alkuperäinen epäkeskisyys ja e_d mitoitusepäkeskisyys.

MH-150							
e_o (mm)	0	5	10	15	20	25	30
e_d (mm)	7,5	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	574	496	417	338	260	181	102
2,0	558	481	405	329	252	176	99
2,2	541	467	393	318	244	170	96
2,4	523	451	380	308	236	165	93
2,6	505	436	367	298	228	159	90
2,8	487	420	354	287	220	154	87
3,0	469	405	341	276	212	148	84
3,2	452	390	328	266	204	142	80
3,4	434	375	315	256	196	137	77
3,6	417	360	303	246	188	131	74
3,8	400	345	291	236	181	126	71

MH-200							
e_o (mm)	0	10	15	20	30	40	45
e_d (mm)	10.0	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	55.0
L_c (m)	N_{u0} (kN/m)						
1,8	1062	882	792	702	522	342	252
2,0	982	816	733	649	483	316	233
2,2	965	802	720	638	475	311	229
2,4	947	787	707	626	466	305	225
2,6	928	771	692	614	456	299	220
2,8	908	754	678	601	447	293	216
3,0	888	737	662	587	436	286	211
3,2	867	720	647	573	426	279	206
3,4	846	702	631	559	416	272	201
3,6	824	684	614	545	405	265	196
3,8	802	666	598	530	394	258	190
4,0	780	648	582	516	384	251	185
4,2	737	612	550	487	362	237	175
4,4	716	594	534	473	352	230	170
4,6	695	577	518	459	341	224	165
4,8	674	560	503	445	331	217	160

MH-250							
e_o (mm)	0	10	20	30	40	50	60
e_d (mm)	12.5	22.5	32.5	42.5	52.5	62.5	72.5
L_c (m)	N_{u0} (kN/m)						
1,8	1467	1287	1107	927	747	567	387
2,0	1395	1224	1052	881	710	539	368
2,2	1379	1210	1040	871	702	533	364
2,4	1362	1194	1027	860	693	526	359
2,6	1343	1178	1014	849	684	519	354
2,8	1324	1161	999	837	674	512	349
3,0	1303	1144	984	824	664	504	344
3,2	1282	1125	968	810	653	496	338
3,4	1260	1106	951	797	642	487	333
3,6	1238	1086	934	782	630	478	327
3,8	1215	1066	917	768	619	470	321
4,0	1168	1025	881	738	595	451	308
4,4	1120	983	845	708	570	433	295
4,8	1072	940	809	677	546	414	283
5,2	1024	898	773	647	521	396	270
5,6	977	857	737	617	497	378	258
6,0	931	817	702	588	474	360	246

MH-300							
e_o (mm)	0	15	30	40	50	60	75
e_d (mm)	15.0	30.0	45.0	55.0	65.0	75.0	90.0
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	1807	1546	1286	1112	938	764	504
2,0	1792	1534	1275	1103	931	758	500
2,2	1776	1520	1264	1093	922	752	495
2,4	1759	1506	1252	1083	914	744	491
2,6	1741	1490	1239	1072	904	737	486
2,8	1722	1474	1225	1060	894	729	480
3,0	1702	1456	1211	1047	884	720	475
3,2	1681	1438	1196	1034	873	711	469
3,4	1659	1420	1180	1021	861	702	463
3,6	1636	1400	1164	1007	850	692	456
3,8	1613	1381	1148	993	838	682	450
4,0	1589	1360	1131	978	825	672	443
4,4	1541	1318	1096	948	800	652	430
4,8	1490	1275	1061	917	774	631	416
5,2	1440	1232	1024	886	747	609	401
5,6	1388	1188	988	854	721	587	387
6,0	1337	1144	951	823	694	566	373

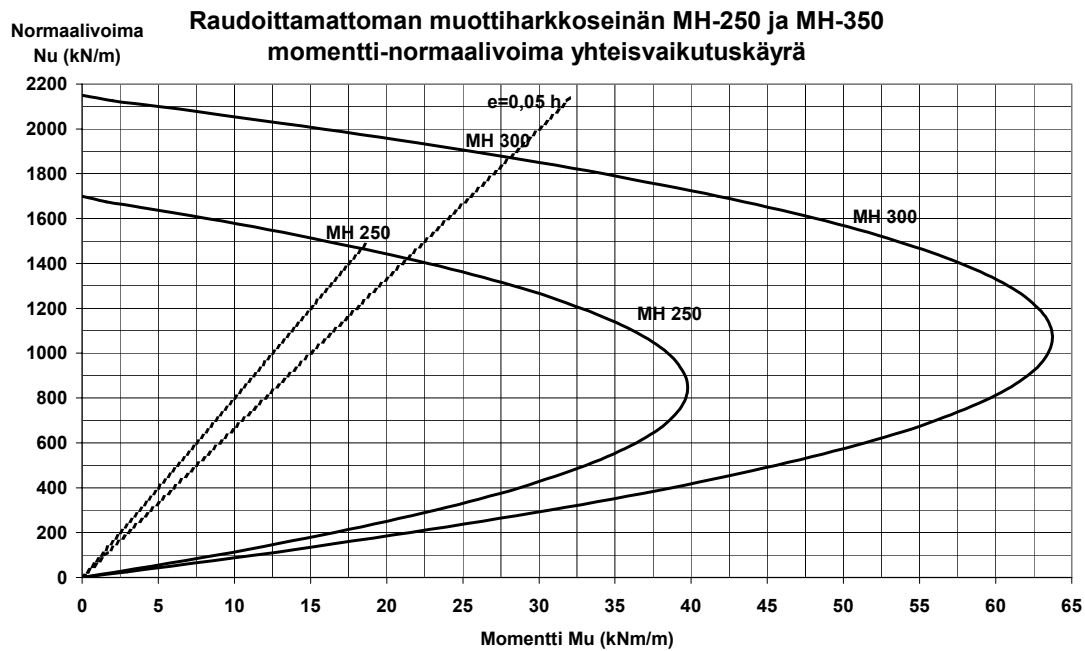
Taulukko 8. **Raudoitetun** seinän kantokyky N_{uo} (kN/m) ilman vaakakuormaa.
 e_o on kuorman alkuperäinen epäkeskisyys ja e_d mitoitus epäkeskisyys.

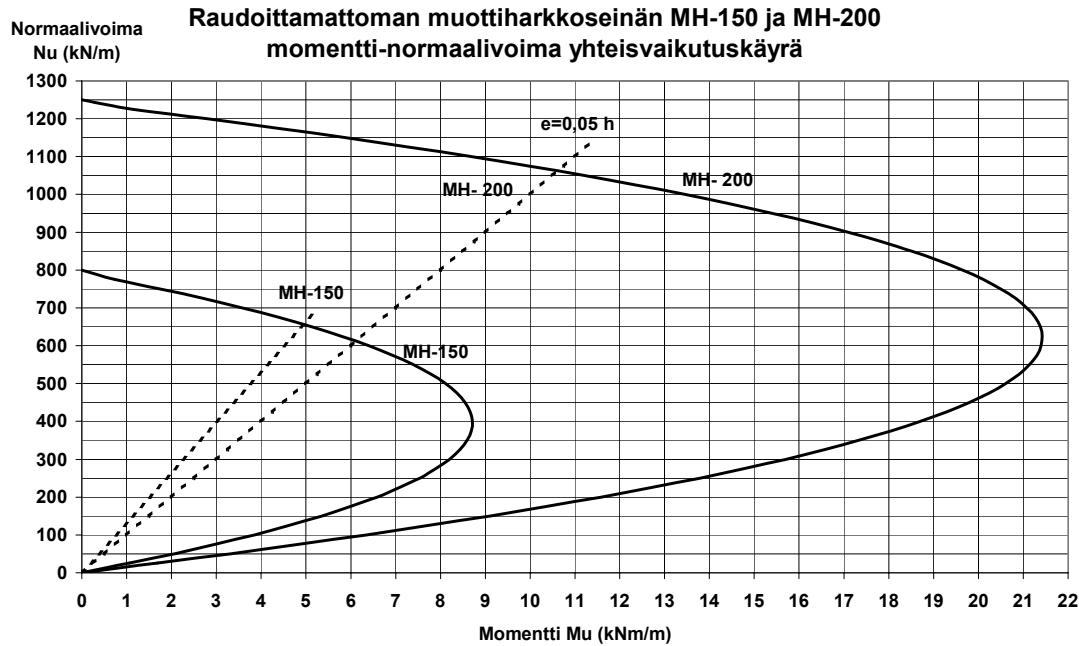
MH-150 ϕ 8 k 200 keskeisesti					
e_o (mm)	15	20	25	30	35
e_d (mm)	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)				
1,8	366	291	230	187	156
2,0	352	280	221	179	151
2,2	337	266	209	168	140
2,4	319	251	195	155	129
2,6	300	234	180	143	119
2,8	280	217	166	130	108
3,0	260	200	152	119	98
3,2	242	184	139	108	89
3,4	224	170	127	98	81
3,6	207	156	116	89	74
3,8	192	144	107	82	67

MH-200 ϕ 8 k 200						
e_o (mm)	20	25	30	40	50	60
e_d (mm)	30.0	35.0	40.0	50.0	60.0	70.0
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)					
1,8	695	627	568	473	402	334
2,0	695	627	568	473	402	334
2,2	687	627	568	473	402	334
2,4	675	619	566	473	402	334
2,6	659	605	557	471	402	334
2,8	642	589	542	463	399	334
3,0	623	572	526	451	391	332
3,2	604	554	508	435	380	325
3,4	584	535	490	419	366	317
3,6	563	515	472	402	351	307
3,8	542	495	453	385	337	296
4,0	520	474	433	369	322	285
4,2	498	454	414	352	307	273
4,4	476	433	395	335	293	261
4,6	454	412	376	319	279	249
4,8	432	392	357	302	265	238

MH-250 ϕ 8 k 200							
e_o (mm)	20	30	40	50	60	70	80
e_d (mm)	32,5	42.5	52.5	62.5	72.5	82.5	92.5
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)						
1,8	1082	932	805	702	617	524	445
2,0	1082	932	805	702	617	524	445
2,2	1082	932	805	702	617	524	445
2,4	1075	932	805	702	617	524	445
2,6	1063	932	805	702	617	524	445
2,8	1048	926	805	702	617	524	445
3,0	1031	915	803	702	617	524	445
3,2	1012	899	794	699	617	524	445
3,4	992	881	779	690	613	524	445
3,6	972	862	762	677	602	522	445
3,8	951	842	743	660	589	513	443
4,0	929	821	724	641	573	504	436
4,4	883	778	683	603	539	479	420
4,8	835	732	641	563	503	450	400
5,2	784	685	597	524	466	420	375
5,6	732	637	553	484	430	388	350
6,0	682	590	510	445	395	357	324

MH-300 ϕ 8 k 200									
e_o (mm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
e_d (mm)	35.0	45.0	55.0	65.0	75.0	85	95	105.0	115.0
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)								
1,8	1474	1313	1168	1040	929	832	724	627	544
2,0	1474	1313	1168	1040	929	832	724	627	544
2,2	1474	1313	1168	1040	929	832	724	627	544
2,4	1473	1313	1168	1040	929	832	724	627	544
2,6	1465	1313	1168	1040	929	832	724	627	544
2,8	1454	1313	1168	1040	929	832	724	627	544
3,0	1440	1308	1168	1040	929	832	724	627	544
3,2	1424	1299	1168	1040	929	832	724	627	544
3,4	1405	1285	1162	1040	929	832	724	627	544
3,6	1386	1268	1150	1037	929	832	724	627	544
3,8	1366	1249	1135	1026	926	832	724	627	544
4,0	1345	1230	1117	1013	915	826	724	627	544
4,4	1301	1188	1077	975	884	801	711	625	544
4,8	1254	1144	1035	934	845	767	688	608	535
5,2	1205	1096	990	891	803	728	658	587	519
5,6	1154	1046	942	846	760	687	623	560	499
6,0	1100	995	893	799	716	646	587	530	475





Kuva 7. Harkkoseinän pystykuorman ja taivutusmomentin yhteisvaikutuskäyrä
Laskentakuorman aiheuttama momentti-normaalivoima-yhdistelmä (M_d , N_d) tulee sijaita käyrän sisäpuolella (käyrän ja pysty akselin rajaamalla alueella).

Käyrässä oleva suora viiva vastaa perusepäkeskisyydestä $e_a = 0,05 h$ aiheutuvaa taivutusmomenttia.
Käyrästä voidaan käyttää sekä epäkeskisestä pystykuormasta että vaakakuormasta aiheutuvalla momentilla.
Käyrästä ei ole otettu huomioon nurjahdusta. Nurjahdus voidaan ottaa huomioon jakamalla normaalivoimakapasiteetti luvulla $1 + 0,001 (L_d/h)^2$.

8 MAANPAINESINIEN MITOITUS

8.1 Yleistä

Maanpaineen rasittama harkkoseinä mitoite-
taan yleensä pystyraudoitettuna seinänä. Toi-
mivaan poikkileikkaukseen otetaan vain harkon
kuorien välissä oleva paikallavalettu osa, pak-
suus $h_e = h - 60$ mm.

Kuormituksena käytetään RakMk B9:n kuvan
V3.1 kohdan a) mukaista maanpaineen kuormi-
tusta (maanpaineen kuorman jakautuma kol-
miomainen). Pintakuormaksi otetaan vähintään
 $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$. Maanpaineen aiheuttama
kuormitus seinän alareunassa on

$$p_1 = 6,5 H \quad p_2 = 0,5 q$$

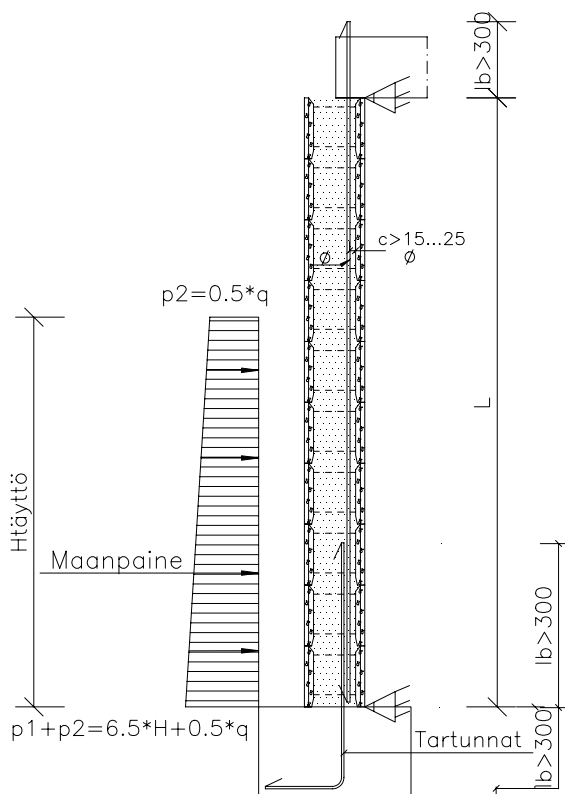
missä H on täyttökorkeus eli maanpinnan kor-
keusero seinän molemmiin puolin
 q on pintakuorma kN/m^2 ($q \geq 2,5 \text{ kN/m}^2$).

Seinän ylä- ja alaosan vaakasuuntaiset siirty-
mät on estettävä tukemalla seinä ylä- ja ala-
päästään esim. anturaan, välipohjaan tai ylä-
pohjaan. Seinä otaksutaan vapaasti tuetuksi
ylä- ja alareunoistaan.

8.2 Mitoitus pystysuuntaan raudoitettuna

Seinät on mitoitettu pystyraudoitettuna RakMK
B4:n mukaan. Maanpaineen lisäksi seinää voi
rasittaa normaalivoima sekä RakMK B4:n mu-
kainen perus- ja lisäepäkeskisyydet.

Raudoitus on asennettava kuvan 8 mukaisesti täyttöön nähden vastakkaiseen pintaan, etäisyys kuoresta vähintään tangon halkaisijan (8...12 mm) verran. Raudoituksen tehollinen korkeus on $d = h_c - 10$ mm. Pystyraudoituksen ankkurointipituus molemmista päistä on vähintään 300 mm. Pystysuuntaisen raudoituksen minimimäärä on esitetty taulukossa 12. Vaakateräksinä käytetään vähintään taulukon 13 mukaista kutistumisraudoitusta.



Kuva 8. Pystyterästen sijoitus maanpaineseinässä.

Taulukossa 9 on esitetty eri pystyraudoituksilla maanpaineseinän suurin sallittu täyttökorkuus H (m).

Taulukossa 9 on esitetty myös seinän taivutus- ja leikkauskapasiteetit. Teräslaatu A 500 HW.

Taulukoiden arvoissa on otettu huomioon keskeinen ($e_o = 0$) normaalivoima:

$$N_d = 200 \text{ kN (MH-150),}$$

$$N_d = 400 \text{ kN (MH-200),}$$

$$N_d = 1000 \text{ kN (MH-250, MH-300)}$$

Jos normaalivoima on epäkeskeinen täytön puoleiseen suuntaan, otetaan epäkeskeisyyden vaikutus huomioon pienentämällä seinän taivutuskapasiteettia määrällä $N_d e_o$ ja täyttökorkuutta pienennetään kertoimella

$$k = \sqrt{\frac{M_u - N_d \cdot e_o}{M_u}}$$

missä

M_u on taulukossa esitetty taivutuskapasiteetti

N_d on normaalivoiman laskenta-arvo

e_o on normaalivoiman epäkeskeisyys täytön puoleiseen suuntaan

8.3 Mitoitus pysty- ja vaakasuuntaan (kahteen suuntaan) raudoitettuna

Mikäli seinä tuettu myös pystysivuilta tuella, jonka sivumitta seinää vastaan kohtisuorassa suunnassa on vähintään $h_o \geq 2,5 h$ ja tukiväli L_x vaakasuunnassa on korkeintaan $2 L$, voidaan seinä mitoittaa maanpaineelle sekä vaaka- että pystysuuntaan kantavana laattana. Vaakasuuntaisen vetoraudoituksen tulee tällöin olla vähintään taulukossa 12 esitettyä minimiraudoitusta vastaava.

Maanpaineen aiheuttamana kuormituksena voidaan käyttää RakMk B9:n kuvan V3.1 kohdan b) mukaista tasan jakautunutta maanpainekuormaa. Maanpaineen aiheuttama kuormitus seinän alareunassa on tällöin

$$p_1 = 3,3 H$$

$$p_2 = 0,5 q$$

Vaakasuuntaista taivutuskapasiteettia laskettaessa voidaan teholliseen korkeuteen laskea mukaan puolet harkon puristetun puolen kuoren paksuudesta

Taulukossa 9 on esitetty vaakasuuntainen rauditus ja sitä vastaava vaakasuuntainen taivutuskapasiteetti M_{ux} kNm/m.

Kun seinä toimii maanpaineelle sekä vaaka- että pystysuuntaan kantavana rakenteena, voidaan tarvittava pystyraudoitus määrittää taulukoista 9 pienentämällä täyttökorketta kertoimella

$$k_t = \sqrt{1 - \frac{a_x}{L_x}}$$

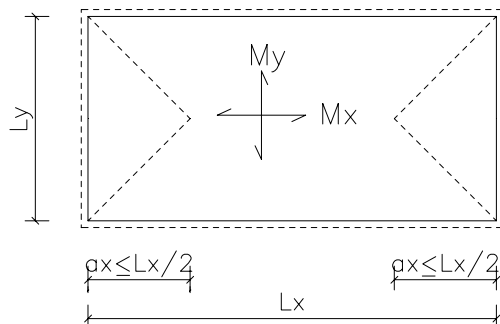
missä

$$a_x = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ux}}{p_1 + p_2}} \leq \frac{L_x}{2}$$

$p_1 + p_2$ on maanpaine kuorman suuruus seinän alapäässä

M_{ux} on seinän taivutuskapasiteetti vaakasuunnassa

L_x on tukiväli vaakasuunnassa



Kuva 9. Vaaka- ja pystysuuntaan kantava maanpaine seinä

Esimerkki:

Harkko MH-150

Seinän korkeus (nurjahduspituus) $L_0 = 3,6$ m

Tukiväli vaakasuunnassa $L_x = 6$ m

Täyttökorkuus $H = 2,4$ m

Pintakuorma $q = 5$ kN/m²

Maanpaine seinän alareunassa

$$p_1 + p_2 = 3,3 H + 0,5 q = 3,3 \cdot 2,4 + 0,5 \cdot 5 = 10,4 \text{ kN/m}^2$$

Vaakasuuntainen rauditus taulukosta xx:

$\phi 10$ k 400

Taivutuskapasiteetti vaakasuunnassa

$$M_{ux} = 4,9 \text{ kNm/m}$$

$$a_x = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ux}}{p_1 + p_2}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 4,9}{10,4}} = 1,68 \text{ m} < \frac{L_x}{2} = 3,00 \text{ m}$$

Täyttökorketta voidaan pienentää kertoimella

$$k_t = \sqrt{1 - \frac{a_x}{L_x}} = \sqrt{1 - \frac{1,68}{6,0}} = 0,85$$

Redusoitu täyttökorkuus on

$$H_{red} = H \cdot k_t = 2,4 \cdot 0,85 = 2,04 \text{ m}$$

Pystyraudoitetun seinän taulukoista 10 saadaan

pystysuuntaiseksi raudoitukseksi $\phi 10$ k 200.

Sallittu täyttökorkuus on taulukon mukaan

$$H_{sall} = 2,25 \text{ m} > H_{red}$$

Jos seinä kantaisi pelkästään pystysuuntaan ja vaakasuunnassa on vain kutistusraudoitus, tarvittava pystyraudoitus olisi $\phi 8$ k 100, kun sallittu täyttökorkuus on $H_{sall} = 2,55$ m.

Taulukko 9. Vaakasuuntaan kantavan maanpaine seinän vaakasuuntainen rauditus ja taivutuskapasiteetti vaakasuunnassa

Harkko	Vaakasuuntainen rauditus	Teräsmäärä A_s mm ² /m	Tehollinen korkeus d_x mm	Taivutuskapasiteetti M_{ux} kNm/m
MH-150	$\phi 10$ k 400	196	63	4,9
MH-200	$\phi 10$ k 400	196	109	8,7
MH-250	$\phi 10$ k 400	252	159	16,3
MH-300	$\phi 10$ k 400	392	209	33,2

8.4 Maanpaineseinien mitoitustaulukot

Taulukko 10. Maanpaineseinän suurin sallittu täyttökorkeus H (m) erilaisilla pystyraudoituksilla

	Täyttökorkeus H (m)					
MH-150	φ 8 k 300	φ 8 k 200	φ10 k 300	φ10 k 200	φ 8 k 100	φ10 k 100
	168	251	262	393	503	785
Tartunnat	T 8 k 600	T 8 k 600	T 8 k 600	T 10 k 600	T 8 k 300	T 10 k 300
	84	84	84	131	168	262
M _v kNm/m	4.6	6.8	7.0	9.6	12.8	16.7
V _v (kN/m)	20.9	31.4	32.7	43.1	45.3	47.3
L (m)						
1.8	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
2.0	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.2	1.85	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
2.4	1.75	2.25	2.25	2.40	2.40	2.40
2.6	1.70	2.10	2.15	2.60	2.60	2.60
2.8	1.65	2.05	2.05	2.45	2.80	2.80
3.0	1.60	1.95	2.00	2.40	2.80	3.00
3.2	1.60	1.90	1.95	2.30	2.70	3.20
3.4	1.55	1.90	1.90	2.25	2.60	3.20
3.6	1.55	1.85	1.90	2.20	2.55	3.10
3.8	1.50	1.85	1.85	2.15	2.50	2.95
4.0	1.50	1.80	1.85	2.15	2.45	2.80
MH-200	φ 8 k 200	φ10 k 300	φ10 k 200	φ 8 k 100	φ10 k 100	φ12 k 100
	251	262	393	503	785	1131
Tartunnat	T 8 k 600	T 8 k 600	T 10 k 600	T 8 k 300	T 10 k 300	T 12 k 300
	84	84	131	168	262	377
M _v kNm/m	12.1	12.4	17.5	23.4	34.8	47.2
V _v (kN/m)	31.4	32.7	47.1	62.8	74.4	76.8
L (m)						
1.8	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
2.0	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.2	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
2.4	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
2.6	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
2.8	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
3.0	2.70	2.75	3.00	3.00	3.00	3.00
3.2	2.60	2.65	3.20	3.20	3.20	3.20
3.4	2.55	2.55	3.10	3.40	3.40	3.40
3.6	2.45	2.50	3.00	3.55	3.60	3.60
3.8	2.40	2.45	2.95	3.45	3.80	3.80
4.0	2.35	2.40	2.85	3.35	4.00	4.00

	Täyttökorkeus H (m)					
MH-250	φ 8 k 200	φ10 k 300	φ10 k 200	φ 8 k 100	φ10 k 100	φ12 k 100
	251	262	393	503	785	1131
Tartunnat	T 8 k 600	T 8 k 600	T 10 k 600	T 8 k 300	T 10 k 300	T 12 k 300
	84	84	131	168	262	377
M _v kNm/m	17.3	17.9	25.4	33.8	51.2	70.8
V _v (kN/m)	31.4	32.7	47.1	62.8	98.2	101.9
L (m)						
1.8	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
2.0	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2.2	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
2.4	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
2.6	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
2.8	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
3.0	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
3.2	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
3.4	3.10	3.15	3.40	3.40	3.40	3.40
3.6	3.00	3.05	3.60	3.60	3.60	3.60
3.8	2.90	2.95	3.60	3.80	3.80	3.80
4.0	2.85	2.90	3.50	4.00	4.00	4.00
MH-300	φ10 k 300	φ10 k 200	φ 8 k 100	φ10 k 100	φ12 k 100	
	262	393	503	785	1131	
Tartunnat	T 8 k 600	T 10 k 600	T 8 k 300	T 10 k 300	T 12 k 300	
	84	131	168	262	377	
M _v kNm/m	23.4	33.2	44.3	67.5	94.3	
V _v (kN/m)	32.7	47.1	62.8	98.2	125.1	
L (m)						
1.8	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	
2.0	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	
2.2	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	
2.4	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	
2.6	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	
2.8	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	
3.0	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
3.2	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	
3.4	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	
3.6	3.55	3.60	3.60	3.60	3.60	
3.8	3.45	3.80	3.80	3.80	3.80	
4.0	3.35	4.00	4.00	4.00	4.00	

9 AUKKOPALKKIEN MITOITUS

9.1 Yleistä

Aukkojen ylityksissä käytetään samoja harkkoja kuin seinärakenteissakin. Aukkojen ylityksiin käytettävät palkit tehdään yhden, kahden tai kolmen harkon korkuisiksi tarpeen mukaan. Kuvassa 9 on esitetty palkin korkeusvaihtoehdot.

Palkki voidaan tehdä

- leikkausraudoittamattomana (9.2)
- leikkausraudoitettuna (9.3)
- **liittorakenteena (9.4)**

Aukkopalkki mitoitetaan RakMk B9:n mukaan sekä taivutusmomentille että leikkausvoimalle. Lisäksi tarkistetaan vetoterästen ankkurointikapasiteetti. Taulukoissa on esitetty palkin murtoforma palkin oma paino otettuna huomioon.

Taivutuskapasiteetti lasketaan kaavasta

$$a_x = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{ux}}{p_1 + p_2}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 4,9}{10,4}} = 1,68 \text{ m} < \frac{L_x}{2} = 3,00 \text{ m}$$

$$M_u \left\{ \begin{array}{l} = A_s \cdot f_{yd} \cdot d \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} \right) \\ \leq 0,3 \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{cd} \end{array} \right\}$$

missä

A_s on palkin vetoteräsmäärä

$b_c = b - 62 \text{ mm}$ on palkin paikallavaluosan leveys

b on muottiharkon paksuus

$d \approx h - 35 \text{ mm} \# L/3$ on palkin tehollinen korkeus

L on palkin jänneväli

$f_{yd} = 417 \text{ MPa}$ on raudoituksen laskentalujuus

$f_{cd} = 9 \text{ MPa}$ on paikallavalubetonin laskentalujuus

Leikkausraudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti lasketaan kaavasta

$$V_u \left\{ \begin{array}{l} = 0,3 \cdot k \cdot \left(1 + 50 \cdot \frac{A_{sl}}{b \cdot d} \right) \cdot b \cdot d \cdot f_{ctd} \\ \leq 0,4 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctd} \end{array} \right\}$$

missä

A_s on tuelle ankkuroitu vetoteräsmäärä (vähintään 30 % maksimimomentin vaatimasta teräsmäärästä)

$f_{ctd} = 0,72 \text{ MPa}$ on paikallavalubetonin vetolujuuden laskenta-arvo

Leikkausraudoitetun palkin leikkauskapasiteetti saadaan kaavasta

$$V_u \left\{ \begin{array}{l} = 0,4 \cdot b \cdot d \cdot f_{ctd} + \frac{A_{sv}}{s} \cdot f_{vyd} \cdot d \\ \leq 0,25 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} \end{array} \right\}$$

missä

$f_{vyd} = 417 \text{ MPa}$ on leikkausraudoituksen laskentalujuus

Lisäksi on tarkistettava tuelle ankkuroidun raudoituksen A_{sl} ankkurointikapasiteetti F_{bu} kaavasta

$$V_d \left\{ \begin{array}{l} = F_{bu} = 1,7 \cdot f_{ctd} \cdot n \cdot \pi \cdot \phi \cdot l_b \\ \leq A_{sl} \cdot f_{yd} \end{array} \right\}$$

missä

ϕ on tuelle ankkuroidun raudoituksen halkaisija

n on tuelle ankkuroitujen tankojen lukumäärä

9.2 Leikkausraudoittamaton palkki

Pääteräksinä käytetään harjateräksiä 2 ϕ 10 ...
2 ϕ 12 A 500 HW taulukon mukaisesti. Pääte-
rästen etäisyys palkin alareunasta on 30 mm

(betonipeite 25 mm). Palkin pääterästen pituu-
den on oltava vähintään aukon vapaa leveys li-
sättynä 600 mm. Taulukon 11 arvoissa on pal-
kin oma paino otettu huomioon.

Taulukko 11. Leikkausraudoittamaton palkki.

Harkkokerrokset I, II tai III.

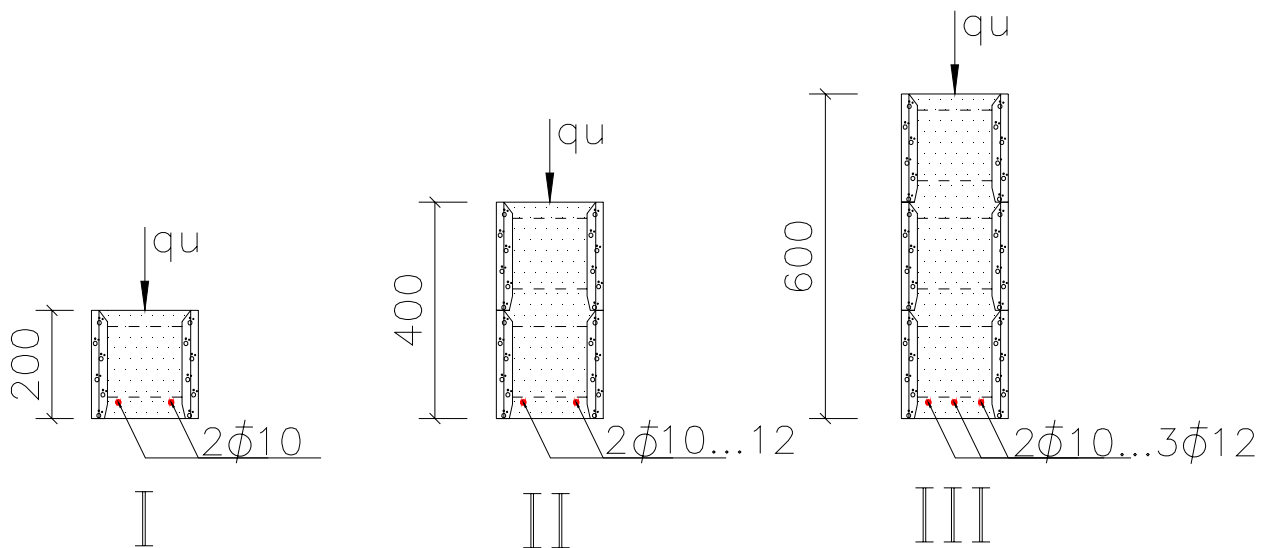
Pääteräokset 2 ϕ 10 A 500 HW

Palonkesto R 60

Kuormituskapasiteetin laskenta-arvo q_u kN/m palkin oma paino otettuna huomioon

	MH-150			MH-200		
	I	II	III	I	II	III
	2 ϕ 10	2 ϕ 10	2 ϕ 10	2 ϕ 10	2 ϕ 10	2 ϕ 10
M_u kNm	6.5	21.2	34.3	9.4	22.5	35.6
V_u kNm	4.2	9.3	12.0	6.8	14.8	18.3
Aukon leveys L (m)	q_u kN/m					
0.6	30	49	48	51	78	76
0.8	17	49	48	28	78	76
1.0	12	49	48	19	78	76
1.2	9	38	48	15	62	76
1.4	7	26	47	12	43	70
1.6	6	20	43	10	32	65
1.8	5	16	35	8	26	54
2.0	4	13	26	7	21	40
2.2	4	11	21	6	18	32
2.4	3	9	17	5	15	26
2.6	3	8	14	5	14	22
2.8	3	7	12	4	12	19
3.0	2	6	11	4	11	17
3.2	2	6	9	4	10	15
3.4	2	5	8	3	9	13
3.6	2	5	7	3	8	12
3.8	2	4	7	3	7	11

	MH-250			MH-300		
	I	II	III	I	II	III
	2 ϕ 10	2 ϕ 10	2 ϕ 12	2 ϕ 10	2 ϕ 12	4 ϕ 10 3 ϕ 12
M_u kNm	9.9	23.0	51.0	10.5	33.2	71.3
V_u kNm	9.3	19.6	24.7	12.1	25.0	32.2
Aukon leveys L (m)	q_u kN/m					
0.6	75	106	105	95	134	133
0.8	41	106	105	52	134	133
1.0	28	106	105	35	134	133
1.2	21	87	102	27	109	133
1.4	17	59	95	21	75	124
1.6	14	45	89	18	56	115
1.8	12	36	74	15	45	96
2.0	10	29	56	13	37	72
2.2	9	25	44	11	32	57
2.4	8	22	36	10	27	47
2.6	7	19	31	9	24	40
2.8	6	17	27	8	21	35
3.0	6	15	23	7	19	30
3.2	5	14	20	6	17	27
3.4	5	12	18	5	16	24
3.6	4	11	16	5	14	22
3.8	4	10	15	4	13	20



Kuva 10. Leikkausraudoittamaton palkki

9.3 Leikkausraudoitettu palkki

Leikkausraudoitetuissa palkeissa pääteräksinä käytetään harjateräksiä 2 ϕ 10 ... 2 ϕ 16 A 500 HW taulukon mukaisesti. Leikkausraudoituksen ovat haat ϕ 6 k 200 A 500 HW. Taulukossa

on ilmoitettu myös pääterästen ankkurointipituus l_b . Taulukon 12 arvoissa on otettu huomioon palkin oma paino.

Taulukko 12. Leikkausraudoittamaton palkki.

Harkkokerrokset I, II tai III.

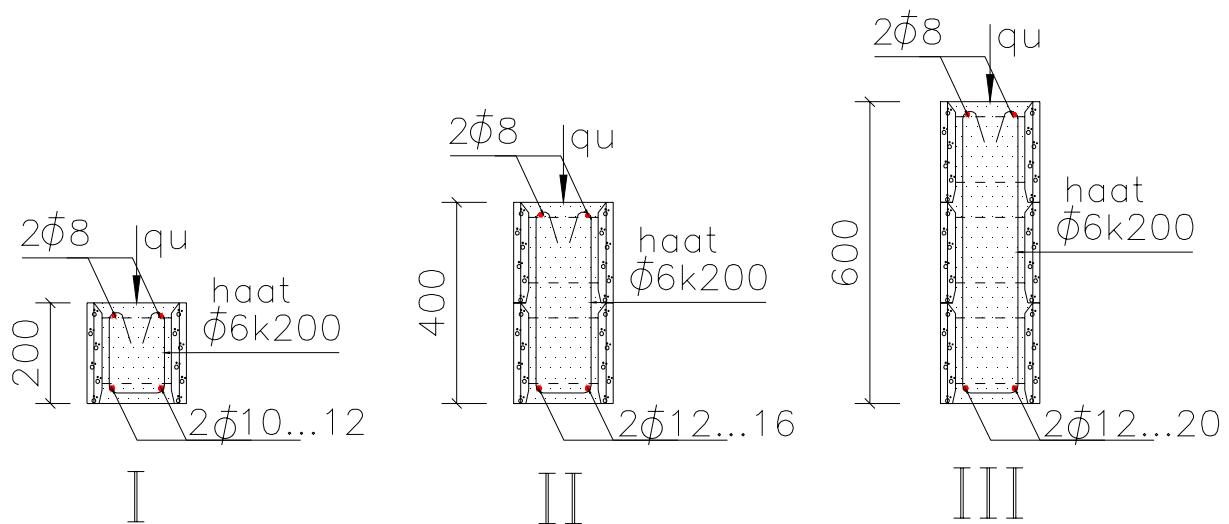
Teräs A 500 HW

Kuormituskapasiteetin laskenta-arvo q_u kN/m palkin oma paino otettuna huomioon

	MH-150			MH-200			
Harkkokerroksia	I	II	III	I	II	III	
Pääteräksset	2 ϕ 10	2 ϕ 12	2 ϕ 12	2 ϕ 10	2 ϕ 12	2 ϕ 12	2 ϕ 16
Ankkurointipituus (mm)	300	500	500	300	500	500	600
haat	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200
M_u (kNm)	6.5	28.7	47.5	9.4	31.2	50.1	83.7
V_u (kN)	22.8	50.2	77.8	26.5	57.6	88.8	88.5
Aukon leveys L (m)	q_u kN/m						
0.6	139	268	267	155	279	277	309
0.8	90	226	225	99	241	240	309
1.0	66	202	202	71	218	216	300
1.2	48	158	176	51	171	186	277
1.4	35	115	154	37	125	161	261
1.6	27	88	137	28	95	142	240
1.8	21	69	115	22	75	120	203
2.0	17	56	92	18	60	97	164
2.2	14	46	76	14	49	79	135
2.4	11	38	63	12	41	66	113
2.6	10	32	54	10	35	56	96
2.8	8	28	46	8	29	48	82
3.0	7	24	40	7	25	41	71
3.2		21	34		22	36	62
3.4		18	30		19	31	54
3.6		16	27		17	27	48
3.8		14	24		15	24	43
4.0		13	21		13	21	38

MH-250					
Harkkokerroksia	I	II		III	
Pääteräket	2 ϕ 12	2 ϕ 12	2 ϕ 16	2 ϕ 12	2 ϕ 16
Ankkurointipituus (mm)	500	500	600	500	600
haat	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200
M_u (kNm)	13.3	32.2	53.2	51.0	86.7
V_u (kN)	29.4	64.3	63.9	99.1	98.8
Aukon leveys L (m)	q_u kN/m				
0.6	236	291	345	290	344
0.8	131	250	345	248	344
1.0	91	224	317	223	315
1.2	69	178	267	190	290
1.4	54	130	193	164	271
1.6	41	99	148	144	249
1.8	32	77	119	122	211
2.0	26	62	100	98	170
2.2	21	51	86	80	140
2.4	18	42	72	67	117
2.6	15	36	61	56	99
2.8	13	30	52	48	85
3.0	11	26	45	41	73
3.2		22	39	36	64
3.4		20	34	31	56
3.6		17	30	27	49
3.8		15	27	24	44
4.0		13	24	21	39

MH-300						
Harkkokerroksia	I	II		III		
Pääteräket	2 ϕ 12	2 ϕ 12	2 ϕ 16	2 ϕ 12	2 ϕ 16	2 ϕ 20
Ankkurointipituus (mm)	500	500	600	500	600	800
haat	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200	ϕ 6 k 200
M_u (kNm)	14.3	33.2	55.8	52.0	89.3	133.2
V_u (kN)	33.5	71.9	71.5	110.4	110.0	109.6
Aukon leveys L (m)	q_u kN/m					
0.6	255	298	381	296	379	379
0.8	145	255	365	253	363	379
1.0	100	228	325	226	323	379
1.2	76	180	274	193	296	379
1.4	56	131	213	166	277	379
1.6	43	100	163	145	253	363
1.8	33	78	131	123	215	323
2.0	27	63	108	99	173	249
2.2	22	51	88	80	142	201
2.4	18	42	74	67	118	168
2.6	15	36	62	56	100	144
2.8	13	30	53	48	86	126
3.0	11	26	46	41	74	112
3.2		22	40	35	64	99
3.4		19	35	31	56	87
3.6		17	31	27	50	77
3.8		15	27	23	44	68
4.0		13	24	21	39	61

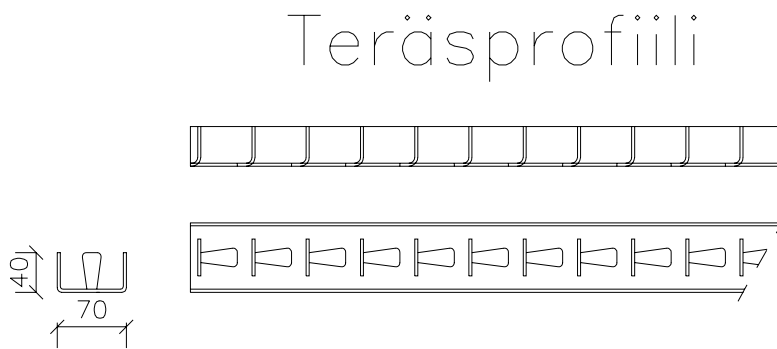


Kuva 11. Leikkausraudoitettu palkki

9.4 Liittopalkki

Muottiharkoista MH-150 ja MH-200 muodostetun palkin vetorausoitteena on alareunaan asennettu teräsprofiili, joka kiinnittyy siihen stanssattujen vaarujen tartuntojen välityksellä valuun siten, että se toimii yhdessä palkin kanssa. Muottiharkkopalkissa MH-150 yksi teräsprofiili ja muottiharkkopalkissa MH-200 on 2 teräsprofiilia rinnakkain. Betonin leikkauskestävyyden varmistamiseksi palkkiin laitetaan pystytapit $\phi 16$ (A 500 HW) k 200. Tappi työn-

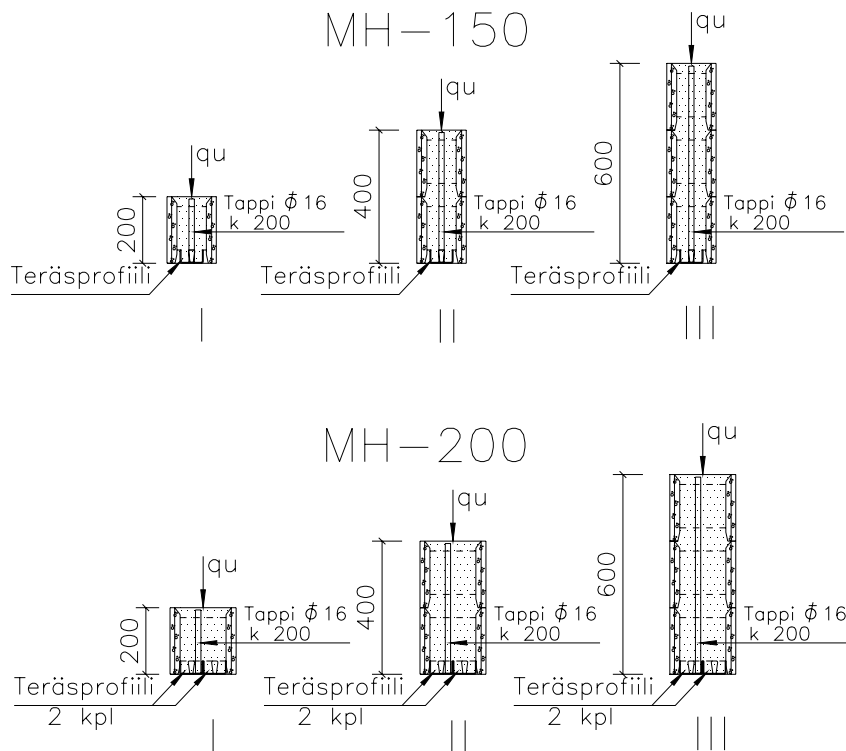
netään palkin pohjaan asti niin, että se koskettaa teräsosaa. Teräsprofiilin tulee sijaita siten, että se ylettyy tuelle minimissään 120 mm. Teräsprofiili on kuumasinkitty, joten sillä on hyvä suoja ruostumista vastaan. Ennen pinnoitusta suositellaan palkin pintaan tehtäväksi esisively pakkaskokein testatulla primerointiaineella Masterseal 300 pinnoitteen tarttumisen varmistamiseksi. Primerointiainetta on saatavissa tehtaalta.



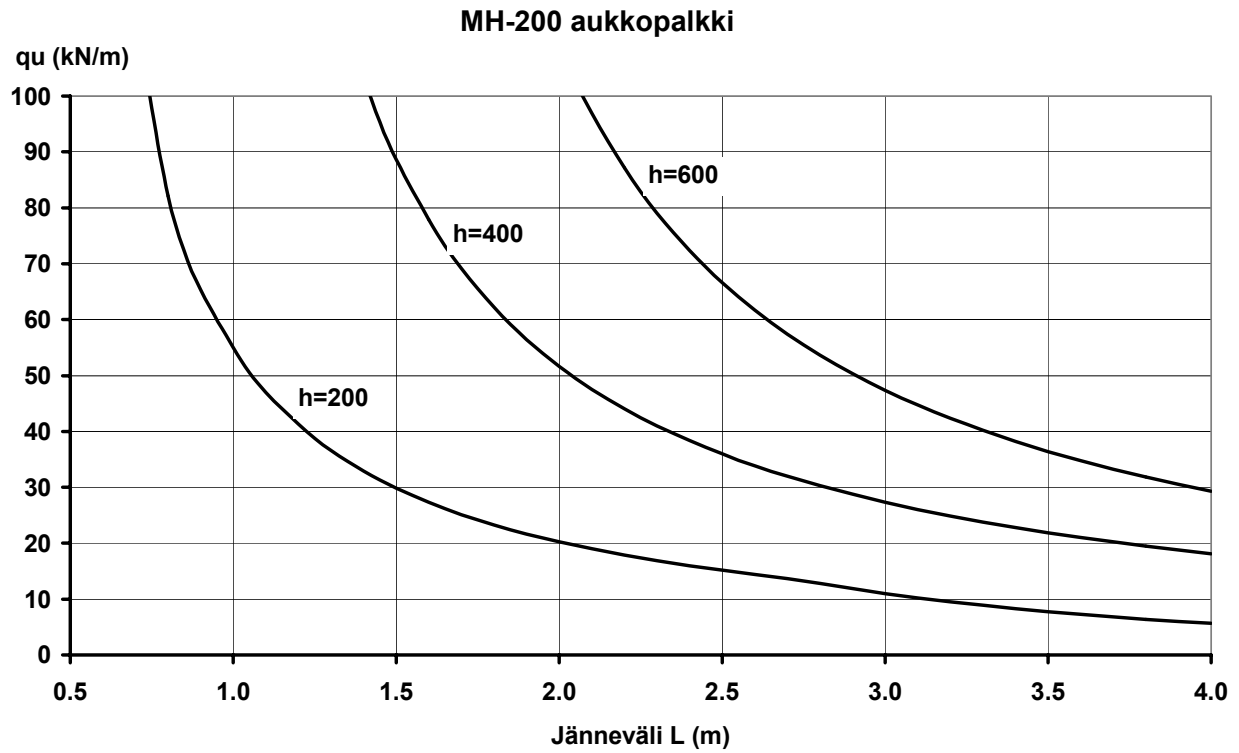
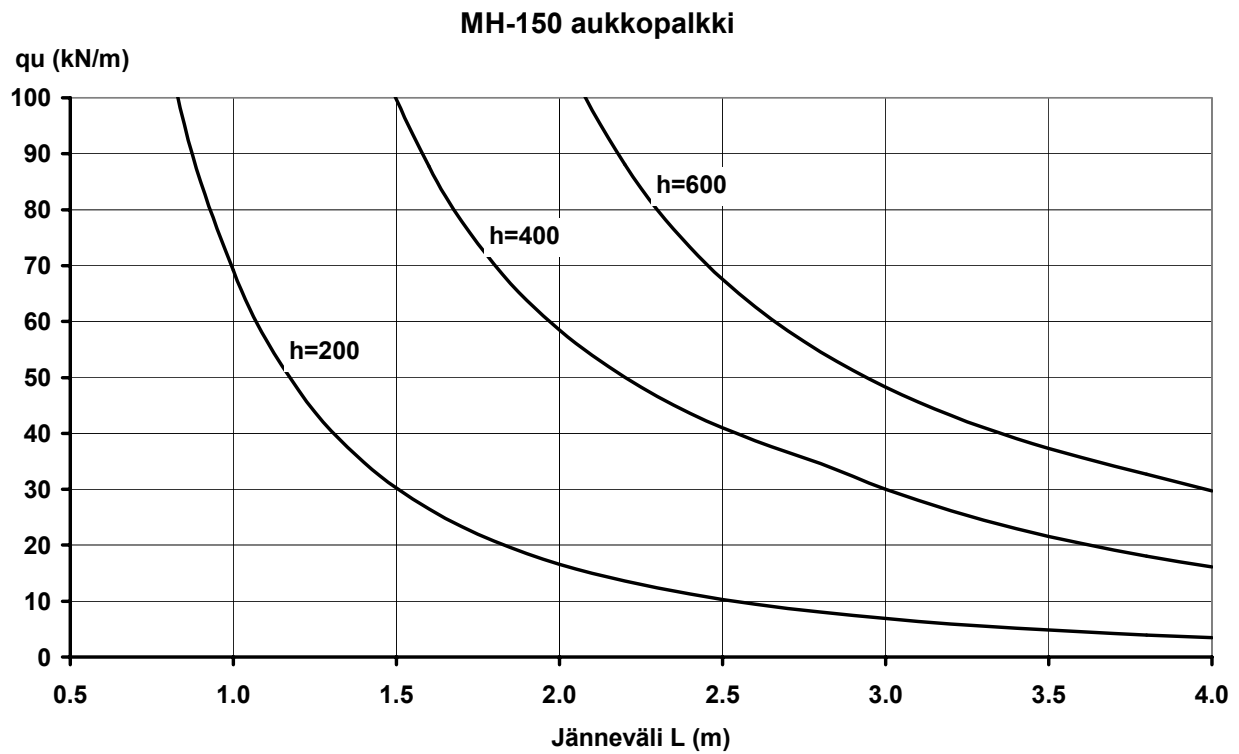
Kuva 12 . Aukkoprofiili toimitetaan työmaalle 6 m mittaisina kappaleina. Työmaalla profiili katkaistaan sopivan pituisiksi kappaleiksi aukotusten mukaisesti.

Taulukko 13. Liittopalkin sallittu laskentakuorma q_u kN/mTeräsprofiili S 355 J2G3 (Fe 52 D) Tapit $\phi 16$ k 200 A 500 HW

	MH - 150			MH - 200		
L	I	II	III	I	II	III
0.6	193.6	209.4	163.8	159.2	328.8	309.2
0.8	108.5	209.4	163.8	82.1	328.8	309.2
1.0	69.1	209.4	163.8	55.1	293.5	309.2
1.2	47.7	172.3	163.8	41.3	153.8	309.2
1.4	34.8	116.5	163.8	32.9	103.7	309.2
1.6	26.5	87.8	163.8	27.3	77.9	215.8
1.8	20.7	70.3	146.4	23.3	62.2	145.5
2.0	16.6	58.5	110.2	20.2	51.7	109.3
2.2	13.6	50.0	88.1	17.9	44.1	87.2
2.4	11.3	43.6	73.3	16.0	38.3	72.4
2.6	9.5	38.6	62.6	14.4	33.9	61.7
2.8	8.0	34.6	54.5	12.8	30.3	53.6
3.0	6.9	30.0	48.3	11.0	27.4	47.4
3.2	5.9	26.2	43.2	9.5	24.9	42.3
3.4	5.2	23.0	39.1	8.3	22.8	38.2
3.6	4.5	20.3	35.7	7.3	21.0	34.8
3.8	3.9	18.0	32.7	6.4	19.5	31.8
4.0	3.5	16.1	29.7	5.7	18.1	29.3



Kuva 13. Teräsprofiililla vahvistetut aukkopalkit



Kuva 14. Teräsprofiililla vahvistettujen aukkopalkkien kuormituskäyrästöt.

10 PAIKALLINEN PURISTUSKESTÄVYYS

Puristuskestävyys keskittyneiden kuormitusten kohdalla, kun kuorma pääsee jakautumaan seinässä kuormitusaluetta laajemmalle alueelle lasketaan RakMk B9:n ohjeiden mukaisesti. Keskittyneiden kuormien oletetaan jakautuvan seinässä RakMk B9:n ohjeiden mukaisesti kaltevuudessa 1:2 enintään yhden harkkokerroksen (200 mm) korkeudella.

Paikallinen puristuskestävyys saadaan kaavasta

$$N_u = k \cdot A_{c0} \cdot f_{cd} = k \cdot a \cdot b \cdot f_{cd}$$

missä

$$k \leq \begin{cases} \sqrt{1 + \frac{h_h}{a}} \cdot \sqrt{\frac{h_c}{b}} \\ 3,0 \end{cases}$$

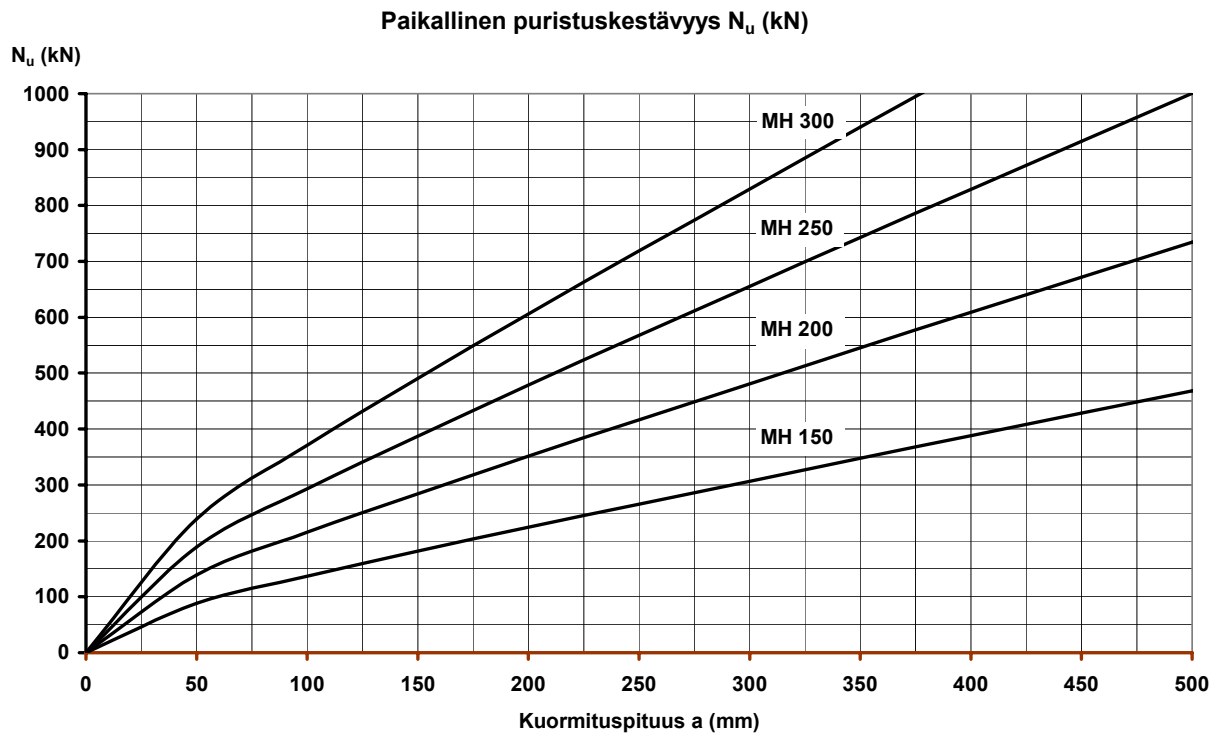
$b \leq h_c$ on kuormitusalueen leveys seinän paksuussuunnassa

a on kuormitusalueen pituus seinän pituussuunnassa

$h_h = 200$ mm on harkkokerroksen korkeus

$h_c = 72$ mm on seinän valuosan paksuus

Paikallinen puristuskestävyys on esitetty kuormitusalueen pituuden a funktiona kuvassa 12.



Kuva 12. Paikallinen puristuskestävyys

11 MINIMIRAUDOITUS

Vaakakuormitetussa (esim. tuulen tai maanpaineen kuormittamassa) seinässä on oltava raudoitusta kantavaan suuntaan vähintään 0,1 % seinän kokonaispinta-alasta harkon kuoret mukaan lukien.

Mikäli seinä on laskettu vaakasuuntaisille kuormille vain pystysuuntaan kantavana, niin pystyraudoituksen tulee täyttää taulukon 14 vaatimukset. Vaakasuunnassa riittää ns. kutistumisraudoitus.

Mikäli seinältä vaaditaan kantokykyä myös vaakasuunnassa (seinän nurjahduspituutta on pienennetty taulukon 6 mukaan, maanpaineiseinä on laskettu kahteen suuntaan raudoitettuna), on pystysuuntaisen raudoituksen lisäksi myös

vaakasuunnassa oltava vähintään minimiraudoitus $A_s = 0,001 \cdot b \cdot h$ (eli 0,1 % seinän koko poikkileikkauksesta). Pienempää vaakasuuntaista teräsmäärää käytettäessä seinällä ei oleteta olevan kantokykyä vaakasuunnassa. Tällöin vaakasuuntaiseksi raudoitukseksi riittää ns. kutistumisraudoitus, jonka tehtävänä on rajoittaa kutistumasta aiheutuvaa halkeilua.

Kun **pystykuormitetussa** (esim. epäkeskisen pystykuorman kuormittamassa) seinässä pystyteräksset on otettu huomioon puristusraudoituksena, on paikallavalun molemmissa pinnoissa sekä pysty- että vaakasuuntaan oltava raudoitusta 0,1 % paikallavaluosan pinta-alasta. Tankoväli saa olla enintään 300 mm. Muottiharkosta MH-150 tehdyssä seinässä riittää kuitenkin keskeinen raudoitus $\phi 8$ k 300 molempiin suuntiin.

Taulukko 14 . Raudoitetun muottiharkkoseinän vähimmäisraudoituksia:

		MH-150	MH-200	MH-250	MH-300
Vaakakuormitettu, raudoitettu seinä	$A_{smin} (mm^2/m) \geq$	150	200	250	300
	Pystyraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\phi 8$ k 300 168	$\phi 8$ k 200 252	$\phi 8$ k 200 252	$\phi 10$ k 200 393
	Vaakaraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\phi 10$ k 400 168	$\phi 10$ k 400 252	$\phi 8$ k 200 252	$\phi 10$ k 200 393
Pystykuormitettu, vetoraudoitettu seinä	$A_{smin} (mm^2/m) \geq$	85	133	181	230
	Pystyraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\phi 8$ k 400 kesk. 126	$\phi 8$ k 20 252	$\phi 8$ k 20 252	$\phi 8$ k 200 252
Pystykuormitettu, veto- ja puristus- raudoitettu seinä Raudoitus vaaka- ja pystysuunnassa molemmissa pinnoissa	$A_{smin} (mm^2/m) \geq$	85	133	181	230
	Pystyraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\phi 8$ k 400 kesk. 126	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252
	Vaakaraudoitus $A_s (mm^2/m)$	$\phi 8$ k 400 kesk. 126	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252
Kutistumasta aiheutuvan halkeilun rajoittamiseksi	Vaakaraudoitus $A_{smin} (mm^2/m)$	$\phi 8$ k 400 kesk. 126	$\phi 8$ k 400 mol. pinn. 126 + 126	$\phi 8$ k 400 mol. pinn. 126 + 126	$\phi 8$ k 200 mol. pinn. 252 + 252

Aukkojen pielissä on oltava vähintään 1 ϕ 10.

Aukkopalkkien minimirauδοitus on kentässä ja ulokkeen tuella vähintään 2 ϕ 10. Leikkausraudoitetussa palkissa on oltava hakoja vähintään ϕ 6 k 200.

12 PALONKESTO, ÄÄNENERISTÄVYYS

Muottiharkoista MH-150...MH-300 valmistettu seinä täyttää taulukossa 14 esitetyt palonkestovaatimukset.

Taulukko 14. Muottiharkkoseinän MH-150...MH-300 palonkesto

Harkko	Osastoivana, ei-kantavana seinänä	Kantavana seinänä
MH-150	EI 180	REI 90
MH-200	EI 240	REI 180
MH-250	EI 240	REI 240
MH-300	EI 240	REI 240

Muottiharkkojen pinnat 1/1

Muottiharkon seinämän (kuoren) paksuus on 30 mm. Kantavan tai osastoivan seinän vähimmäispaksuutta laskettaessa voidaan harkon kuoret laskea seinän vaadittavaan paksuuteen mukaan.

Kantavan seinän kantokykyä palotilanteessa tarkasteltaessa seinän paksuutta vähennetään palon puoleiselta sivulta harkon ulkoreunasta lukien taulukon 14 mukaisella mitalla. Vähennettävään paksuuteen voidaan sisällyttää harkon kuoren paksuus 30 mm. Esimerkiksi palonkestoajan ollessa 180 min, on vähennys 50 mm, josta harkon kuoren osuus on 30 mm. Seinän tehollinen paksuus vähenee palon puoleisella sivulla 20 mm. Jäljelle jääneelle poikkileikkaukselle voidaan betonin lujuutena käyttää normaalilämpötilan mukaista betonin ominaislujuutta. Laskettaessa seinän hoikkuutta (suh-

detta L_p/h) palotilanteessa myös mittaan h tehdään edellä mainittu vähennys palon puoleiselta sivulta.

Taulukko 15. Seinän paksuuden vähennys palomitoituksessa.

Palonkesto aika	Seinän paksuuden vähennys Δh (mm)
$\leq R 90$	25
R 120	35
R 180	50
R 240	60

Pääraudoituksen lämpötilaa laskettaessa betonipeitteeseen voidaan laskea mukaan harkon seinämän paksuus 30 mm. Pääraudoituksen betonipeitteeksi riittää palonkestoajan R90 mukainen betonipeite 40 mm harkon pinnasta, jos seinää tarkastellaan raudoittamattomana rakenteena, jossa seinän paksuuteen on tehty taulukon 15 mukainen vähennys ja näin saadun seinän kapasiteetti on riittävä palonkestoajan kuormitukselle.

Taulukko 16. Pääraudoituksen betonipeite:

Palonkesto aika	Betonipeite c (mm) harkon pinnasta lukien
$\leq R 90$	40
R 120	40
R 180	50
R 240	60

Aukkopalkkien palonkestävyyttä tarkasteltaessa voidaan palkin vetopuolen leveyteen laskea mukaan myös harkon kuoret.

Taulukko 17: Aukkopalkkien palonkesto sekä pääraudoituksen keskimääräinen betonipeite c_m (mm)

Paloesto-aika	MH-150	MH-200	MH-250	MH-300
R 60	30	25	25	20
R 90	50	40	35	33
R 120	-	60	50	45
R 180	-	-	75	65
R 240	-	-	-	82

Taulukko 18. Muottiharkoista tehdyn seinän

ääneneristävyys

	Ääneneristävyys
MH-150	53 dB
MH-200	56 dB
MH-250	58 dB
MH-300	59 dB

13 LOPUKSI

Rakentaminen on helppoa, kun sen osaa. Ongelmatapauksessa ei kannata olettaa vaan kysyä. Kysymistä varten toimii **Lammin Betonin tekninen neuvonta numerossa 03-6446830**. Viihtyisiä rakennushetkiä toivottaa Lammin Betoni Oy.