

Leca®-harkot | Talonrakentaminen

Leca®-betonivalu- harkkorakenteet suunnittelu- ja työohje

LECA®-BETONIVALUHARKOT

ovat ympäröintä ja pontti ohjaa harkkoa ladottaessa.

SISÄLLYS

1 YLEISTÄ	3
2 OMINAISUUDET	4
3 MITTAJÄRJESTELMÄ	5
4 VALUHARKKOSEINIEN MITOITUSPERUSTEET	6
4.1 SUUNNITTELUPERUSTEET	6
4.2 VALUHARKKOSEINÄN TAULUKKOMITOITUS MAANPAINEELE JA TUULENPAINEELE	6
4.3 POIKKILEIKKAUS	8
4.4 PAIKALLINEN PURISTUSKESTÄVYYS	16
4.5 JÄYKISTÄVÄT SEINÄT	16
5 LIIKUNTA SAUMAT	17
6 TYÖOHJEITA	18
6.1 ANTURAN JA PERUSMUURIN RAKENTAMINEN	18
6.2 PYSTYONTELOIDEN BETONOINTI	20
6.3 KIINNITYKSET	21
6.4 SÄHKÖASENNUKSET JA PUTKIASENNUKSET	21
6.5 SEINIEN PINNOITUKSET	21



Tuote on luokiteltu Sisäilmayhdistys ry:n luokkaan M1, johon liittyvät tiedot ovat saatavissa osoitteesta benderssuomi.fi/dokumentit



Ulkopuolisena laaduntarkastajana toimii Inspecta Sertifiointi Oy.



Tuotteella on CE-merkintä, johon liittyvät tiedot ovat saatavissa osoitteesta benderssuomi.fi/dokumentit



1 YLEISTÄ

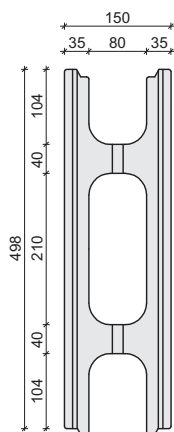
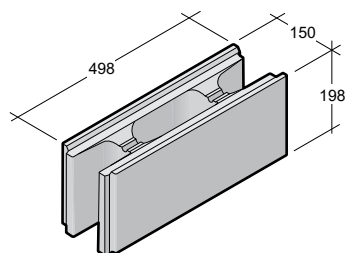
Valuharkkoja käytetään muun muassa kantaviin- ja kantamattomiin väliseiniin, jäykistäviin seiniin, sokkeleihin, maanpaineseiiniin ja tukimuureihin. Valuharkkoja voidaan käyttää yhdessä Leca Lex -perus- ja eristeharkkojen kanssa.

Tuotteet ovat CE- ja FI-merkittyjä ja tuotteiden laatua valvoo Inspecta Sertifiointi Oy.

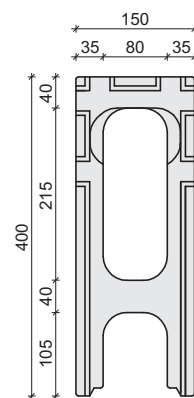
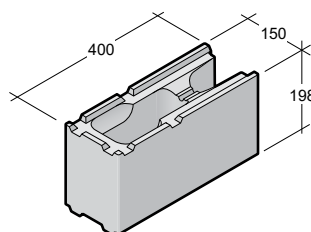
Kulmalukitus varmistaa nurkkien suoruuden ja vähentää valunaikaisen tuennan tarvetta.



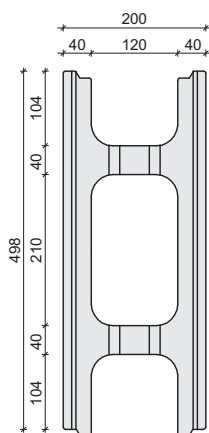
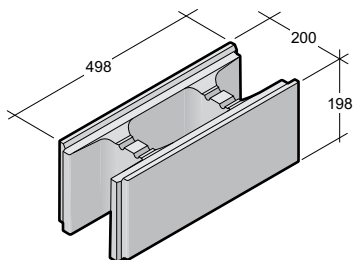
Betonivaluharkko
BVH-150



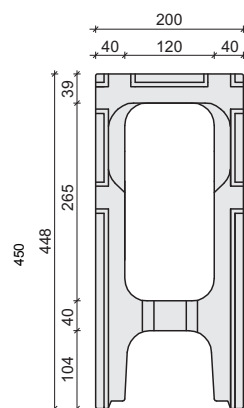
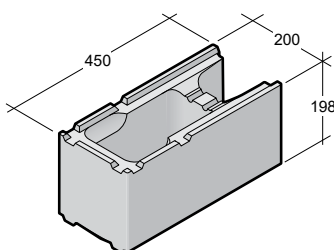
Betonivaluharkko
BVH-150 kulma



Betonivaluharkko
BVH-200



Betonivaluharkko
BVH-200 kulma



2 OMINAISUUDET

HARKOT

Leca-betonivaluharkot ovat reiällisiä harkkoja, jotka puolen kiven limityksellä ladottaessa muodostavat seinään pysty- ja vaakasuuntaisia valuonteloita.

Harkot ovat ympäri pontattuja, joten ne lukittuvat tiukasti saumoista niitä ladottaessa. Yläpinnan ulkoreunaan ulottuva ponttaus mahdollistaa helpon ja tasaisen valupinnan tekemisen ylimmän harkon yläpintaan.

Järjestelmä koostuu kahdesta harkkoleveydestä, 150 mm ja 200 mm. Harkkojen korkeus on 207 mm ja vaakaponttauksen ansiosta ladottaessa harkon korkeus on 198 mm. Kummastakin harkkoleveydestä löytyy sekä suora- että kulmaharkko. BVH-200 betonivaluharkkoa suositellaan käytettäväksi huoneistojen välisissä seinissä.

Leca-betonivaluharkkoille on myönnetty mallisuoja niiden edistyksellisen muotoilun ja toiminnallisuuden ansiosta. Harkkojen mitat ja menekit on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Leca-betonivaluharkkojen mitat ja menekit

	BVH-150	BVH-150 kulma	BVH-200	BVH-200 kulma
Leveys x pituus x korkeus (mm)	150x498x198	150x400x198	200x498x198	200x450x198
Paino (kg), noin	17,7	13,1	20,8	17,8
Tiheys (kg/m ³)	2000	2000	2000	2000
Valumassan menekki (l/kpl), noin	6,6	5,1	10,1	9,0
Harkkojen menekki (kpl/m ²)	10	5/m	10	5/m
Harkkoja lavalla (kpl)	84	48	70	60

1) HARKKOJEN PITUUS ON 510 MM JA PITUUSETENEMÄ PONTTAUKSESTA JOHTUEN 498 MM.
HARKKOJEN KORKEUS ON 207 MM JA KORKEUSETENEMÄ 198 MM PONTTAUKSESTA JOHTUEN.

SEINÄT

Leca-betonivaluharkot ovat A1-luokan (tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon) palamattomia rakennustarvikkeita, joten niitä voidaan käyttää suojaverhouksiin ja P1-luokan rakennusten rakenteisiin. Palonkestävyyttä arvostellaan palonkestoajalla.

Taulukossa 2 ja 3 on esitetty Leca-betonivaluharkkojen ääneneristävyyden ja palokesto-ominaisuudet.

Taulukko 2. Leca-betonivaluharkkojen R_w-arvot.

	BVH-150	BVH-200
Ilmaääneneristävyys R _w (dB)	49,9	56

Taulukko 3. Leca-betonivaluharkkojen palokesto-ominaisuudet.

	BVH-150	BVH-200
Palonkesto aika, ei kantavat seinät Osastoiva seinä	EI 180	EI 240
Palonkesto aika, kantavat seinät Osastoiva seinä *	REI 90	REI 180

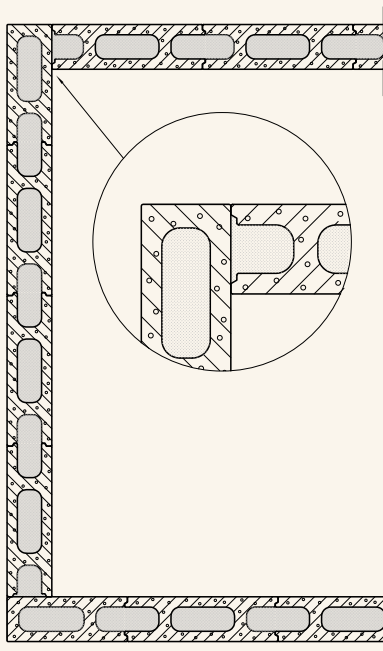
*ALTISTUS MOLEMMILTA PUOLIN, KUN HYVÄKSİKÄYTTÖASTE PALOTILANTEESSA $\mu = 0,35$

3 MITTAJÄRJESTELMÄ

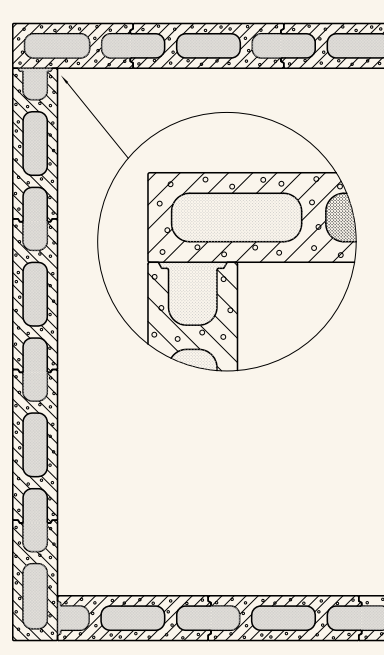
Leca-betonivaluharkot ladotaan puolen harkon limityksellä, jolloin harkkojen pystyontelot tulevat kohdakkain. Kulmaharkkojen mittamaailma on suunniteltu niin, että kokonaisia harkkoja käytettäessä ladonta etenee automaattisesti puolen harkon limityksellä. Kulmaa ladottaessa kulmaharkon kyljestä lähdetään liikkeelle niin, että suoran harkon ns. urosontattu pää tulee kulmaharkkoa vasten. Harkot ovat helposti työstettäviä, jonka vuoksi moduulimitoitusta ei ole välttämätöntä noudattaa. Seinien ladonta ja kulmien teko on esitetty kuvassa 1.



Parittomat harkkokerrokset, aloituskulma



Parilliset harkkokerrokset



Kuva 1. 150 mm ja 200 mm leveiden Leca-betonivaluharkkojen ladontaperiaate.

4 VALUHARKKOSEINIEN MITOITUSPERUSTEET

4.1 SUUNNITTELUPERUSTEET

Leca-betonivaluharkot ovat standardin EN 15435 mukaisia tuotteita, joiden suunniteltu käyttötarkoitus on seinien ja perustusten rakentaminen täyttämällä ne betonilla. Harkkojen rakenteellinen toimivuus perustuu betonitäytteeseen, eikä niitä ole suunniteltu käytettäväksi täyttämättöminä.

Leca-betonivaluharkkoseinien mitoituksessa on sovellettu seuraavia määräyksiä ja ohjeita:

- SFS-EN 1990
- SFS-EN 1991
- SFS-EN 1992-1-1

Seinät mitoitetaan pysty- ja vaakakuormille sekä niiden samanaikaiselle yhteisvaikutukselle. Maanpaine otetaan vastaan valuosan pystysuuntaisilla raudoitetuilla betonionteloilla.

Maanpaineen suuruus on laskettu kolmiokuormana kitkamaalle, jossa pintakuorman q suuruutena on käytetty $2,5 \text{ kN/m}^2$. Seinässä käytettävä harkko ja siihen vaadittu rauditus valitaan harkkokohtaisesti laskettujen mitoitustaulukoiden perusteella.

Valintaan vaikuttavat:

- Seinän korkeus
- Maanpaineen korkeus

Seinän korkeutena käytetään normaalisti anturan yläpinnan ja välipohjan alapinnan etäisyyttä. Maanpaine korkeus lasketaan ulkopuolisen maatäytön yläpinnan ja maanvaraisen lattian yläpinnan välisenä etäisyytenä. Seinälle mahdollisesti tuleva normaalivoimakuormitus yleensä parantaa seinän maanpainekestävyyttä, mutta rakennusaikana yhteisvaikutusta ei aina ole, tämän takia vaaditun harkkopaksuuden ja raudituksen valinta suositellaan tapahtuvan kappaleiden 4.2 ja 4.3 mukaisesti.

4.2 VALUHARKKOSEINÄN TAULUKKOMITOITUS MAANPAINEELE JA TUULENPAINEELE

Seinät mitoitetaan pysty- ja vaakakuormille sekä niiden samanaikaiselle yhteisvaikutukselle. Harkkojen harkko-osan pinta-ala on otettu huomioon lujuutensa mukaisena. Normaalivoiman laskentaepäkeskisyyden e_d on laskettu kaavalla:

$$e_d = e_a + e_0 + e_2$$

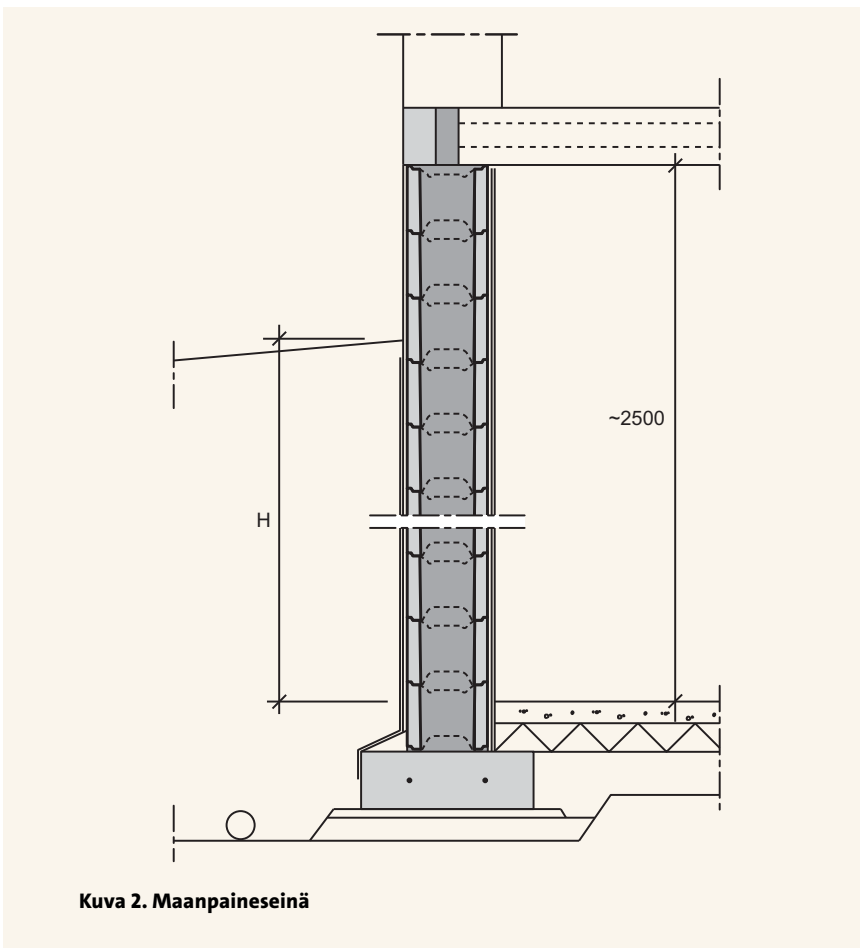
jossa

e_a on perusepäkeskisyyden $= 0,05 h$

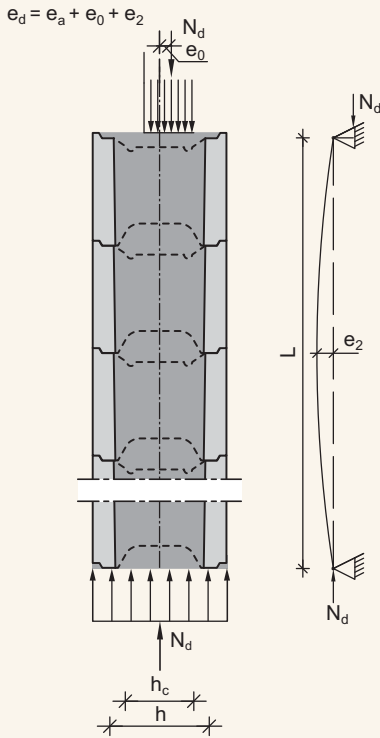
e_0 on normaalivoiman alkuperäinen epäkeskisyyden valuontelon keskilinjasta.

e_2 on 2-kertaluvun ja jäykkyyden vaikutukset huomioitava iteroitava taipuma.

Laskentaepäkeskisyyttä e_d käyttäen on laskettu normaalivoiman N_d epäkeskisyydestä aiheutuva momentti, johon on lisätty poikittaiskuormituksen aiheuttama momentti (kuva 3).



Kuva 2. Maanpaineeseinä



Kuva 3. Seinän staattinen malli ja pystykuorman epäkeskisyyden laskenta.

Seinän murtokestävyys on laskettu vuorovaikutuskäyrästä (M/N) kyseisellä normaalivoima-arvolla. Pelkästään taivutusmomentin rasittamien maanpaineseinien suurimmat painekorkeudet on laskettu hakemalla suurin maanpaine korkeus, jonka seinä kestää taivutusmomentin ja leikkauskestävyyden suhteen.

Maanpaine on laskettu seuraavasti:

$$K_a = (1 - \sin(\text{Kitkakulma})) / (1 + \sin(\text{Kitkakulma}))$$

$$z_p = (Z_i - \text{Maanpinta seinän yläreunasta})$$

$$P_i = \text{Kuorman osavarmuus} \times (K_a \times \text{Pintakuorma} + K_a \times \text{Maanpaino} \times z_p)$$

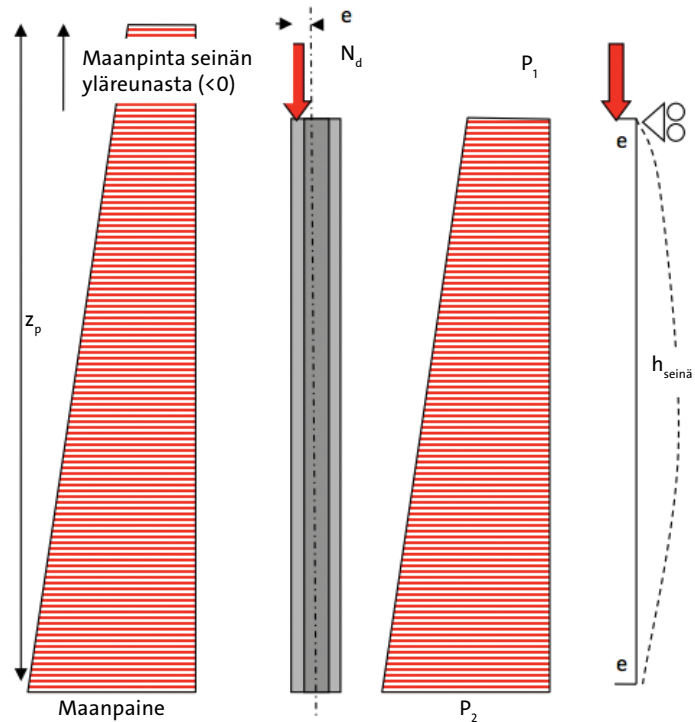
missä:

- Kuorman osavarmuus = 1,35
- Pintakuorman arvo = 2,5 kN/m²
- Kitkakulman arvo = 32°
- Maanpaino = 18 kN/m³

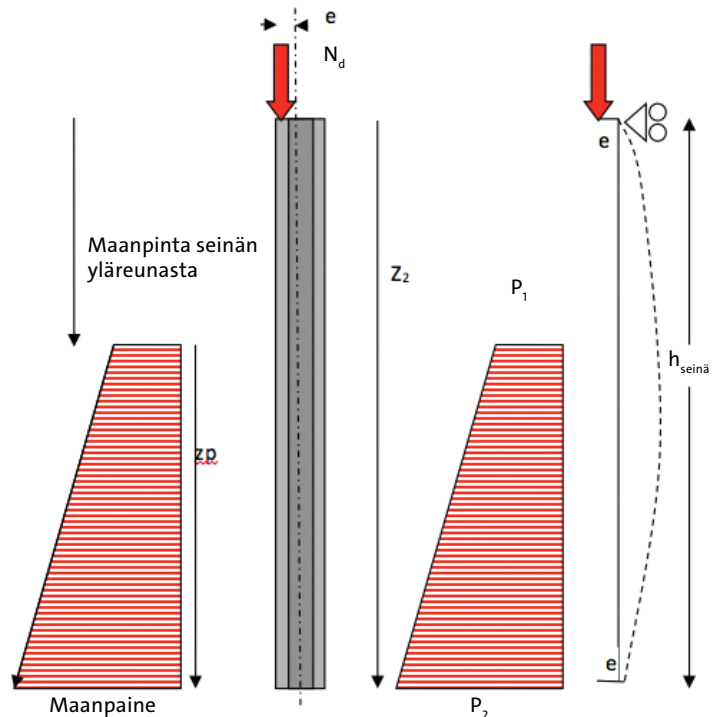
Maanpaine ja välipohjasta aiheutuva normaalivoiman

epäkeskisyyttä vaikuttavat valuharkkoseinässä eri suuntiin, jolloin niiden vaikuttaessa yhtä aikaa seinän normaalivoimakestävyys paranee. Rakennusaikana yhteisvaikutusta ei aina ole, kun rakennusta ei vielä kuormiteta koko laskentakuormalla tai vaihtoehtoisesti maatyttöjä ei ole vielä tehty. Taulukoista 4–5 valitaan seinän korkeutta vastaava rivi, sen

jälkeen sellainen raudoitesarake, jossa sallittu maanpaineen korkeus ylittää kyseisessä tilanteessa vaaditun maanpaineen korkeuden. Tarvittava rauditus asetetaan joko jokaiseen (k250) tai joka toiseen (k500) valuonteloon. Jos taulukosta ei löydy riittävän suurta sallitun maanpaineen korkeutta kyseiselle seinän korkeudelle, pitää seinään valita leveämpi harkko.



Kuva 4. Maanpaine, kun seinän yläreuna on maanpinnan alapuolella.



Kuva 5. Maanpaine, kun seinän yläreuna on maanpinnan yläpuolella.



Kun seinää kuormittaa sen yläpuoli-sesta rakenteesta tuleva normaali-voimakuorma (kN/m), seinälle sallittu normaalivoima voidaan selvittää taulukoista 6–7. Seinän vapaata korkeutta käytetään seinän nurjahduspituutena L_c . Seinään tukeutuvan rakenteen oletetaan siis jäykistävän seinän yläreunan siirtymättömäksi vaakasuunnassa.

Seinän yläpään oletetaan kuitenkin pääsevän vapaasti kiertymään. Taulukosta valitaan ensin maanpaineen korkeus, joka ylittää kohteen maanpaine korkeuden, sen jälkeen rivi, joka vastaa seinän korkeutta. Tällä rivillä on ilmoitettu eri pystyraudoitusvaihoille ja epäkeskisyyksille seinän sallitut normaalivoimakestävyudet. Sallittua normaalivoimakestävyyttä voidaan tarvittaessa kasvattaa valitsemalla seinälle suurempi raudoitusmäärä. Mikäli vaadittua normaalivoimakestävyyttä ei saavuteta raudoitemäärää kasvattamalla, joudutaan seinään valitsemaan leveämpi harkko.

Tuulenpaineen rasittamat seinät

Taulukoista 8–10 valitaan seinän korkeuden perusteella sellainen raudoitus (ja harkkokoko), jota vastaava normaalivoimakestävyys on suurempi kuin seinälle tuleva normaalivoimakuormitus.

4.3 POIKKILEIKKAUS

Seinä lasketaan 1000 mm leveänä harkkopoikkileikkauksena. Betoni-poikkileikkauksen laskennassa oletettu betoni on C25/30. Harkko-osan leveys on redusoitu betonin ja

harkon puristuslujuuksien (10 MPa) suhteella. Harkon mitoituksessa poikkileikkauksesta on huomioitu ne alueet, joissa onteloissa on raudoitustangot. Mikäli ontelossa ei ole raudoitustankoja ei näitä osuuksia ole huomioitu laskennassa. Toisin sanoin T8 k500, T10 k500 ja T12 k500 raudoitteilla on kaksi onteloa laskennassa mukana, T8 k250, T10 k250, T12 k250, 2T8 k250, 2T10 k250 ja 2T12 k250 raudoitteilla on neljä onteloa mukana laskennassa.

Poikkileikkaukseen on mallinnettu tangot sekä ”vedettyyn” pintaan, eli seinän sisäpinnan puoleiseen ontelon reunaan, että ”puristettuun” pintaan, eli harkon ulkopinnan puoleiseen ontelon reunaan. ”Puristetun” pinnan raudoitustankojen puristusjännityksiä ei oteta laskennassa huomioon. Ne eivät toimi puristustankoina, koska tangon läpimitta eikä tangon nurjahdustuenta täytä puristusteräkselle asetettuja vaatimuksia. Puristuspuolen tanko vähentää sen sijaan jonkin verran seinän pitkäaikaista taipumaa pienentämällä viruman vaikutusta poikkileikkauksessa.

Maanpaineen vaikuttaessa seinän ulkopuolelta, maanpaineeseen pystysuuntaiset, vetoteräksinä toimivat raudoitustangot sijoitetaan harkon ontelon molempiin reunoihin detaljien mukaisesti. Seinän vaakasuuntaisena kutistumisraudoituksena käytetään BVH-150 harkoissa T8 k600 ja BVH-200 harkoissa 2T8 k600.

Kutistumisraudoituksena käytettävät vaakateräksiset sijoitetaan harkon valuontelon raudoitusuriin, jotka varmistavat pystyterästen oikean sijainnin. Kutistumateräksiset jatketaan limittämällä ne ankkurointipituuden verran, joka on 8 mm harjaterästangolla 700 mm. Pystyterästen ankkurointi- ja jatkospituus määräytyy käytetyn raudoitteen ja betoniluokan mukaan.

Jäykkyyden vaikutus

Seinän laskenta on suoritettu yllä kuvatun rakennemallin mukaisena laskentaohjelmalla. Laskennassa otetaan huomioon rakenteen

- poikkileikkaus
- poikittaiskuormat
- 2-kertaluvun vaikutus pystykuorman vaikuttaessa
- pystykuorma lisää rakenteen poikittaissuuntaista taipumaa, joten lopullinen taipuma-arvo joudutaan laskemaan iteratiivisesti. Jokaisen iteraatiokierroksen jälkeen taipuma-arvot kasvattavat poikkileikkauksiin kohdistuvia rasituksia, jotka puolestaan lisäävät taipuma-arvoja. Iteraatiota jatketaan, kunnes iteraatiokierrosten välissä taipuma-arvot eivät enää kasva enempää kuin rajaksi asetettu tarkkuus.
- poikkileikkauksen jäykkyyden vaikutus
- poikkileikkauksen jäykkyys analysoidaan kunkin laskentakierroksen aikana. Rakenteen rasitusten perusteella poikkileikkaukselle lasketaan venymätila (ja käyritysmättilä) murtotilan mukaisella jännitys-muodonmuutosyhteydellä, minkä perusteella rakenteen taipumatila saadaan integroitua.
- viruman vaikutus
- pitkäaikaiskuormitusta vastaava betonin jännitys-muodonmuutosyhteys toteutetaan, kertomalla venymäarvot kertoimella $(1 + \emptyset)$, missä \emptyset on virumaluku. Virumalukuna laskelmassa on käytetty arvoa 2.

Taulukko 4. Maanpaineen sallittu korkeus ilman normaalivoiman vaikutusta, BVH-150

HARKKO		BVH-150							
RAUDOITE	T8k500	T10k500	T12k500	T8k250	T10k250	T12k250	2T8k250	2T10k250	2T12k250
SEINÄN KORKEUS	SALLITTU MAANPAINEKORKEUS (m)								
2 000	1,79	1,95	2,11	2,72	3,05	3,35	3,20	3,48	3,74
2 200	1,73	1,87	1,99	2,50	2,77	3,02	2,89	3,12	3,34
2 400	1,69	1,82	1,93	2,36	2,58	2,79	2,69	2,88	3,06
2 600	1,67	1,78	1,89	2,27	2,46	2,64	2,55	2,71	2,87
2 800	1,66	1,77	1,86	2,21	2,38	2,54	2,46	2,60	2,73
3 000	1,65	1,76	1,85	2,17	2,33	2,47	2,40	2,53	2,65
3 200	1,65	1,75	1,84	2,15	2,29	2,42	2,36	2,48	2,59
3 400	1,65	1,75	1,83	2,13	2,27	2,39	2,33	2,44	2,54
3 600	1,65	1,75	1,83	2,12	2,25	2,37	2,31	2,42	2,52
3 800	1,65	1,75	1,83	2,12	2,24	2,36	2,30	2,40	2,50
4 000	1,65	1,75	1,83	2,11	2,24	2,35	2,30	2,39	2,48
4 200	1,65	1,75	1,83	2,10	2,24	2,34	2,29	2,39	2,47
4 400	1,65	1,75	1,83	2,10	2,23	2,34	2,29	2,38	2,47

Taulukko 5. Maanpaineen sallittu korkeus ilman normaalivoiman vaikutusta, BVH-200

HARKKO		BVH-200							
RAUDOITE	T8k500	T10k500	T12k500	T8k250	T10k250	T12k250	2T8k250	2T10k250	2T12k250
SEINÄN KORKEUS	SALLITTU MAANPAINEKORKEUS (m)								
2 000	2,40	2,87	3,49	3,81	4,87	6,11	5,61	7,55	9,31
2 200	2,18	2,62	3,13	3,40	4,27	5,30	4,89	6,49	7,94
2 400	2,09	2,45	2,89	3,11	3,85	4,71	4,36	5,71	6,93
2 600	2,03	2,35	2,72	2,91	3,53	4,27	3,98	5,12	6,16
2 800	2,00	2,28	2,60	2,77	3,31	3,94	3,69	4,68	5,57
3 000	1,97	2,24	2,53	2,68	3,15	3,70	3,48	4,34	5,12
3 200	1,96	2,21	2,48	2,61	3,03	3,52	3,32	4,08	4,77
3 400	1,95	2,19	2,45	2,57	2,95	3,38	3,21	3,88	4,49
3 600	1,95	2,18	2,42	2,54	2,90	3,29	3,13	3,73	4,27
3 800	1,95	2,17	2,41	2,52	2,86	3,22	3,08	3,62	4,11
4 000	1,94	2,17	2,40	2,50	2,83	3,17	3,04	3,54	3,98
4 200	1,95	2,17	2,39	2,49	2,81	3,13	3,00	3,48	3,89
4 400	1,95	2,15	2,39	2,49	2,79	3,10	2,98	3,43	3,81
4 600	1,95	2,17	2,39	2,49	2,78	3,08	2,97	3,40	3,76
4 800	1,95	2,17	2,35	2,49	2,77	3,07	2,99	3,37	3,71
5 000	1,95	2,17	2,39	2,45	2,77	3,06	2,98	3,35	3,68
5 200	1,95	2,17	2,39	2,47	2,77	3,05	2,97	3,34	3,66



Taulukko 6. Maanpaineseinän normaalivoimakestävyys, BVH-150

BVH-150		Nd < [kN/m]																	
		T8k500		T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250	
RAUDOITE	EPÄ-KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4
SEINÄN KORKEUS		MAANPAINEKORKEUS 0																	
2 000	142	85	145	91	148	96	283	171	289	182	295	192	290	184	297	196	303	204	
2 200	130	80	133	86	137	91	259	161	267	171	273	181	268	174	275	185	281	194	
2 400	118	75	123	81	127	86	236	151	246	161	253	171	247	164	255	175	262	184	
2 600	108	71	113	76	117	81	215	142	226	152	235	161	228	155	237	166	244	175	
2 800	99	67	104	72	109	76	197	134	208	143	217	153	210	146	220	157	228	166	
3 000	91	63	96	68	101	72	181	126	192	135	201	144	194	138	205	148	213	157	
3 200	83	59	89	64	93	68	167	118	177	128	187	136	180	130	191	140	199	149	
3 400	77	56	82	60	87	64	154	112	164	121	174	129	167	123	178	133	186	141	
3 600	71	53	76	57	81	61	143	105	153	114	162	122	155	117	166	125	174	134	
3 800	66	50	71	54	75	58	133	100	142	108	151	115	145	110	155	119	164	127	
4 000	62	47	66	51	71	55	123	94	133	102	141	109	135	105	145	113	154	121	
4 200	58	44	62	48	66	52	115	89	124	97	132	104	127	99	136	107	145	115	
4 400	54	42	58	46	62	49	108	84	116	92	124	99	119	94	128	102	136	109	
SEINÄN KORKEUS		MAANPAINEKORKEUS 0,6																	
2 000	134	80	137	86	141	91	276	165	282	177	289	187	283	180	290	191	296	200	
2 200	122	75	127	81	130	86	251	156	260	167	267	177	261	170	269	181	276	190	
2 400	111	71	116	76	121	81	228	146	239	157	247	167	241	160	249	171	257	180	
2 600	101	67	106	72	112	77	209	138	219	148	229	157	222	151	232	162	239	171	
2 800	92	63	98	68	103	72	191	129	202	139	212	149	204	142	215	153	223	162	
3 000	85	59	90	64	95	68	175	122	186	132	196	140	189	134	200	144	208	154	
3 200	78	56	84	60	88	65	162	115	172	124	182	133	175	127	186	137	194	146	
3 400	72	52	77	57	82	61	149	108	160	117	169	125	162	120	173	129	182	138	
3 600	67	49	72	54	77	58	138	102	148	111	157	119	151	113	161	122	171	131	
3 800	62	46	67	51	71	55	128	96	138	105	147	112	141	107	151	116	160	124	
4 000	58	44	62	48	67	52	119	91	129	99	137	107	131	102	141	110	150	118	
4 200	54	41	58	46	62	49	111	86	120	94	129	101	123	96	132	104	141	112	
4 400	50	39	55	43	59	47	104	81	113	89	121	96	115	91	124	99	133	106	
SEINÄN KORKEUS		MAANPAINEKORKEUS 1,2																	
2 000	89	53	98	60	105	67	232	138	244	151	253	163	246	155	256	168	264	178	
2 200	80	49	88	56	96	63	209	130	222	142	233	153	225	146	236	158	245	169	
2 400	71	45	80	52	87	58	189	121	202	133	214	144	205	137	218	149	227	160	
2 600	66	43	74	50	80	56	173	114	186	126	198	136	190	129	203	141	212	152	
2 800	60	40	67	47	74	52	158	108	171	119	183	129	174	122	187	133	197	144	
3 000	55	37	62	44	68	49	145	101	158	112	169	121	161	115	174	126	184	136	
3 200	50	35	57	42	63	47	133	95	145	105	156	115	149	108	161	119	172	128	
3 400	46	33	53	39	59	44	123	89	135	99	145	108	138	102	150	112	160	122	
3 600	42	31	49	37	54	41	114	84	125	94	135	102	128	97	139	106	150	115	
3 800	39	29	45	35	51	39	105	79	116	89	126	97	119	91	130	101	140	109	
4 000	36	27	42	33	47	37	98	74	108	84	117	92	111	86	121	95	131	103	
4 200	33	25	39	31	44	35	91	70	101	79	110	87	104	82	114	90	123	98	
4 400	31	24	37	29	41	33	84	66	94	75	103	82	97	78	107	86	115	93	

Taulukko 6. Maanpaineseinän normaalivoimakestävyys, BVH-150

BVH-150		Nd < [kN/m]																	
RAUDOITE	T8k500		T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250		
EPÄ- KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 1,8																		
2 000	2	2	25	14	37	24	152	90	172	106	188	120	177	111	195	126	208	140	
2 200	-	-	12	7	26	17	128	77	147	94	164	108	153	99	171	114	186	127	
2 400	-	-	2	1	18	12	109	67	128	84	145	97	134	89	152	103	167	116	
2 600	-	-	-	-	12	8	94	59	113	77	129	89	118	81	136	95	152	107	
2 800	-	-	-	-	8	6	81	53	100	70	116	82	106	74	122	87	138	100	
3 000	-	-	-	-	6	3	71	48	91	65	105	76	96	69	112	81	126	93	
3 200	-	-	-	-	3	3	63	44	82	60	96	71	87	64	102	76	116	87	
3 400	-	-	-	-	3	2	57	41	76	56	88	67	80	60	94	71	107	82	
3 600	-	-	-	-	1	1	50	37	68	52	80	62	73	55	86	66	98	76	
3 800	-	-	-	-	2	2	48	36	65	50	76	59	69	53	81	64	93	73	
4 000	-	-	-	-	2	2	44	33	60	47	71	56	64	50	76	60	87	69	
4 200	-	-	-	-	2	2	40	31	56	44	66	53	59	47	71	57	81	65	
4 400	-	-	-	-	2	2	37	29	52	42	62	50	55	45	66	54	76	62	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 2,4																		
2 000	-	-	-	-	-	-	59	32	93	58	116	73	101	63	125	81	146	97	
2 200	-	-	-	-	-	-	20	11	61	39	83	55	69	45	93	62	115	78	
2 400	-	-	-	-	-	-	-	-	34	21	57	39	43	29	68	46	88	61	
2 600	-	-	-	-	-	-	-	-	11	5	37	26	24	16	47	33	68	48	
2 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	16	10	5	32	23	51	37	
3 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	9	-	-	21	15	39	29	
3 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	-	-	13	10	30	23	
3 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	23	18	
3 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	18	14	
3 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	15	12	
4 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	7	
4 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	
4 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 3																		
2 000	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	43	27	25	16	55	36	81	53	
2 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	16	11	42	28	
2 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5	
2 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Taulukko 7. Maanpaineseinän normaalivoimakkestävyys, BVH-200

BVH-200		Nd < [kN/m]																	
RAUDOITE	T8k500		T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250		
EPÄ- KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 0																		
2 000	318	162	322	183	327	194	636	324	645	366	653	387	647	376	656	401	663	420	
2 200	304	156	309	176	314	188	608	312	619	352	628	377	622	365	632	390	641	409	
2 400	290	150	296	170	301	183	579	300	592	339	603	366	596	354	608	379	617	398	
2 600	275	144	282	163	289	177	551	288	565	326	577	355	570	344	584	368	594	387	
2 800	261	138	269	157	276	172	521	277	539	313	552	344	544	332	559	357	571	376	
3 000	246	133	256	150	264	166	493	265	512	301	528	333	519	319	536	346	549	365	
3 200	233	127	243	144	252	161	466	254	486	288	504	322	494	306	513	335	526	354	
3 400	221	122	231	138	240	155	441	244	462	277	480	311	470	294	490	324	505	343	
3 600	209	116	219	133	229	149	418	232	439	265	458	298	447	282	469	313	484	332	
3 800	196	110	209	127	218	143	393	220	417	254	436	286	426	271	448	303	463	321	
4 000	183	104	198	122	208	137	367	208	397	244	416	275	406	260	428	293	444	311	
4 200	170	98	187	116	197	131	340	196	375	233	394	262	384	248	406	282	423	299	
4 400	158	92	176	111	187	125	316	185	352	222	373	251	363	237	386	271	403	289	
4 600	147	87	164	106	177	120	294	174	329	212	355	240	345	227	367	261	384	278	
4 800	138	82	154	101	168	115	275	165	308	203	337	229	325	217	349	251	366	268	
5 000	129	78	145	97	160	110	258	156	289	194	320	219	306	208	332	241	350	258	
5 200	121	74	136	93	152	105	242	148	272	185	303	210	288	199	317	231	334	249	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 0,6																		
2 000	312	158	317	179	322	190	630	320	640	361	648	384	642	372	652	398	659	417	
2 200	298	152	304	172	309	185	602	308	613	348	623	373	617	362	628	387	636	407	
2 400	284	146	291	166	297	180	574	296	587	335	598	363	591	351	604	376	613	396	
2 600	270	140	277	159	284	174	545	284	560	322	573	352	565	341	579	365	590	385	
2 800	255	134	264	153	272	169	515	273	534	309	548	341	539	328	555	354	567	374	
3 000	241	129	251	147	259	164	488	262	507	297	523	330	514	315	532	343	545	362	
3 200	228	124	238	141	248	158	461	251	482	285	499	319	490	303	509	332	522	351	
3 400	216	118	226	135	236	152	436	240	457	273	476	307	466	291	486	322	501	340	
3 600	204	112	215	129	225	146	413	228	435	262	454	295	443	279	465	311	480	329	
3 800	190	106	204	124	214	140	387	216	413	251	432	283	422	268	444	301	460	319	
4 000	178	100	194	119	204	134	361	204	393	241	412	272	402	257	424	291	441	309	
4 200	165	94	183	114	193	128	335	192	371	230	390	259	380	246	402	280	420	297	
4 400	153	89	171	108	183	123	311	181	347	220	370	248	360	235	382	269	400	286	
4 600	143	84	160	104	174	117	290	171	324	210	351	237	341	225	363	259	381	276	
4 800	133	79	150	99	165	112	271	162	304	200	334	227	321	215	346	249	363	266	
5 000	125	75	141	95	157	107	254	153	285	192	317	217	302	206	329	239	347	257	
5 200	116	71	132	90	148	103	238	145	269	183	300	208	285	197	314	229	331	247	



Taulukko 7. Maanpaineseinän normaalivoimakkestävyys, BVH-200

BVH-200		Nd < [kN/m]																	
RAUDOITE	T8k500		T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250		
EPÄ- KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 1,2																		
2 000	282	134	290	156	296	174	601	296	613	339	623	368	616	356	628	382	637	403	
2 200	267	129	276	150	284	169	572	285	586	326	598	357	591	345	604	372	614	392	
2 400	252	123	263	144	271	164	543	273	559	313	573	346	564	334	579	361	591	381	
2 600	239	118	250	139	260	159	514	263	533	302	548	336	540	322	556	351	569	371	
2 800	225	112	237	133	248	153	486	252	507	290	524	326	515	309	533	340	546	360	
3 000	213	105	225	128	236	147	459	242	481	278	500	315	490	297	510	329	524	349	
3 200	200	99	214	123	225	141	434	229	457	267	476	303	466	286	487	319	503	338	
3 400	185	94	203	118	214	136	411	217	434	256	454	291	443	274	466	308	482	328	
3 600	172	88	192	113	203	130	382	205	412	245	432	279	421	263	444	298	461	317	
3 800	160	84	182	108	193	125	356	194	391	235	411	268	400	252	424	288	442	307	
4 000	149	79	170	103	184	120	332	183	371	225	392	257	381	242	405	278	423	297	
4 200	138	74	158	99	174	114	308	172	347	215	371	245	360	231	384	268	402	286	
4 400	128	70	147	94	165	109	286	162	323	205	352	234	341	221	365	258	383	276	
4 600	119	65	138	89	156	104	266	153	302	196	334	224	320	211	346	247	365	265	
4 800	108	62	129	84	147	99	248	144	283	187	317	214	300	202	330	237	348	256	
5 000	99	58	121	79	138	95	230	136	265	177	299	205	282	193	314	227	332	247	
5 200	90	55	113	75	130	91	212	129	249	168	281	196	266	185	299	217	317	238	
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 1,8																		
2 000	221	77	237	117	250	142	546	254	563	300	578	339	569	323	585	355	598	377	
2 200	200	63	218	108	232	132	509	240	532	284	548	326	539	307	557	342	571	364	
2 400	173	52	202	100	217	124	475	221	500	269	520	314	510	292	530	329	546	352	
2 600	152	44	188	92	203	116	445	204	471	256	494	299	481	278	505	318	521	340	
2 800	136	38	172	84	191	110	418	190	445	244	468	286	455	266	481	307	498	329	
3 000	122	33	157	77	180	104	386	177	420	233	444	273	431	254	458	296	476	318	
3 200	103	30	144	72	170	99	355	166	397	223	421	261	408	243	436	286	455	307	
3 400	86	27	133	67	161	95	328	156	376	213	400	250	387	233	415	276	435	297	
3 600	69	23	121	61	150	90	302	145	351	203	379	239	366	222	394	266	415	287	
3 800	63	24	115	59	142	87	282	138	330	196	362	230	349	214	377	258	398	278	
4 000	54	22	107	56	132	83	263	130	308	187	344	220	330	206	359	248	380	269	
4 200	46	21	99	53	123	79	243	122	286	176	326	210	308	196	340	237	361	259	
4 400	40	19	91	49	115	76	219	114	266	165	307	201	287	187	323	226	344	249	
4 600	35	18	81	46	107	72	197	107	248	156	287	192	269	179	307	217	327	240	
4 800	31	17	74	43	100	69	179	100	232	147	269	183	252	171	291	207	312	231	
5 000	28	16	67	41	94	66	163	94	217	139	253	175	236	163	277	198	297	222	
5 200	25	15	61	38	88	63	149	89	204	131	238	167	222	156	264	190	283	214	



Taulukko 7. Maanpaineseinän normaalivoimakkestävyys, BVH-200

BVH-200	Nd < [kN/m]																	
	T8k500		T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250	
EPÄ- KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 2,4																	
2 000	120	2	174	61	197	102	479	194	507	258	528	307	517	283	539	325	555	349
2 200	-	-	130	34	171	85	433	161	463	235	489	283	475	260	502	307	521	331
2 400	-	-	90	10	143	70	381	131	424	214	452	261	437	239	467	290	488	314
2 600	-	-	-	-	113	54	326	104	388	195	417	241	402	220	435	274	458	298
2 800	-	-	-	-	90	39	281	83	352	174	387	224	371	204	405	259	430	284
3 000	-	-	-	-	72	26	244	66	314	155	360	208	344	189	379	244	405	271
3 200	-	-	-	-	49	17	189	53	281	138	336	195	313	177	355	230	382	259
3 400	-	-	-	-	27	10	145	42	254	124	314	183	286	166	334	218	360	247
3 600	-	-	-	-	5	3	107	34	230	113	289	173	262	156	314	206	341	237
3 800	-	-	-	-	1	1	81	29	211	103	266	163	241	147	297	196	323	228
4 000	-	-	-	-	-	-	64	24	194	95	247	155	223	136	281	187	307	219
4 200	-	-	-	-	-	-	50	21	172	88	228	147	206	127	265	177	290	210
4 400	-	-	-	-	-	-	41	19	152	81	211	139	191	118	249	169	275	201
4 600	-	-	-	-	-	-	35	17	136	76	197	133	178	111	233	161	261	194
4 800	-	-	-	-	-	-	25	13	118	68	181	124	163	102	216	152	246	185
5 000	-	-	-	-	-	-	27	15	111	67	172	119	155	98	206	147	236	179
5 200	-	-	-	-	-	-	24	14	101	63	162	113	144	93	194	140	225	172
SEINÄN KORKEUS	MAANPAINEKORKEUS 3																	
2 000	-	-	-	-	135	60	413	120	448	215	477	266	461	243	491	296	512	322
2 200	-	-	-	-	80	20	324	70	395	183	427	236	410	213	446	272	470	299
2 400	-	-	-	-	-	-	245	22	335	139	381	207	363	185	402	248	430	277
2 600	-	-	-	-	-	-	-	-	269	100	339	180	311	159	361	222	392	255
2 800	-	-	-	-	-	-	-	-	212	64	294	156	256	128	324	197	356	235
3 000	-	-	-	-	-	-	-	-	131	33	245	134	210	97	290	175	323	217
3 200	-	-	-	-	-	-	-	-	30	5	204	110	172	71	261	156	294	201
3 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	171	87	130	50	229	140	269	186
3 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	143	69	81	32	200	125	247	173
3 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	54	45	19	177	113	227	161
4 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	42	8	5	157	103	210	151
4 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63	32	1	1	139	93	194	140
4 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	25	-	-	125	85	180	131
4 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	34	19	-	-	113	79	168	122
4 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	9	-	-	103	73	157	115
5 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	7	-	-	94	68	147	108
5 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6	-	-	87	64	137	103



Taulukko 8. Tuulenpaineen rasittaman seinän normaalivoimakestävyys, BVH-150

BVH-150		Nd < [kN/m]																	
RAUDOITE	T8k500	T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250			
EPÄ- KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	
SEINÄN KORKEUS	TUULIKUORMA 0,8kN/m²																		
2 000	123	73	126	77	127	80	262	156	265	163	268	168	267	166	271	172	273	175	
2 200	109	67	112	71	114	74	234	145	240	152	243	157	242	155	246	161	249	164	
2 400	90	54	94	59	97	62	200	121	206	130	212	136	210	134	216	141	221	146	
2 600	78	48	82	53	86	57	177	111	185	120	191	126	189	124	196	131	200	136	
2 800	67	43	72	48	75	51	158	102	166	111	172	117	170	115	177	122	182	127	
3 000	57	38	63	43	66	46	140	93	149	102	155	108	153	106	160	113	165	118	
3 200	49	33	54	38	58	42	124	85	133	93	140	100	138	98	145	104	150	109	
3 400	41	29	47	34	51	37	110	77	120	86	126	92	124	90	132	97	137	101	
3 600	34	24	40	29	44	33	98	70	108	78	114	85	112	83	119	89	125	94	
3 800	29	19	34	26	38	29	87	64	96	72	103	78	101	76	108	82	114	87	
4 000	22	15	29	22	33	25	77	58	86	66	93	71	91	70	98	76	103	80	
4 200	15	11	24	19	28	22	68	51	77	60	84	65	82	64	89	70	94	74	
4 400	10	7	20	16	24	19	60	45	69	54	76	60	74	58	81	64	86	68	

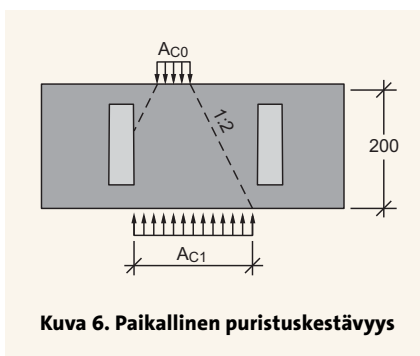
Taulukko 9. Tuulenpaineen rasittaman seinän normaalivoimakestävyys, BVH-200

BVH-200		Nd < [kN/m]																	
RAUDOITE	T8k500	T10k500		T12k500		T8k250		T10k250		T12k250		2T8k250		2T10k250		2T12k250			
EPÄ- KESKISYYS (mm)	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	20	h/4	
SEINÄN KORKEUS	TUULIKUORMA 0,8kN/m²																		
2 000	308	154	313	175	318	188	626	316	636	358	645	382	639	370	648	395	656	415	
2 200	292	147	298	167	304	182	596	303	608	344	618	370	611	359	623	384	632	404	
2 400	276	140	283	160	290	175	565	290	579	329	591	358	584	347	597	372	607	392	
2 600	258	132	268	152	275	169	534	276	550	315	564	346	556	334	571	360	583	380	
2 800	242	125	252	144	261	162	502	263	522	301	537	334	528	320	545	348	558	367	
3 000	226	118	237	136	247	155	472	251	493	287	511	322	501	305	520	336	534	355	
3 200	211	108	223	129	233	147	444	238	466	273	485	309	474	292	495	324	510	343	
3 400	194	100	209	122	219	140	417	223	440	260	459	295	449	278	471	312	486	331	
3 600	177	91	195	115	206	132	387	208	415	248	435	281	424	265	447	300	464	319	
3 800	161	84	183	108	194	125	357	194	392	235	412	268	401	253	425	288	442	307	
4 000	146	77	168	102	182	118	329	181	369	224	390	255	379	241	403	277	421	296	
4 200	132	69	153	95	170	111	301	167	341	211	367	242	356	228	380	265	399	283	
4 400	119	62	139	87	159	104	276	155	315	200	345	229	333	216	358	253	377	272	
4 600	102	55	126	80	146	97	254	143	291	189	325	217	309	204	338	241	357	260	
4 800	88	49	115	73	134	91	232	132	269	176	304	206	287	193	319	229	338	249	
5 000	76	44	105	66	123	85	208	122	249	164	283	195	267	183	302	217	320	239	
5 200	64	38	95	60	113	79	186	112	231	153	264	184	249	173	285	206	304	228	

4.4 PAIKALLINEN PURISTUSKESTÄVYYS

Kun seinää kuormittaa paikallinen pystykuorma esimerkiksi tallekka, tarkistetaan, ettei paikallinen voima ylitä seinän paikallisen puristuskestävyyden mitoitusarvoa. Kun puristusrasitus kohdistuu vain osaan valetusta betonipinnasta, voidaan puristuslujuuden laskenta-arvona käyttää korotettua arvoa, jos on olemassa edellytykset puristusrasituksen jakaantumislle alkuperäistä pintaa suuremmalle pinnalle.

Valuharkoissa valukuoren lujuus on matalampi kuin valettavan betonin. Harkkokuoren murtumisen välttämiseksi paikallisen puristusrasituksen voidaan olettaa jakautuvan korkeintaan betoni-valun poikkileikkauksen alueelle kaltevuudessa 1:2 yhden 200 mm korkuisen harkkokerroksen korkeudella, kuva 6. Paikallisen kestävyysarvo on rajoitettu korkeintaan 2,6 m korkean seinän normaalivoimakestävyyden arvoon (kN/m), toisin sanoen vaikka paikallisesti kuorma (pistekuorma) voisi olla suurempi, se ei voi kuitenkaan ylittää seinän normaalivoimakestävyyttä.



Kuva 6. Paikallinen puristuskestävyys

4.5 JÄYKISTÄVÄT SEINÄT

Pientaloissa rakennuksen rungon jäykistämiseen riittävät yleensä normaalit rakenneratkaisut ilman erityistoimenpiteitä. Ulkoseiniä raudoitetaan jatketaan nurkissa poikittaisille seinille ja yleensä jäykistävät väliseinät sidotaan ulkoseiniin jokaiseen saumaan asennettavalla siteellä.

Taulukko 10. Paikallisen kestävyysarvo, N_{RDC} kN

HARKKO		BVH-150						
KUORMA-ALUEEN PITUUS (mm)		100	200	300	400	500	600	700
KUORMAN ETÄISYYS SEINÄN PÄÄSTÄ (m)	0,1	58,2	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,2	59,1	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,3	59,9	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,4	60,8	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,5	61,7	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,6	62,6	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,7	63,5	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,8	64,3	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	0,9	65,2	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0
	1,0	66,1	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0	108,0

HARKKO		BVH-200						
KUORMA-ALUEEN PITUUS (mm)		100	200	300	400	500	600	700
KUORMAN ETÄISYYS SEINÄN PÄÄSTÄ (m)	0,1	77,6	155,1	225,0	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,2	78,7	157,5	231,9	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,3	79,9	159,8	238,2	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,4	81,1	162,2	243,3	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,5	82,3	164,5	246,8	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,6	83,4	166,9	250,3	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,7	84,6	169,2	253,8	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,8	85,8	171,6	257,4	258,3	258,3	258,3	258,3
	0,9	87,0	173,9	258,3	258,3	258,3	258,3	258,3
	1,0	88,1	176,3	258,3	258,3	258,3	258,3	258,3

Mikäli välipohjat voidaan olettaa jäykiksi levyiksi, vaakavoimat jaetaan jäykistävälle seinille niiden jäykkyyksien suhteessa. Jos jäykistävien seinien sijainti on epäsymmetrinen tai vaakavoima on epäsymmetrinen rakenteen jäykkyyspainopisteen suhteen, tulee rakennesysteemin kiertymisen vaikutus ottaa huomioon tarkasteltaessa yksittäisiä seinä.

Vaakakuormien aiheuttamien leikkausjännitysten katsotaan jakautuvan tasaisesti seinän puristetulle osalle. Seinän puristetun osan pituus lasketaan olettamalla puristusjännitysten jakauma lineaariseksi. Rakennuksen runkoa jäykistäviä seinä kuormittaa vaakakuormien aiheuttama seinän tason suuntainen leikkausvoima ja yleensä myös samanaikainen

pystykuorma. Jäykistävien seinien laippoina toimivat risteävät seinät voidaan ottaa huomioon, jos niiden välinen liitos mitoitetaan vaikuttavalle pystysuoralle leikkausvoimalle. Suunnittelussa tarkistetaan, ettei leikkausvoiman mitoitusarvo ylitä seinän leikkauskestävyyttä. Leikkauskestävyydessä otetaan huomioon seinän puristettu pituus, joka lasketaan olettamalla jännitysten jakaantuminen lineaariseksi.

Puristusjännitys otetaan huomioon leikkauslujuutta kasvattavana tekijänä ja mitoitusarvona käytetään rakenneosan puristetun osan keskimääräistä jännitystä. Jäykistävät seinät sidotaan ulkoseiniin esimerkiksi 8 mm harjateräksin rakennesuunnittelijan ohjeen mukaisesti.

Taulukko 11. Seinän leikkauskapasiteetti, kN/m

SEINÄN LEIKKAUSKAPASITEETTI KN/m

RAUDOITE	T8k500	T10k500	T12k500	T8k250	T10k250	T12k250	2T8k250	2T10k250	2T12k250
BETONI			HARKKO BVH-150						
C25/30	25	28	32	33	38	42	42	48	53
C30/37	26	30	34	35	40	45	44	51	56
BETONI			HARKKO BVH-200						
C25/30	30	35	40	40	47	53	51	59	67
C30/37	32	37	43	43	50	57	54	63	71

5 LIIKUNTASAUMAT

Leca-betonivaluharkkoseiniin on tehtävä kutistumis- ja lämpöliikkeiden vuoksi pystysuuntaisia liikuntasauvoja rakennuksen ja seinän muodoista riippuen. Peruseriaate on, että mitä korkeampi ja yhtenäisempi seinä on sitä pidempi voi liikuntasaumaväli olla. Liikuntasauvat pyritään sijoittamaan sellaisiin kohtiin, jossa seinän erisuuntaiset liikkeet estyvät. Liikuntasauma suositellaan tehtäväksi

- ulkoseinissä vähintään joka toiseen nurkkaan,
- kun seinä on tuettu eri korkeudelta,
- erkereiden ja julkisivujen syvennyksien kohdalle

Kylmät rakenteet, siipimuurit tms. on erotettava lämpimistä rakenneosista liikuntasaumalla. Liikuntasaumalla katkaistaan koko seinärakenne. Liikuntasaumassa ei saa olla läpimenevää raudoista. Rakennuksen liikuntasauvat määrittelee rakennesuunnittelija.

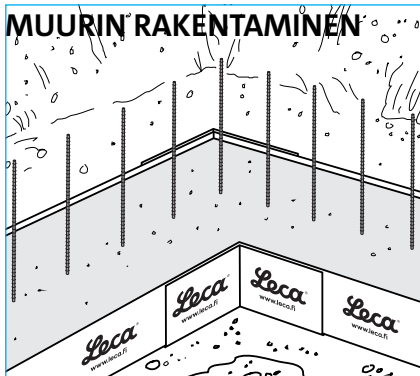


6 TYÖOHJEITA

Leca-betonivaluharkot kuivaladotaan ilman muurauslaastia. Harkot ladotaan puolen kiven limityksellä, jolloin harkkojen valuontelot muodostavat yhtenäisen pystysuuntaisen valuontelon. Harkkojen pysty- ja vaakasuuntaiset ponttaukset tekevät seinästä tukevan ja tiiviin. Ladonta suori-tetaan niin, että joka toinen harkkokerros ladotaan eri suuntaan, jolloin kulmaharkot menevät kulmissa kerroksittain ristiin ja muodostavat kulmaan ponttien ansiosta kulmalukituksen, joka samalla tekee kulmasta tukevan.

Harkkojen ympäriponttauksen ansiosta ladottu seinä on tukeva. Ladotun seinän tuennan tarve ennen valua arvioidaan tapauskohtaisesti seinän korkeudesta ja muodosta riippuen. Seinien vapaat päät tulee tukea niin, että valupaine ei pääse työntämään harkkoa pituussuunnassa pois ponteistaan. Harkkojen ympäriponttaus tekee rakenteesta tiiviimmän valussa, jolloin notkea betonimassa ei pääse ulos harkkojen väleistä. Valuharkkoihin asennetaan pystysuuntaisia raudoitteita ottamaan vastaan maanpaineesta aiheutuvia kuormia.

6.1 ANTURAN JA PERUSMUURIN RAKENTAMINEN



Kuva 7. Esimerkki anturamuotista.

Anturat voidaan tehdä Leca-anturamuotin, jossa on teräkset valmiina tai esim. lautamuotin avulla. Lautamuotteja käytettäessä muotin yläpintaan voidaan kiinnittää lappeellaan olevat laudat, joihin merkitään harkkojen onteloihin tulevien tartuntaterästen paikat. Tartuntateräkset voidaan asentaa valmiiksi ennen valua tai työntää tuoreeseen betoniin heti valun jälkeen. Tartuntateräkset mitoitetaan paikoilleen niin, että ensimmäinen tartunta tulee lähimmän valuharkon valuonteloon, ja seuraavat siitä eteenpäin 250 mm tai 500 mm välein, riippuen valitusta raudoitustiheydestä.

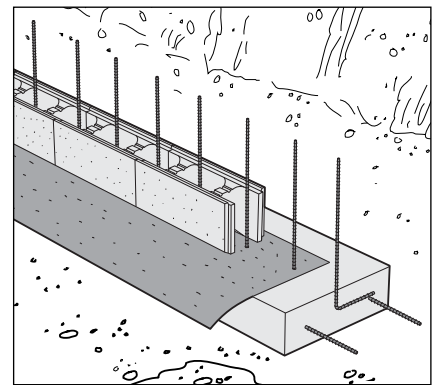
Detaljeissa F31 22 21 - F31 22 23 on kuvatturaidoituksien paikoilleen mitoitus ohjeellisesti. Tartuntateräksien pituuksissa huomioidaan suunnitellut jatkospituudet. Betonianturan muotin purkamisen jälkeen kiinnitetään muurausjohteet perusmuurin ladontaa varten. Pystyssä oleviin muurausjohteisiin merkitään valuharkkoladontakerrosten korkeusetenemä. Mikäli anturan yläpinnassa on pienoista korkeuseroa, aloitetaan mittaus korkeimmasta kohdasta.

Anturan yläpintaan asennetaan tarvittaessa bitumihuopa katkaisemaan veden kapilaarinen nousu. Bitumihuopa painetaan tartuntaterästen läpi. Läpivientien kohdalla olevat reiät tulee tiivistää erikseen tarkoitukseen soveltuvalla (bitumipohjaisella) tiivistysmassalla. Ennen töiden aloittamista tarkastetaan, että harkot ovat puhtaita. Talviaikaan rakennustarvikkeet ja rakenteet tulee suojata varastoitessa ja työskennellessä siten, että lumen ja jään kerääntyminen rakenteisiin ja rakennustarvikkeisiin estetään. Tarvittaessa muotit,

harkot ja raudoitteet puhdistetaan lumesta ja jäästä.

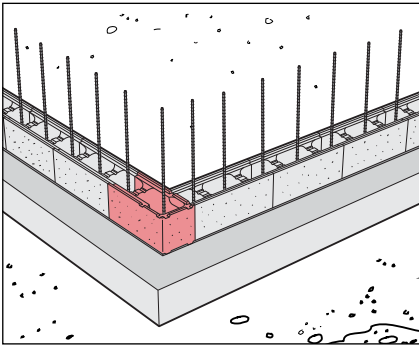
Anturan yläpinnan korkeusasemaan on kiinnitettävä huomiota ensimmäisen harkkokerroksen muuraustyön helpottamiseksi. Ensimmäisen harkkokerroksen harkot asennetaan vaakasuoraan weber ML Leca Laastin avulla. Harkot asennetaan tartuntateräksien läpi. Ladonnan edetessä on varmistettava, että ulkokulman sisänurkkaan syntyvä pystyontelo on riittävän suuri raudoitusta ja valua varten (raudoituksen minimi suojaetäisyys täyttyy) ja että ontelo kulkee katkeamatta perustuksista tuelle.

Harkkojen ladonta etenee nurkasta aloittaen kerros eli varvi kerrallaan. Linjalangat nostetaan ladonnan edetessä tulevan harkkokerroksen yläreunan tasolle. Peräkkäiset harkkokerrokset ladotaan eri suuntaan, jolloin nurkkaan syntyy kulmaharkkojen välille kulmalukitus. Harkkojen ympäriponttauksen ansiosta harkot lukkiutuvat keskenään ja harkkomuurista tulee jo ladottaessa tukeva ja vakaa.

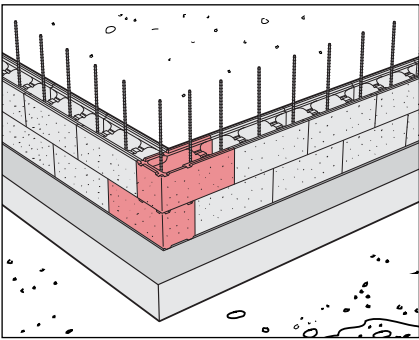


Kuva 8. Ensimmäinen harkkokerros.

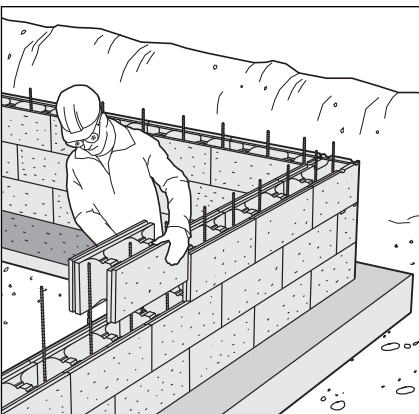
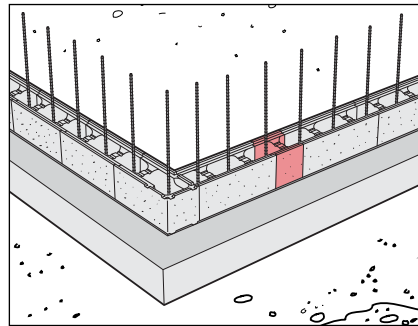




Harkkojen raudoitusriini asennetaan ladonnan edetessä vaakasuuntainen kutistumisraudoitus. Kutistumisraudoitus sidotaan pystyraudoitukseen varmistamaan pystyteräksien paikalla pysyminen ja oikea sijainti valun aikana. Kulmaharkkoihin on tehty molemmille sivuille ohennettu seinämä, joka lyödään irti, jotta raudoitus saadaan kulkemaan jatkuvana nurkissa. Ohennettu seinämä helpottaa kulmaharkon työstöä.

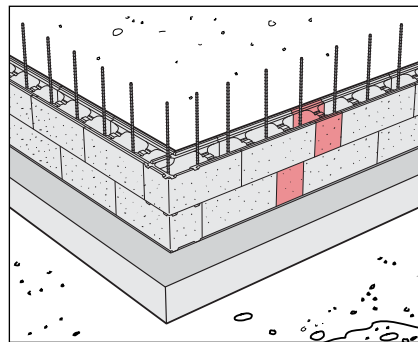


Kuva 9. Ladottaessa kulmaharkkojen välille syntyvä nurkkalukitus.

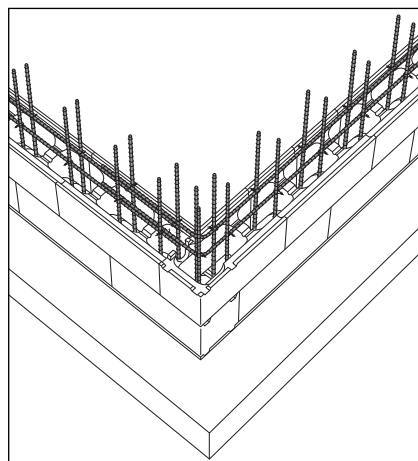


Kuva 10. Ladottaessa harkkojen ympäröintä ansiosta harkkomuurista tulee jo ladottaessa tukeva ja vakaa.

Seinän pituudesta riippuen, seinään tarvitaan sovitekappale. Sovitekappale leikataan kokonaisesta harkosta ja sovitekappaleet asennetaan eri kerroksissa kohdakkain. Harkot voidaan katkaista kovametalliteräisellä sahalla, tarkoitukseen tehdyllä sähkösahalla tai iso-teräisellä kulmahiomakoneella. Isolle työmaalle kannattaa vuokrata koneellinen harkkosaha.

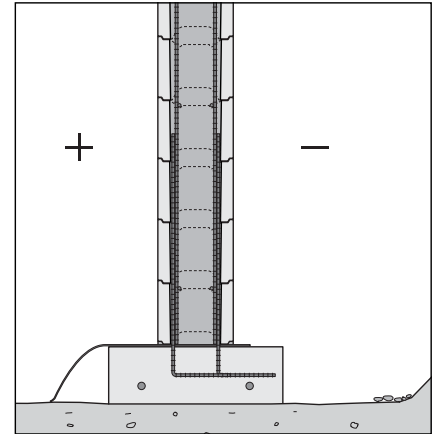


Kuva 11. Sovitepalojen sijoittelu harkkoseinässä.



Kuva 12. Harkkoseinän raudoitusperiaate.

Raudoitteina käytetään SFS-standardien ja rakennesuunnitelmien mukaisia betoniterästankoja. Raudoitteet on sijoitettava valuharkkojen onteloihin kappaleen 4 mukaisesti, jolloin betoni antaa raudoitteille riittävän suojan korroosiota vastaan ja raudoitteiden ja betonin välinen tartunta täyttää vaatimukset.



Kuva 13. Harkkoseinän raudoitusperiaate.

Perusmuurin maan alle jäävässä osassa tulee aina arvioida kosteuseristyksen tarve. Olosuhteissa, joissa perusmuuriin ei kohdistu suoranaista vedenpainetta, voidaan käyttää epäjatkuvia vedeneristeitä, kuten perusmuurilevyjä. Rakennesuunnittelija määrittelee kohdekohtaisesti (tapauskohtaisesti) veden-/kosteuseristyksen tarpeen ja vaatimukset. Vedeneristeen taakse jäävä seinä pinnoitetaan weber 137 Oikaisulaastilla, tai 410 Ohutrappauslaastilla.

Rakenteen toiminnan varmistamiseksi asennetaan mahdollinen lisälämmöneristys vedeneristeen ulkopuolelle. Lämmöneristeenä voidaan käyttää Lecan ladottavia geosäkkejä. Geosäkki on suodatinkankaasta tehty säkki, jonka sisällä on Leca-soraa. Geosäkit muodostavat samalla pystysuuntaisen salaojakerroksen. Muussa tapauksessa perusmuurin ulkopuoliset salaojituserrookset (min. 200 mm) asennetaan täyttöjen yhteydessä.

6.2 PYSTYONTELOIDEN BETONOINTI

Valuharkkorakenteessa käytettävän valubetonin lujuuden sekä rasitusluokan määrittelee aina kohteen rakennesuunnittelija, kunkin rakenneosan vaatimuksen mukaan. Ennen pystyonteloiden betonointia, läpiviennit, kolhut, yms. reiät tulee paikata esim. polyuretaanivaahdolla, Leca Laastilla (tai vastaavalla), tai ne muotitetaan valussa täyttyviksi.

Seinät ladotaan haluttuun korkeuteen asti ennen ensimmäistä valukertaa. Ladottaessa on huolehdittava, että pystyontelorakenne säilyy yhtenäisenä. Tarkastetaan että kaikki raudoitukset ovat paikoillaan ja kiinnitetty niin, että ne pysyvät valussa paikoillaan. LVIS-asennuksia (putkituksia) suositellaan vedettäväksi niissä onteloissa, joita ei ole hyödynnetty laskelmissa (esim. raudoittamattomat).

Betonimassan valupaineen ja itse betonointityön aiheuttamat rasitukset on huomioitava mahdollisesti tuettaessa korkeita ladottuja seiniä. Valuharkkojen maksimivalukorkeudeksi suositellaan 1500 mm. Vaatimus tulee betonitoimittajien vaatimuksesta, koska suurempi betonin pudotuskorkeus saattaa aiheuttaa betonimassan erottumista. Valuharkkorakenteessa käytettävän valubetonin lujuuden sekä rasitusluokan määrittelee aina kohteen rakennesuunnittelija, kunkin rakenneosan vaatimuksen mukaan.

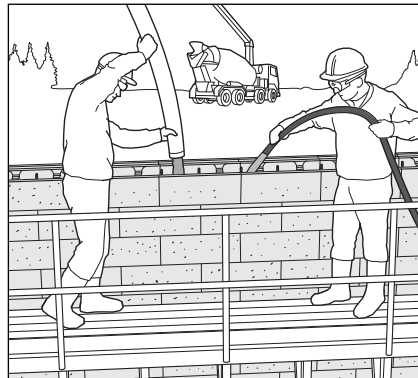
Ennen pystyonteloiden betonointia, läpiviennit, kolhut, yms. reiät tulee paikata esim. polyuretaanivaahdolla, Leca Laastilla (tai vastaavalla), tai ne muotitetaan valussa täyttyviksi.

Seinät ladotaan haluttuun korkeuteen asti ennen ensimmäistä valukertaa. Ladottaessa on huolehdittava, että pystyontelorakenne säilyy yhtenäisenä. Tarkastetaan että kaikki raudoitukset ovat paikoillaan ja kiinnitetty niin, että ne pysyvät valussa

paikoillaan. LVIS-asennuksia (putkituksia) suositellaan vedettäväksi niissä onteloissa, joita ei ole hyödynnetty laskelmissa (esim. raudoittamattomat). Betonimassan valupaineen ja itse betonointityön aiheuttamat rasitukset on huomioitava mahdollisesti tuettaessa korkeita ladottuja seiniä.

Valuharkkojen maksimivalukorkeudeksi suositellaan 1500 mm. Vaatimus tulee betonitoimittajien vaatimuksesta, koska suurempi betonin pudotuskorkeus saattaa aiheuttaa betonimassan erottumista.

Harkot valetaan täyteen välipohjien tuilla ja valuharkon yläpäässä. Mikäli on tarve tehdä työsauma, tehdään se harkkokerroksen puoliväliin. Näin valun työsauma ei osu harkkosauman kohdalle eikä valmiiseen pintaan synny halkeamia. Suurten valureikien vuoksi harkkojen valuonteloita ei normaalisti tarvitse kastella. Kastelua kannattaa kuitenkin käyttää, jos toimitettavan betonimassan notkeus ei ole riittävä, valetaan kerralla korkeita seiniä tai sää on erityisen lämmin. Kastelulla varmistetaan massan leviämisen onnistuminen ja se, että harkko ei ime itseensä massasta vettä, jolloin massan lopullinen lujuus jää alhaisemmaksi. Pakkasolosuhteissa kastelua ei suositella tehtäväksi jäätymisriskin vuoksi ja on varmistettava, että betonin notkeus on riittävä.



Kuva 14. Harkkoseinän betonointi.

Valu aloitetaan nurkista ja edetään kiertäen. Samalla seurataan valuonteloiden

täyttymistä ja mahdollisten muottien ja tukirakenteiden pysyvyyttä. Valettaessa massan korkeusero valureikien välillä saa olla korkeintaan 0,5 m. Valussa suositellaan käytettäväksi esim. saumausbetonia tai itsetiivistyvää betonia (maksimi raekoko # 8 mm, notkeus S3 nesteytetty tai S4 – tarkista valmisbetonitoimittajalta), jolloin betonin tiivistäminen voidaan jättää pois. Rakenne tuetaan tarvittaessa ennen valua.

Betoni on pyrittävä valamaan siten, että se täyttää harkon ontelot tasaisena, halutun paksuisena kerroksena ja että se liittyy saumattomasti jo ennestään olevaan tuoreeseen betonimassaan. Betonointi suoritetaan normaalisti maksimissaan 1,0...1,5 metrin kerroksina riippuen massan notkudesta, rakenteesta, raudoituksesta ja betonille asetetuista vaatimuksista (esim. vesitiiviyys). Mikäli käytetään suurempaa valukorkeutta, on rakenteen tuentaan ja betonimassan täyttämiseen kiinnitettävä erityistä huomiota!

Betonimassaa ei saa valaa vinosti pystypintaan nähden tai raudoitusta vasten, jolloin seuraa karkean runkoaineen erottuminen => onkalot. Betoni täytetään vaakasuorina kerroksina niin, että betonikerrokset säilyttävät suunnitellun paksuutensa. Pystyrakenteiden nousunopeus on hyvä pitää välillä 0,5...1,0 m/h. Hankalissa paikoissa voidaan käyttää hidastettua betonimassaa valusaumojen syntymisen ehkäisemiseksi.

Tiivistys: Tiivistys on ulotettava noin 150 mm edelliseen valukerrokseen. Mahdollisen täryttimen on oltava aina pystyasennossa. Ennen kuormittamista on syytä tehdä lujuudenkehityksen seuranta. Betonin ominaisuuksien kehittymistä seurataan lämpötilamittauksin tai muulla luotettavalla tavalla. Seuranta voidaan tehdä joko lämpötilan mittauksella valetusta rakenteesta (tarpeeksi tarkka pientalohankkeissa) tai valmisbetonitoimittajilta saatavalla palvelulla – dataloggerit.

Lujuudenkehityksen arviointiin löytyy ohjeita Suomen Betoniyhdistyksen Betoninormeista (2012) BY 50 tai Betonitiedon teoksesta Talvibetonointi (1999).

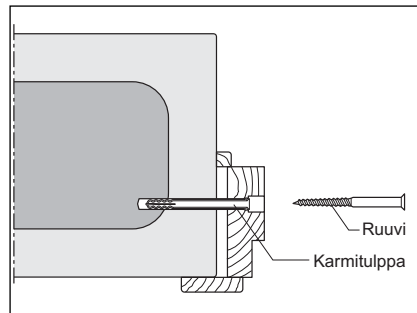
Lämpötilan laskiessa alle +5 °C valu suojataan ja rakenteen lämmityksestä huolehditaan. Betoni ei saa jäätyä ennen kuin se on saavuttanut jäätymislujuutensa 5 MPa. Rakennetta ei saa myöskään kuormittaa tai muotteja purkaa ennen kuin riittävä lujuuden kehitys on varmistettu. Betoni C25/30 saavuttaa normaalisti kovettuvaa sementtiä käytettäessä jäätymislujuuden +5 °C lämpötilassa 2,5 vuorokaudessa. Betonin lujuusluokkaa korottamalla jäätymislujuus 5 MPa saavutetaan nopeammin. Jäätymislujuus tarkoittaa lujuutta, jonka saavutettuaan betonirakenne ei vahingoitu jäätyessään, mutta toistuvaa jäätymissulatusrasitusta se ei kestä.

Rakenteen jälkihoidossa noudatetaan betonirakenteiden jälkihoito-ohjeita. Valun jälkeen seinät harjataan puhtaaksi mahdollisista valupurseista, jolloin tasoitetyön aikainen putsautyö vähenee. Betonointipöytäkirja täytetään soveltuvin osin myös talvibetonoinnin yhteydessä. Se toimii myös talvibetonointisuunnitelmana. Jälkihoito tehdään suojaamalla valu tiiviillä suojalla, joka estää veden haihtumisen rakenteesta. Lämpötilan ollessa alle +0 °C, jälkihoitoa ei saa tehdä kastelemalla.

6.3 KIINNITYKSET

Lujuutensa ja tiheydensä ansiosta Leca-betonivaluharkot ovat hyvä alusta kiinnityksille. Kevyissä kiinnityksissä voidaan käyttää nylontulppia ja puuruuveja tai metalliankkureita. Raskaissa kiinnityksissä käytetään suuria nylontulppia, kemiallisia ankkureita tai tarvittaessa läpipulttausta. Raskaat kiinnitykset suositellaan tehtäväksi valuonteloiden kohdalle ja ulottamaan kiinnikkeet valuonteloon saakka.

Kiinnityksissä on noudatettava kiinniketoimittajien ohjeita reunaetäisyyksistä, poraus- syvyyksistä, reiän halkaisijoista ja kiinnikkeiden keskinäisistä väleistä. Suurempien kiinnityskuormien ollessa kyseessä on tarkastettava seinän kuormituskapasiteetti ja tarvittaessa suunniteltava lisätuennat. Lisätietoa kiinnikkeistä leca.fi. Tavalliset puukarmit kiinnitetään harkkoseiniin karmitulppien ja puuruuvien avulla.



Kuva 15. Puukarmin kiinnityspeeraate kulmaharkkoon.

6.4 SÄHKÖASENNUKSET JA PUTKIASENNUKSET

Sähköputkitukset voidaan viedä harkkoseinän pystysuuntaisissa valuonteloissa ennen seinän betonointia. Sähköputkitukset suositellaan vietäväksi raudoittamattomissa pystyonteloissa. Rakennesuunnittelija määrittää tarvittaessa onteloissa vietävien putkien maksimimäärän. Sähkörasioiden vaatimat upotukset voidaan tehdä esimerkiksi rasiaporalla. Rasiat tulee kiinnittää huolellisesti, jotta varmistetaan rasian paikallaan pysyminen betonivalun aikana. Kiinnitykseen voidaan käyttää esimerkiksi vanerilevyä. Vaakasuoria putkivetoja kannattaa välttää ja tehdä ne ala-, väli- ja yläpohjarakenteissa, koska ne voivat vaikeuttaa betonointia.

6.5 SEINIEN PINNOITUKSET

Sokkelin oikaisuun voidaan käyttää 410 Ohutrappauslaastia tai 137 Oikaisulaastia. Ulkotiloissa pinnoittamattomissa rakenteissa tulee huomioida raudoituksen riittävä suojaetäisyys.

Harkot ovat mittatarkkoja ja sileitä eivätkä huolellisesti ladotut seinät tarvitse paksuja tasoitekerroksia. Sisäpuolen tasoitteet jaetaan kosteutta kestäviin ja kuivantilan tasoitteisiin. Kosteutta kestävässä tasoitteissa sideaineena käytetään sementtiä, kuivan tilan tasoitteissa polymeerejä.

Seinän riittävästä kuivumisesta on huolehdittava ennen pinnoitusta. Kosteuspitoisuutta voidaan seurata mittaamalla suhteellinen kosteus betoniin poratusta reiästä. Tarvittava kuivuusaste on varmistettava tasoitekohtaisesti.

Kuivien tilojen tasoitteita:

Weber L Pohjatasoitetta ja LR+ Pintatasoitetta käytetään kuivissa sisätiloissa seinien pohja- ja pintatasoitukseen. Pinnat voidaan maalata tai tapetoida pintamateriaalin valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Kosteutta kestäviä tasoitteita:

Weber V+ Hienotasoitetta voidaan käyttää niin kuivissa kuin märissä tiloissa seinien pohja- ja pintatasoitukseen. Weber MT Märkätilatasoitteella tasoitetaan vedeneristettävät laatoitusalueet.

Paksummat oikaisut voidaan tarvittaessa tehdä 410 Ohutrappauslaastilla, MT Märkätilatasoitteella tai PTM Pikatäyttömällä.

Käyttökohteen vaatimustason mukaan harkkoseinissä suositellaan käytettäväksi weber Tasoiteverkkoa mahdollisen halkeilun välttämiseksi. Weber Tasoiteverkko asennetaan ensimmäisen ja toisen tasoitekerroksen väliin.



Kuva 16. Harkkoseinän pinnoitus kuivissa ja kosteissa tiloissa.

RAKENNEDETALJIT

Ohjeeseen liittyviä mallisuunnitelmia löytyy www.benderssuomi.fi/dokumentit. Mallisuunnitelmat ovat A4-kokoisia ja jokaisesta mallista on saatavissa ja pdf-tiedostot selailua varten. Suunnitelmat ovat ohjeellisia ja niiden soveltamisesta rakennuskohteeseen vastaa rakennesuunnittelija. Suunnitelmat on tallennettu aineistopankkiin, jossa niitä voidaan selailla ja josta niitä voidaan tarvittaessa tallentaa myöhempää jatkosuunnittelua varten.





Benders Suomi Oy
Savilaukuntie 1, 12100 Oitti
0207 669 950*
info@benders.fi
www.benders.fi

Tilaukset: tilaukset@benders.fi
Tarjouspyynnöt: info@benders.fi

Eeva-Stiina Hautala
Tilaukset, Laskutus
040 5855 708
eeva-stiina.hautala@benders.fi

Jarmo Partanen
Myynti
040 5855 316
jarmo.partanen@benders.fi

Teemu Toivonen
Myynti
040 5432 702
teemu.toivonen@benders.fi

*Puhelun hinta lankaliittymästä soitettaessa 8,35 snt/
puhelu + 16,69 snt/min. (alv 24%).
Matkapuhelinliittymästä 8,35 snt/puhelu + 16,69 snt/
min (alv 24%)