

Janne Iho

263061 / janne.iho@destia.fi

Jenni Myllymäki

178894 / jenni.myllymaki@elisanet.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK-33200 Betonirakenteet

2017

Harjoitustyö 2: Täyselementtirakenteinen kerrostalo

Given to: Pekka Rauhala

Date:

Sisälllys

1. Tehtävänanto

2. Työnjako harjoitustyössä

3. Piirustusluettelo

4. Laskelmat

4.1. Perustusten mitoitus

4.1.1. Paalujen kuormat ja mitoitus

4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla

4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla

4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

4.3. Ruutuelementti

4.4. Kantava väliseinäelementti

4.5. Parvekkeen seinäelementti

4.6. Parvekkeen laatta

4.6.1. Laatan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

4.7. Ontelolaataston mitoitus

2. Työnjako harjoitustyössä

Harjoitustyö toteutettiin yhteistyössä samaa esitysasua käyttäen. Työnjako oli karkeasti seuraava:

Janne Iho

- Rakennelaskelmat, kuormitustapaukset, perustusten laskenta, rakennuksen jäykistys, ontelolaatasto
- Piirustukset, perustukset ja tasokuvat, elementit ja liitokset, työn viimeistely

Jenni Myllymäki:

- Rakennelaskelmat, elementit
- Piirustukset, elementit ja liitokset

3. Piirustusluettelo

01. PERUSTUKSET, TASOKUVA JA POIKKILEIKKAUKSET	1:20	1:100
02. ELEMENTTIKAAVIO, SAUMARAUDOITUS	1:100	
03. LIITOSDETALJIT 1/2	1:10	
04. LIITOSDETALJIT 2/2	1:10	
05. PARVEKE-ELEMENTTI CL-1	1:20	
06. PARVEKKEEN PIELIELEMENTTI M-1	1:20	
07. VÄLISEINÄELEMENTTI V-1	1:20	
08. RUUTUELEMENTTI S-1	1:10	1:20

4. Laskelmat

RAK-33200 BETONIRAKENTEET / Betonielementtirakenteet

Harjoitustyö 2: Täyselementtirakenteinen kerrostalo

Tehtävänantoversio 11.1.2017

Mitoita ja piirrä betonielementtirakenteinen kerrostalo oheisen pohjakuvan ja julkisivukuvien perusteella.

Työ voidaan tehdä korkeintaan kolmen hengen ryhmissä. Arvioinnissa huomioidaan ryhmän koko siten, että kiitettävään arvosanaan vaaditaan ryhmältä laadukkaampi ja laajempi työ kuin kahdestaan tekeviltä tai yksittäiseltä opiskelijalta. Liitteeksi vapaamuotoinen selostus siitä, miten ryhmän eri jäsenet osallistuivat yhteisen harjoitustyön tekemiseen.

Käytä valmista harjoitustyön kansilehteä ja noudata palautusohjetta (ks. opintojakson POP-sivut).

Mitoituslaskelmat ja piirustukset arvioi ja työtä ohjaa: Pekka Rauhala, ks. POP-sivut / erillinen palautusohje. Harjoitustyöt arvioidaan kuukauden kuluessa palautuksesta.

Rakennuksen mitat määräytyvät seuraavasti (mitoissa 0,01 m tarkkuus):

- Opiskelijanumeron toiseksi viimeinen numero = TVN = 0 – 3 => Kerrosten lukumäärä KL=8
- Opiskelijanumeron toiseksi viimeinen numero = TVN = 4 – 6 => KL=7
- Opiskelijanumeron toiseksi viimeinen numero = TVN = 7 – 9 => KL=6
- Opiskelijanumeron toiseksi viimeinen numero = TVN => $L1 = 9 \text{ m} + \text{TVN} \cdot 0,2 \text{ m}$
- Opiskelijanumeron viimeinen numero = VN => $L2 = 15 \text{ m} + \text{VN} \cdot 0,2 \text{ m}$
- Opiskelijan syntymäpäivä = PV => $L3 = 3 \text{ m} + \text{PV} \cdot 0,02 \text{ m}$
- Opiskelijan syntymäkuukausi = KK => $L4 = 2 \text{ m} + \text{KK} \cdot 0,03 \text{ m}$

Muut mitat mitataan tasopiirustuksesta kiinteiden mittojen perusteella. Ryhmän aakkosissa ensimmäisen jäsenen tiedot huomioidaan.

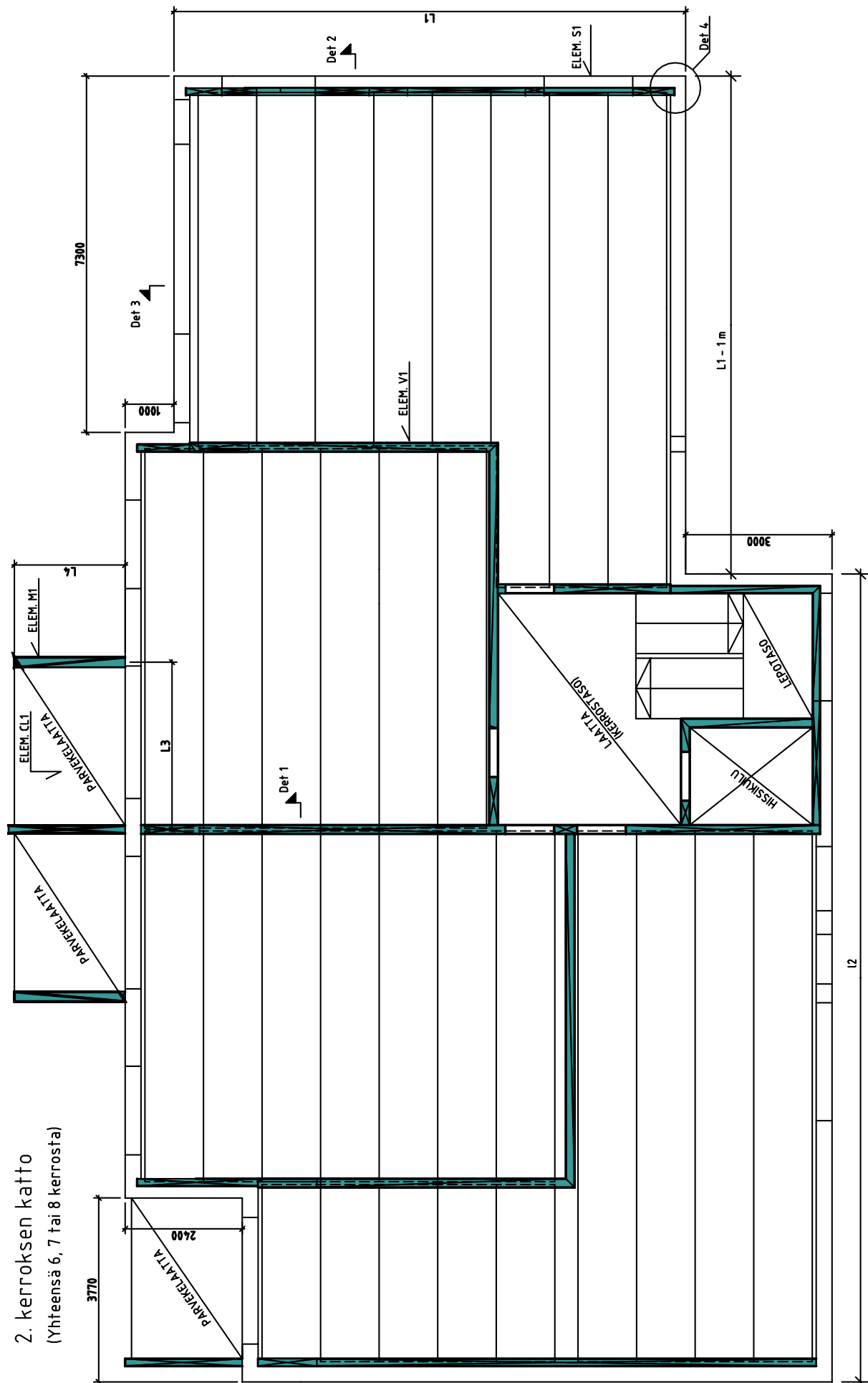
Rakennus perustetaan tukipaalujen varaan paalutusohjeen mukaisesti. Paalun pituudeksi oletetaan vähintään 5 m, poikkileikkaukseksi 250x250 mm² tai 300x300 mm². Paalutustyyli luokka PTL2, maakerrosten leikkauslujuus $c_{uk} = 0,35 \cdot \text{VN} + 5 \text{ [kPa]}$. KK=1-6 => maanvarainen alapohja ja jatkamaton paalu; KK=7-12 => kantava alapohja ja jatkettu paalu.

Harjoitustyössä mitoitetaan:

1. Paalumäärät ja paaluanturat
2. Elementit S1, CL1, V1 ja M1
3. Välipohjasta osoitetut liitosdetaljit 1 ja 2
4. Rakennuksen jäykistys

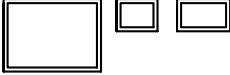
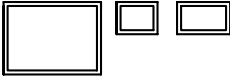
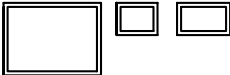
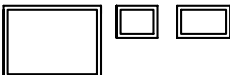
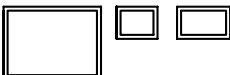
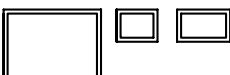
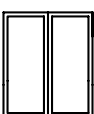
Harjoitustyössä piirretään:

1. Perustukset: tasopiirustus + leikkaukset kantavalta ja ei-kantavalta sivulta ja väliseinän kohdalta. Anturoiden raudoituspiirustukset.
2. Välipohjan tasopiirustus, jossa esitetään välipohjan ko. kerroksen (= välipohjan alapuolisen kerroksen) ulko- ja väliseinäelementtien jako ja tunnukset. Tasopiirustuksessa esitetään myös laataston saumaraudoitus sekä laattojen tunnukset ja mitat asennusta varten. Tarvittaessa raudoitukset erilliseen tasopiirustukseen.
3. Elementit S1, CL1, V1 ja M1
4. Välipohjasta osoitetut liitosdetaljit 1, 2, 3 ja 4



			□		
			□		
			□		
			□		
			□		
			□		
			□		

Lisäohjeita harjoitustyöhön ja hyödyllistä kirjallisuutta: ks. soveltuvin osin harjoitustyö 1:n ohjeistus.

Lisäohje harjoitustyön yksin tekeväälle opiskelijalle:

Tämä harjoitustyö on tarkoitettu 2-3 opiskelijan ryhmässä tehtäväksi. Jos kuitenkin päätät tehdä työn yksinäsi, voit jättää seuraavat osat tekemättä:

Piirustukset: elementit CL1 ja M1 ja perustuksista suurin osa

Mitoitukset: Elementit CL1 ja M1.

Piirrä ja mitoit perustukset (paalumäärät) ja anturat vain elementtien V1 ja S1 kohdilla. Eli yhden väliseinän ja yhden päätyseinän alapuoliset perustukset.

Laskennan suoritti:

4.1.1. Paalujen kuormat ja mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Pystykuormat

Rakenteiden painot

Metrikuormat seinille

Metrikuormat seiniltä anturoille

B) Paalujen mitoitus

C) Paaluanturan rasitukset

Laskennan suoritti:

4.1.1. Paalujen kuormat ja mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Pystykuormat

Lasketaan rakennuksen kantaville seinille ja alapuolisille anturoille välittyvät kuormat.

Rakenteiden painot

Vesikatto

$g_{k,katto} =$	2,0	kN/m^2	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino, ominaisarvo
$\mu_i =$	0,8		Lumikuorman korjauskerroin katolla, tasakatto
$q_{klumi} =$	1,6	kN/m^2	Lumikuorma katolla, ominaisarvo

Yläpohja

$g_{k,yp1} =$	2,6	kN/m^2	Ontelolaatan ominaispaino saumattuna
---------------	-----	----------	--------------------------------------

Välipohja

$g_{k,l} =$	3,8	kN/m^2	Ontelolaatan neliöpaino saumattuna, ominaisarvo
$g_{k,t} =$	0,5	kN/m^2	Tasausvalun neliöpaino, ominaisarvo
$g_{k,vp} =$	4,3	kN/m^2	Välipohjalaatan neliöpaino, ominaisarvo
$q_{hyöty} =$	2,5	kN/m^2	Välipohjalaatan hyötykuorma, ominaisarvo

Kerroksen seinät

Lasketaan seinien omapaino. Ei huomioida ikkuna-aukkojen keventävää osuutta.

$g_{s1} =$	19,2	kN/m	Kantavien julkisivuelementtien metripaino, ominaisarvo
$g_{s2} =$	13,2	kN/m	Ei-kantavien julkisivuelementtien metripaino, ominaisarvo
$g_{s4} =$	15,3	kN/m	Kantavien väliseinien metripaino, ominaisarvo

Paaluantura

$g_a =$	10,0	kN/m	Antura- tai sokkelipalkin omapaino, ominaisarvo
---------	------	--------	---

Laskennan suoritti:

4.1.1. Paalujen kuormat ja mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Metrikuormat seiniltä anturoille

Lasketaan pohjatasossa seiniltä välittyvät metrikuormat anturan alapintaan eri kuormitustapauksissa.

Pohjakerros on maanvarainen eikä siltä välity kuormia anturalle. Anturan paino on lisätty laskelmiin.

KT1) Käyttöraja-tila

Seinä Nro	Seinäkerroksia [kpl]	Paaluille G_k [kN/m]	Paaluille Q_k [kN/m]	Paaluille P_k [kN/m]
1	7	283,22	75,50	358,72
2	7	249,78	57,24	307,02
3	7	182,90	20,72	203,62
4	7	329,55	116,20	445,75
5	7	329,55	116,20	445,75
6	7	158,75	21,84	180,59
7	7	265,15	79,94	345,09
8	7	335,63	119,52	455,15
9	7	277,87	87,98	365,85
10	7	314,35	107,90	422,25
11	7	169,35	28,54	197,89
12	7	223,15	58,10	281,25
13	7	169,35	28,54	197,89
14	7	296,12	83,00	379,12
15	7	262,67	79,68	342,35
16	7	287,00	78,02	365,02
17	7	201,14	30,68	231,82
18	7	168,89	28,38	197,27
A	7	102,12	0,00	102,12
B	7	116,75	0,00	116,75

KT2) MAX kuormitus, 6.10b				KT3) MAX kuormitus, 6.10a			Mitoittava kuormitus
$\gamma_g = 1,15$ $\gamma_q = 1,50$ $K_{FI} = 1,1$				$\gamma_g = 1,35$ $\gamma_q = 0,00$ $K_{FI} = 1,1$			
Seinä Nro	Paaluille G_d [kN/m]	Paaluille Q_d [kN/m]	Paaluille P_d [kN/m]	Paaluille G_d [kN/m]	Paaluille Q_d [kN/m]	Paaluille P_d [kN/m]	Paaluille P_d [kN/m]
1	358	125	483	421	0	421	483
2	316	94	410	371	0	371	410
3	231	34	266	272	0	272	272
4	417	192	609	489	0	489	609
5	417	192	609	489	0	489	609
6	201	36	237	236	0	236	237
7	335	132	467	394	0	394	467
8	425	197	622	498	0	498	622
9	352	145	497	413	0	413	497
10	398	178	576	467	0	467	576
11	214	47	261	251	0	251	261
12	282	96	378	331	0	331	378
13	214	47	261	251	0	251	261
14	375	137	512	440	0	440	512
15	332	131	464	390	0	390	464
16	363	129	492	426	0	426	492
17	254	51	305	299	0	299	305
18	214	47	260	251	0	251	260
A	129	0	129	152	0	152	152
B	148	0	148	173	0	173	173

Laskennan suoritti:

4.1.1. Paalujen kuormat ja mitoitus

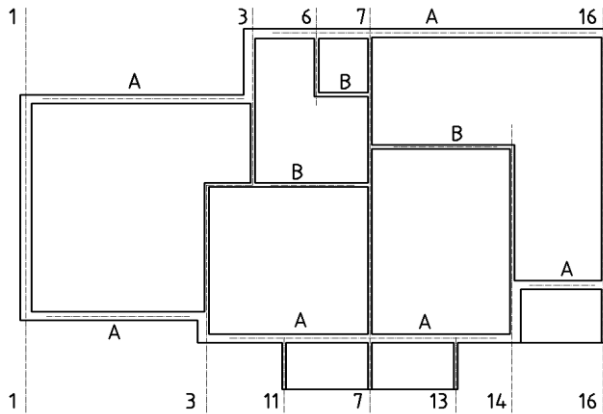
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Paalujen mitoitus

Samalla seinälinjalla voi laskennallisesti esiintyä useita eri kuormituksia.

Yksinkertaistetaan paalujen mitoitusta käyttämällä seinällä esiintyvää suurinta metrikuormaa koko seinälinjalle.



Taulukko 3. Paalujen puristuskestävyydet murtorajatilassa

Paalun tyyppi	$R_{d, \text{min}}$ [kN] nurjahduksen mukaan						$R_{d, \text{max}}$ [kN]		
	c_{uk} [kPa]	P [%]	L [%]	5	7	10	PTL3	PTL2	PTL1
TB250a	$L_{cr}/150$	100	0	443	541	A	605	544	495
		50	50	568	700	A			
		0	100	674	A	A			
	$L_{cr}/300$	100	0	552	A	A			
		50	50	762	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB250b	$L_{cr}/150$	100	0	463	566	A	682	614	558
		50	50	592	730	A			
		0	100	699	A	A			
	$L_{cr}/300$	100	0	580	A	A			
		50	50	798	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300a	$L_{cr}/150$	100	0	643	786	A	870	783	711
		50	50	824	1016	A			
		0	100	977	A	A			
	$L_{cr}/300$	100	0	802	A	A			
		50	50	1107	A	A			
		0	100	A	A	A			
TB300b	$L_{cr}/150$	100	0	669	818	A	972	874	795
		50	50	855	1055	A			
		0	100	1010	A	A			
	$L_{cr}/300$	100	0	838	A	A			
		50	50	1153	A	A			
		0	100	A	A	A			

Sokkelielementin alle rakennetaan paikallavalettavat paaluantura. Lasketaan vaadittu paalujako anturan alla.

Paalujen kantavuus määritetään Rakennustuoteollisuuden TB-paaluohjeen Tuotelehti RT-2011 mukaisesti.

- Paalutustyyli PTL2
- Paalupituus >5 m, jatkamaton paalu
- Pohjamaan suljettu leikkauslujuus $c_{uk}=5,35$ kPa
- Pitkä- ja lyhytaikaisen kuorman osuus 50/50
- TB-paalu TB300a

$R_d = 874$ kN

Paalun kantavuus

$n = 1$ kpl

Paalujen määrä pukissa

Seinä Nro	Paaluille P_d [kN/m]	Max. paalujako kk [m]	Paalukuorma [kN]	Käyttöaste %
1	483	1,2	579	66 %
3	609	1,4	852	97 %
6	237	2,8	663	76 %
7	622	1,2	746	85 %
11	261	1,8	470	54 %
13	261	1,8	470	54 %
14	512	1,7	870	99 %
16	492	1,2	590	68 %
A	152	3,7	561	64 %
B	173	3,0	520	60 %

max 870 kN
min 470 kN

Paalulinjat 1, 7, ja 16 sijaitsevat jäykistävien seinien alla, jotka keräävät eniten vaakakuormaa, taivutusmomenttia, ja tästä aiheutuvaa pystykuorman lisäystä. Jätetään näille paalulinjoille ylimääräistä kapasiteettia.

Suunnitellaan paaluanturat seinälinjojen alle näiden pukijakojen mukaisesti.

Paaluanturan kestävyys rajoittaa paalujen jakoa.

Pienin sallittu paalujako on 800 mm tai $4 \cdot D \rightarrow$ Paalujako vähintään 1,2 m.

Laskennan suoritti:

4.1.1. Paalujen kuormat ja mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Paaluanturan rasiutukset

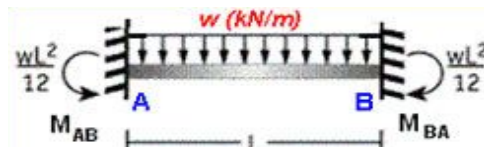
Paaluantura on jatkuvapalkki, joka tukeutuu nivelellisesti paalujen kohdalta.

Seinälinjat kuormittavat anturaa eri suuruisilla metrikuormilla. Lasketaan, millä seinälinjalla esiintyy suurin taivutusmomentti ja leikkausrasitus. Paaluanturaa yhtä tukiväliä käsitellään molemmista päistään jäykästi tuettuna palkkina.

$$M_{d,yli} = P_d * k k_2 / 12$$

$$M_{d,ala} = P_d * k k_2 / 24$$

$$V_d = P_d * k k / 2$$



Seinä Nro	Paaluille P_d [kN/m]	Max. paalujako kk [m]	$M_{d,yli}$ [kNm]	$M_{d,ala}$ [kNm]	V_d [kN]
1	483	1,2	58	29	290
3	609	1,4	99	50	426
6	237	2,8	155	77	332
7	622	1,2	75	37	373
11	261	1,8	71	35	235
13	261	1,8	71	35	235
14	512	1,7	123	62	435
16	492	1,2	59	30	295
A	152	3,7	173	87	281
B	173	3,0	130	65	260

Todetaan, että anturan rasiutukset ovat niin suuria, että anturan mitoittaminen taivutukselle ja leikkaukselle ei ole järkevää. Mitoitetaan anturan rauditus ainoastaan minimirauditusehdon mukaisesti.

Anturan yläpuolinen seinä on juotettu ja vaarnoitettu saumoistaan yhtenäiseksi rakenteeksi, jonka taivutus ja leikkauskestävyydet ovat suuria.

Mitoitettavaksi tekijäksi voi tulla lähinnä anturan ja sokkelin välinen puristuskapasiteetti.

Laskennan suoritti:	4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Anturan mitat

B) Anturan kuormat

C) Materiaalit

D) Anturan yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Anturan alapinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Laatan leikkauskapasiteetti

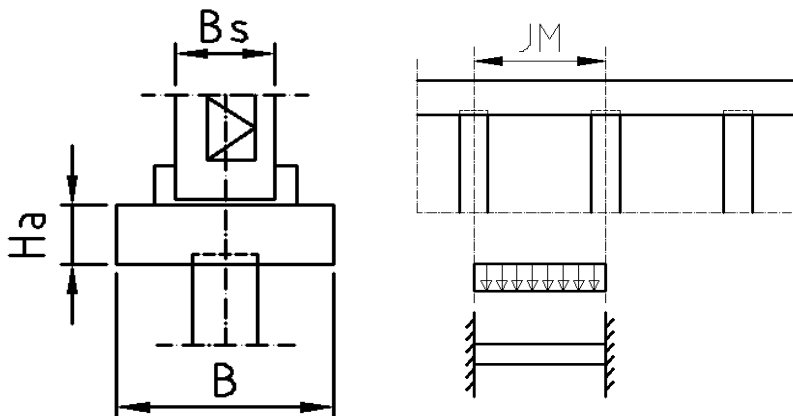
Laskennan suoritti: 4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Anturan mitat

$B =$	1000	mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$JM =$	1400	mm	Anturan tukiväli
$H_a =$	400	mm	Anturan korkeus
$B_s =$	460	mm	Sokkelin leveys
$L_u =$	270	mm	Anturan ulokkeiden pituus
$B_p =$	300	mm	Paalun leveys



B) Anturan kuormat

$P_d =$ 609 kN/m Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)

$$M_{d,yp} = P_d * JM^2 / 12$$

$$M_{d,ap} = P_d * JM^2 / 24$$

$M_{d,yp} =$ 99,5 kNm Anturassa yläpinnassa tuella vaikuttava momentti

$M_{d,ap} =$ 49,7 kNm Anturassa alapinnassa kentässä vaikuttava momentti

$V =$ 426 kN Redusoimaton leikkausrasitus

$$V_{Ed} = V - P_d * (B_p / 2 + H_a)$$

$V_{Ed} =$ 91,4 kN Redusoitu leikkausrasitus paalun kohdalla

Laskennan suoritti:	4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Materiaalit

Toteutusluokka: 2

Betonin lujuusluokka: C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on pitkään vedenkanssa kosketuksissa oleva perustus.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Anturalaatta	XC2	20	C30/37

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b}$	16 mm	Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo
$c_{min,dur}$	20 mm	Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite
c_{min}	20 mm	Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		
Δc_{dev}	10 mm	Raudoitteen sijaintitoleranssi
c_{nom}	30 mm	Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa
C_{nom}	75 mm	Betonin nimellispeitepaksuus maata vasten valettaessa
$\varphi_{työ}$	10 mm	Työteräksen halkaisija
φ_{haka}	8 mm	Haan halkaisija
φ_s	12 mm	Pääteräksen halkaisija alapinnassa
φ_s	16 mm	Pääteräksen halkaisija yläpinnassa
d_1	301 mm	Laatan tehollinen korkeus alapinnan raudoituksen suhteen
d_2	354 mm	Laatan tehollinen korkeus yläpinnan raudoituksen suhteen

Laskennan suoritti:

4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Anturan yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 99470000 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$L_{antura} = 1400 \text{ mm}$	Jänneväli
$d = 354 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,033$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,033$	
$\theta = 0,034 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 354 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$\theta = 0,034$	Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 348 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 99470000 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$z = 348 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 657 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b = 1000 \text{ mm}$	Anturan leveys
$d = 354 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} = 533 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 460 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 657 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala anturassa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / k * A_{teräs}$	
$n = 5 \text{ kpl}$	Tankojen määrä poikkileikkauksessa
$\varphi_s = 16 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 201 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 1005 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala anturassa

KA= 65,4 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan anturan yläpinnan pääraudoitukseksi

φ16, 5 kpl

Laskennan suoritti:

4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Anturan alapinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 49735000 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$L_{antura} = 1400 \text{ mm}$	Jänneväli
$d = 301 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,023$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,023$	
$\theta = 0,023 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 354 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$\theta = 0,023$	Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 350 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 49735000 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$z = 350 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 327 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b = 1000 \text{ mm}$	Anturan leveys
$d = 301 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} = 453 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 391 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 453 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala anturassa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$n = 5 \text{ kpl}$	Tankojen määrä poikkileikkauksessa
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 565 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala anturassa

KA= 80,2 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

Φ12, 5 kpl

Laskennan suoritti: 4.1.2. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan ulkoseinän alla

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Laatan leikkauskapasiteetti

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50 \quad \text{Teräsovarmuus}$$

$$b = 1400 \text{ mm} \quad \text{Anturan leveys}$$

$$d = 354 \text{ mm} \quad \text{Anturan tehokas korkeus tuella}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,75 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuserroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1005 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääraudoituksen poikkipinta-ala}$$

$$\rho = 0,00203 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 190 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 220 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,c0}$$

$$V_{Rd,c} = 220 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 91,4 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus paalun kohdalla}$$

$$KA = 41 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

Antura kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakojia ei tarvita.

Minimihaat

$$s = 250 \text{ mm} \quad \text{Hakaväli}$$

$$\varphi_{haka} = 8 \text{ mm} \quad \text{Haan halkaisija}$$

Suurin sallittu hakaväli

$$s_{max} = 0,75 * d$$

$$s_{max} = 266 \text{ mm} \quad \text{Suurin sallittu hakaväli}$$

$$\text{EHTO: } s < \text{MIN:}(s_{max}; s_{vaad})$$

$$KA = 94 \%$$

Laskennan suoritti:	4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Anturan mitat

B) Anturan kuormat

C) Materiaalit

D) Anturan yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Anturan alapinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Laatan leikkauskapasiteetti

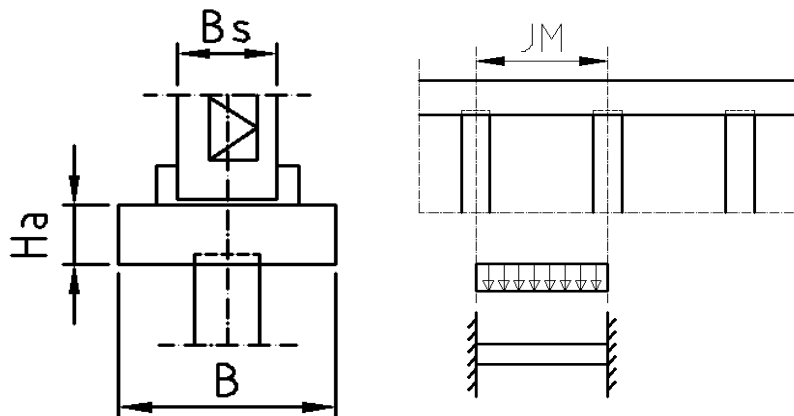
Laskennan suoritti: 4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Anturan mitat

$B =$	1000	mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$JM =$	1400	mm	Anturan tukiväli
$H_a =$	400	mm	Anturan korkeus
$B_s =$	460	mm	Sokkelin leveys
$L_u =$	270	mm	Anturan ulokkeiden pituus
$B_p =$	300	mm	Paalun leveys



B) Anturan kuormat

$P_d =$ 173 kN/m Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)

$$M_{d,yp} = P_d * JM^2 / 12$$

$$M_{d,ap} = P_d * JM^2 / 24$$

$M_{d,yp} =$ 28,3 kNm Anturassa yläpinnassa tuella vaikuttava momentti

$M_{d,ap} =$ 14,1 kNm Anturassa alapinnassa kentässä vaikuttava momentti

$V =$ 121 kN Redusoimaton leikkausrasitus

$$V_{Ed} = V - P_d * (B_p / 2 + H_a)$$

$V_{Ed} =$ 26,0 kN Redusoitu leikkausrasitus paalun kohdalla

Laskennan suoritti:	4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Materiaalit

Toteutusluokka: 2

Betonin lujuusluokka: C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raidoitettun betonin tilavuuspaino

Raidoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raidoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raidoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raidoituksen kimmokerroin

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on pitkään vedenkanssa kosketuksissa oleva perustus.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Anturalaatta	XC2	20	C30/37

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b}$	16 mm	Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo
$c_{min,dur}$	20 mm	Rasitusluokan asettama raidoitteen pienin sallittu betonipeite
c_{min}	20 mm	Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		
Δc_{dev}	10 mm	Raidoitteen sijaintitoleranssi
c_{nom}	30 mm	Raidoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa
C_{nom}	75 mm	Betonin nimellispeitepaksuus maata vasten valettaessa
$\varphi_{työ}$	10 mm	Työteräksen halkaisija
φ_{haka}	8 mm	Haan halkaisija
φ_s	12 mm	Pääteräksen halkaisija alapinnassa
φ_s	16 mm	Pääteräksen halkaisija yläpinnassa
d_1	301 mm	Laatan tehollinen korkeus alapinnan raidoituksen suhteen
d_2	354 mm	Laatan tehollinen korkeus yläpinnan raidoituksen suhteen

Laskennan suoritti:

4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Anturan yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} =$	28256667 Nm Mitoitusmomentti
$L_{antura} =$	1400 mm Jänneväli
$d =$	354 mm Tehokas korkeus
$f_{cd} =$	17 N/mm ² Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu =$	0,009

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu =$	0,009
$\theta =$	0,010 < 0,495 ok Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d =$	354 mm Tehokas korkeus
$\theta =$	0,010 Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z =$	352 mm Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} =$	28256667 Nm Mitoitusmomentti
$z =$	352 mm Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} =$	435 N/mm ² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s =$	184 mm ² /m Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ² Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} =$	500 N/mm ² Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b =$	1000 mm Anturan leveys
$d =$	354 mm Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} =$	533 mm ² /m Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} =$	460 mm ² /m Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} =$	533 mm ² /m Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala anturassa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / k * A_{teräs}$	
$n =$	5 kpl Tankojen määrä poikkileikkauksessa
$\varphi_s =$	16 mm Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} =$	201 mm ² Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	1005 mm ² Pääraudoituksen poikkipinta-ala anturassa

KA= 53,0 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan anturan yläpinnan pääraudoitukseksi

φ16, 5 kpl

Laskennan suoritti:

4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Anturan alapinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} =$	14128333 Nm Mitoitusmomentti
$L_{antura} =$	1400 mm Jänneväli
$d =$	301 mm Tehokas korkeus
$f_{cd} =$	17 N/mm ² Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu =$	0,007

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu =$	0,007
$\theta =$	0,007 < 0,495 ok Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d =$	354 mm Tehokas korkeus
$\theta =$	0,007 Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z =$	353 mm Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} =$	14128333 Nm Mitoitusmomentti
$z =$	353 mm Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} =$	435 N/mm ² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s =$	92 mm ² /m Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ² Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} =$	500 N/mm ² Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b =$	1000 mm Anturan leveys
$d =$	301 mm Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} =$	453 mm ² /m Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} =$	391 mm ² /m Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} =$	453 mm ² /m Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala anturassa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$n =$	5 kpl Tankojen määrä poikkileikkauksessa
$\varphi_s =$	12 mm Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} =$	113 mm ² Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	565 mm ² Pääraudoituksen poikkipinta-ala anturassa

KA= 80,2 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

Φ12, 5 kpl

Laskennan suoritti: 4.1.3. Paaluanturan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle kantavan väliseinän alla

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Laatan leikkauskapasiteetti

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50 \quad \text{Teräsovarmuus}$$

$$b = 1400 \text{ mm} \quad \text{Anturan leveys}$$

$$d = 354 \text{ mm} \quad \text{Anturan tehokas korkeus tuella}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,75 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1005 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääraudoituksen poikkipinta-ala}$$

$$\rho = 0,00203 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 190 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 220 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,c0}$$

$$V_{Rd,c} = 220 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 26,0 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus paalun kohdalla}$$

$$KA = 12 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

Antura kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakojia ei tarvita.

Minimihaat

$$s = 250 \text{ mm} \quad \text{Hakaväli}$$

$$\varphi_{haka} = 8 \text{ mm} \quad \text{Haan halkaisija}$$

Suurin sallittu hakaväli

$$s_{max} = 0,75 * d$$

$$s_{max} = 266 \text{ mm} \quad \text{Suurin sallittu hakaväli}$$

$$\text{EHTO: } s < \text{MIN:}(s_{max}; s_{vaad})$$

$$KA = 94 \%$$

Laskennan suoritti:	4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Pystykuormat

Talon mittoja
Rakennuksen pystykuormat
Kuormitustapaukset

B) Vaakakuormat

Pystykuormien epäkeskeisyydestä johtuva vaakakuorma, 1/150
Tuulikuormitus talon pitkälle seinälle, y-suuntainen tuuli
Tuulikuormitus talon lyhyelle seinälle, x-suuntainen tuuli
Rakennuksen vaakakuormat, koonti

C) Vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

Seinien jäykkyys
Välipohjien siirtymät ja kiertymät
Siirtymät
Kiertymä, kun tuuli y-akselin suunnasta
Mastoseinien kuormitukset

Laskennan suoritti:

4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

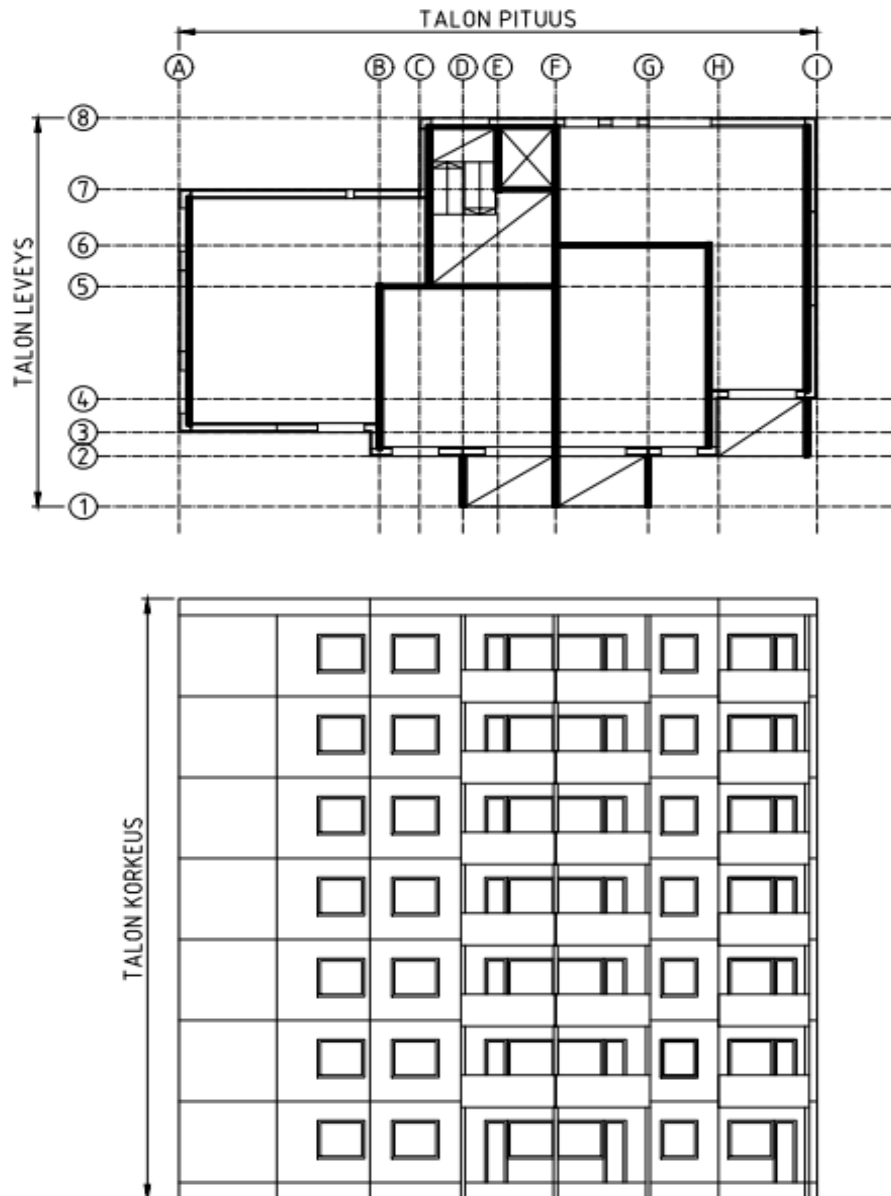
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Pystykuormat

Rakennuksen runko jäykistetään kantavilla seinillä, jotka sijaitsevat epäsymmetrisesti rakennuksessa.
Tarkastellaan rungon jäykkyyttä ja kiertymiä. Määritetään jäykistävien seinälinjojen vaakakuormat.



Laskennan suoritti:	4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Talon mittoja

H_{kok}	25,20 m	Talon korkeus maanpinnasta
L_{kok}	24,40 m	Koko talon pituus
B_{talo}	16,32 m	Talon leveys
n	7	Kerrosten määrä
H_k	3,4 m	Yhden kerroksen korkeus
A_{katto}	327 m ²	Vesikaton pinta-ala
A_{vp}	285 m ²	Välipohjan pinta-ala, seinien pinta-ala vähennetty

Rakennuksen pystykuormat

Määritetään yhdelle kerrokselle välittyvät pystykuormat

Vesikatto

$g_{k,katto}$	2,0 kN/m ²	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino
μ_i	0,8	Lumikuorman korjauskerroin katolla, tasakatto
q_{klumi}	1,6 kN/m ²	Lumikuorma katolla
$Q_{k,lumi}$	523 kN	Lumikuorma
$G_{k,katto}$	654 kN	Vesikaton omapaino

Yläpohja, ontelolaatta

h_{yp}	200 mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1}$	2,6 kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$G_{k,yp}$	850 kN	Omapaino

Välipohja, ontelolaatta, porrashuone, parvekkeet

h_{vp}	270 mm	Laatan paksuus
$g_{k,l}$	3,8 kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,t}$	0,5 kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,vp}$	4,3 kN/m ²	Välipohjalaatan paino
$q_{hyöty}$	2,5 kN/m ²	Hyötykuorma
$G_{k,vp}$	1226 kN	Välipohjan omapaino, ontelolaatta
$Q_{k,vp}$	713 kN	Välipohjan hyötykuorma

Kerroksen seinät

Lasketaan seinien omapaino. Ei huomioida aukkojen vähentävää osuutta, koska kuorma on epäedullista.

L_{s1}	37 m	Kantavien julkisivuelementtien kokonaispituus
g_{s1}	19,2 kN/m	Kantavien julkisivuelementtien metrikuorma, KRT
L_{se2}	43,4 m	Ei-kantavien julkisivuelementtien kokonaispituus
g_{s2}	13,2 kN/m	Ei-kantavien julkisivuelementtien metrikuorma, KRT
L_{s3}	52 m	Kantavien väliseinien kokonaispituus
g_{s4}	15,3 kN/m	Kantavien väliseinien metrikuorma, KRT
$G_{k,s}$	2067 kN	Kerroksen seinien omapaino

Laskennan suoritti:

4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Koko rakennuksen kuormat

$$G_{k,kok} = G_{k,katto} + G_{k,yp} + (n - 1) * G_{k,vp} + n * G_{k,s}$$

$$G_{k,kok} = 23326 \text{ kN} \quad \text{Koko talon kuorma alimmasta lattiatasosta ylöspäin, alapohjan painoa ei huomioida}$$

$$Q_{k,hyöty} = (n - 1) * Q_{k,vp}$$

$$Q_{k,hyöty,kok} = 4275 \text{ kN} \quad \text{Koko talon kerrosten hyötykuorma, alapohjaa ei huomioida}$$

$$Q_{k,lumi} = 523 \text{ kN} \quad \text{Talon lumikuorma}$$

Kuormitustapaukset

Tarkastellaan rakennukset pystykuormitusta eri kuormitustapauksissa

Huomataan, että hyötykuorma on määräävä muuttuva kuorma.

KT1) Käyttöraja-tila

$$N_k = G_{k,kok} + Q_{k,hyöty,kok} + Q_{k,lumi}$$

$$N_k = 28124 \text{ kN} \quad \text{Koko talon pystykuormien ominaisarvo, käytetään jäykistysjärjestelmän kuormien laskennassa}$$

KT2) MAX kuormitus, 6.10b

$$\gamma_g = 1,15 \quad \text{Pysyvän kuorman osavarmuus}$$

$$\gamma_q = 1,50 \quad \text{Muuttuvan kuorman osavarmuus}$$

$$K_{FI} = 1,1 \quad \text{Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin}$$

$$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$$

$$29507 \text{ kN}$$

Pys. mitoituskuorma

$$Q_{d,kok} = K_{FI} * (\gamma_q * Q_{k,hyöty} + 1,05 * Q_{k,lumi})$$

$$7658 \text{ kN}$$

Muuttuva mitoituskuorma

$$N_d =$$

$$37165 \text{ kN}$$

Pystykuorman mitoitusarvo

KT3) MAX kuormitus, 6.10a

$$\gamma_g = 1,35 \quad \text{Pysyvän kuorman osavarmuus}$$

$$\gamma_q = 0,00 \quad \text{Muuttuvan kuorman osavarmuus}$$

$$K_{FI} = 1,1 \quad \text{Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin}$$

$$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$$

$$34639 \text{ kN}$$

Pys. mitoituskuorma

$$Q_{d,kok} = K_{FI} * \gamma_q * Q_{k,hyöty}$$

$$0 \text{ kN}$$

Muuttuva mitoituskuorma

$$N_d =$$

$$34639 \text{ kN}$$

Pystykuorman mitoitusarvo

Huomataan, että kuormitustapaus 6.10b aiheuttaa määräävän mitoitus tilanteen.

$$N_d =$$

$$37165 \text{ kN}$$

Pystykuorman suurin mitoitusarvo

Laskennan suoritti:

4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Vaakakuormat

Määritetään rakennuksen vaakakuormat tuulesta ja pystykuormien epäkeskeisyydestä.

Pystykuormien epäkeskeisyydestä johtuva vaakakuorma, 1/150

$V_{Nk,y} = N_k / 150$	
$V_{Nk,y} =$	187 kN
	Vaakavoima rakennuksen pitkälle sivulle
$V_{Nk,x} = B / L * N_k / 150$	
$V_{Nk,x} =$	125 kN
	Vaakavoima rakennuksen lyhyelle sivulle

Tuulikuormitus talon pitkälle seinälle, y-suuntainen tuuli

VIIITE: RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat
Osa 1.4: Rakenteiden kuormat - Yleiset kuormat. Tuulikuormat

Määritetään rakennuksen ulko- ja sisäpintoihin vaikuttavat tuulenpaineet.
Rakennus sijaitsee tasaisella esikaupunkialueella, maastoluokassa II.

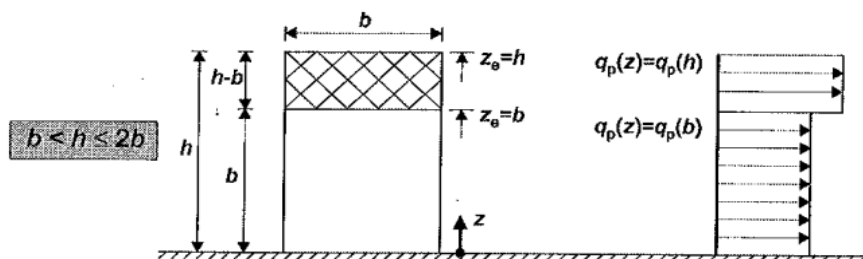
Rakenteen ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine

Rakennuksen korkeus on suurempi kuin leveys. Korkeuden B yläpuolella vaikuttaa suurempi tuulikuorma.
Yksinkertaistetaan laskelmaa ja mitoitetaan koko seinän korkeus maksimituulikuormalla $q_p(h)$.

$$w_H = q_p(z_H) * c_{pe} \quad \text{Yksittäiseen pintaan korkeudella } z_0 \text{ vaikuttava ulkoinen paine}$$

Rakenteen sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine

$$w_H = q_p(z_H) * c_{pi} \quad \text{Yksittäiseen pintaan korkeudella } z_0 \text{ vaikuttava sisäinen paine}$$



H=	25,20 m	Talon korkeus
B=	16,32 m	Talon syvyys tuulensuunnassa
D=	24,40 m	Tuulen puoleinen sivu
E=	24,40 m	Tuulen suojassa oleva sivu

SIVU	H	$q_p(h)$	$c_{pe,10}$	c_{pi}	$c_{p,netto}$	w_{netto}	
D	25,20	0,82	0,8	-0,3	1,1	0,90	Rakennukseen sisäänpäin
E	25,20	0,82	-0,5	-0,3	-0,2	-0,16	Rakennuksesta ulospäin
						1,07	

$$A_{ref} = 615 \text{ m}^2 \quad \text{Tuulen vaikutuspinta-ala tuulenpuoleisella seinällä}$$

$$Q_{k,tuuli,y} = w_{netto} * A_{ref}$$

$$Q_{k,tuuli,y} = 655 \text{ kN} \quad \text{Tuulikuorman resultantti koko seinälle, KRT}$$

Laskennan suoritti:

4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Tuulikuormitus talon lyhyelle seinälle, x-suuntainen tuuli

H=	25,20 m	Talon korkeus					
B=	24,40 m	Talon syvyys tuulensuunnassa					
D=	16,32 m	Tuulen puoleinen sivu					
E=	16,32 m	Tuulen suojassa oleva sivu					
SIVU	H	$q_p(h)$	$C_{pe,10}$	C_{pi}	$C_{p,netto}$	w_{netto}	
D	25,20	0,82	0,8	-0,3	1,1	0,90	Rakennukseen sisäänpäin
E	25,20	0,82	-0,5	-0,3	-0,2	-0,16	Rakennuksesta ulospäin
						1,07	
A_{ref}=	411 m ²	Tuulen vaikutuspinta-ala tuulenpuoleisella seinällä					

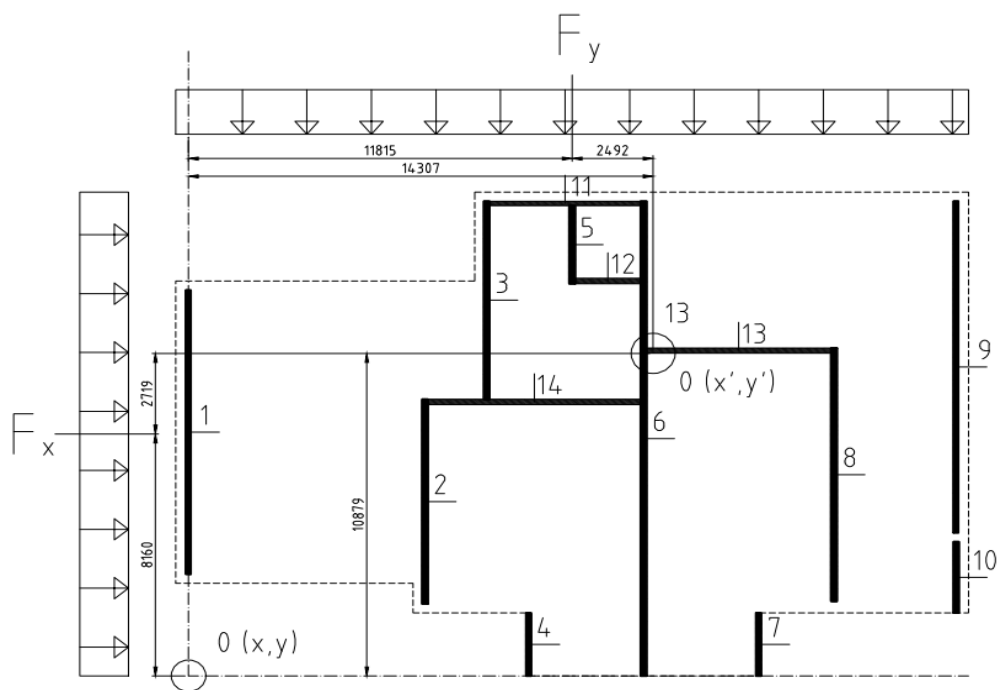
$$Q_{k,tuuli,x} = w_{netto} * A_{ref}$$

$$Q_{k,tuuli,x} = 438 \text{ kN} \quad \text{Tuulikuorman resultantti koko seinälle, KRT}$$

Rakennuksen vaakakuormat, koonti

$$F_{k,y} = (V_{Nk,y} + Q_{k,tuuli,y}) / n = 120 \text{ kN} \quad \text{Mitoitusvaakakuorman resultantti pitkälle seinälle/kerros}$$

$$F_{k,x} = (V_{Nk,x} + Q_{k,tuuli,x}) / n = 81 \text{ kN} \quad \text{Mitoitusvaakakuorman resultantti lyhyelle seinälle/kerros}$$



Laskennan suoritti:

4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille

Seinien jäykkyys

Lasketaan seinien jäykkyydet, kyky vastustaa siirtymää (k).

$$\frac{1}{k_y} = \frac{L^3}{3EI_x} \quad \frac{1}{k_x} = \frac{L^3}{3EI_y}$$

Seinä	Jäykkyysspainopiste		Paksuus	Pituus	Korkeus	k_y	k_x
Nro	X [mm]	Y [mm]	b [mm]	h [mm]	L [mm]	[MN/m]	
1	0	8220	150	9580	25200	48,8	0
2	7285	5880	180	6900	25200	21,9	0
3	12915	12670	180	6680	25200	19,9	0
4	10475	1060	150	2120	25200	0,5	0
5	11815	14545	180	2630	25200	1,2	0
6	14015	8005	180	16010	25200	273,5	0
7	17555	1060	150	2120	25200	0,5	0
8	19875	6785	180	8550	25200	41,7	0
9	23635	10420	150	11180	25200	77,6	0
10	23635	3320	150	2400	25200	0,8	0
11	11600	15935	150	4650	25200	0	5,6
12	12915	13320	180	2020	25200	0	0,5
13	16945	10970	180	5680	25200	0	12,2
14	10650	9240	180	6550	25200	0	18,7
$\Sigma k =$						486,4	37,1

Lasketaan jäykistysesysteemin jäykistepainopisteen paikka jäykkyyksien avulla

$$y_{jp} = 14,307 \text{ m}$$

$$x_{jp} = 10,879 \text{ m}$$

$$2,659$$

$$E=23700 \text{ MN/m}$$

$$x = \frac{\Sigma k_y x'}{\Sigma k_y} \quad ; \quad y = \frac{\Sigma k_x y'}{\Sigma k_x}$$

$$I = h^3 \cdot b / 12$$

Seinä	Osamastojen jäykkyys [MN]		Jäykkyysspainopiste [mm]		Momenttijäykkyys M_j [MNm]	
Nro	$k_y \cdot y$	$k_x \cdot x$	$X' = X - x_{jp}$	$Y' = Y - y_{jp}$	$k_y \cdot y^2$	$k_x \cdot x^2$
1	0	0	-14307	-2659	0	0
2	159	0	-7022	-4999	1162	0
3	257	0	-1392	1791	3313	0
4	6	0	-3832	-9819	58	0
5	14	0	-2492	3666	169	0
6	3833	0	-292	-2874	53718	0
7	9	0	3248	-9819	163	0
8	828	0	5568	-4094	16454	0
9	1834	0	9328	-459	43353	0
10	18	0	9328	-7559	429	0
11	0	89	-2707	5056	0	1418
12	0	7	-1392	2441	0	97
13	0	134	2638	91	0	1470
14	0	173	-3657	-1639	0	1599
$\Sigma =$	6958	403			118819	4584
$\Sigma =$						123403

Laskennan suoritti:	4.2. Rakennuksen levyjäykistys ja vaakakuormien jakautuminen jäykistäville seinille	
Pvm:	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!	Laskenta vain harrastekäyttöön!

Välipohjien siirtymät ja kiertymät

Lasketaan seinien siirtymät molemmissa suunnissa ja kiertymä

$F_{k,y} =$	120 kN	Mitoitusvaakuorman resultantti pitkälle seinälle/kerros
$F_{k,x} =$	81 kN	Mitoitusvaakuorman resultantti lyhyelle seinälle/kerros

Siirtymät

$v_y = F_{k,y} / \Sigma k_y =$	0,0002 m	Välipohjan siirtymä lyhyen seinän suunnassa, y-suunta
$v_x = F_{k,x} / \Sigma k_x =$	0,0022 m	Välipohjan siirtymä pitkän seinän suunnassa, x-suunta

Kiertymä, kun tuuli y-akselin suunnasta

$s_y =$	2492 mm	Vaakuorman epäkeskeisyys jäykistepainopisteen suhteen
$s_x =$	2719 mm	Vaakuorman epäkeskeisyys jäykistepainopisteen suhteen
$M_k = s_y * F_{k,y}$		
$M_k =$	0,300 MNm	Ulkoinen momentti kiertokeskiön suhteen
$M_j = \Sigma(k_x * y^2) + \Sigma(k_y * x^2)$		
$M_j =$	123403 MNm	Jäykistysjärjestelmän momenttijäykkyys
$\varphi = M_k / M_j$		
$\varphi =$	0,0000024	Kiertymä on olematon ja sen vaikutusta ei huomioida

Mastoseinien kuormitukset

Lasketaan seinien siirtymää vastaava vaakakuorma. Huomataan, että jäykät seinät keräävät eniten rasituksia.

X-suuntaisten seinien rasitukset ovat suuria, koska seiniä on vähän ja niiden jäykkyys on pääisin huono.

Y-suuntaan jäykistävät seinät/kerros

Seinä Nro	k_y [MN/m]	v_y [m]	$Q = k_y * v_y$ [kN]
1	48,8	0,0002	12,1
2	21,9	0,0002	5,4
3	19,9	0,0002	4,9
4	0,5	0,0002	0,1
5	1,2	0,0002	0,3
6	273,5	0,0002	67,7
7	0,5	0,0002	0,1
8	41,7	0,0002	10,3
9	77,6	0,0002	19,2
10	0,8	0,0002	0,2

$$\Sigma = 120 = F_{k,y} \text{ OK!}$$

Kaikki kuormat jakautuvat seinille.

x-suuntaan jäykistävät seinät/kerros

Seinä Nro	k_x [MN/m]	v_x [m]	$Q = k_x * v_x$ [kN]
11	5,6	0,0022	12,1
12	0,5	0,0022	1,2
13	12,2	0,0022	26,5
14	18,7	0,0022	40,7

$$\Sigma = 81 = F_{k,x} \text{ OK!}$$

Kaikki kuormat jakautuvat seinille.

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat

B) Seinälinjan kuormat

Kuormitustapaukset

Kuormat pohjakerroksessa

Kuormat yhtä kerrosta kohden

KT2 ja KT3 tuottavat yhdessä vaakakuormien kanssa suurimmat pystykuormat ja mitoittavat seinän rakenteen.

C) Pystyliitosten leikkausjännitykset

D) Materiaalit

E) Ruutuelementin vaaka- ja pystysaumojen vaarnat

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

Vaarnalenkit seinäelementtien välisessä pystysaumassa

F) Seinän stabiliteetti ja jännitykset

Ankkuroinnin tarkastaminen

Seinän jännitykset

Jännitys aukottomassa poikkileikkauksessa

Jännitys aukollisessa poikkileikkauksessa

G) Seinän puristuskestävyys aukottomassa poikkileikkauksessa

1. Kertaluvun epäkeskisyys

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

Seinän puristuskestävyys

Seinän vaakaraudoitus

H) Seinän puristuskestävyys aukollisessa poikkileikkauksessa

1. Kertaluvun epäkeskisyys

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

Seinän puristuskestävyys

Seinän vaakaraudoitus

I) Ikkunapalkin mitoitus

Palkin yläpinnan raudoitus

Palkin alapinnan raudoitus

Leikkauskapasiteetti

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

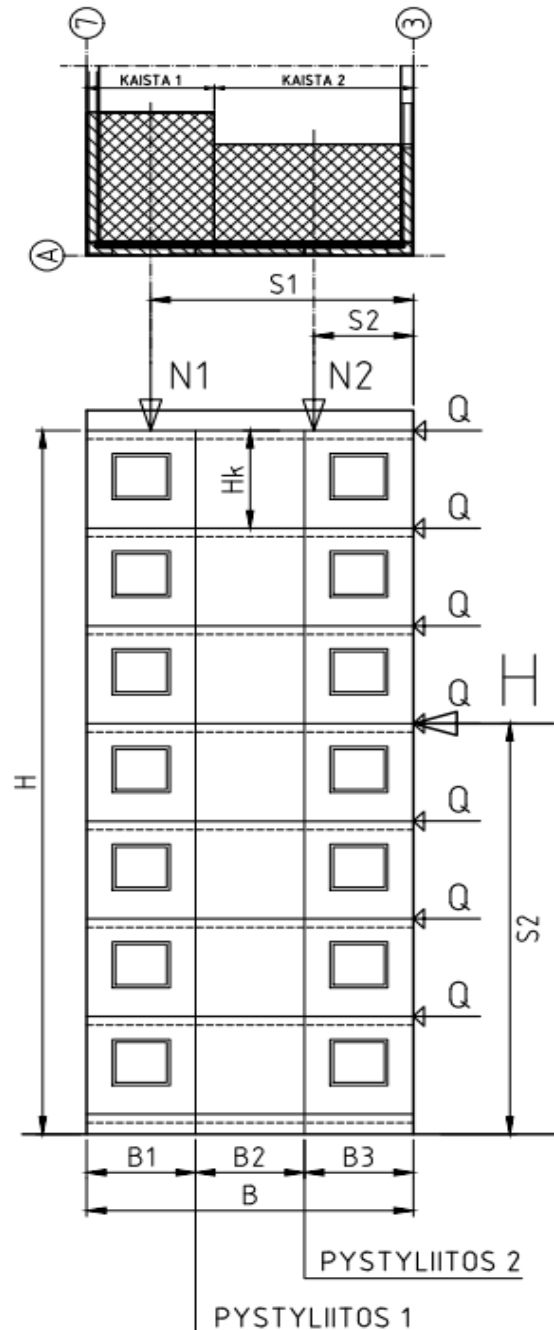
A) Mitat

Mitoitetaan linjalla A-7 A-3 sijaitseva kantava ulkoseinä nro 1 ja sillä sijaitseva ikkunallinen ruutuelementti.

Peräkkäisten seinäelementtien pystykuormat ovat eri suuruisia, koska seinälle tukeutuvat laastot ovat eri pituisia.

Tutkitaan seinälinjan A-7...A-3 ruutuelementtien kuormia ja stabiiliteettia. Seinä kaatumisvarmuus on pienimmillään, kun tuuli puhaltaa Linjan 3 puolelta.

$B =$	10,20 m	Seinän pituus
$H =$	25,20 m	Talon korkeus
$H_k =$	3,40 m	Kerroksen korkeus
$k =$	7 kpl	Kerrosten määrä
$d =$	0,15 m	Kantatavan seinän paksuus
$B_1 =$	3,40 m	Elementin leveys
$B_2 =$	3,40 m	Elementin leveys
$B_3 =$	3,40 m	Elementin leveys
$Kaista_1 =$	4,0 m	Kuormituskaistan leveys
$Kaista_2 =$	6,2 m	Kuormituskaistan leveys
$S_1 =$	8,2 m	Momenttivarsi
$S_2 =$	3,1 m	Momenttivarsi
$S_3 =$	14,1 m	Momenttivarsi



Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Seinälinjan kuormat

Lasketaan jäykistävän seinän kuormitukset. Ominaisarvot G_k ja Q_k ovat laskettu paalujen mitoituksen yhteydessä. Vaakakuormat on laskettu rakennuksen jäykistämisen yhteydessä. Vaakakuormat muodostuvat suhteelle 29/71 pystykuormien epäkeskeisyydestä ja tuulikuormasta.

Kuormitustapaukset

Seinän kuormitukset voivat esiintyä seuraavina yhdistelminä. KT4 tuottaa huonoimman pystystabiiliteetin ja mitoittaa yhdessä vaakakuormien kanssa mahdollisen seinän ankuroinnin anturaan. KT2 ja KT3 tuottavat yhdessä vaakakuormien kanssa suurimmat pystykuormat ja mitoittavat seinän rakenteen.

	γ_g	γ_q	K_{FI}
KT1: Ominaiskuormayhdistelmä	1,00	1,00	1,0
KT2: Max G, min Q	1,35	0,00	1,1
KT2: Max G, max Q	1,15	1,50	1,1
KT4: Min G, min Q	0,90	0,00	1,1

Vaakakuormien jakauma

G= 29 %

Q= 71 %

Kuormat pohjakerroksessa

Lasketaan seinälinjalla vaikuttava metrikuorma P ja resultantin suuruus N (pysty) ja H (vaaka).

	Kuormitus	G_k	Q_k	KT1	KT2	KT3	KT4
Kaista ₁	P_1 [kN/m]	273	76	349	405	471	270
	N_1 [kN]	1092	304	1396	1622	1883	1081
Kaista ₂	P_2 [kN/m]	240	57	297	356	398	238
	N_2 [kN]	1488	353	1841	2210	2465	1473
Vaaka	P_H [kN/m]	2,4	5,9	8,3		12,8	
	H [kN]	24,6	60,1	84,7		130,3	

Kuormat yhta kerrosta kohden

Lasketaan seinälinjalla vaikuttava metrikuorma p ja resultantin suuruus n (pysty) ja h (vaaka).

	Kuormitus	G_k	Q_k	KT1	KT2	KT3	KT4
Kaista ₁	p_1 [kN/m]	39	13	52	58	70	39
	n_1 [kN]	156	51	207	232	281	154
Kaista ₂	p_2 [kN/m]	34	10	44	51	59	34
	n_2 [kN]	213	59	271	316	366	210
Vaaka	p_H [kN/m]	0,3	0,8	1,2		1,8	
	h [kN]	3,5	8,6	12,1		18,6	

Kuormitustapaus KT 3 tuottaa suurimmat pystykuormat ja jännitykset seinään.

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Pystyliitosten leikkausjännitykset

Lasketaan pohjakerroksessa olevien pystyliitosten palkkiteorian mukaiset leikkausjännitykset

$$H_k = 84,7 \text{ kN} \quad \text{Pohjakerroksessa vaikuttava seinälinjan suuntainen vaakakuorma, ominaisarvo}$$

$$d = 0,15 \text{ m} \quad \text{Seinän paksuus}$$

$$B = 10,2 \text{ m} \quad \text{Seinän pituus}$$

$$I = \frac{1}{12} * d * B^3$$

$$I = 13,27 \text{ m}^4 \quad \text{Seinän jäyhyysmomentti}$$

$$B_1 = 3,40 \text{ m} \quad \text{Vierekkäisten seinäelementtien leveydet}$$

$$B_2 = 3,40 \text{ m}$$

$$B_3 = 3,40 \text{ m}$$

Liitos 1:

$$S_1 = d * B_1 * (B_1 + B_2) / 2$$

$$S_1 = 1,734 \text{ m}^3$$

$$\tau_{xy,1} = H_{\text{kok},k} * S_1 / (I * d)$$

$$\tau_{xy,1} = 73,8 \text{ kN/m}^2$$

$$0,074 \text{ Mpa}$$

$$T_1 = d * \tau_{xy,1}$$

$$T_1 = 11,1 \text{ kN/m}$$

Liitos 2:

$$S_2 = d * B_3 * (B_2 + B_3) / 2$$

$$S_2 = 1,734 \text{ m}^3$$

Staattinen momentti

$$\tau_{xy,2} = H_{\text{kok},k} * S_2 / (I * d)$$

$$\tau_{xy,2} = 73,8 \text{ kN/m}^2$$

$$0,074 \text{ Mpa}$$

Leikkausjännitys pystysaumassa

$$T_2 = d * \tau_{xy,2}$$

$$T_2 = 11,1 \text{ kN/m}$$

Työntövoima pystysaumassa pohjakerros

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Materiaalit

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Ruutuelementin vaaka- ja pystysaumojen vaarnat

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

Mitoitetaan vaarnatapit leikkausvoimalle pohjakerroksessa.

Ei huomioida vaakasaumassa olevaa betonipintojen välistä kitkaa.

Lasketaan vaarnatappien jako, kun vaarnatapin halkaisija on tiedossa.

$$B_1 = 3,40 \text{ m} \quad \text{Elementin leveys}$$
$$P_{H,d} = 12,8 \text{ kN/m} \quad \text{Vaakakuorma elementin alareunassa}$$

$$H_d = B_1 * P_{H,d}$$
$$H_d = 43,4 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima seinän alareunassa pohjakerroksessa, osavarmuus 1,6}$$

$$\varphi = 12 \text{ mm} \quad \text{Vaarnatapin halkaisija}$$
$$n = 4 \text{ kpl} \quad \text{Vaarnatappien määrä}$$
$$kk = 1066,666667 \text{ mm} \quad \text{Vaarnatappien jako}$$

$$A_{vaarna} = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{Vaarnan poikkipinta-ala}$$
$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin mitoituspuristuslujuus}$$
$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen mitoitusvetolujuus}$$

$$V_{R,d} = 1,2 * A_{vaarna} * \sqrt{(f_{cd} * f_{yd})} * n$$

$$V_{R,d} = 46,7 \text{ kN} \quad \text{Yhden vaarnatapin leikkauskestävyys}$$

$$H_d = 43 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima porrashuoneen yhden seinän alareunassa}$$

$$KA: 93 \% \text{ ok} \quad \text{Valitaan vaarnatapit } \varphi 12 \text{ mm, } kk 1066,6666666667$$

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

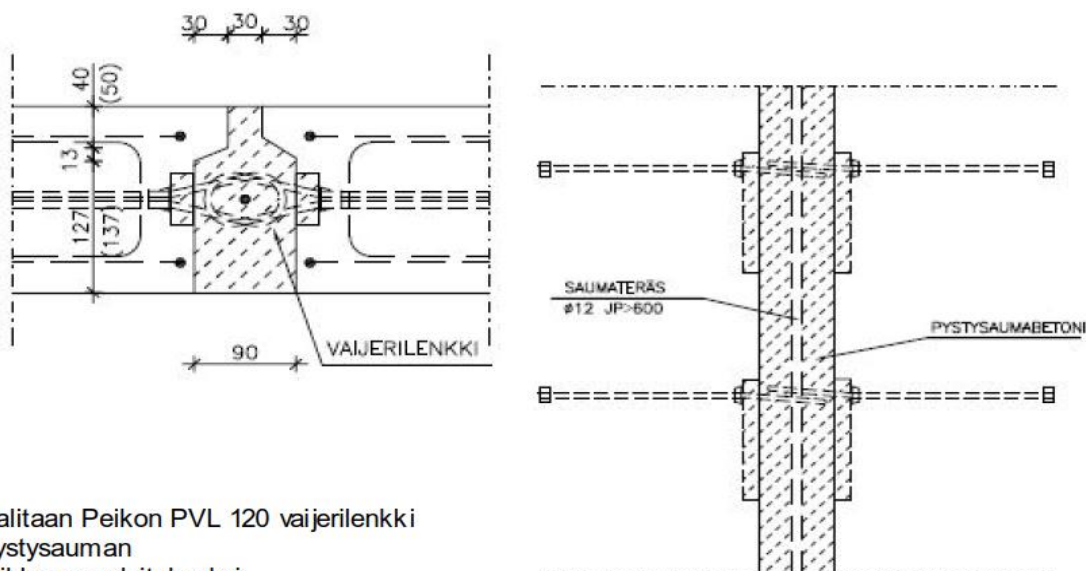
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vaarnalankit seinäelementtien välisessä pystysaumassa

Mitoitetaan vaarnalankit taulukon avulla.



Valitaan Peikon PVL 120 vaijerilenkki pystysauman leikkausraudoitukseksi.

PVL vaijerilenkki		L1	L2	B	H	SL	Ø
		[mm]					
	PVL 80	160	212	50	20	80	6
	PVL 100	160	212	50	20	100	6
	PVL 120	190	212	50	20	120	6

HYVÄKSYNNÄT:
BY 5 B N:o 316 ja BY 5 B-EC 2 N:o 26 Suomi

Leikkausvoiman laskentakapasiteetti [kN/m]											
Betoniluokka	Lenkkijako [mm]										
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
K30	114,9	107,4	92,5	81,3	72,7	65,7	60,0	55,3	51,3	47,8	44,9
K35	124,1	116,0	99,9	87,9	78,5	71,0	64,8	59,7	55,4	51,7	48,5
K40	132,7	124,0	106,8	93,9	83,9	75,9	69,3	63,8	59,2	55,2	51,8
K45	140,8	131,5	113,3	99,6	89,0	80,5	73,5	67,7	62,8	58,6	54,9

$T_d = 16,6 \text{ kN/m}$

Työntövoima, ts. leikkausrasitus elementtien pystysaumassa, kuorman osavarmuus 1,5

$T_{Rd} = 48,5 \text{ kN/m}$

Vaijerilenkkien leikkauskestävyys valitulla jaolla

KA: 34 % ok

Valitaan vaarnalankit Peikko PVL 80 K750

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

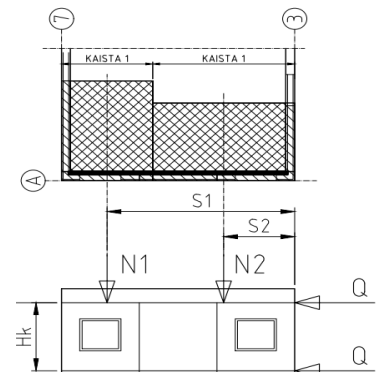
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Seinän stabiileetti ja jännitykset

Ankkuroinnin tarkastaminen

Mitoitetaan seinän stabiileetti kuormitustapaukselle 4, jossa vaikuttaa pienin pystykuorma ja suurin kaatava voima.
Tarkastellaan tilannetta pohjakerroksessa seinän ja sokkelin rajapinnassa.

$N_{1,d}$	1081 kN	Kaistan 1. pystykuorman mitoitussarvo pohjakerroksessa
$N_{2,d}$	1473 kN	Kaistan 2. pystykuorman mitoitussarvo pohjakerroksessa
H_d	130 kN	Koko seinän vaakakuorman mitoitussarvo
s_1	8,20 m	Momenttivarsi
s_2	3,10 m	Momenttivarsi
s_3	14,10 m	Momenttivarsi
$M_d = s * F$		
$M_{1,d}$	8865 kNm	Stabiloiva momentti
$M_{2,d}$	4567 kNm	Stabiloiva momentti
$M_{H,d}$	1837 kNm	Kaatava momentti



Huomataan, että pystyssä pitävät momentit ovat suurempia kuin kaatava, rakennus pysyy pystyssä.
Tutkitaan jännityksiä seinän ja sokkelin rajapinnassa sekä pystykuormista että vaakakuormien taivutusmomentista.

B_1	4,00 m	Kuormituskaistan leveys
B_2	6,20 m	Kuormituskaistan leveys
B	10,20 m	Seinän pituus
d	0,15 m	Kantavan seinän paksuus
$\sigma_N = N_d / (B * d)$		
$\sigma_{N,1}$	1802 kN/m ²	Puristusjännitys pystykuormista, tuulen suojainen seinä
$\sigma_{N,2}$	1584 kN/m ²	Puristusjännitys pystykuormista, tuulen puoleinen seinä

Lasketaan taivutusmomentista syntyvä puristus- ja vetojännitys seinän molemmissa päissä.

$M_{d,max}$	1837 kNm	Vaakakuormien aiheuttama seinän mitoitustaivutusmomentti pohjakerroksessa
$W = B^2 * d / 6$		
W	2,601 m ³	Seinän taivutusvastus mitoituskokoonpanon suunnassa
$\sigma_M = M_d / W$		
σ_M	706 kN/m ²	Taivutuksen aiheuttama veto-/puristusrasitus seinän päissä

Lasketaan taivutusmomentista ja normaalivoimista syntyvä jännitys seinän molemmissa päissä.

$\sigma = \sigma_N + \sigma_M$		
σ_1	2508 kN/m ²	Seinän jännitys tuulen suojaisella puolella, puristusta
σ_2	878 kN/m ²	Seinän jännitys tuulen puolella, puristusta
f_{cd}	17000 kN/m ²	Betonin mitoituspuristuslujuus

Huomataan, että kokoseinän pohjapinta-ala on puristuksella.
Lisäksi puristusrasitus on hyvin pieni verrattuna C30/37 -betonin kestävytyteen.

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän jännitykset

Mitoitetaan tuulen suojaisella puolella oleva ikkunallinen ruutuelementti.

Kuormat siirtyvät aukon kohdalla vinolla puristuksella aukon viereisille rakenteille.

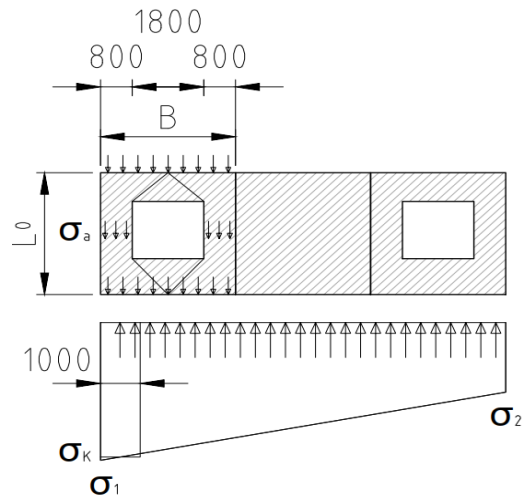
Tutkitaan seinän puristusjännitykset aukottomassa poikkileikkauksessa ja aukon vierellä.

$$B_1 = 3,40 \text{ m}$$

Elementin leveys

$$B_x = 0,80 \text{ m}$$

Seinän leveys aukon vierellä



Lasketaan seinän puristusjännitys määräävimästä kuormitustapauksesta KT3 ja maksimivaakakuormasta.

$$N_{1,d} = 1883 \text{ kN}$$

Kaistan 1. pystykuorman mitoitusarvo pohjakerroksessa

$$N_{2,d} = 2465 \text{ kN}$$

Kaistan 2. pystykuorman mitoitusarvo pohjakerroksessa

$$Kaista_1 = 4,00 \text{ m}$$

Kuormituskaidan leveys

$$Kaista_2 = 6,20 \text{ m}$$

Kuormituskaidan leveys

$$B = 10,20 \text{ m}$$

Seinän pituus

$$d = 0,15 \text{ m}$$

Kantatavan seinän paksuus

$$\sigma_N = N_d / (B * d)$$

$$\sigma_{N,1} = 3138 \text{ kN/m}^2$$

Puristusjännitys pystykuormista, tuulen suojainen seinä

$$\sigma_{N,2} = 2651 \text{ kN/m}^2$$

Puristusjännitys pystykuormista, tuulen puoleinen seinä

$$\sigma_M = 706 \text{ kN/m}^2$$

Taivutuksen aiheuttama veto-/puristusrasitus seinän päissä

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M =$$

$$\sigma_1 = 3845 \text{ kN/m}^2$$

Seinän jännitys tuulen suojaisella puolella, puristusta

$$\sigma_2 = 1945 \text{ kN/m}^2$$

Seinän jännitys tuulen puolella, puristusta

$$f_{cd} = 17000 \text{ kN/m}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Jännitys aukottomassa poikkileikkauksessa

Puristusrasitus on maksimissaan seinän tuulen suojaisella puolella.

Mitoitetaan seinäelementti keskimääräiselle puristusjännitykselle, joka vaikuttaa 0,5 m päässä elementin reunasta.

Lasketaan seinäelementissä metrin kaistalla vaikuttava normaalivoima.

$d =$	0,15 m	Kantavan seinän paksuus
$\sigma_1 =$	3845 kN/m ²	Puristusjännitys seinän reunalla
$\Delta\sigma =$	186 kN/m ² * m	Puristusjännityksen muutos metrin matkalla
$\sigma_{KA} = \sigma_1 - 0,5 m * \Delta\sigma$		
$\sigma_{KA} =$	3752 kN/m ²	Keskimääräinen puristusjännitys elementin reunalla
$P_{K,d} = \sigma_{KA} * d$		
$P_{K,d} =$	563 kN/m	Normaalivoiman arvo metrikuormana = seinältä vaadittu puristuskestävyys

Jännitys aukollisessa poikkileikkauksessa

Puristusjännitys keskittyy kapealle kaistalle ikkuna-aukon vierellä.

Lasketaan ikkunan viereiselle seinälle keskittynyt kuorma, joka on hieman yli puolet koko elementin normaalivoimasta.

$B_1 =$	3,40 m	Elementin leveys
$B_x =$	0,80 m	Seinän leveys aukon vierellä
$\sigma_{kesk} = \sigma_1 - 0,5 * B_e * \Delta\sigma$		
$\sigma_{kesk} =$	3528 kN/m ²	Puristusjännitys elementin keskikohdassa
$\sigma_a = (\sigma_1 + \sigma_{kesk}) / 2 * (B_1/2)$		
$\sigma_a =$	6267 kN/m ²	Keskittynyt puristusjännitys ikkunan viereisellä rakenteella
$P_{A,d} = \sigma_{KA} * d$		
$P_{A,d} =$	940 kN/m	Normaalivoiman arvo metrikuormana = seinältä vaadittu puristuskestävyys

Mitoitetaan rakenteiden kestävyys aukottomassa ja aukollisessa poikkileikkauksessa.

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Seinän puristuskestävyys aukottomassa poikkileikkauksessa

Seinä mitoitetaan ylä- ja alareunoistaan nivelöitynä rakenteena.

Vaakakuormien aiheuttamaa taivutusmomenttia ei huomioida epäkeskisyydessä, koska sen merkitys on mitätön.

1. Kertaluvun epäkeskisyys

$$e_{ylä} = 20,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän yläpäässä, vähintään 20 mm

$$e_{ala} = 0,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän alapäässä

$$L_0 = H_k = 3,40 \text{ m}$$

Kerroksen korkeus

$$\alpha_h = 2 / \sqrt{H_k}$$

$$\alpha_h = 1,00$$

Seinän korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]

$$\alpha_m = 1,000$$

Peräkkäisten seinien määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/\text{seinien määrä})}$

$$e_i = \alpha_h \cdot \alpha_m / 200 \cdot L_0 / 2$$

$$e_i = 8,5 \text{ mm}$$

Rakenteen vinoudesta ja mittapätarkkuudesta johtuva epäkeskisyys

$$e_{02} = e_{ylä} + e_i = 28,5 \text{ mm}$$

$$e_{01} = e_{ala} + e_i = 8,5 \text{ mm}$$

$$e_{tot} = \text{MAX } 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01} = 20,5 \text{ mm}$$

$$0,4 \cdot e_{02} = 11,4 \text{ mm}$$

$$\text{MAX} = 20,5 \text{ mm}$$

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

$$i = h / \sqrt{12}$$

$$i = 43,4 \text{ mm}$$

Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde

$$\lambda = L_0 / i$$

$$\lambda = 78,43$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{lim} = 86,0$$

rajahoikkuus

KA: 91 %

Rajarvo ei ylity.

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

$$h = 150 \text{ mm}$$

Seinän paksuus

$$L_0 = 3400 \text{ mm}$$

Pilarin nurjahduspituus

$$\Phi = \text{MIN } 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e_{tot} / h) - 0,02 \cdot L_0 / h = 0,38$$

$$1 - 2 \cdot e_{tot} / h = 0,73$$

$$\text{MIN} = 0,38$$

Seinän puristuskestävyys

$$f_{cd,pl} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

$$n_{Rd} = f_{cd,pl} \cdot h \cdot \Phi$$

$$n_{Rd} = 956 \text{ kN/m}$$

Seinän puristuskestävyys yhtä metriä kohden

$$P_{1,Ed} = 563 \text{ kN/m}$$

Normaalivoiman arvo metrikuormana

$$\text{EHTO: } p_{Ed} / n_{rd} < 100 \%$$

KA: 59 %

Ok, seinän kestävyys on riittävä

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän vaakaraidoitus

Määritetään vaakaraidoitus seinän yhdellä pinnalla yhden metrin korkuisella kaistalla.

Mimiraidoitusehto

$$A_{s,min,z} = 0,001 * 1m * h$$

$$150 \text{ mm}^2$$

Tankoväli

$$kk_{max} = 400 \text{ mm}$$

$$\varphi = 8 \text{ mm}$$

Vaakaraidoitteen halkaisija

$$kk = 200 \text{ mm}$$

Vaakaraidoitteen jako

$$A_{s,tod} = 251 \text{ mm}^2 / m$$

KA: 60 %

Valitaan seinän vaakaraidoitteeksi

T8 k200

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

H) Seinän puristuskestävyys aukollisessa poikkileikkauksessa

Seinä mitoitetaan ylä- ja alareunoistaan nivelöitynä rakenteena.

Vaakakuormien aiheuttamaa taivutusmomenttia ei huomioida epäkeskisyydessä, koska sen merkitys on mitätön.

1. Kertaluvun epäkeskisyys

$$e_{ylä} = 20,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän yläpäässä, vähintään 20 mm

$$e_{ala} = 0,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän alapäässä

$$L_0 = H_k = 1,60 \text{ m}$$

Aukon korkeus

$$\alpha_h = 2 / \sqrt{H_k}$$

$$\alpha_h = 1,00$$

Seinän korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]

$$\alpha_m = 1,000$$

Peräkkäisten seinien määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/\text{seinien määrä})}$

$$e_i = \alpha_h \cdot \alpha_m / 200 \cdot L_0 / 2$$

$$e_i = 4,0 \text{ mm}$$

Rakenteen vinoudesta ja mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyys

$$e_{02} = e_{ylä} + e_i = 24,0 \text{ mm}$$

$$e_{01} = e_{ala} + e_i = 4,0 \text{ mm}$$

$$e_{tot} = \text{MAX } 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01} = 16,0 \text{ mm}$$

$$0,4 \cdot e_{02} = 9,6 \text{ mm}$$

$$\text{MAX} = 16,0 \text{ mm}$$

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

$$i = h / \sqrt{12}$$

$$i = 43,4 \text{ mm}$$

Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde

$$\lambda = L_0 / i$$

$$\lambda = 36,91$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{lim} = 86,0$$

rajahoikkuus

KA: 43 %

Rajarvo ei ylity.

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

$$h = 150 \text{ mm}$$

Seinän paksuus

$$L_0 = 1600 \text{ mm}$$

Pilarin nurjahduspituus

$$\Phi = \text{MIN } 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e_{tot} / h) - 0,02 \cdot L_0 / h = 0,68$$

$$1 - 2 \cdot e_{tot} / h = 0,79$$

$$\text{MIN} = 0,68$$

Seinän puristuskestävyys

$$f_{cd,pl} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

$$n_{Rd} = f_{cd,pl} \cdot h \cdot \Phi$$

$$n_{Rd} = 1743 \text{ kN/m}$$

Seinän puristuskestävyys yhtä metriä kohden

$$P_{1,Ed} = 940 \text{ kN/m}$$

Normaalivoiman arvo metrikuormana

$$\text{EHTO: } p_{Ed} / n_{rd} < 100 \%$$

KA: 54 %

Ok, seinän kestävyys on riittävä

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän vaakaraidoitus

Määritetään vaakaraidoitus seinän yhdellä pinnalla yhden metrin korkuisella kaistalla.

Mimiraidoitusehto

$$A_{s,min,z} = 0,001 * 1m * h \quad 150 \text{ mm}^2$$

Tankoväli

$$kk_{max} = 200 \text{ mm}$$

$$\varphi = 6 \text{ mm}$$

Vaakaraidoitteen halkaisija

$$kk = 150 \text{ mm}$$

Vaakaraidoitteen jako

$$A_{s,tod} = 188 \text{ mm}^2 / m$$

KA: 80 %

Valitaan seinän vaakaraidoitteeksi

T6 k150

Käytetään ikkunan viereisessä betonirakenteessa raskasta haotusta, koska rakenne muistuttaa pilaria.

Haka-ehto: Halkaisija vähintään 6 mm ja enimmäisjako 15 * pieleräksen halkaisija.

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

I) Ikkunapalkin mitoitus

Tarkastetaan ikkunapalkin taivutus mitoitus ja leikkauskestävyys

Ikkunapalkin kuormat siirtyvät suurimmin osin vinolla puristuksella aukon viereisille rakenteille.

Taivutusrasitus ei todellisuudessa ole mitoittava, koska seinä toimii ympäröivien elementtien ja ontelolaattojen kanssa jäykkänä rakenteena.

Lasketaan erityisesti leikkauskestävyys.

Mitat

$L =$	1600	mm	Aukon leveys
$b =$	150	mm	Seinän paksuus
$H =$	500	mm	Palkin korkeus
$d =$	450	mm	Palkin tehokas korkeus

Ovipalkin kuorma

$P_{k,d} =$	563	kN/m	Viivakuorma palkille, mitoitusarvo
-------------	-----	------	------------------------------------

Taivutusmomentti

$$M_{d,yp} = P_d * L^2 / 12$$

$$M_{d,ap} = P_d * L^2 / 24$$

$$M_{d,yp} = 120,0 \text{ kNm}$$

$$M_{d,ap} = 60,0 \text{ kNm}$$

Anturassa yläpinnassa tuella vaikuttava momentti

Anturassa alapinnassa kentässä vaikuttava momentti

Leikkausrasitus

$$V_{ed} = P_d * (L / 2 - d)$$

$$V_{ed} = 197,0 \text{ kN}$$

Redusoitu leikkausvoima, kuorma jakautuu 2:1 kulmassa oven päältä seinälle

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_d = 120048285 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$L = 1600 \text{ mm}$	Jänneväli
$d = 450 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,022$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,022$	
$\beta = 0,022 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 450 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$\beta = 0,022$	Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 445 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_d = 120048285 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$z = 445 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 620 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b = 150 \text{ mm}$	Poikkileikkauksen leveys
$d = 450 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} = 102 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 88 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 620 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala anturassa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$n = 2 \text{ kpl}$	Tankojen määrä poikkileikkauksessa
$\varphi_s = 20 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 314 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 628 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala anturassa

KA= 98,7 %

EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan palkin yläpinnan pääraudoitukseksi

Φ20, 2 kpl

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin alapinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_d = 60024142 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$L = 1600 \text{ mm}$	Jänneväli
$d = 450 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,011$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,011$	
$\beta = 0,011 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 450 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$\beta = 0,011$	Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 448 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_d = 60024142 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$z = 448 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 308 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Minimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b = 150 \text{ mm}$	Poikkileikkauksen leveys
$d = 450 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} = 102 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 88 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 308 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala anturassa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$n = 2 \text{ kpl}$	Tankojen määrä poikkileikkauksessa
$\varphi_s = 16 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 201 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 402 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala anturassa

KA= 76,7 %

EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan palkin alapinnan pääraudoitukseksi

Φ16, 2 kpl

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkauskapasiteetti

Raudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 150 \text{ mm} \quad \text{Leikkautuvan poikkileikkauksen leveys}$$

$$d = 450 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,67 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuserroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 628 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,00931 \quad \text{Raudoitusuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 41 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo koko poikkileikkaukselle}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 28 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo koko poikkileikkaukselle}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,c0}$$

$$V_{Rd,c} = 41 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 197 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 481 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Palkki ei kestä leikkausrasitusta. Mitoitetaan leikkaushaata.

Laskennan suoritti:

4.3. Ruutuelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausraudoitettu rakenne

Lasketaan kuinka suuri hakojen teräspoikkileikkauspinta-ala vastaa leikkausvoimaa.

$A_{sw}/s = V_{Ed} / (z * f_{ywd} * \cot \theta)$	
$V_{Ed} =$	197,0 kN
$z =$	445 mm Sisäinen momenttivarsi tuella, arvio
$f_{ywd} =$	400,0 N/mm ² Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$
$\theta =$	35,0 ° Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8 °)
$A_{sw}/s =$	775 mm ² /m

Lasketaan palkin leikkauskestävyys, kun käytetään hakahalkaisijaa φ_{haka} ja jakoa s .

Leikkausraudoitetun rakenteen leikkauskestävyys

$V_{Rd,s} = f_{ywd} * A_{sw} / s * z * (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) * \sin(\alpha)$	
$\alpha =$	90 ° Hakojen kaltevuus, 90 ° = pystysuora
$\varphi_{haka} =$	8 mm Haan halkaisija
$A_{haka} =$	50,3 Huom! Leikkaushaajat mitoitetaan kaksileikkisinä!
$A_{sw} =$	101 mm ² Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala, kaksi leikettä
$s =$	100 mm Hakojen jako
$V_{Rd,s} =$	256 kN Leikkaushakojen antama leikkauskestävyys (jos kaikki haat varatan leikkaukselle)

Lasketaan valitun hakakoon minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli sekä suurin hakaväli millä tahansa hakakoolle.

Minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli

$s_{vaad} = A_{sw} / (\rho_{w,min} * b_w)$	
$\rho_{w,min} = 0,08 * \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$	
$f_{ck} =$	30 N/mm ² Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{yk} =$	500 N/mm ² Teräksen ominaisvetolujuus
$\rho_{w,min} =$	0,00088
$A_{sw} =$	101 mm ² Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala
$b_w =$	150 mm Poikkileikkauksen leveys
$s_{vaad} =$	765 mm Käytettävien leikkaushakojen minimijako

Suurin sallittu hakaväli

$s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$	
$s_{max} =$	338 mm Suurin sallittu hakaväli, $s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$

Tarkastetaan rajoittaako puristusmurtokestävyys leikkausraudoitetun palkin leikkauskapasiteettia.

Leikkauskestävyyden yläraja (puristusmurtokestävyys)

$V_{Rd,max} = v * f_{cd} * b_w * z / (\tan(\theta) + \cot(\theta))$	
$v =$	0,6 Halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin
$f_{cd} =$	17,0 N/mm ² Betonin laskennallinen puristuslujuus
$b_w =$	150 mm Poikkileikkauksen leveys
$\theta =$	35,0 ° Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8 °)
$z =$	445 mm Sisäinen momenttivarsi
$V_{Rd,max} =$	320 kN Puristusmurtorajan rajoittama leikkauskestävyyden yläraja

EHTO: $V_{Ed} / (MIN: V_{Rd,s}; V_{Rd})$ KA= 77 %

EHTO: $s < MIN: (s_{max}; s_{vaad})$ KA= 30 %

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat

B) Seinälinjan kuormat

Kuormitustapaukset

Kuormat pohjakerroksessa

Kuormat yhtä kerrosta kohden

KT2 ja KT3 tuottavat yhdessä vaakakuormien kanssa suurimmat pystykuormat ja mitoittavat seinän rakenteen.

C) Pystyliitosten leikkausjännitykset

D) Materiaalit

E) Ruutuelementin vaaka- ja pystysaumojen vaarnat

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

Vaarnalankit seinäelementtien välisessä pystysaumassa

F) Seinän stabiliteetti ja jännitykset

Ankkuroinnin tarkastaminen

Seinän jännitykset

G) Seinän puristuskestävyys

1. Kertaluvun epäkeskisyys

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

Seinän puristuskestävyys

Seinän vaakaraudoitus

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat

Mitoitetaan linjalla B-5 B-23 sijaitseva kantava väliseinä nro 2 ja sillä sijaitseva seinäelementti.
Peräkkäisten seinäelementtien pystykuormat ovat likimain saman suuruisia.

Tutkitaan seinän kuormia ja stabiiliteettia. Seinä kaatumisvarmuuden kannalta tuulen suunnalla ei ole merkitystä.

$B = 6,90 \text{ m}$
 $H_{\text{talo}} = 25,20 \text{ m}$
 $H_k = 3,40 \text{ m}$
 $k = 7 \text{ kpl}$

Seinän pituus
Talon korkeus
Kerroksen korkeus
Kerrosten määrä

$d = 0,18 \text{ m}$

Kantatavan seinän paksuus

$B_1 = 3,45 \text{ m}$

Elementin leveys

$B_2 = 3,45 \text{ m}$

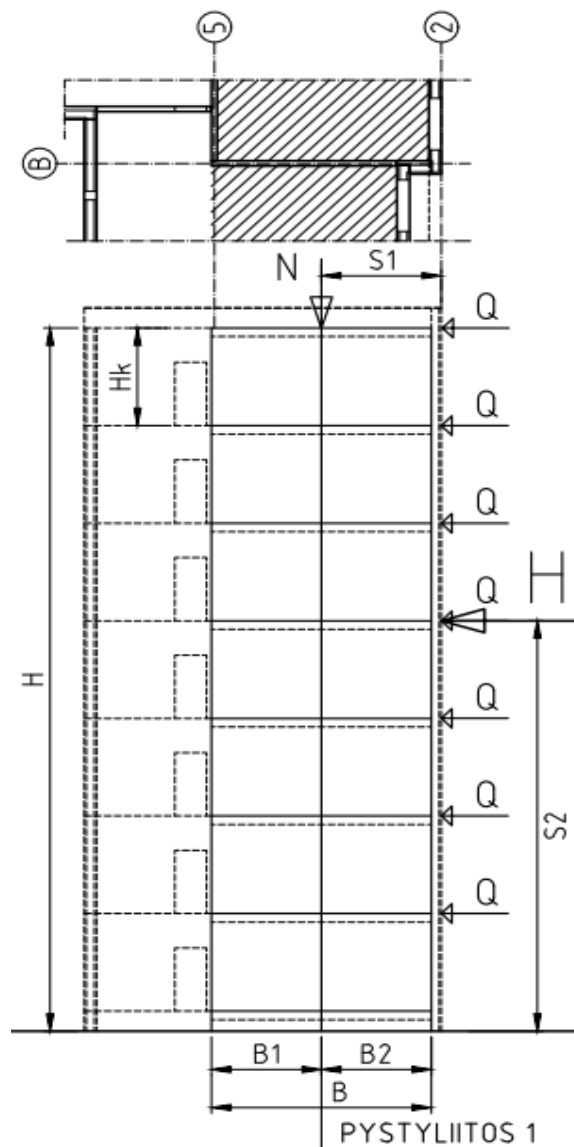
Elementin leveys

$S_1 = 3,45 \text{ m}$

Momenttivarsi

$S_2 = 14,1 \text{ m}$

Momenttivarsi



Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Seinälinjan kuormat

Lasketaan jäykistävän seinän kuormitukset. Ominaisarvot G_k ja Q_k ovat laskettu paalujen mitoituksen yhteydessä. Vaakakuormat on laskettu rakennuksen jäykistämisen yhteydessä. Vaakakuormat muodostuvat suhteelle 29/71 pystykuormien epäkeskeisyydestä ja tuulikuormasta.

Kuormitustapaukset

Seinän kuormitukset voivat esiintyä seuraavina yhdistelminä. KT4 tuottaa huonoimman pystystabiiliteetin ja mitoittaa yhdessä vaakakuormien kanssa mahdollisen seinän ankkuroinnin anturaan. KT2 ja KT3 tuottavat yhdessä vaakakuormien kanssa suurimmat pystykuormat ja mitoittavat seinän rakenteen.

	V_g	V_q	K_{FI}
KT1: Ominaiskuormayhdistelmä	1,00	1,00	1,0
KT2: Max G, min Q	1,35	0,00	1,1
KT2: Max G, max Q	1,15	1,50	1,1
KT4: Min G, min Q	0,90	0,00	1,1

Vaakakuormien jakauma

G= 29 %

Q= 71 %

Kuormat pohjakerroksessa

Lasketaan seinälinjalla vaikuttava metrikuorma P ja resultantin suuruus N (pysty) ja H (vaaka).

	Kuormitus	G_k	Q_k	KT1	KT2	KT3	KT4
Pysty	$P [kN/m]$	320	116	436	475	596	317
	$N [kN]$	2208	800	3008	3279	4114	2186
Vaaka	$P_H [kN/m]$	1,6	3,9	5,5		8,4	
	$H [kN]$	11,0	26,8	37,8		58,1	

Kuormat yhtiä kerrosta kohden

Lasketaan seinälinjalla vaikuttava metrikuorma p ja resultantin suuruus n (pysty) ja h (vaaka).

	Kuormitus	G_k	Q_k	KT1	KT2	KT3	KT4
Pysty	$p [kN/m]$	46	19	65	68	90	45
	$n [kN]$	315	133	449	468	619	312
Vaaka	$p_H [kN/m]$	0,2	0,6	0,8		1,2	
	$h [kN]$	1,6	3,8	5,4		8,3	

Kuormitustapaus KT 3 tuottaa suurimmat pystykuormat ja jännitykset seinään.

$T_d =$ 7,5 kN/m Työntövoima, ts. leikkausrasitus elementtien pystysaumassa

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Materiaalit

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

$f_{ck} =$	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Ruutuelementin vaak- ja pystysaumojen vaarnat

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

Mitoitetaan vaarnatapit leikkausvoimalle pohjakerroksessa.

Ei huomioida vaakasaumassa olevaa betonipintojen välistä kitkaa.

Lasketaan vaarnatappien jako, kun vaarnatapin halkaisija on tiedossa.

$$B_1 = 3,45 \text{ m} \quad \text{Elementin leveys}$$
$$P_{H,d} = 8,4 \text{ kN/m} \quad \text{Vaakakuorma elementin alareunassa}$$

$$H_d = B_1 * P_{H,d}$$
$$H_d = 29,1 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima seinän alareunassa pohjakerroksessa, osavarmuus 1,6}$$

$$\varphi = 12 \text{ mm} \quad \text{Vaarnatapin halkaisija}$$
$$n = 3 \text{ kpl} \quad \text{Vaarnatappien määrä}$$
$$kk = 1625 \text{ mm} \quad \text{Vaarnatappien jako}$$

$$A_{vaarna} = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{Vaarnan poikkipinta-ala}$$
$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin mitoituspuristuslujuus}$$
$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen mitoitusvetolujuus}$$

$$V_{R,d} = 1,2 * A_{vaarna} * \sqrt{(f_{cd} * f_{yd})} * n$$

$$V_{R,d} = 35,0 \text{ kN} \quad \text{Yhden vaarnatapin leikkauskestävyys}$$

$$H_d = 29 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima porrashuoneen yhden seinän alareunassa}$$

$$KA: 83 \% \text{ ok} \quad \text{Valitaan vaarnatapit } \varphi 12 \text{ mm, } kk 1625$$

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

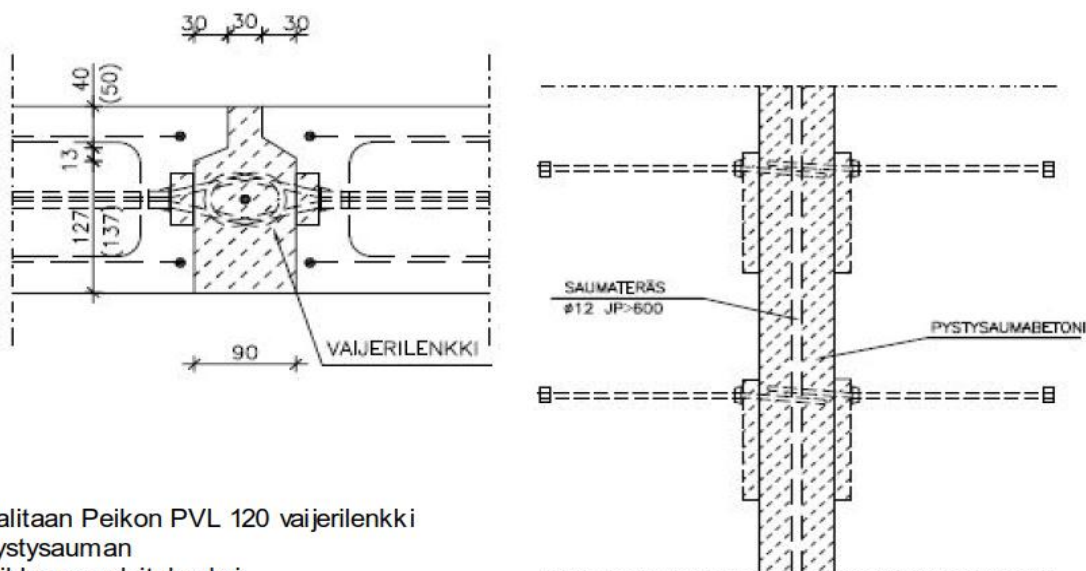
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vaarnalenkit seinäelementtien välisessä pystysaumassa

Mitoitetaan vaarnalenkit taulukon avulla.



Valitaan Peikon PVL 120 vaijerilenkki pystysauman leikkausraudoitukseksi.

PVL vaijerilenkki		L1	L2	B	H	SL	Ø
		[mm]					
	PVL 80	160	212	50	20	80	6
	PVL 100	160	212	50	20	100	6
	PVL 120	190	212	50	20	120	6

HYVÄKSYNNÄT:
BY 5 B N:o 316 ja BY 5 B-EC 2 N:o 26 Suomi

Leikkausvoiman laskentakapasiteetti [kN/m]											
Betoniluokka	Lenkkijako [mm]										
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
K30	114,9	107,4	92,5	81,3	72,7	65,7	60,0	55,3	51,3	47,8	44,9
K35	124,1	116,0	99,9	87,9	78,5	71,0	64,8	59,7	55,4	51,7	48,5
K40	132,7	124,0	106,8	93,9	83,9	75,9	69,3	63,8	59,2	55,2	51,8
K45	140,8	131,5	113,3	99,6	89,0	80,5	73,5	67,7	62,8	58,6	54,9

$T_d = 11,2 \text{ kN/m}$

Työntövoima, ts. leikkausrasitus elementtien pystysaumassa, kuorman osavarmuus 1,5

$T_{Rd} = 48,5 \text{ kN/m}$

Vaijerilenkkien leikkauskestävyys valitulla jaolla

KA: 23 % ok

Valitaan vaarnalenkit Peikko PVL 80 K750

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Seinän stabiileetti ja jännitykset

Ankkuroinnin tarkastaminen

Mitoitetaan seinän stabiileetti kuormitustapaukselle 4, jossa vaikuttaa pienin pystykuorma ja suurin kaatava voima.
Tarkastellaan tilannetta pohjakerroksessa seinän ja sokkelin rajapinnassa.

$N_d =$	2186 kN	Seinän normaalivoima, mitoitusarvo
$H_d =$	58 kN	Koko seinän vaakakuorman mitoitusarvo
$s_1 =$	3,45 m	Momenttivarsi
$s_2 =$	14,10 m	Momenttivarsi

$M_d = s * F$		
$M_{1,d} =$	7541 kNm	Stabiloiva momentti
$M_{H,d} =$	820 kNm	Kaatava momentti

Huomataan, että pystyssä pitävät momentit ovat suurempia kuin kaatava, rakennus pysyy pystyssä.
Tutkitaan jännityksiä seinän ja sokkelin rajapinnassa sekä pystykuormista että vaakakuormien taivutusmomentista.

$B =$	6,90 m	Seinän pituus
$d =$	0,18 m	Kantavan seinän paksuus
$\sigma_N = N_d / (B * d)$		
$\sigma_N =$	1760 kN/m ²	Puristusjännitys pystykuormista, tuulen suojainen seinä

Lasketaan taivutusmomentista syntyvä puristus- ja vetojännitys seinän molemmissa päissä.

$M_{d,max} =$	820 kNm	Vaakakuormien aiheuttama seinän mitoitusmomentti pohjakerroksessa
$W = B^2 * d / 6$		
$W =$	1,4283 m ³	Seinän taivutusvastus mitoitusmomentin suunnassa
$\sigma_M = M_d / W$		
$\sigma_M =$	574 kN/m ²	Taivutuksen aiheuttama veto-/puristusrasitus seinän päissä

Lasketaan taivutusmomentista ja normaalivoimista syntyvä jännitys seinän molemmissa päissä.

$\sigma = \sigma_N + \sigma_M$		
$\sigma_1 =$	2334 kN/m ²	Seinän jännitys tuulen suojaisella puolella, puristusta
$\sigma_2 =$	1186 kN/m ²	Seinän jännitys tuulen puolella, puristusta
$f_{cd} =$	17000 kN/m ²	Betonin mitoituspuristuslujuus

Huomataan, että kokoseinän pohjapinta-ala on puristuksella.
Lisäksi puristusrasitus on hyvin pieni verrattuna C30/37 -betonin kestävyYTEEN.

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Pvm:

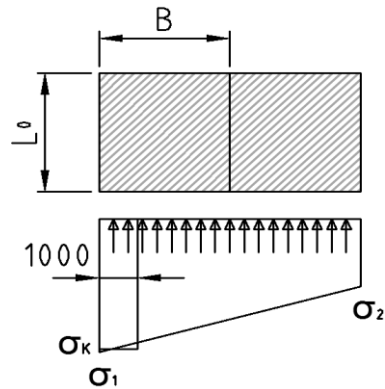
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän jännitykset

Mitoitetaan väliseinäelementti kuormitustapaukselle KT3 (max pysty, max vaaka). Tutkitaan puristusjännitystä.

$$N_d = 4114 \text{ kN}$$

Seinän normaalivoima, mitoitusarvo



$$B = 6,90 \text{ m}$$

Seinän pituus

$$d = 0,18 \text{ m}$$

Kantatavan seinän paksuus

$$\sigma_N = N_d / (B * d)$$

$$\sigma_N = 3312 \text{ kN/m}^2$$

Puristusjännitys pystykuormista, tuulen suojainen seinä

$$\sigma_M = 574 \text{ kN/m}^2$$

Taivutuksen aiheuttama veto-/puristusrasitus seinän päissä

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M =$$

$$\sigma_1 = 3886 \text{ kN/m}^2$$

Seinän jännitys tuulen suojaisella puolella, puristusta

$$\sigma_2 = 2738 \text{ kN/m}^2$$

Seinän jännitys tuulen puolella, puristusta

$$f_{cd} = 17000 \text{ kN/m}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

Puristusrasitus on maksimissaan seinän tuulen suojaisella puolella.

Mitoitetaan seinäelementti keskimääräiselle puristusjännitykselle, joka vaikuttaa 0,5 m päässä elementin reunasta.

Lasketaan seinäelementtissä metrin kaistalla vaikuttava normaalivoima.

$$d = 0,18 \text{ m}$$

Kantatavan seinän paksuus

$$\sigma_1 = 3886 \text{ kN/m}^2$$

Puristusjännitys seinän reunalla

$$\Delta\sigma = 166 \text{ kN/m}^2 * m$$

Puristusjännityksen muutos metrin matkalla

$$\sigma_{KA} = \sigma_1 - 0,5 \text{ m} * \Delta\sigma$$

$$\sigma_{KA} = 3803 \text{ kN/m}^2$$

Keskimääräinen puristusjännitys elementin reunalla

$$P_{K,d} = \sigma_{KA} * d$$

$$P_{K,d} = 685 \text{ kN/m}$$

Normaalivoiman arvo metrikuormana = seinältä vaadittu puristuskestävyys

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Seinän puristuskestävyys

Seinä mitoitetaan ylä- ja alareunoistaan nivelöitynä rakenteena.

Vaakakuormien aiheuttamaa taivutusmomenttia ei huomioida epäkeskisyydessä, koska sen merkitys on mitätön.

1. Kertaluvun epäkeskisyys

$$e_{ylä} = 20,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän yläpäässä, vähintään 20 mm

$$e_{ala} = 0,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän alapäässä

$$L_0 = H_k = 3,40 \text{ m}$$

Kerroksen korkeus

$$\alpha_h = 2 / \sqrt{H_k}$$

$$\alpha_h = 1,00$$

Seinän korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]

$$\alpha_m = 1,000$$

Peräkkäisten seinien määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 * (1 + 1 / \text{seinien määrä})}$

$$e_i = \alpha_h * \alpha_m / 200 * L_0 / 2$$

$$e_i = 8,5 \text{ mm}$$

Rakenteen vinoudesta ja mittapätarkkuudesta johtuva epäkeskisyys

$$e_{02} = e_{ylä} + e_i = 28,5 \text{ mm}$$

$$e_{01} = e_{ala} + e_i = 8,5 \text{ mm}$$

$$e_{tot} = \text{MAX } 0,6 * e_{02} + 0,4 * e_{01} = 20,5 \text{ mm}$$

$$0,4 * e_{02} = 11,4 \text{ mm}$$

$$\text{MAX} = 20,5 \text{ mm}$$

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

$$i = h / \sqrt{12}$$

$$i = 52,0 \text{ mm}$$

Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde

$$\lambda = L_0 / i$$

$$\lambda = 65,36$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{lim} = 86,0$$

rajahoikkuus

KA: 76 %

Rajarvo ei ylity.

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

$$h = 180 \text{ mm}$$

Seinän paksuus

$$L_0 = 3400 \text{ mm}$$

Pilarin nurjahduspituus

$$\Phi = \text{MIN } 1,14 * (1 - 2 * e_{tot} / h) - 0,02 * L_0 / h = 0,50$$

$$1 - 2 * e_{tot} / h = 0,77$$

$$\text{MIN} = 0,50$$

Seinän puristuskestävyys

$$f_{cd,pl} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

$$n_{Rd} = f_{cd,pl} * h * \Phi$$

$$n_{Rd} = 1538 \text{ kN/m}$$

Seinän puristuskestävyys yhtä metriä kohden

$$P_{1,Ed} = 685 \text{ kN/m}$$

Normaalivoiman arvo metrikuormana

$$\text{EHTO: } p_{Ed} / n_{rd} < 100 \%$$

KA: 45 %

Ok, seinän kestävyys on riittävä

Laskennan suoritti:

4.4. Kantava väliseinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän vaakaraidoitus

Määritetään vaakaraidoitus seinän yhdellä pinnalla yhden metrin korkuisella kaistalla.

Mimiraidoitusehto

$$A_{s,min,z} = 0,001 * 1m * h$$

$$180 \text{ mm}^2$$

Tankoväli

$$kk_{max} = 400 \text{ mm}$$

$$\varphi = 8 \text{ mm}$$

Vaakaraidoitteen halkaisija

$$kk = 200 \text{ mm}$$

Vaakaraidoitteen jako

$$A_{s,tod} = 251 \text{ mm}^2 / m$$

KA: 72 %

Valitaan seinän vaakaraidoitteeksi

T8 k200

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat

B) Seinälinjan kuormat

Kuormitustapaukset

Kuormat pohjakerroksessa

Kuormat yhtä kerrosta kohden

KT2 ja KT3 tuottavat yhdessä vaakakuormien kanssa suurimmat pystykuormat ja mitoittavat seinän rakenteen.

C) Pystyliitosten leikkausjännitykset

D) Materiaalit

E) Ruutuelementin vaaka- ja pystysaumojen vaarnat

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

F) Seinän stabiliteetti ja jännitykset

Ankkuroinnin tarkastaminen

Seinän jännitykset

G) Seinän puristuskestävyys

1. Kertaluvun epäkeskisyys

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

Seinän puristuskestävyys

Seinän vaakaraudoitus

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat

Mitoitetaan linjalla D-2 D-1 sijaitseva parvekkeen kantavaseinä nro 4 ja sillä sijaitseva seinäelementti.

Seinän pystystabiilitetti ei todennäköisesti riitä vaakakuormia vastaan, eikä seinää voi huomioida jäykistävänä rakenteena ilman ankkurointia anturaan.

Tutkitaan seinän kuormia ja stabiilitettia. Seinä kaatumisvarmuuden kannalta tuulen suunnalla ei ole merkitystä.

$B = 2,12 \text{ m}$
 $H_{\text{talo}} = 25,20 \text{ m}$
 $H_k = 3,40 \text{ m}$
 $k = 7 \text{ kpl}$

Seinän pituus

Talon korkeus

Kerroksen korkeus

Kerrosten määrä

$d = 0,16 \text{ m}$

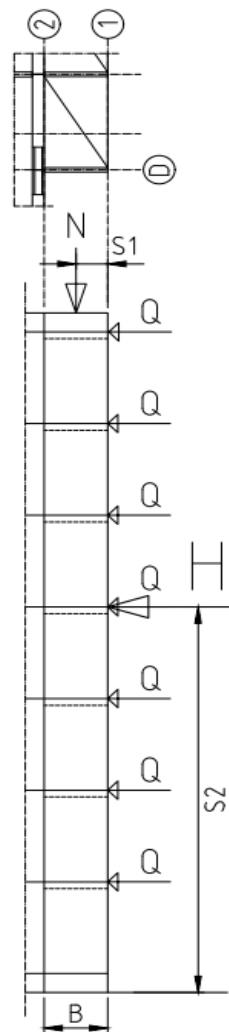
Kantatavan seinän paksuus

$S_1 = 1,06 \text{ m}$

Momenttivarsi

$S_2 = 14,1 \text{ m}$

Momenttivarsi



Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Seinälinjan kuormat

Lasketaan jäykistävän seinän kuormitukset. Ominaisarvot G_k ja Q_k ovat laskettu paalujen mitoituksen yhteydessä.

Vaakakuormat on laskettu rakennuksen jäykistämisen yhteydessä. Vaakakuormat muodostuvat suhteelle 29/71 pystykuormien epäkeskeisyydestä ja tuulikuormasta.

Kuormitustapaukset

Seinän kuormitukset voivat esiintyä seuraavina yhdistelminä. KT4 tuottaa huonoimman pystystabiiliteetin ja mitoittaa yhdessä vaakakuormien kanssa mahdollisen seinän ankuroinnin anturaan.

KT2 ja KT3 tuottavat yhdessä vaakakuormien kanssa suurimmat pystykuormat ja mitoittavat seinän rakenteen.

	V_g	V_q	K_{FI}
KT1: Ominaiskuormayhdistelmä	1,00	1,00	1,0
KT2: Max G, min Q	1,35	0,00	1,1
KT2: Max G, max Q	1,15	1,50	1,1
KT4: Min G, min Q	0,90	0,00	1,1

Vaakakuormien jakauma

G= 29 %

Q= 71 %

Kuormat pohjakerroksessa

Lasketaan seinälinjalla vaikuttava metrikuorma P ja resultantin suuruus N (pysty) ja H (vaaka).

	Kuormitus	G_k	Q_k	KT1	KT2	KT3	KT4
Pysty	$P [kN/m]$	160	29	189	238	250	158
	$N [kN]$	339	61	401	504	531	336
Vaaka	$P_H [kN/m]$	0,1	0,2	0,3		0,5	
	$H [kN]$	0,2	0,5	0,7		1,1	

Kuormat yhtä kerrosta kohden

Lasketaan seinälinjalla vaikuttava metrikuorma p ja resultantin suuruus n (pysty) ja h (vaaka).

	Kuormitus	G_k	Q_k	KT1	KT2	KT3	KT4
Pysty	$p [kN/m]$	23	5	28	34	37	23
	$n [kN]$	48	10	59	72	78	48
Vaaka	$p_H [kN/m]$	0,0	0,0	0,0		0,1	
	$h [kN]$	0,0	0,1	0,1		0,2	

Kuormitustapaus KT 3 tuottaa suurimmat pystykuormat ja jännitykset seinään.

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Pystyliitosten leikkausjännitykset

Seinässä ei ole sisäisiä pystyliitoksia.

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Materiaalit

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Ruutuelementin vaaka- ja pystysaumojen vaarnat

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

Mitoitetaan vaarnatapit leikkausvoimalle pohjakerroksessa.
Ei huomioida vaakasaumassa olevaa betonipintojen välistä kitkaa.
Lasketaan vaarnatappien jako, kun vaarnatapin halkaisija on tiedossa.

$$B_1 = 2,12 \text{ m} \quad \text{Elementin leveys}$$
$$P_{H,d} = 0,5 \text{ kN/m} \quad \text{Vaakakuorma elementin alareunassa}$$

$$H_d = B_1 * P_{H,d}$$
$$H_d = 1,1 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima seinän alareunassa pohjakerroksessa, osavarmuus 1,6}$$

$$\varphi = 12 \text{ mm} \quad \text{Vaarnatapin halkaisija}$$
$$n = 3 \text{ kpl} \quad \text{Vaarnatappien määrä}$$
$$kk = 960 \text{ mm} \quad \text{Vaarnatappien jako}$$

$$A_{vaarna} = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{Vaarnan poikkipinta-ala}$$
$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin mitoituspuristuslujuus}$$
$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen mitoitusvetolujuus}$$

$$V_{R,d} = 1,2 * A_{vaarna} * \sqrt{(f_{cd} * f_{yd})} * n$$

$$V_{R,d} = 35,0 \text{ kN} \quad \text{Yhden vaarnatapin leikkauskestävyys}$$

$$H_d = 1 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima porrashuoneen yhden seinän alareunassa}$$

$$KA: 3 \% \text{ ok} \quad \text{Valitaan vaarnatapit } \varphi 12 \text{ mm, } kk 960$$

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Seinän stabiileetti ja jännitykset

Ankkuroinnin tarkastaminen

Mitoitetaan seinän stabiileetti kuormitustapaukselle 4, jossa vaikuttaa pienin pystykuorma ja suurin kaatava voima.
Tarkastellaan tilannetta pohjakerroksessa seinän ja sokkelin rajapinnassa.

$N_d =$	336 kN	Seinän normaalivoima, mitoitusarvo
$H_d =$	1 kN	Koko seinän vaakakuorman mitoitusarvo
$s_1 =$	1,06 m	Momenttivarsi
$s_2 =$	14,10 m	Momenttivarsi

$$M_d = s * F$$

$M_{1,d} =$	356 kNm	Stabiloiva momentti
$M_{H,d} =$	15 kNm	Kaatava momentti

Huomataan, että pystyssä pitävät momentit ovat suurempia kuin kaatava, rakennus pysyy pystyssä.
Tutkitaan jännityksiä seinän ja sokkelin rajapinnassa sekä pystykuormista että vaakakuormien taivutusmomentista.

$B =$	2,12 m	Seinän pituus
$d =$	0,16 m	Kantavan seinän paksuus
$\sigma_N = N_d / (B * d)$		
$\sigma_N =$	990 kN/m ²	Puristusjännitys pystykuormista, tuulen suojainen seinä

Lasketaan taivutusmomentista syntyvä puristus- ja vetojännitys seinän molemmissa päissä.

$M_{d,max} =$	15 kNm	Vaakakuormien aiheuttama seinän mitoitusmomentti pohjakerroksessa
$W = B^2 * d / 6$		
$W =$	0,119850667 m ³	Seinän taivutusvastus mitoitusmomentin suunnassa
$\sigma_M = M_d / W$		
$\sigma_M =$	127 kN/m ²	Taivutuksen aiheuttama veto-/puristusrasitus seinän päissä

Lasketaan taivutusmomentista ja normaalivoimista syntyvä jännitys seinän molemmissa päissä.

$\sigma = \sigma_N + \sigma_M$		
$\sigma_1 =$	1117 kN/m ²	Seinän jännitys tuulen suojaisella puolella, puristusta
$\sigma_2 =$	863 kN/m ²	Seinän jännitys tuulen puolella, puristusta
$f_{cd} =$	17000 kN/m ²	Betonin mitoituspuristuslujuus

Huomataan, että kokoseinän pohjapinta-ala on puristuksella.
Lisäksi puristusrasitus on hyvin pieni verrattuna C30/37 -betonin kestävyYTEEN.

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Pvm:

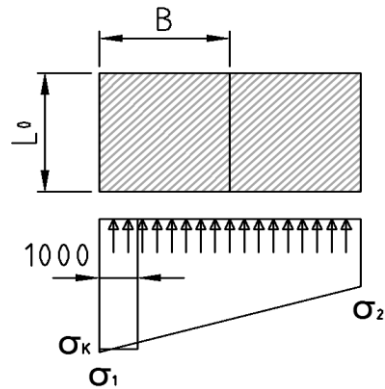
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän jännitykset

Mitoitetaan väliseinäelementti kuormitustapaukselle KT3 (max pysty, max vaaka). Tutkitaan puristusjännitystä.

$$N_d = 531 \text{ kN}$$

Seinän normaalivoima, mitoitusarvo



$$B = 2,12 \text{ m}$$

Seinän pituus

$$d = 0,16 \text{ m}$$

Kantatavan seinän paksuus

$$\sigma_N = N_d / (B * d)$$

$$\sigma_N = 1564 \text{ kN/m}^2$$

Puristusjännitys pystykuormista, tuulen suojainen seinä

$$\sigma_M = 127 \text{ kN/m}^2$$

Taivutuksen aiheuttama veto-/puristusrasitus seinän päissä

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M =$$

$$\sigma_1 = 1691 \text{ kN/m}^2$$

Seinän jännitys tuulen suojaisella puolella, puristusta

$$\sigma_2 = 1437 \text{ kN/m}^2$$

Seinän jännitys tuulen puolella, puristusta

$$f_{cd} = 17000 \text{ kN/m}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

Puristusrasitus on maksimissaan seinän tuulen suojaisella puolella.

Mitoitetaan seinäelementti keskimääräiselle puristusjännitykselle, joka vaikuttaa 0,5 m päässä elementin reunasta.

Lasketaan seinäelementtissä metrin kaistalla vaikuttava normaalivoima.

$$d = 0,16 \text{ m}$$

Kantatavan seinän paksuus

$$\sigma_1 = 1691 \text{ kN/m}^2$$

Puristusjännitys seinän reunalla

$$\Delta\sigma = 120 \text{ kN/m}^2 * m$$

Puristusjännityksen muutos metrin matkalla

$$\sigma_{KA} = \sigma_1 - 0,5 \text{ m} * \Delta\sigma$$

$$\sigma_{KA} = 1631 \text{ kN/m}^2$$

Keskimääräinen puristusjännitys elementin reunalla

$$P_{K,d} = \sigma_{KA} * d$$

$$P_{K,d} = 261 \text{ kN/m}$$

Normaalivoiman arvo metrikuormana = seinältä vaadittu puristuskestävyys

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Seinän puristuskestävyys

Seinä mitoitetaan ylä- ja alareunoistaan nivelöitynä rakenteena.

Vaakakuormien aiheuttamaa taivutusmomenttia ei huomioida epäkeskisyydessä, koska sen merkitys on mitätön.

1. Kertaluvun epäkeskisyys

$$e_{ylä} = 20,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän yläpäässä, vähintään 20 mm

$$e_{ala} = 0,0 \text{ mm}$$

Alkuperäinen tuen epäkeskisyys seinän alapäässä

$$L_0 = H_k = 3,40 \text{ m}$$

Kerroksen korkeus

$$\alpha_h = 2 / \sqrt{H_k}$$

$$\alpha_h = 1,00$$

Seinän korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]

$$\alpha_m = 1,000$$

Peräkkäisten seinien määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 \cdot (1 + 1/\text{seinien määrä})}$

$$e_i = \alpha_h \cdot \alpha_m / 200 \cdot L_0 / 2$$

$$e_i = 8,5 \text{ mm}$$

Rakenteen vinoudesta ja mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyys

$$e_{02} = e_{ylä} + e_i = 28,5 \text{ mm}$$

$$e_{01} = e_{ala} + e_i = 8,5 \text{ mm}$$

$$e_{tot} = \text{MAX } 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01} = 20,5 \text{ mm}$$

$$0,4 \cdot e_{02} = 11,4 \text{ mm}$$

$$\text{MAX} = 20,5 \text{ mm}$$

Raudoittamattoman seinän rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

$$i = h / \sqrt{12}$$

$$i = 46,2 \text{ mm}$$

Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde

$$\lambda = L_0 / i$$

$$\lambda = 73,53$$

Hoikkuusluku

$$\lambda_{lim} = 86,0$$

rajahoikkuus

KA: 85 %

Rajarvo ei ylity.

Epäkeskisyyden huomioonottava kerroin

$$h = 160 \text{ mm}$$

Seinän paksuus

$$L_0 = 3400 \text{ mm}$$

Pilarin nurjahduspituus

$$\Phi = \text{MIN } 1,14 \cdot (1 - 2 \cdot e_{tot} / h) - 0,02 \cdot L_0 / h =$$

$$0,42$$

$$\text{MIN} = 0,42$$

$$1 - 2 \cdot e_{tot} / h =$$

$$0,74$$

Seinän puristuskestävyys

$$f_{cd,pl} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

$$n_{Rd} = f_{cd,pl} \cdot h \cdot \Phi$$

$$n_{Rd} = 1150 \text{ kN/m}$$

Seinän puristuskestävyys yhtä metriä kohden

$$P_{1,Ed} = 261 \text{ kN/m}$$

Normaalivoiman arvo metrikuormana

$$\text{EHTO: } p_{Ed} / n_{rd} < 100 \%$$

$$\text{KA: } 23 \%$$

Ok, seinän kestävyys on riittävä

Laskennan suoritti:

4.5. Parvekkeen seinäelementti

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Seinän vaakarautoitus

Määritetään vaakarautoitus seinän yhdellä pinnalla yhden metrin korkuisella kaistalla.

Mimirautoitusehto

$$A_{s,min,z} = 0,001 * 1m * h$$

$$160 \text{ mm}^2$$

Tankoväli

$$kk_{max} = 400 \text{ mm}$$

$$\varphi = 8 \text{ mm}$$

Vaakarautoitteen halkaisija

$$kk = 200 \text{ mm}$$

Vaakaradoitteen jako

$$A_{s,tod} = 251 \text{ mm}^2 / m$$

KA: 64 %

Valitaan seinän vaakarautoitteeksi

T8 k200

Laskennan suoritti: 4.6.1. Laatan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Parvekkeen mitat

B) Parvekkeen kuormat

C) Materiaalit

D) Anturan yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimiraudoitus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

E) Jakoraudoitus

F) Laatan leikkauskapasiteetti

Laskennan suoritti: 4.6.1. Laatan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

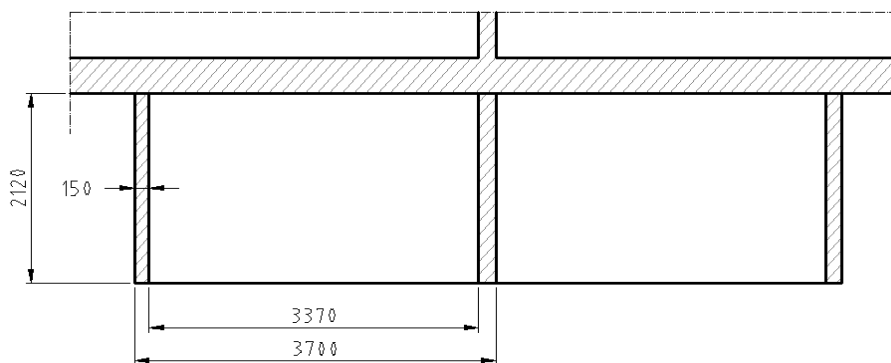
Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Parvekkeen mitat

Mitoitetaan parvekelaatta, joka tukeutuu päistään nivelellisesti kantavaan seinään.

$B =$	2100 mm	Parvekelaatan leveys
$JM =$	3370 mm	Parvekelaatan pituus ja tukiväli
$H =$	225 mm	Laatan pienin korkeus, kestävyysmitoituksessa
$H_{max} =$	250 mm	Laatan suurin korkeus, kuormien laskennassa
$s_t =$	60 mm	Laatan tukipinnan leveys



B) Parvekkeen kuormat

$g_k =$	6,25 kN/m ²	Laatan neliöpaino, ominaisarvo
$q_k =$	4,0 kN/m ²	Laatan hyötykuorma, ominaisarvo

$$p_d = 1,10 * (1,15 * g_k + 1,5 * q_k)$$

$p_d =$	14,5 kN/m ²	Laatan mitoituskuorma
---------	------------------------	-----------------------

$P_d =$	30,5 kN/m	Laatan metrikuorma
$N_d =$	102,7 kN	Laatan paino + hyötykuorma, MRT
$T_d =$	51,3 kN/m	Tukivoima kantavalle seinälle

$$M_{d,ap} = P_d * JM^2 / 8$$

$M_{d,ap} =$	38,4 kNm	Laatan alapinnassa kentässä vaikuttava momentti
--------------	----------	---

$V_d =$	51,3 kN	Redusoimaton leikkausrasitus
---------	---------	------------------------------

$$V_{Ed} = V_d - P_d * (s_t + H)$$

$V_{Ed} =$	42,6 kN	Redusoitu leikkausrasitus paalun kohdalla
------------	---------	---

Laskennan suoritti: 4.6.1. Laatan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Materiaalit

Toteutusluokka: 2

Betonin lujuusluokka: C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on säälle altis parveke-elementti

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Parvekelaatta	XC3,4 - XF3	25	C30/37

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$ Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 25 \text{ mm}$ Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 25 \text{ mm}$ Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 35 \text{ mm}$ Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{työ} = 0 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 0 \text{ mm}$ Haan halkaisija

$\varphi_s = 10 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija

$d_2 = 185 \text{ mm}$ Laatan tehollinen korkeus

Laskennan suoritti: 4.6.1. Laatan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Anturan yläpinnan raudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 38440740,5 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$L_{antura} = 3370 \text{ mm}$	Jänneväli
$d = 185 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$f_{cd} = 17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,02$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,020$	
$\theta = 0,020 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 185 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$\theta = 0,020$	Suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 183 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 38440740 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$z = 183 \text{ mm}$	Sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 483 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaisvetolujuus
$b = 2100 \text{ mm}$	Laatan leveys
$d = 185 \text{ mm}$	Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} = 585 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 505 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 585 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Vaadittu raudoituksen poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$	
$kk = 150 \text{ mm}$	Tankojen jako
$\varphi_s = 10 \text{ mm}$	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 79 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 1100 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala

KA= 53,2 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

Valitaan anturan yläpinnan pääraudoitukseksi
Yläpintaan minimiraudoitus

φ10, kk150

Laskennan suoritti: 4.6.1. Laatan mitoitus taivutukselle ja leikkaukselle

Pvm: Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Jakorautoitus

Määritetään poikkisuuntainen jakorautoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 * A_{s,tod}$	Minimi jakorautoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraudoituksesta
$A_{s,tod} = 1100 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala
$A_{s,jako,min} = 220 \text{ mm}^2$	Jakorautoituksen minimipoikkipinta-ala

Todellinen jakorautoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,jako,tod} = kpl * A_{teräs}$	
$kk = 150 \text{ mm}$	Tankojen määrä, kun raudoite jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$\varphi_s = 10 \text{ mm}$	Jakoraudan halkaisija
$A_{teräs} = 79 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,jako,tod} = 1765 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametria kohti

$$KA = 12,5 \% \quad \text{EHTO: } A_{s,jako,keks} / A_{s,jako,tod} * 100\%$$

Valitaan anturan alapinnan jakorautoitukseksi

Φ10, kk150

F) Laatan leikkauskapasiteetti

$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$	
$\gamma_c = 1,50$	Teräsovarmuus
$b = 2100 \text{ mm}$	Anturan leveys
$d = 185 \text{ mm}$	Anturan tehokas korkeus tuella
$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaispuristuslujuus
$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$	
$k = 2,00 \leq 2,0$	Korkeuskerroin
$\rho = A_s / (b * d)$	
$A_s = 1100 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala
$\rho = 0,00283$	Raudoitussuhde
$V_{Rd,c0} = 190 \text{ kN}$	Leikkauskestävyyden perusarvo

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 211 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,c0}$$

$$V_{Rd,c} = 211 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 42,6 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus paalun kohdalla}$$

$$KA = 20 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

Laatta kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakojia ei tarvita.

Laskennan suoritti:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus

Palkin kuormat

Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Palkin taipuma

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Halkeamaleveys

Palkin taipuma

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	104 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 35 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,181 mm		KA= 90 %
Halkeamakestävyys	$M_{cr} =$	70,6 kNm		KA= Palkki ei halkeile.
Taipuma	$f =$	0,2 mm	1/300	KA= 2 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	106 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 35 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,184 mm		KA= 92 %
Taipuma	$f =$	0,5 mm	1/300	KA= 4 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	148 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 49 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,184 mm		KA= 92 %
Taipuma	$f =$	0,2 mm		KA= 2 %

Laskennan suoritti:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallujuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$	2100 mm	Palkin leveys
$H =$	225 mm	Palkin korkeus
$L =$	3,37 m	Palkin jännemitta
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$u =$	4700 mm	Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	0 mm	Palkin kuivattuva piiri
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk
$C_1 =$	35 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	10 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s1} =$	6,7 kpl	Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s1} =$	524 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_2 =$	50 mm	Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s2} =$	8 mm	Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s2} =$	6,7 kpl	Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s2} =$	335 mm ²	Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	185 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$d_2 =$	54 mm	Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$g_{oma} =$	5,6 kN/m	Palkin omapaino
$g_{muu} =$	0,0 kN/m ²	Lisäpaino, esim. laatasta tai pintavalusta
$q =$	4,0 kN/m ²	Laatasta hyötykuorma
$\psi =$	0,3	Muuttuvan kuorman kerroin pitkäaikaikuormituksessa
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$p_{E, \infty, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + \psi * q)$		
$p_{E, \infty, k} =$	6,8 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	10 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$p_{E, lyhyt, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + q)$		
$p_{E, lyhyt, k} =$	9,6 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	14 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alusvetovalikoista:

Betoni:	C30/37	Sallittu taipuma	1/300
Rauditus:	Harjateräs	Sallittu halkeamaleveys:	0,2
Palkin tuenta:	Nivel-nivel	Huomioi tuenta myös momentissa!	

Laskennan suoritti:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 30,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \quad \text{Raudoitettun betonin tilavuuspaino}$$

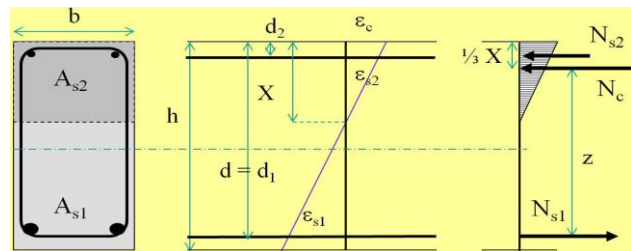
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuolelta rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 524 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 185 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 2100 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,00135 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 335 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 185 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 54 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 2100 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00086 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,09 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 10 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad || \text{ kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d \quad || \text{ yleismuoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 23 \text{ mm} \quad \text{Puristuspuolelta käytettävä puristuspinnan korkeus}$$

$$z = 177 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 104 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käytettävässä}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KA= 35 \%}$$

Laskennan suoritti:
Pvm:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.
Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	225 mm	Palkin korkeus
$B =$	2100 mm	Palkin leveys
$d =$	185 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	524 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	35 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	10 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	23 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	100 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	67 mm	
$H / 2 =$	113 mm	
$H_{c,eff} =$	67 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	141083 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraidoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,00371 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \varphi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	104 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = -0,001074$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000313$	
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	577 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000313	
$w_k =$	0,181 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{sall} =$	0,20 mm	KA= 90 %

Laskennan suoritti:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin halkeamamomentti M_{cr} . Mikäli halkeamamomentti ylitetään, tippuu palkin taiputusjäykkyys ja taipumat kasvat. Tällöin lasketaan palkin halkeiluasteesta riippuva taiputusjäykkyys I_B .

$$\begin{aligned} H &= 225 \text{ mm} && \text{Palkin korkeus} \\ B &= 2100 \text{ mm} && \text{Palkin leveys} \\ f_{ctm} &= 2,9 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{ctm,fl} &= (1,6 - H/1000) * f_{ctm} \\ f_{ctm,fl} &= 3,98 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaisvetolujuus taiputuksessa} \end{aligned}$$

$$M_{cr} = W_{ce} * f_{ctm,fl} = (H^2 * B / 6) * f_{ctm,fl}$$

$$M_{cr} = 71 \text{ kNm} \quad \text{Taivutusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama}$$

$$M_k = 10 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

Palkki ei halkeile.

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_c , I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$$\begin{aligned} I_c &= H^3 * B / 12 \\ I_c &= 1,993E+09 \text{ mm}^4 && \text{Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_R &= \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3) \\ \alpha_e &= 6,09 && \text{Kimmokerrointen suhde} \\ A_{s1} &= 524 \text{ mm}^2 && \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala} \\ d &= 185 \text{ mm} && \text{Rakenteen tehokas korkeus} \\ x &= 23 \text{ mm} && \text{Puristuspuunnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa} \\ I_R &= 9,128E+07 \text{ mm}^4 && \text{Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \zeta &= 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2 \\ \theta &= 0,5 && \text{Pitkäaikainen kuormitus} = 0,5; \text{ Lyhytaikainen kuormitus} = 1. \\ \zeta &= -25,524 && \text{Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_E &= \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c \\ I_E &= 5,054E+10 \text{ mm}^4 && \text{Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys} \end{aligned}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin kimmokerroin}$$

$$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I) \quad I = I_E, \text{ kun halkeamamomentti ylitetään, muuten } I = I_c$$

$$p_k = 6,8 \text{ kN/m} \quad \text{Palkin pitkäaikaikuormitus}$$

$$L = 3,4 \text{ m} \quad \text{Palkin jännemitta}$$

$$f = 0,2 \text{ mm} \quad \text{Palkin taipuma}$$

$$f_{sall} = 11 \text{ mm} \quad \text{Sallittu taipuma}$$

$$KA = 2 \%$$

Laskennan suoritti:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	185 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	524 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00135	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00086	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} =$	$1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty, t_0)})$	
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	10 kNm	Pitkaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$	kun $A_2 = 0$
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$	yleisluoto
$z =$	$d - X / 3$	
$\sigma_s =$	$M_k / (z * A_{s1})$	

$X =$	33 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	174 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	106 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 35 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	577 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,00371 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	106 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s = -0,001124$	
	$0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000319
$W_k =$	$S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000319	
$W_k =$	0,184 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,20 mm	KA= 92 %

Laskennan suoritti:
Pvm:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_C =$	1,993E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	524 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	185 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	33 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	2,256E+08 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$\zeta =$	-25,524	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_C$		
	4,711E+10 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_C$
$p_k =$	6,8 kN/m	Palkin pitkäaikaiskuormitus
$L =$	3,4 m	Palkin jännemitta

$f =$	0,5 mm	Palkin taipuma	
$f_{sall} =$	11 mm	Sallittu taipuma	KA= 4 %

Laskennan suoritti:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	185 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	524 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00135	Alapinnan raudituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00086	Yläpinnan raudituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	14 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad \text{ kun } A_2 = 0$		
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d \quad \text{ yleisluoto}$		
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		
$X =$	25 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	177 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	148 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 49 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	577 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,00371 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	106 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s = -0,001863$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000319$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000319	
$W_k =$	0,184 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,20 mm	KA= 92 %

Laskennan suoritti:
Pvm:

4.6.2. Laatan halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_C =$	1,993E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	524 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	185 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	25 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	8,989E+07 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$M_{cr} =$	71 kNm	Taiputusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	14 kNm	Lyhytaikainen taiputusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$\zeta = 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	1,0	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	-25,673	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_C$		
	5,086E+10 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	32837 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_C$
$p_k =$	9,6 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$L =$	3,4 m	Palkin jännemitta
$f =$	0,2 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	11 mm	Sallittu taipuma
		KA= 2 %

Laskennan suoritti:	4.7. Ontelolaataston mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

- A) Ontelolaataston mitat ja kuormat
- B) Ontelolaataston rengasraudoitus
- C) Ontelolaattojen saumateräokset

Laskennan suoritti:

4.7. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

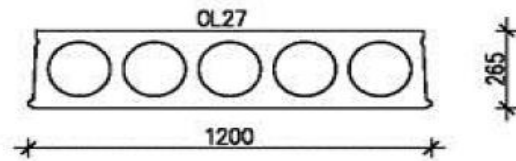
Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Ontelolaataston mitat ja kuormat

$L = 9,60$ m
 $JM = 9,50$ m
 $h = 0,27$ m

Ontelolaatan pituus
Ontelolaatan jännemitta
Ontelolaatan paksuus



$q_{hyöty} = p = 2,5$ kN/m²

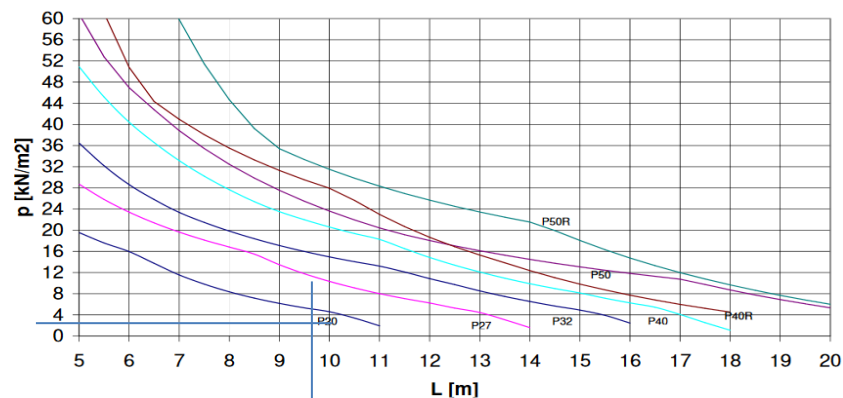
Hyötykuorma

Mitoitetaan ontelolaatan paksuus kantavuuskäyrästä avulla.

Valitaan ontelolaataksi P27 askeläänieristävyyden takia.

KANTOKYKY ONTELOLAATAT – asunnot, toimistot, lumikuorma (Koonti luokka 0.5)

Betoni C50
Teräs st. 1630/1860
Alkujänn. 1000 MN/m²



$g_{k1} = 3,8$ kN/m²

Ontelolaatan omapaino saumattuna

$g_{k2} = 0,5$ kN/m²

Tasausvalun omapaino

$\gamma_g = 1,15$

Omanpainon osavarmuuskerroin, $CC2 = K_{FI} = 1$

$K_{FI} = 1,10$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$q_k = 2,5$ kN/m²

Hyötykuorma

$\gamma_q = 1,50$

Omanpainon osavarmuuskerroin, $CC2 = K_{FI} = 1$

$p_{kok,k} = 6,8$ kN/m²

Ontelolaatan kokonaiskuorma, krt

$p_{kok,d} = 9,6$ kN/m²

Ontelolaatan mitoituskuorma, mrt

Laskennan suoritti:

4.7. Ontelolaataston mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

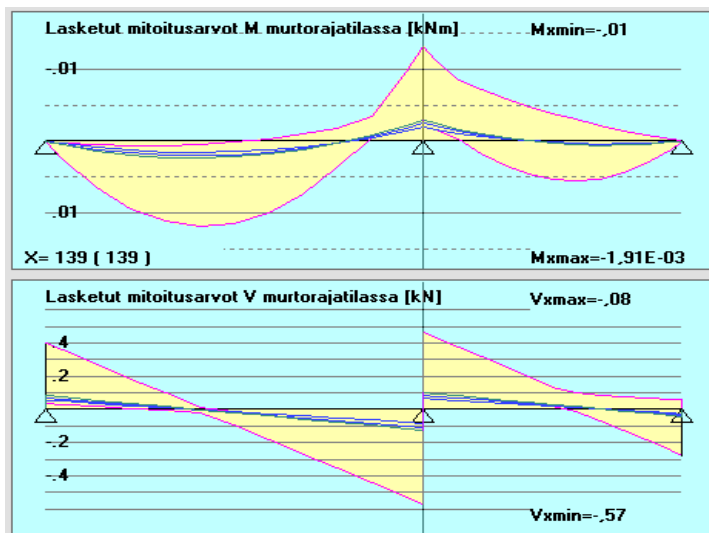
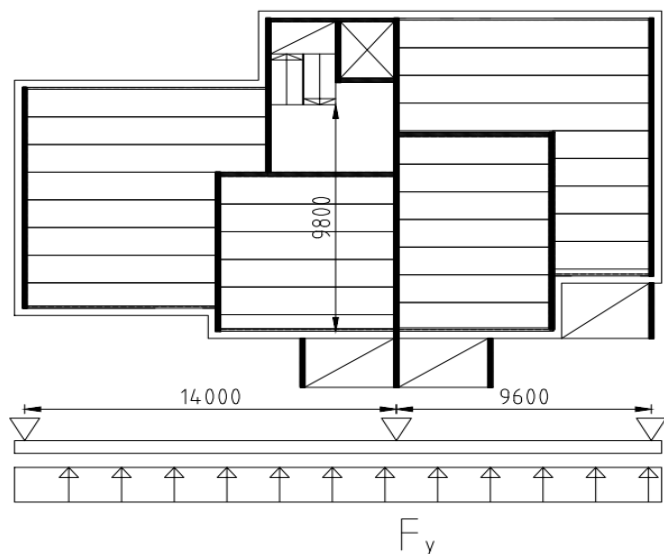
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Ontelolaataston rengasraudoitus

Tarkastellaan yhden kerroksen ontelolaatastoa, jonka on tarkoitus siirtää vaakakuormat x- ja y-suuntaisille jäykistäville seinille. Tutkitaan ontelolaatastoa kahdessa kuormitustapauksessa, jossa tuuli puhaltaa eri suunnista. Laskenta on likimääräistä, koska tässä ei huomioida jäykistävien seinien jäykkyyseroja. Huomioidaan vain jäykimmät seinät.

Lasketaan ontelolaataston rasituksen PUPAX-palkkienlaskentaohjelmalla

KT1. Tuuli pitkälle sivulle. Tutkitaan, missä aukossa tai tuella esiintyy suurin taivutuksesta aiheutuva vetorasitus.



$$g_{k,y} = 1,1 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,y} = 3,7 \text{ kN/m}$$

Vaakakuorma ontelolaatastolle, laskettu rakennuksen jäykistykseen yhteydessä

$$p_d = 7,5 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 130,0 \text{ kNm}$$

$$V_d = 57,0 \text{ kN}$$

$$T_k = 73,0 \text{ kN}$$

Vaakakuorma ontelolaatastolle, laskettu rakennuksen jäykistykseen yhteydessä

Laatan taivutusmomentti, PUPAXista

Laatan leikkausrasitus, PUPAXista

Keskittuen tukivoima, MRT

Jäykistysmitoituksessa laskettu keskittuen tukivoimaksi 67 kN krt eli tuloksia voidaan pitää riittävän tarkkoina.

Laskennan suoritti:

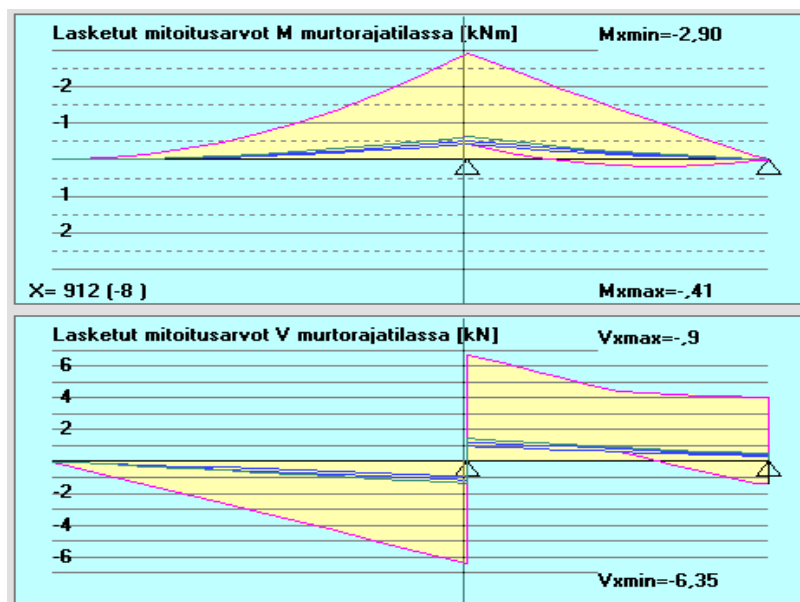
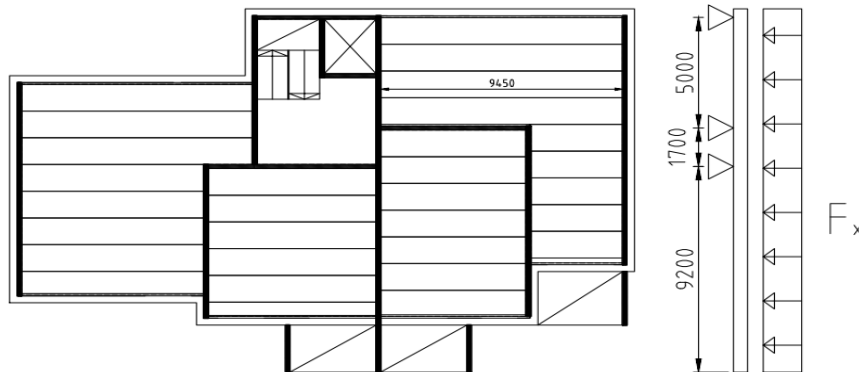
4.7. Ontelolaataston mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT2. Tuuli lyhyelle sivulle. Tutkitaan, missä aukossa, tuella tai ulokkeella esiintyy suurin taivutuksesta aiheutuva vetorasitus.



$$g_{k,x} = 1,1 \text{ kN/m}$$

$$q_{k,x} = 3,8 \text{ kN/m}$$

Vaakakuorma ontelolaatastolle, laskettu rakennuksen jäykistyksen yhteydessä

$$p_d = 7,7 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 300,0 \text{ kNm}$$

$$V_d = 65,0 \text{ kN}$$

$$T_k = 92,0 \text{ kN}$$

Vaakakuorma ontelolaatastolle, laskettu rakennuksen jäykistyksen yhteydessä

Laatan taivutusmomentti, PUPAXista

Laatan leikkausrasitus, PUPAXista

Keskituen tukivoima, MRT

Jäykistysmitoituksessa laskettu keskituen tukivoimaksi 41 kN krt. Voidaan päätellä, että rakennemalli on huono.

Lasketaan rengasraudoituksen poikki-pinta-ala molemmissa kuormitustapauksissa.

Laskennan suoritti: 4.7. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT1. Rengasraudoitus

$H = 9,80$ m Ontelolaataston korkeus taivutusmitoituksessa
 $z = 0,6 * H$
 $z = 5,88$ m Korkean palkin sisäinen momenttivarsi

Toteutusluokka: 2

Raudoitus

$f_{yk} = 500,00$ N/mm² Raudoitteen ominaislujuus
 $\gamma_k = 1,15$ Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
 $f_{yd} = 434,78$ N/mm² Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $E_s = 200000$ N/mm² Raudoituksen kimmokerroin

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$
 $M_{u,d} = 130000000$ Nm Mitoitusmomentti
 $z = 5880$ mm Sisäinen momenttivarsi
 $f_{yd} = 435$ N/mm² Teräksen mitoitusvetolujuus
 $A_s = 51$ mm²/m Raudoituksen vaadittu poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = n * A_{teräs}$
 $n = 2$ kpl Raudoitetankojen määrä
 $\varphi_s = 12$ mm Raudoituksen halkaisija
 $A_{teräs} = 113$ mm² Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
 $A_{s,tod} = 226$ mm² Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

KA= 22,5 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\% \leq 100\%$

KT2. Rengasraudoitus

$H = 9,40$ m Ontelolaataston korkeus taivutusmitoituksessa
 $z = 0,6 * H$
 $z = 5,64$ m Korkean palkin sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$
 $M_{u,d} = 300000000$ Nm Mitoitusmomentti
 $z = 5640$ mm Sisäinen momenttivarsi
 $f_{yd} = 435$ N/mm² Teräksen mitoitusvetolujuus
 $A_s = 122$ mm²/m Raudoituksen vaadittu poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = n * A_{teräs}$
 $n = 2$ kpl Raudoitetankojen määrä
 $\varphi_s = 12$ mm Raudoituksen halkaisija
 $A_{teräs} = 113$ mm² Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
 $A_{s,tod} = 226$ mm² Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

KA= 54,1 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\% \leq 100\%$

Valitaan rengasraudoitukseksi

- ϕ 12

- kpl 2

Raudoitteen ankkurointipituus on 500 mm tangon päissä ja limijatkospituus 900 mm (NCCI2 liite 2).

Laskennan suoritti:	4.7. Ontelolaataston mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Ontelolaattojen saumateräksiset

Lasketaan leikkausrasitus ontelolaattojen saumassa ja sen vaatimat saumaraudat, kun tuuli puhaltaa pitkää sivua kohti.

Leikkausrasitus

$V_d =$	57 kN	Laataston leikkausrasitus tuella, ks rakennemalli
$\tau_d = 3/2 * V_d / (h * H)$		
$\tau_d =$	0,015 N/mm ²	Laatan saumassa vaikuttava mitoitusleikkausjännitys
$\tau_{Rd} =$	0,15 N/mm ²	Keskimääräisen leikkausjännityksen yläraja, Elementtisuunnittelu.fi

Valusauman leikkauskestävyys

Betonin lujuusluokka: C30/37

Betoni

$f_{ctk,0,05} =$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$\gamma_c =$	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{ctd} =$	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\theta =$	0,20	Karhean työsauman tartuntakerroin
$V_{u,d} = \theta * f_{ctd}$		
$V_{u,d} =$	0,27 N/mm ²	Leikkauskapasiteetti

KA= 5 %

Ontelolaattojen pitkittäissaumojen teräksiset, seuraamusluokka 2.

$$T = \begin{cases} \geq 20 \text{ kN/m} \cdot \text{s} \\ \geq 70 \text{ kN} \\ \leq 150 \text{ kN} \end{cases} \quad \text{seuraamusluokassa 1 ja 2}$$

$$T = \begin{cases} \geq \frac{F_t \cdot 0,8 \cdot (\sigma_k + \sum \psi_i \cdot q_k)}{6 \text{ kN/m}^2} \cdot \frac{x}{5 \text{ m}} \cdot s \\ \geq F_t \cdot s \\ \geq 70 \text{ kN} \end{cases} \quad \text{seuraamusluokassa 3a}$$

$s =$	3,6 m	Saumaraidoitusten jako
$T_d =$	72 kN	Saumateräksen vaadittu vetokapasiteetti

Todellinen raudituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = n * A_{teräs}$		
$n =$	1 kpl	Raidoitettankojen määrä
$\varphi_s =$	16 mm	Raidoitteen halkaisija
$f_{yd} =$	435 N/mm ²	Raidoitteen vetolujuus
$A_{teräs} =$	201 mm ²	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$R_d =$	87 kN	Saumaraidoitteen vetokapasiteetti

KA= 82,4 % EHTO: $T_d / R_d * 100\%$ ≤ 100%

Valitaan pitkittäissaumojen saumaraidoitukseksi

- ϕ 16
- kpl 1
- kk 3600

Laskennan suoritti:

4.7. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Ontelolaattojen poikittaissaumojen saumateräkset, seuraamusluokka 2.

$$T = \begin{cases} \geq k \cdot V_k \\ \geq 20kN/m \cdot s \\ \geq 70kN \\ \leq 150kN \end{cases} \quad \text{seuraamusluokissa 1 ja 2}$$

$$T = \begin{cases} \geq k \cdot V_k \\ \geq \frac{F_t \cdot 0,8 \cdot (g_k + \sum q_i q_k)}{6kN/m^2} \cdot \frac{x}{5m} \cdot s \\ \geq F_t \cdot s \end{cases} \quad \text{seuraamusluokassa 3a}$$

$$s = 7 \text{ m}$$

Ontelolaatan pituussuunnassa matka, jolta kuorma kertyy siteelle molemmin puolin.

$$T_d = 140 \text{ kN}$$

Ts. ontelolaattojen keskipisteiden välinen etäisyys, kun side on laattojen välissä.

Saumateräksen vaadittu vetokapasiteetti

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$$A_{s,tod} = n \cdot A_{teräs}$$

$$n = 2 \text{ kpl}$$

Raudoitetankojen määrä

$$\varphi_s = 16 \text{ mm}$$

Raudoitteen halkaisija

$$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen vetolujuus

$$A_{teräs} = 402 \text{ mm}^2$$

Yksittäisen raudan poikkipinta-ala

$$R_d = 175 \text{ kN}$$

Saumaraudoitteen vetokapasiteetti

$$KA = 80,1 \%$$

$$EHTO: T_d / R_d \cdot 100\%$$

$$\leq 100\%$$

Valitaan poikittaissaumojen saumaraudoitukseksi

- ϕ 16

- kpl 2

- kk 7000