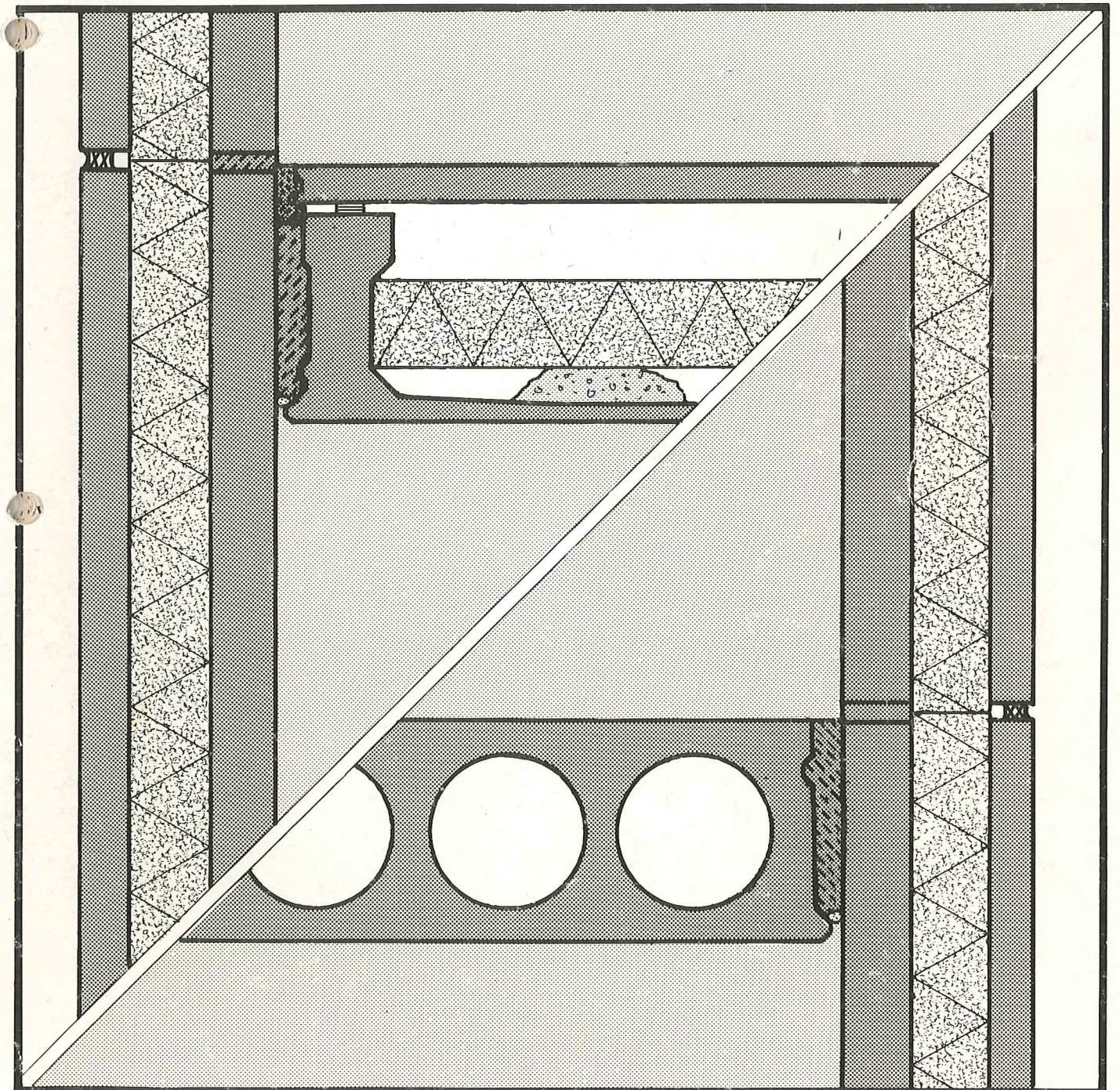


BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979



SISÄLTÖ

	siv.
Esipuhe	1
Suositus	
Rakennedetaljit	2
BES-järjestelmän rakenteellinen tarkastelu, dipl.ins. Antti Pekkola	34
Ääneneristys, arkk. Alpo Halme	52
Liite:	
Pitkälaattaelementtien käyttöön liittyviä opastavia tietoja	
Variax-ontelolaatat	53
Span-Deck-ontelolaatat	61
Nilcon-elementit	64

BES-järjestelmän rakenteita koskeva suositus 1979

Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö (SBK) suoritti vuosina 1968–1970 asuinkerrostalojen avointa elementtijärjestelmää koskeneen selvitystyön, jonka tuloksena julkaistiin keväällä 1970 ns. BES-raportti. BES-raportti oli yhteenveto niistä teoreettisista tutkimuksista, joilla pyrittiin luomaan yhteiset suuntaviivat uuden elementtijärjestelmän käytölle maassamme.

SBK teki vuonna 1972 BES-elementtijärjestelmän rakenteita ja liitoksia koskevan suosituksen, joka tarkistettiin vuonna 1974 ja joka sisälsi myös järjestelmän rakenteellisen tarkastelun (SBK:n julkaisu 15.). Suositus sai myönteisen vastaanoton alan opetuksen piirissä, suunnittelijoiden, rakentajien ja viranomaisten taholla ja on otettu laajaan käyttöön.

Vuonna 1977 SBK nimesi työryhmän tarkistamaan ja saattamaan ajantasalle julkaisun no 15. Työryhmään ovat kuuluneet ins. Osmo Pousi puheenjohtajana, jäsenenä ins. Heikki Kankkunen, ins. Simo Kautonen, rak.mest. Jaakko Laine, dipl.ins. Ben Lindmark sekä sihteerinä dipl.ins. Ilkka Lukkariniemi. Rakenteellisen tarkastelun on uudistanut dipl.ins. Antti Pekkola ja äänenerityksiä koskevan tarkastelun on tehnyt arkkitehti Alpo Halme. Julkaisun kuvat ovat piirtäneet Raimo Tynnälä ja Sulevi Wahlman.

tehti Alpo Halme. Julkaisun kuvat ovat piirtäneet Raimo Tynnälä ja Sulevi Wahlman.

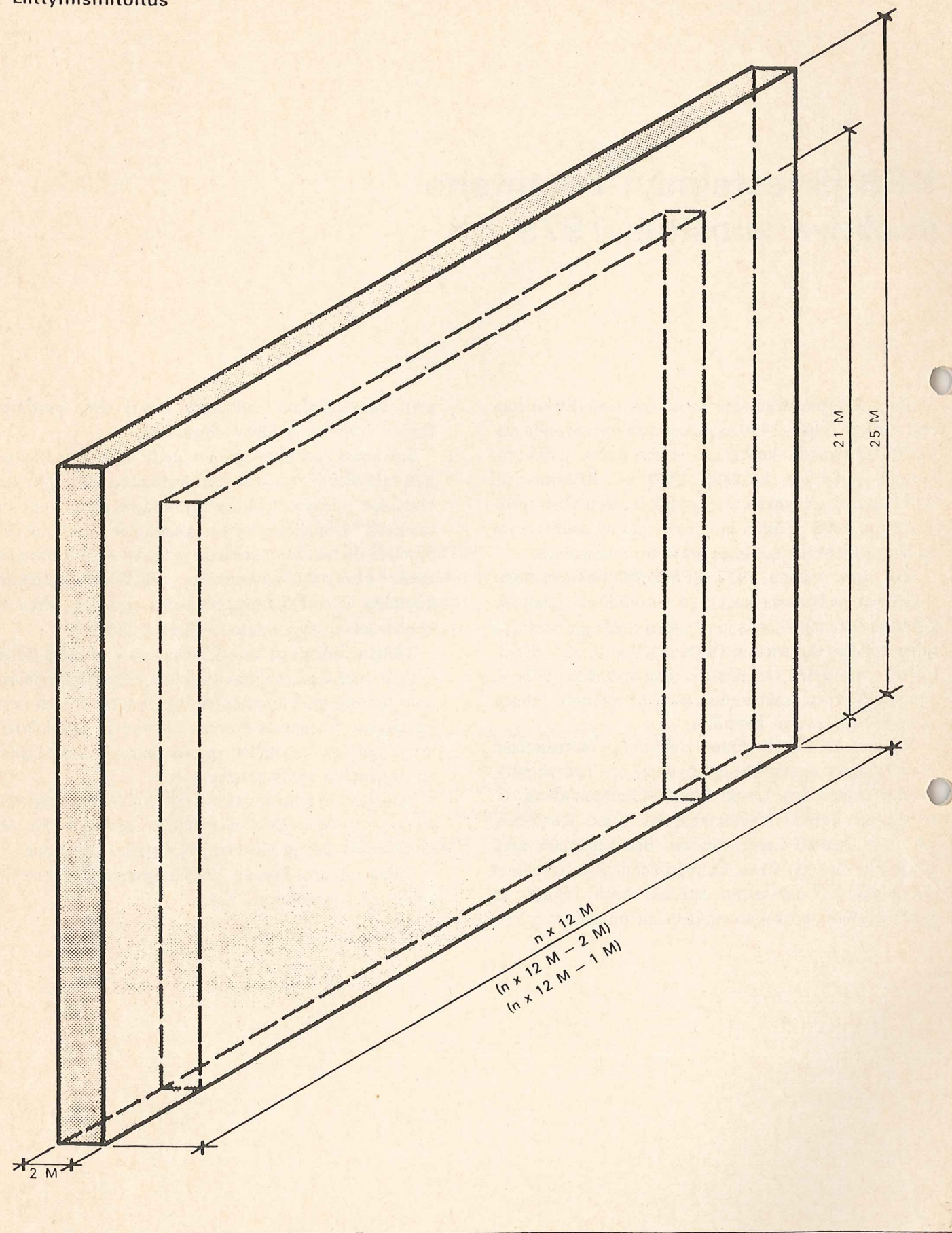
Julkaisun uusimistyössä on otettu huomioon käytännön rakentamisessa saadut kokemukset, uusimpien tutkimusten tulokset sekä pyritty entistä paremmin vastaamaan asuinviihtyvyyden asettamiin vaatimuksiin. Samalla otettiin huomioon tarve laajentaa julkaisua entistä yksityiskohtaisemmilla pitkälaattaelementtien käyttöön liittyvillä tuotekohtaisilla tiedoilla, jotka on koottu julkaisun loppuun erilliseksi liitteeksi.

Tämän julkaisun suositusosa koskee BES-järjestelmän mukaisia asuintaloja, joissa välipohjat tehdään joko Spiroll- tai Variax-ontelolaatoista tai Nilcon-kotelolaatoista. Suositusta voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden rakennustyyppien kuin asuinkerrostalojen rakenteita suunniteltaessa.

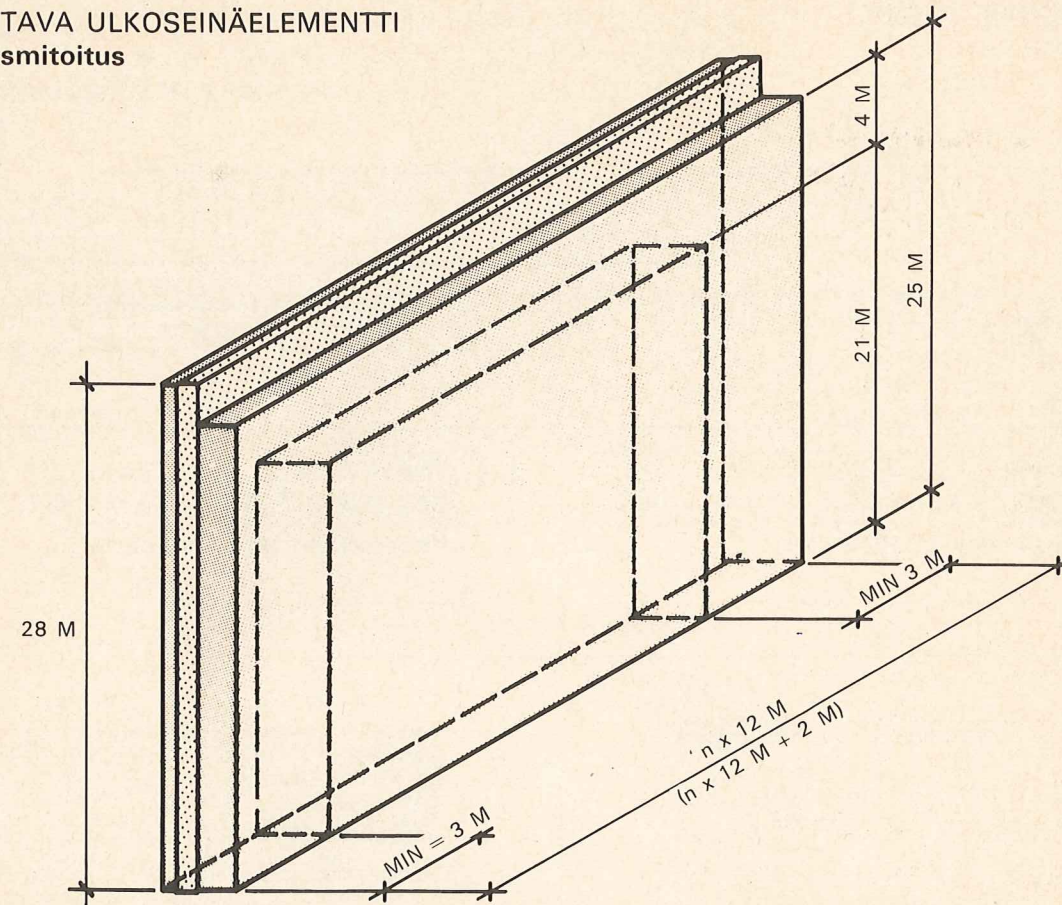
Julkaisun loppuosa sisältää liitteenä Variax-, Spiroll-, Nilcon- ja Span-Deck-elementtien käyttöön liittyviä täydentäviä tietoja elementtivalmistajien antamina.

Tämä julkaisu korvaa ”BES-järjestelmän rakenteita koskevan suosituksen 1974”

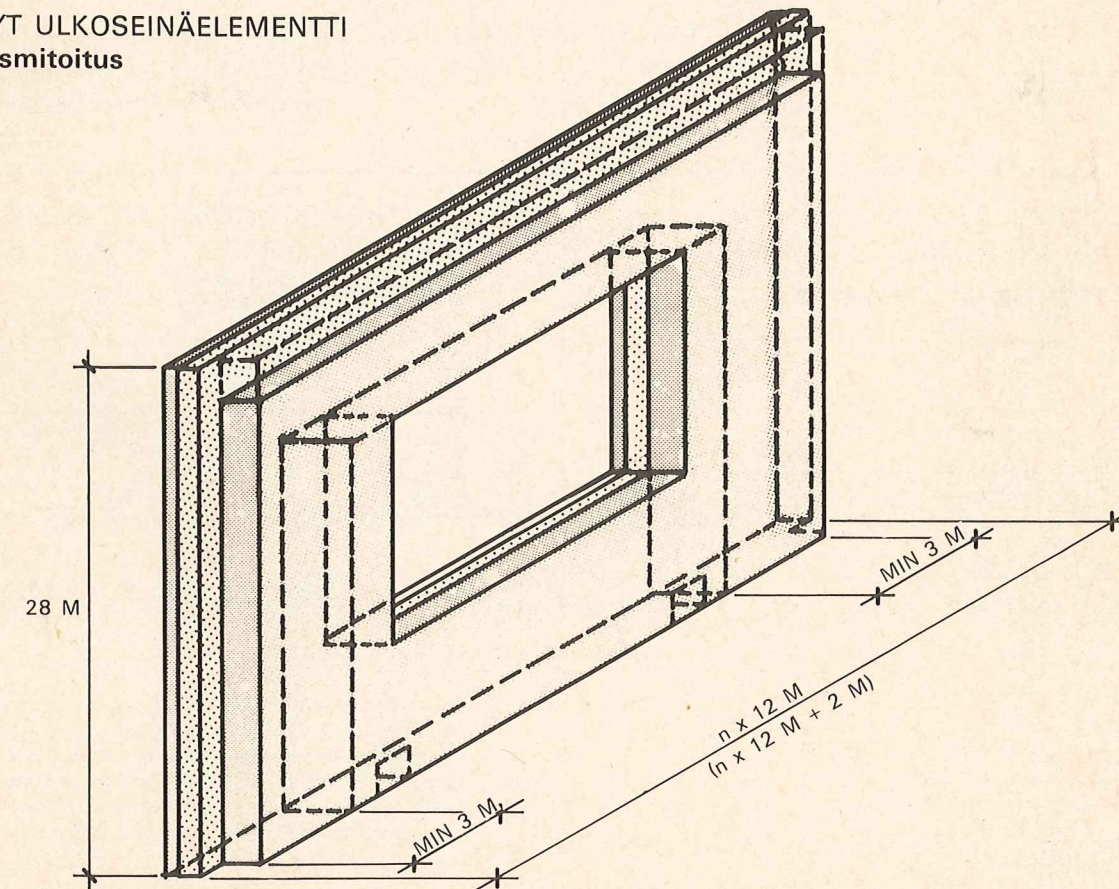
1. KANTAVA VÄLISEINÄELEMENTTI
Liittymismitoitus



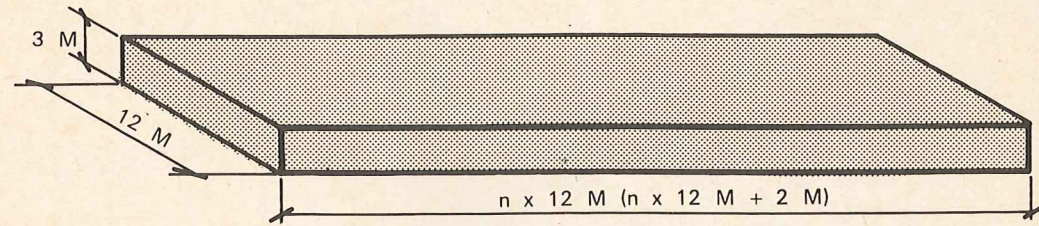
2. KANTAVA ULKOSEINÄELEMENTTI
Liittymismitoitus



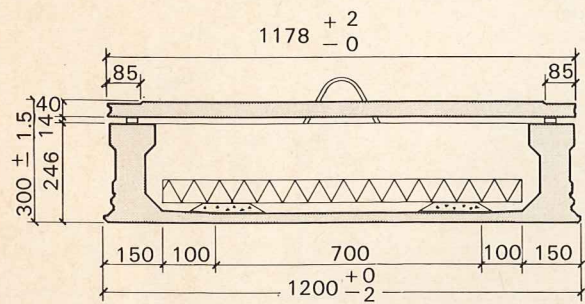
3. KEVYT ULKOSEINÄELEMENTTI
Liittymismitoitus



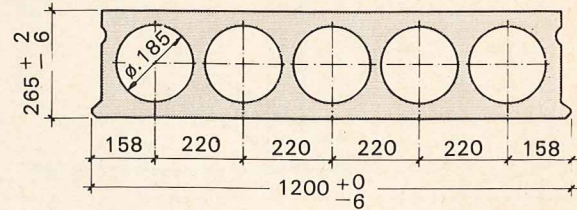
4. PITKÄLAATTAELEMENTTI
Liittymismitoitus



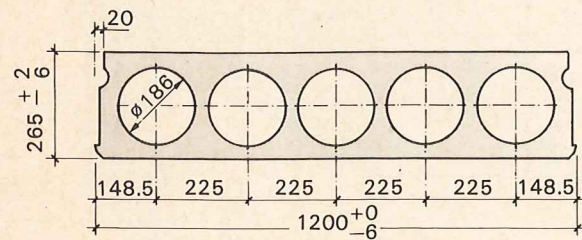
5 a. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI,
BES-SUOSITUKSEN MUKAINEN
Valmistusmitat ja rakenne



5 b. VARIAX-ONTELOLAATTA,
BES-SUOSITUKSEN MUKAINEN
Valmistusmitat ja rakenne

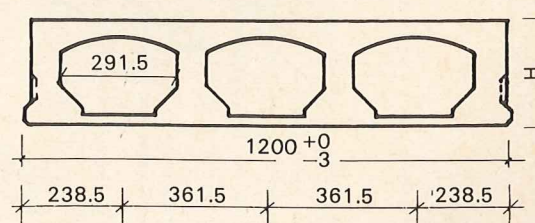


5 c. SPIROLL-ONTELOLAATTA,
BES-SUOSITUKSEN MUKAINEN
Valmistusmitat ja rakenne



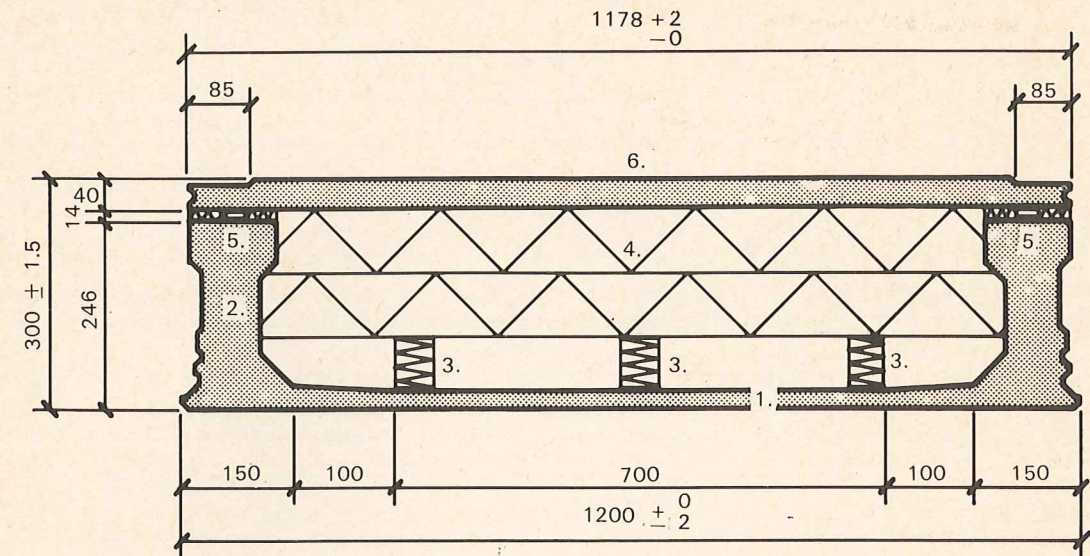
5 d. SPAN-DECK-ONTELOLAATTA,
BES-SUOSITUKSEN MUKAINEN
Valmistusmitat ja rakenne

H = 265 ± 1,5
290 ± 1,5



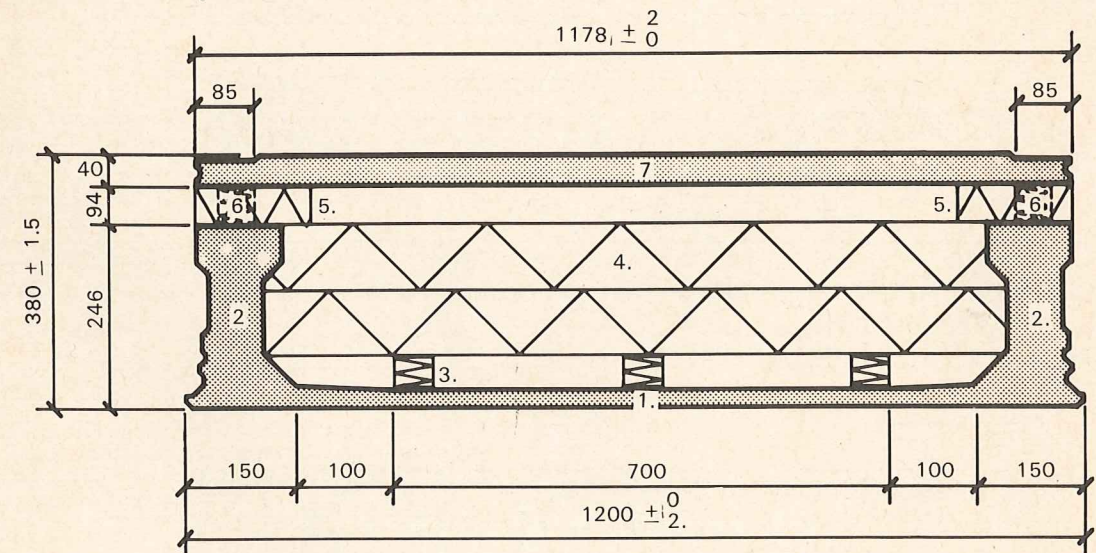
Julkaisussa esitetyt muut rakennedetailit ja tarkastelut eivät käsittele Span-Deck-ontelolaattaa. Span-Deck-ontelolaatan käyttöön liittyviä tietoja on esitetty tämän julkaisun liitteessä valmistajan antamien tietojen mukaisesti. Span-Deck-ontelolaatan tuotanto aloitetaan syksyllä 1979.

6 a. BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT:
NILCON-ALAPOHJAELEMENTTI VIILEÄÄ TILAA VASTEN
Valmistusmitat ja rakenne



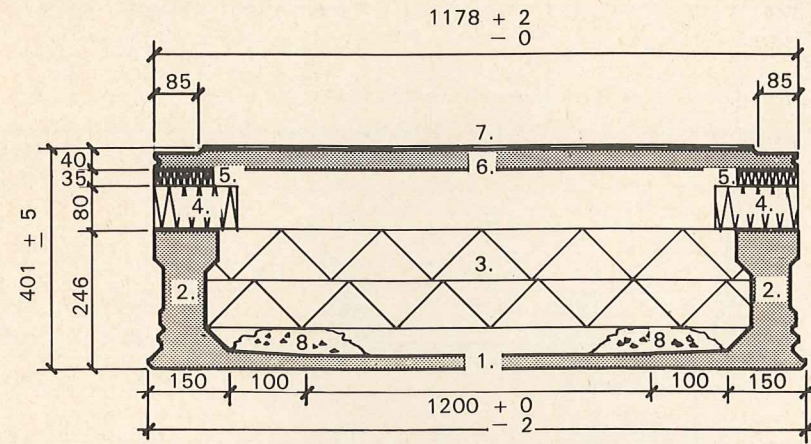
1. Alalaata 25...45
2. Jännitetty reunapalkki
3. Läpimenevät korokkeet
4. Mineraalivilla 175
5. Kloropreenivälikkeet - min. villa
6. Kansilaatta 30...70

6 b. BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT:
NILCON-ALAPOHJAELEMENTTI KYLMÄÄ TILAA VASTEN
Valmistusmitat ja rakenne.

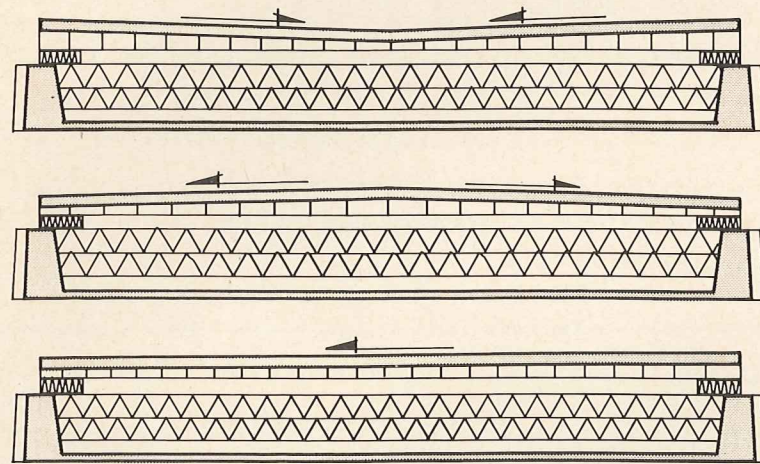


1. Alalaata 25...45
2. Jännitetty reunapalkki
3. Läpimenevät korokkeet
4. Mineraalivilla 175
5. Mineraalivilla 160 x 94
6. Korokkeet k 700
7. Kansilaatta 30...70

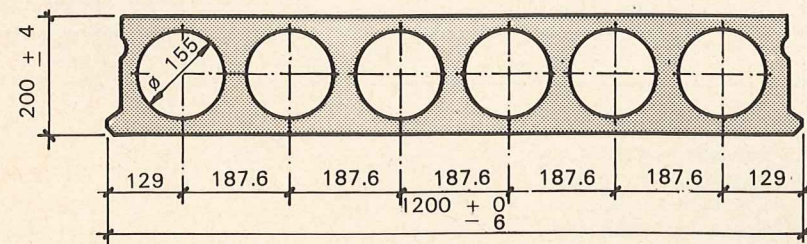
6 c. BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT:
NILCON-YLÄPOHJAELEMENTTI, KALLISTETTU KANSILAATTA
Valmistusmitat ja rakenne



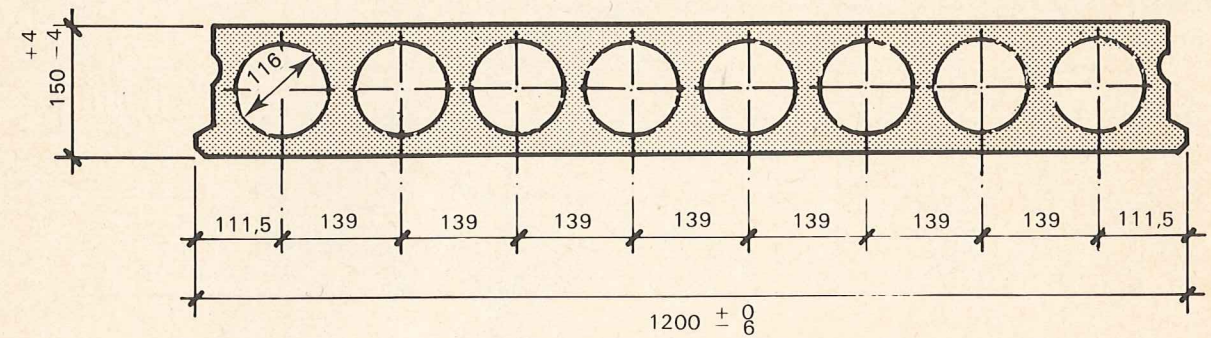
- 1. Alalaatta 25 ... 45
- 2. Jännitetty reunapalkki 246 ... 446
- 3. Mineraalivilla 175
- 4. Solumuovi P 25 50, 80 x 160
- 5. Solumuovi P 25 35 x 120 x 212 k 424
- 6. Kansilaatta 30 ... 70, kallistussuositus 1:∞, 1:100, (1:40)
- 7. Vedeneristyskerros 1000
- 8. Ääneneristysseppi n. 10 kg/m² kaikkiin asuntotuotantoon tarkoitettuihin elementteihin ja muihin tarvittaessa.



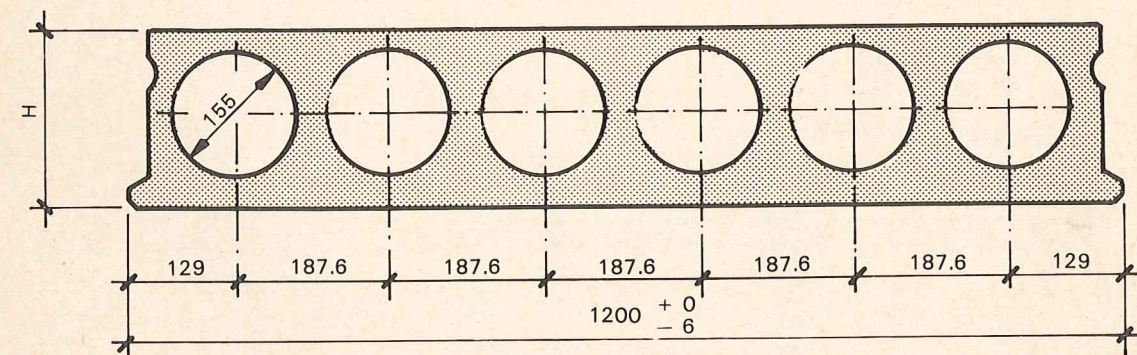
6 d. BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT:
VARIAX 6-ONTELOLAATTA
Valmistusmitat ja rakenne



6 e. BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT:
VARIAX 8-ONTELOLAATTA
Valmistusmitat ja rakenne



6 f. BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT:
VARIAX-PALONKESTO-ONTELOLAATTA,
Valmistusmitat ja rakenne



Palonkestovaatimus, min	H
120	221
120	265
180	265
240	275

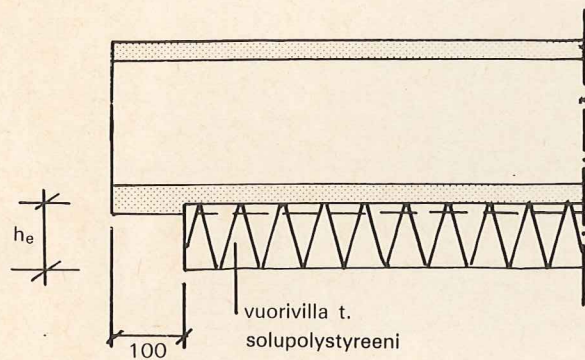
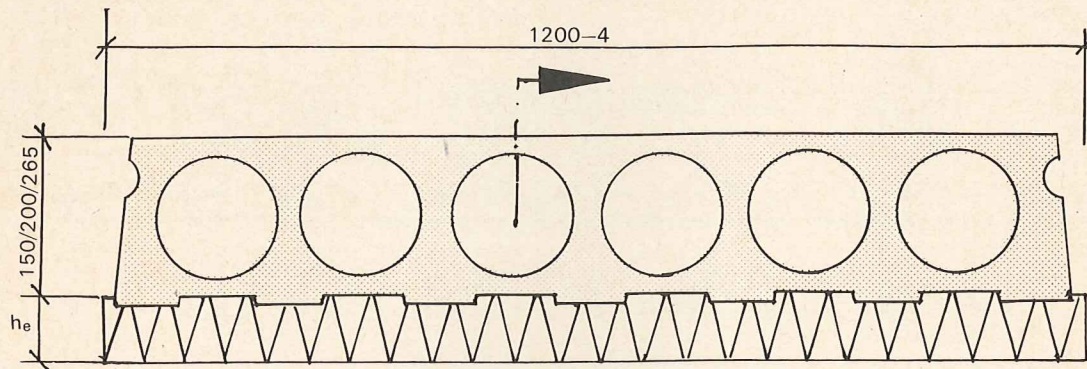
Elementissä on määräysten mukainen lohkeilurauhoitus.

Variax 5-ontelolaatalla saavutetaan 120 min. palonkestovaatimus vakiopoikkileikkauksella (RakMk:E5)

6g BES-SUOSITUSTA TÄYDENTÄVÄT PITKÄLAATTAELEMENTIT: TEHTAALLA LÄMPÖERISTETTY VARIAX-ONTELOLAATTA

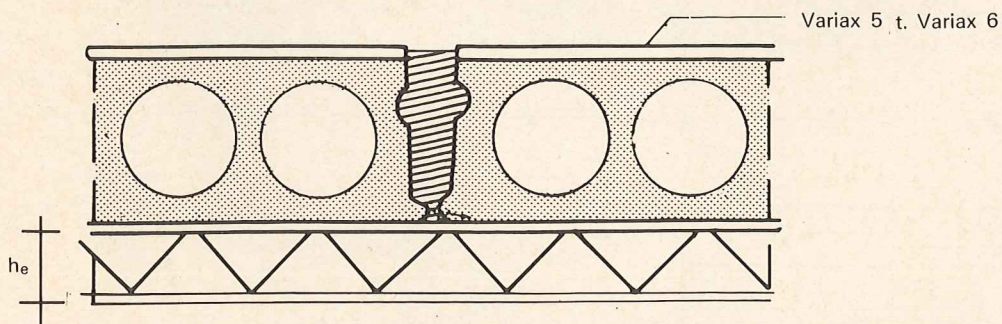
Rakenne

Alapohjalaatta



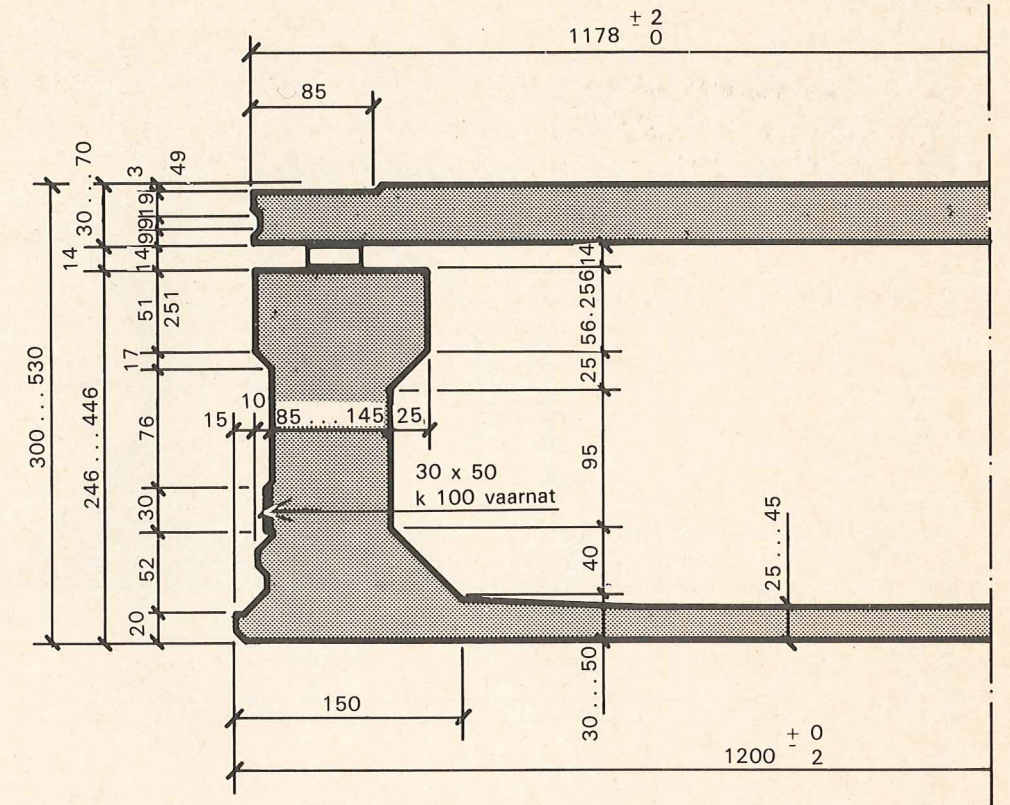
h _e	KÄYTTÖESIMERKIT	K(W/Km ²)
120	Kylmään tilaan rajoittuva rakenne	0,28
85	Ryömintätilainen alapohja, routimaton maapohja; perusmuurin eristys 40...50 mm	0,28
50	Ryömintätilainen alapohja, routiva maapohja; perusmuurin eristys 40...50 mm	0,60

Variax-ontelolaatan palomitoitus vuorivillalla



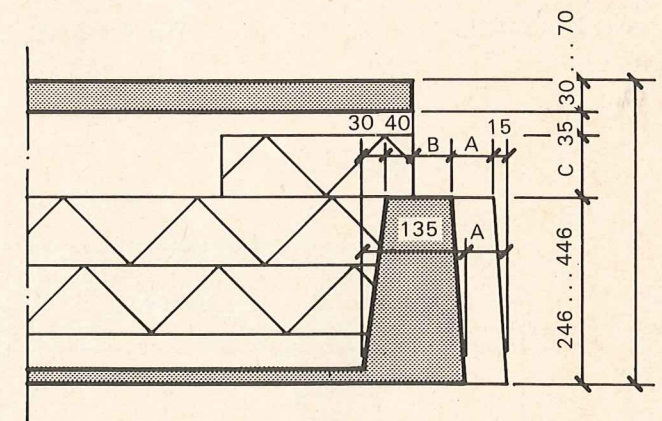
Palonkestovaatimus (min)	Mitoitusehdotus h _e
120	50 mm PV-EL ja PV-PAL
180	60 mm PV-PAL
240	80 mm PV-PAL

7 a. NILCON-ELEMENTIN REUNAPALKKI
Valmistusmitat

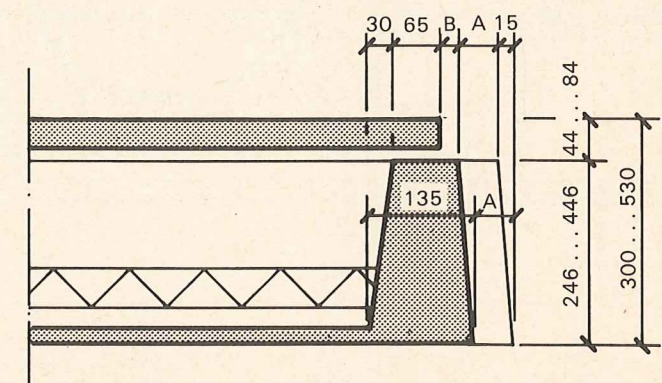


7 b. NILCON-ELEMENTTI
Päätymitat

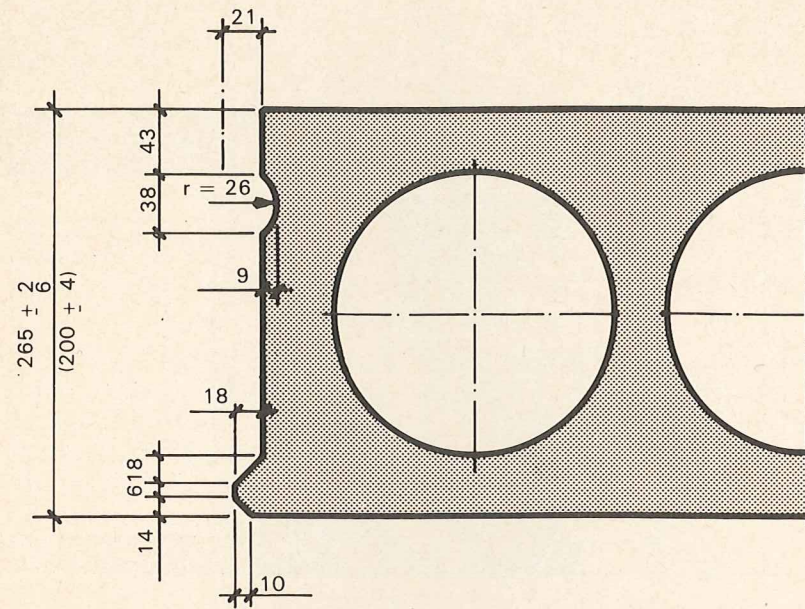
- A (norm) = 55
- B (N, NA, NAL) = 25
- B (NY, NYT) = 50
- C (NY) = 80
- C (NYT) = 50
- Merkinnät: kts. liite



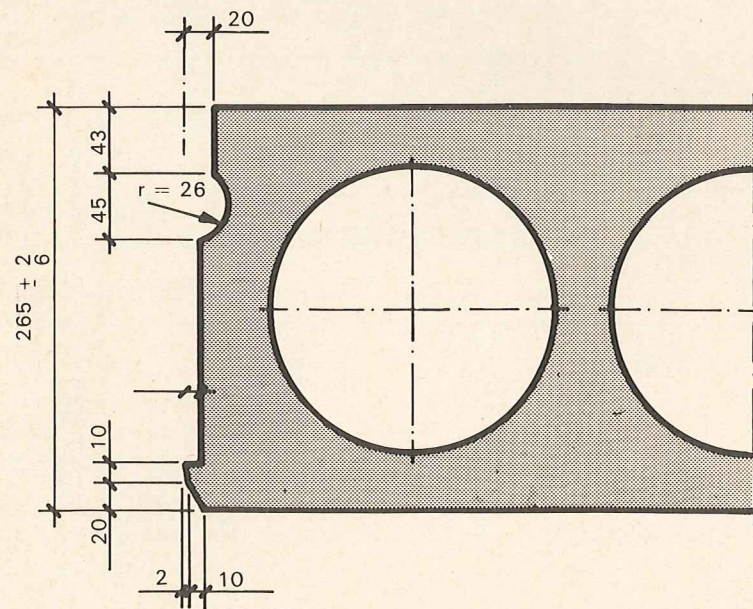
7 c. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI
Päätymitat



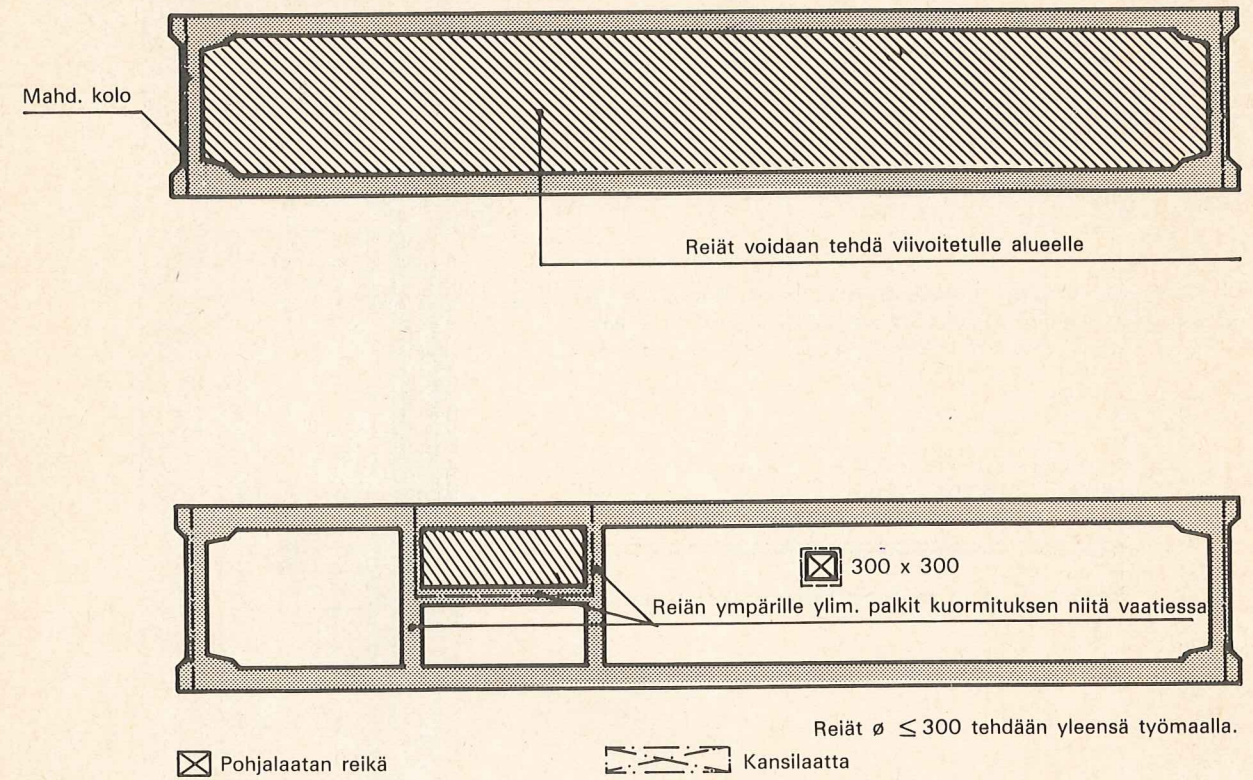
8. VARIAX-ONTELOLAATTA
Reunamuoto



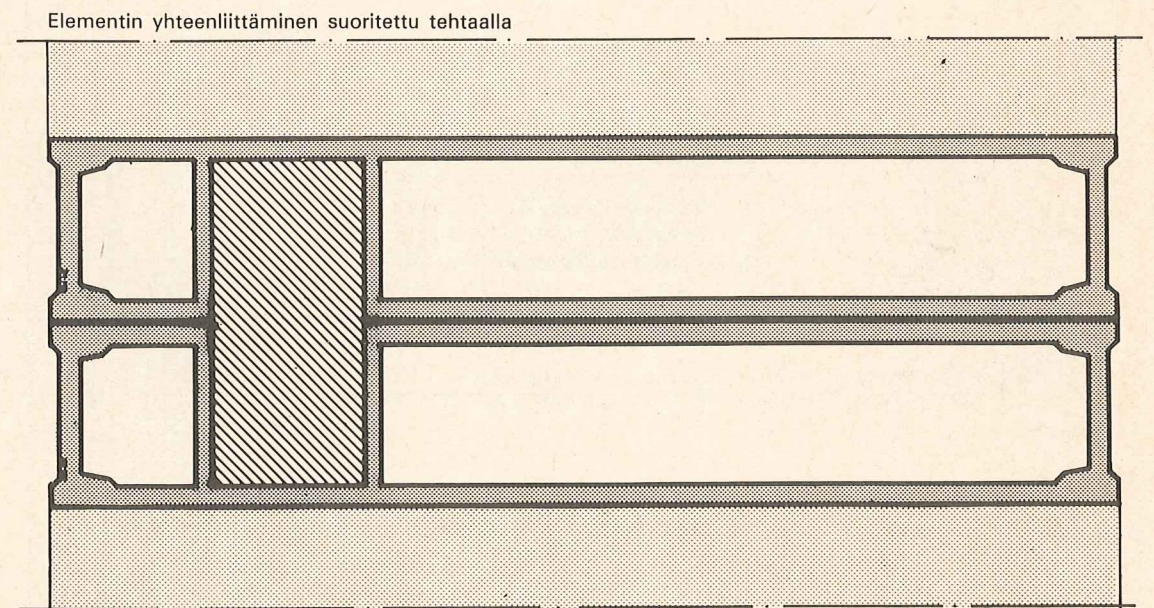
9. SPIROLL-ONTELOLAATTA
Reunamuoto



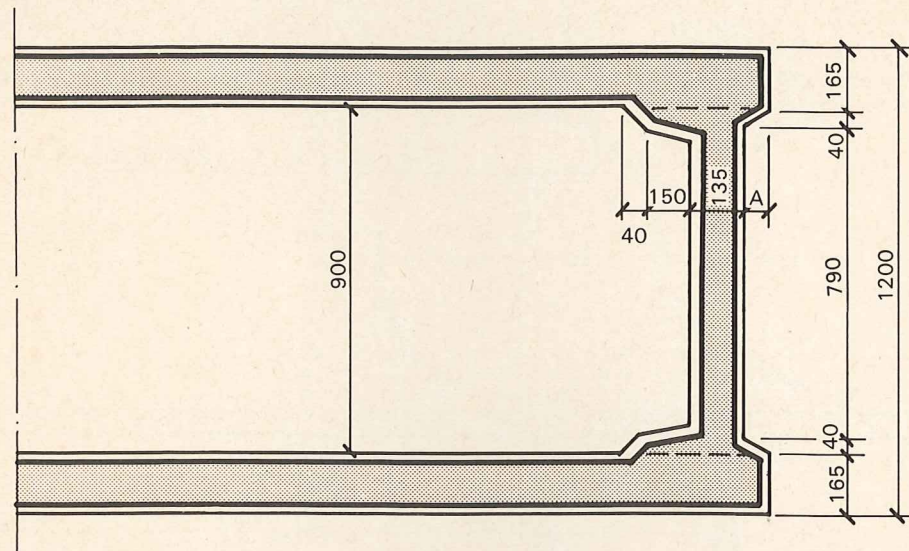
10 a. NILCON-ELEMENTIN REI'ITYSMAHDOLLISUUKSIA



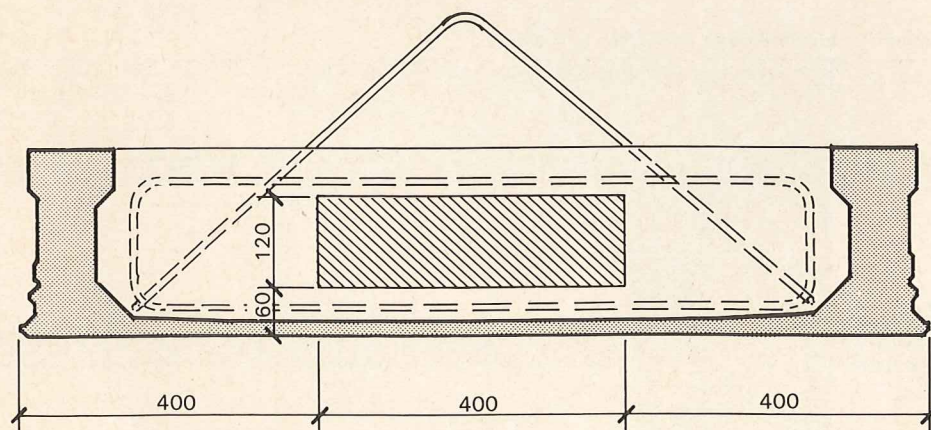
10 b. NILCON-ELEMENTIN ERIKOISLEVEÄT REIÄT



10 c. NILCON-ELEMENTIN REI'ITYSMAHDOLLISUUKSIA
Vaakaleikkaus päädystä

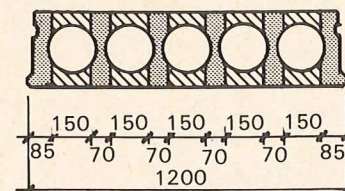


10 d. NILCON-ELEMENTIN REI'ITYSMAHDOLLISUUKSIA
Pääty

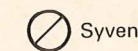


Tehtaalla voidaan tehdä reikiä vinoviivoitetulle alueelle.
Työmaalla voidaan päätäpalkki poistaa tarvittaessa kokonaan asennuksen ja saumauksen jälkeen.

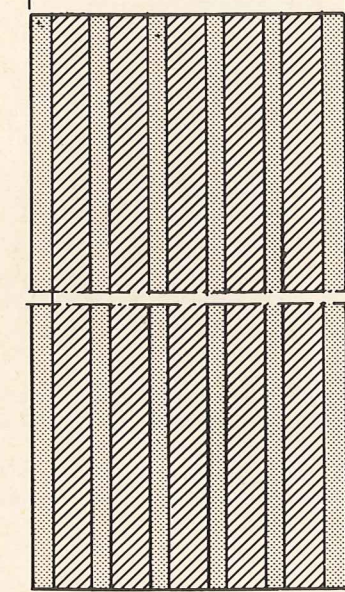
11 a. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATAN REI'ITYSMAHDOLLISUUKSIA
Pyöreät reiät



Reikä



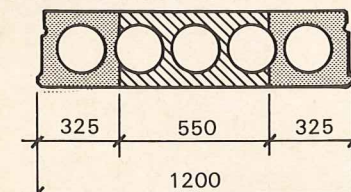
Syvennys



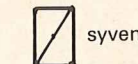
Onteloiden kohdalla (viivoitetulla alueella) voidaan tehdä pyöreät reiät mihin tahansa. Reiän max halkaisija on 150 mm. Reikiä voi olla korkeintaan kolme samassa poikkileikkauksessa.

Lyhyillä jänneväleillä ja pienillä kuormilla voi reikien koko olla ϕ 180 mm (V5-4 ja V5-6 laatoissa) punoksia katkomatta.

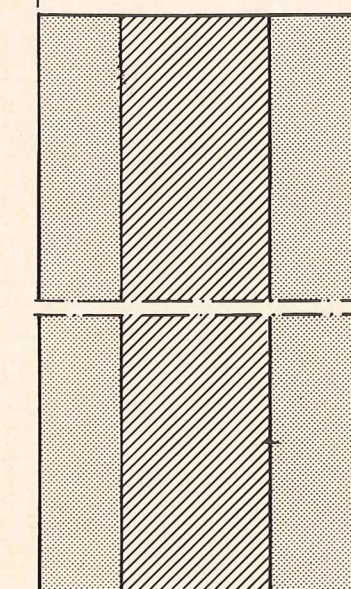
11 b. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATAN REI'ITYSMAHDOLLISUUKSIA
Suorakulmaiset reiät



reikä



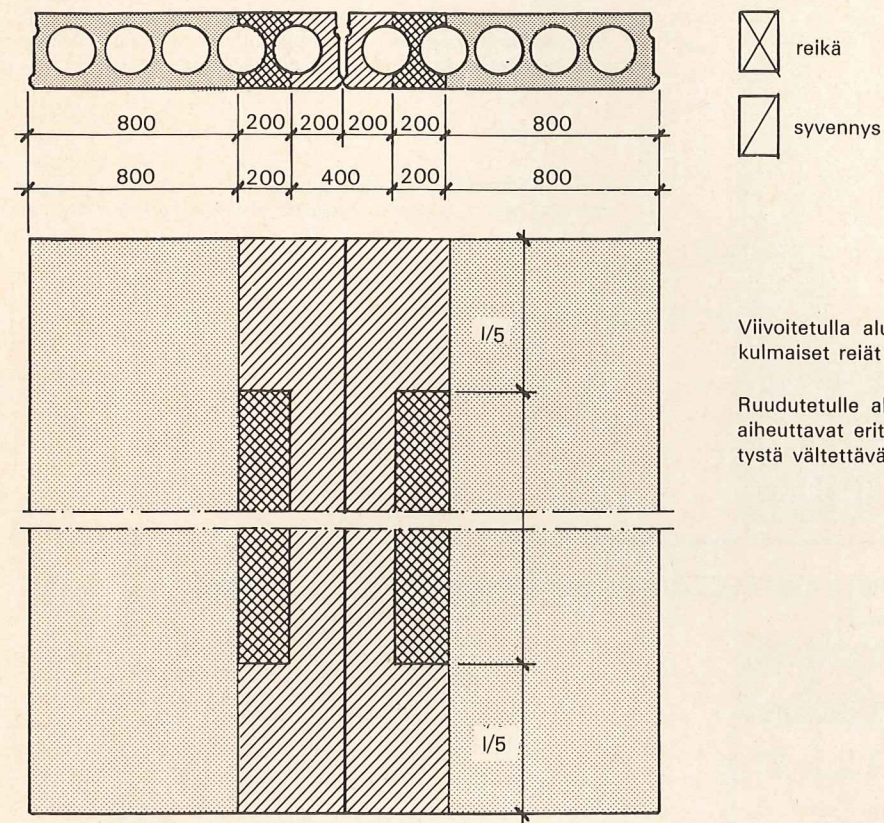
syvennys



Viivoitetulle alueelle voidaan tehdä suorakulmaisia reikiä, siten että korkeintaan kaksi onteloiden välistä kannasta katkaistaan. Reiän maks. leveydeksi muodostuu tällöin 550 mm.

Koska reikien sijoitus keskelle aiheuttaa rauditusjärjestelyjä laattassa, niistä on sovittava erikseen valmistajan kanssa.

11 c VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATAN REI'ITYSMÄHDOLLISUUKSIA
Suorakulmaiset reiät

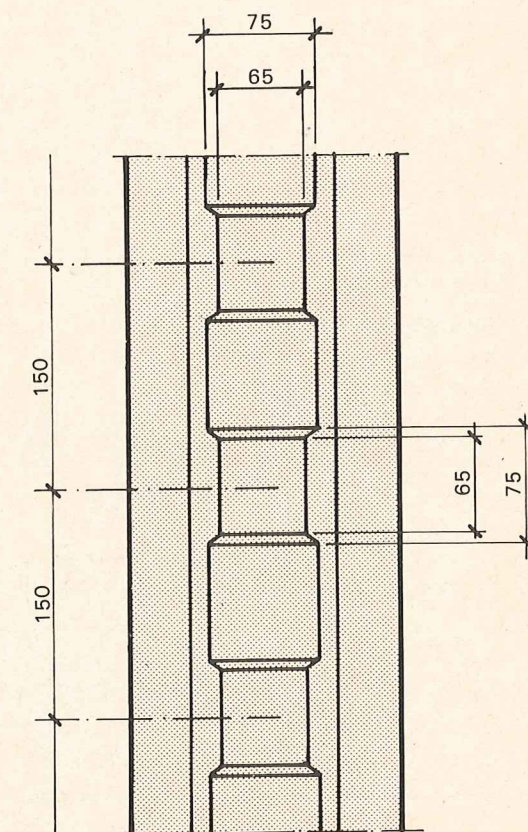
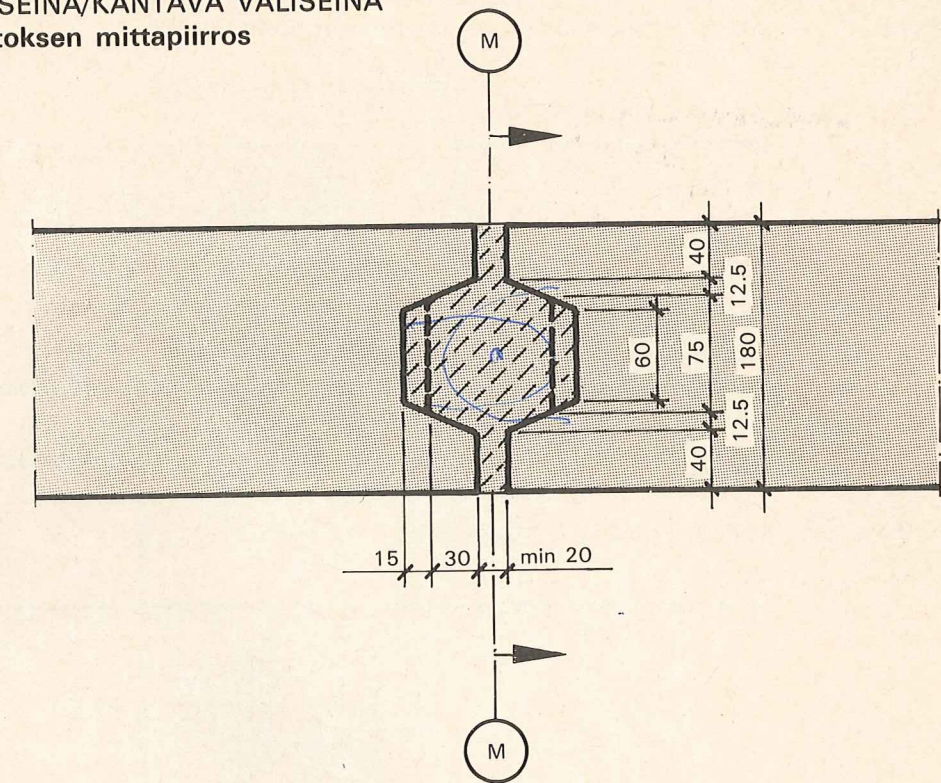


Viivoitetulla alueella voidaan suorakulmaiset reiät tehdä mihin tahansa.

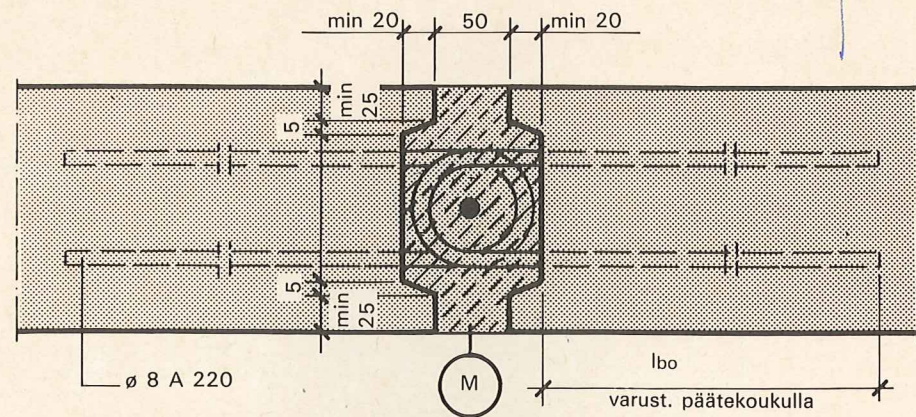
Ruudutetulle alueelle ulottuvat reiät aiheuttavat erityistoimenpiteitä, rei'itystä vältettävä.

Variax 5-laatan paikalla tehtävät reiät: Laattaan paikalla tehtävien reikien osalta noudatetaan eo. rei'itysohjeita. Jos punoksia joudutaan katkomaan, asia on selvitettävä etukäteen rakennesuunnittelijan kanssa.

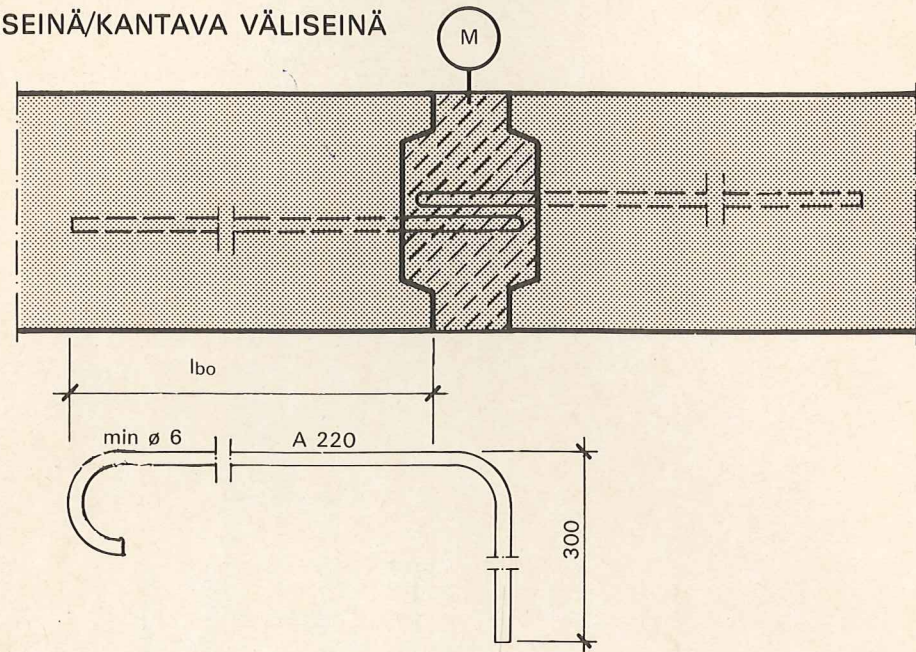
12. KANTAVA VÄLISEINÄ/KANTAVA VÄLISEINÄ
Betoniavaarnaliitoksen mittapiirros



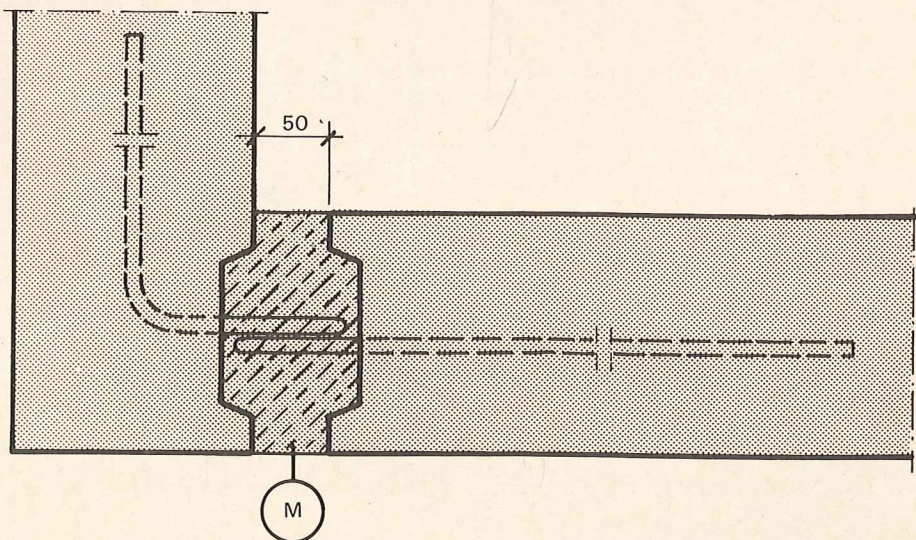
13 a KANTAVA VÄLISEINÄ/KANTAVA VÄLISEINÄ
Teräsvaarnaliitoksen mittapiirros ja rauditusmahdollisuuksia



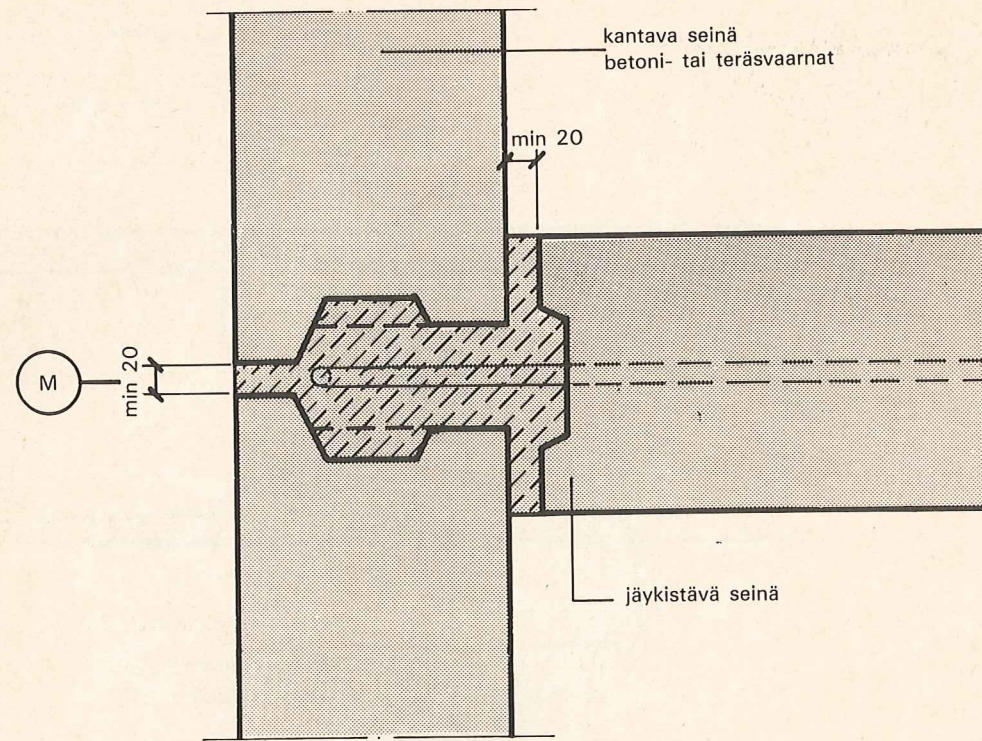
13 b KANTAVA VÄLISEINÄ/KANTAVA VÄLISEINÄ



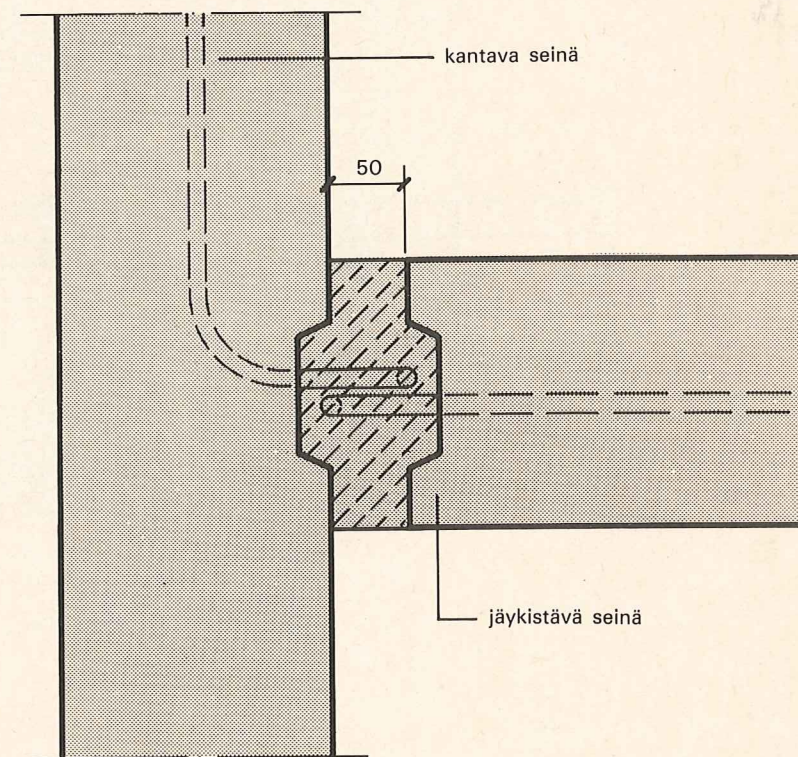
14 KANTAVA VÄLISEINÄ/JÄYKISTÄVÄ SEINÄ
(Mahdollinen rauditus det. 13 soveltaen)



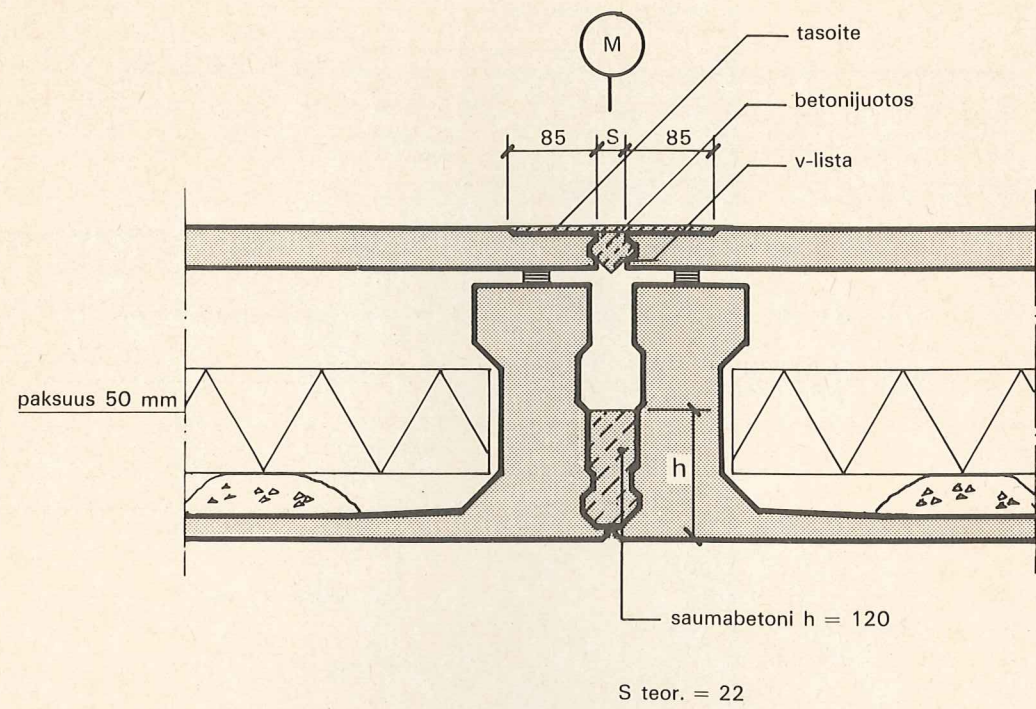
15 a. KANTAVA VÄLISEINÄ/JÄYKISTÄVÄ SEINÄ



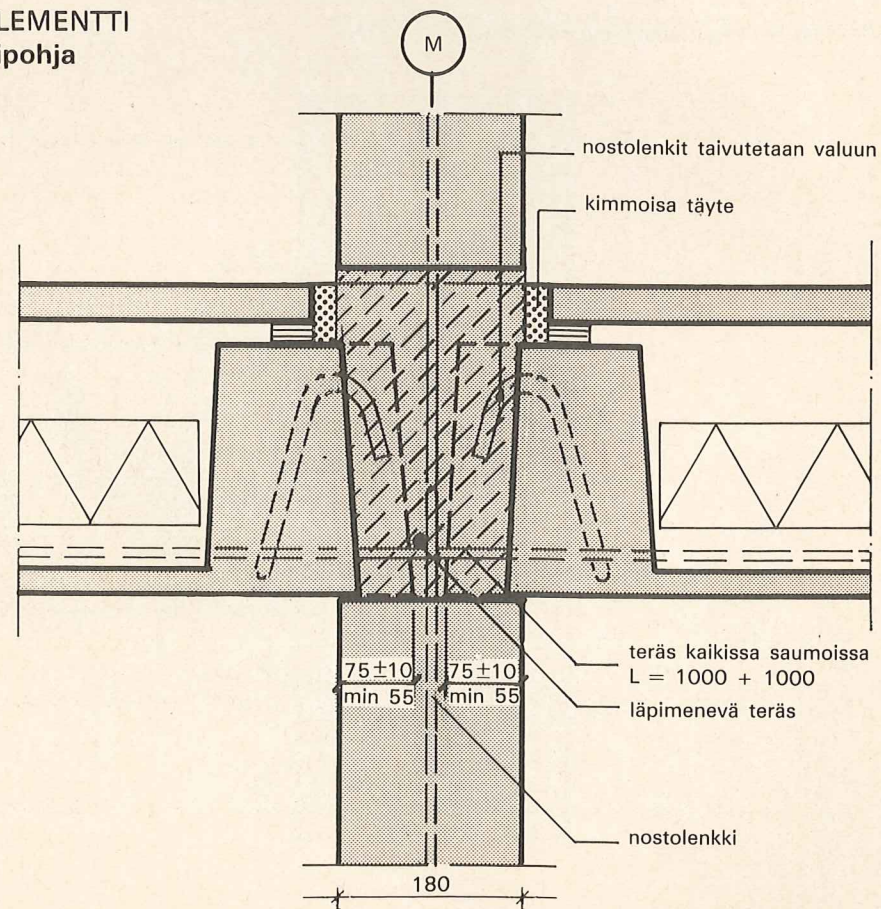
15 b. KANTAVA VÄLISEINÄ/JÄYKISTÄVÄ SEINÄ



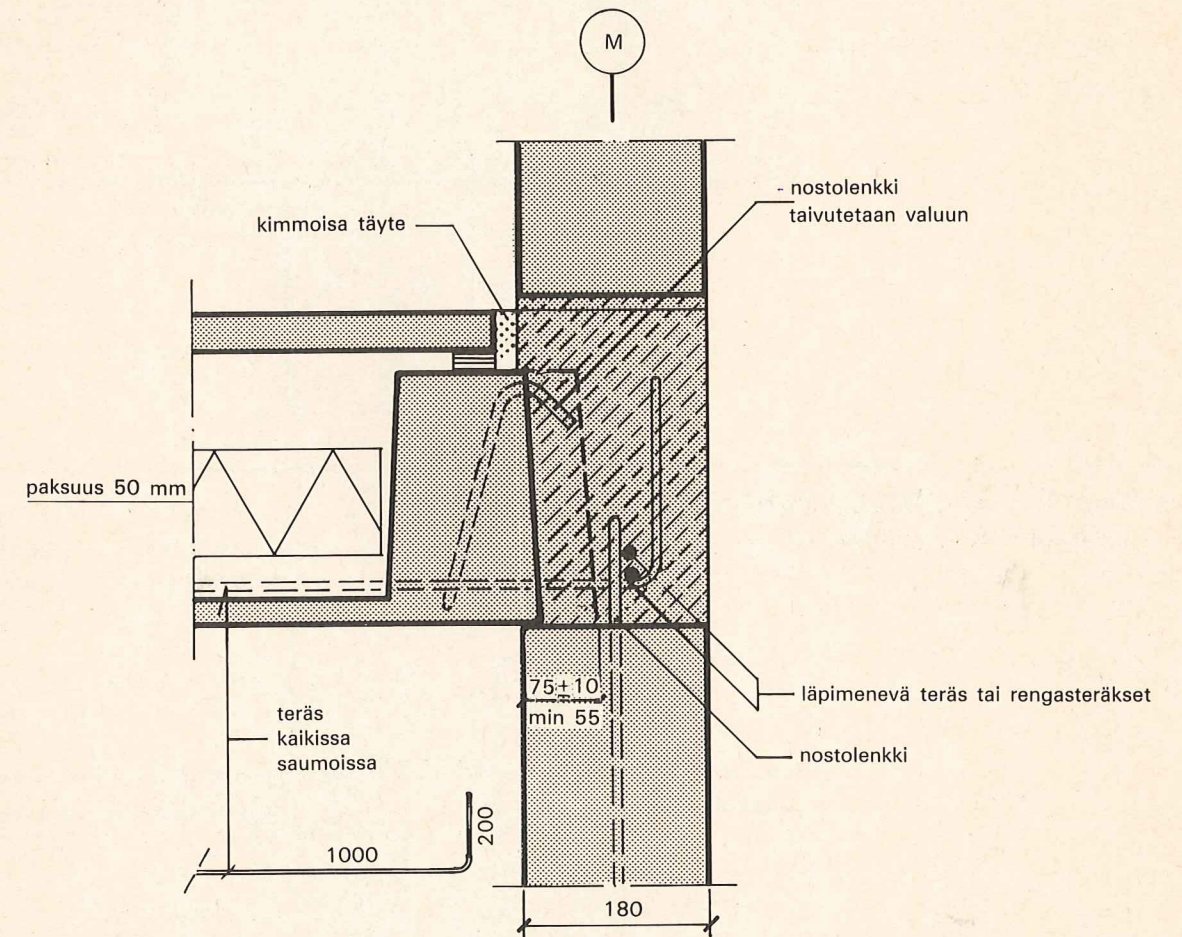
16. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTIEN VÄLINEN SAUMA



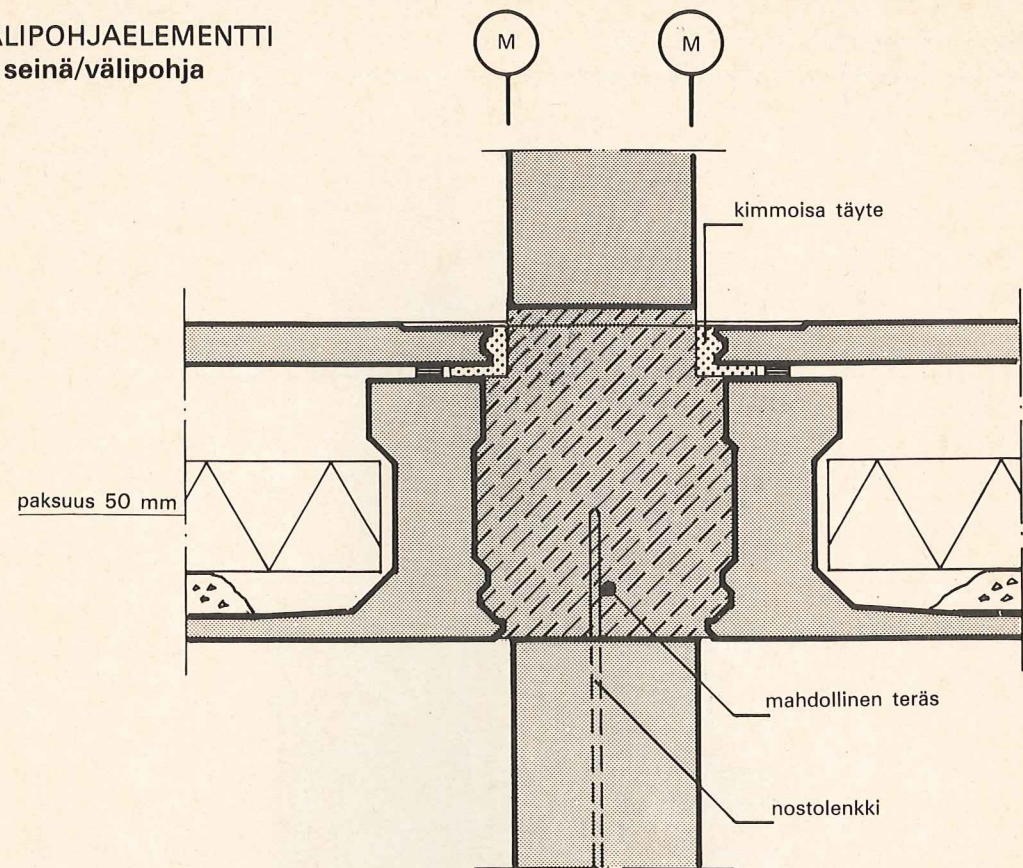
17. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI
Kantava väliseinä/välipohja



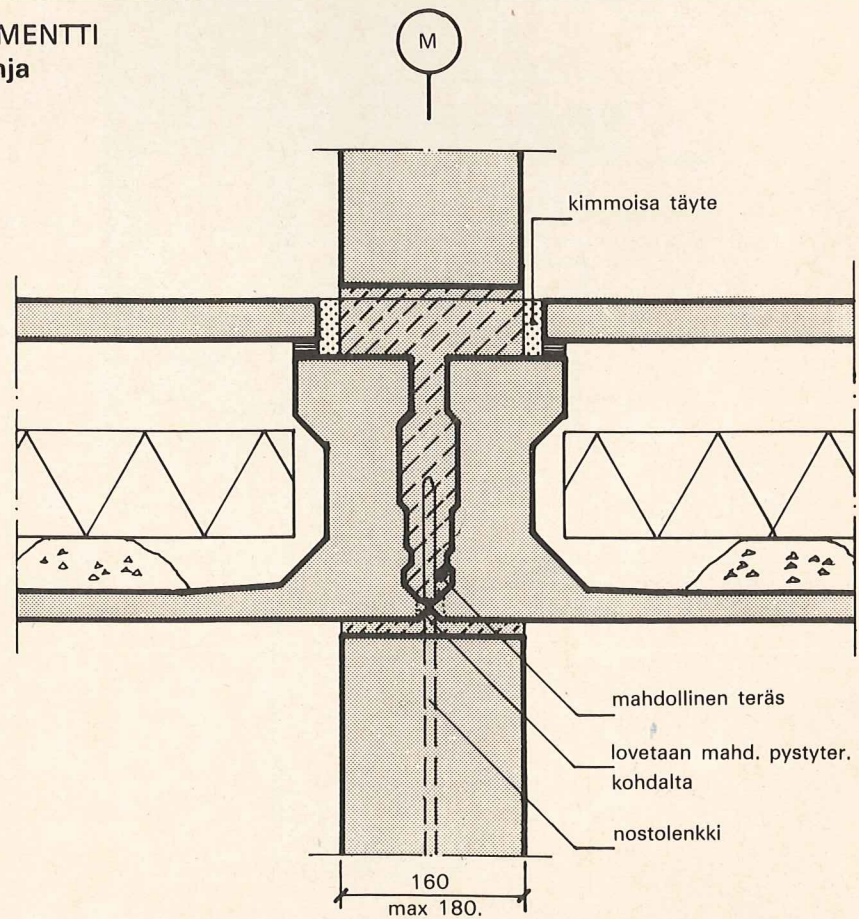
18. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI
Kantava väliseinä/välipohja porrashuoneen kohdalla



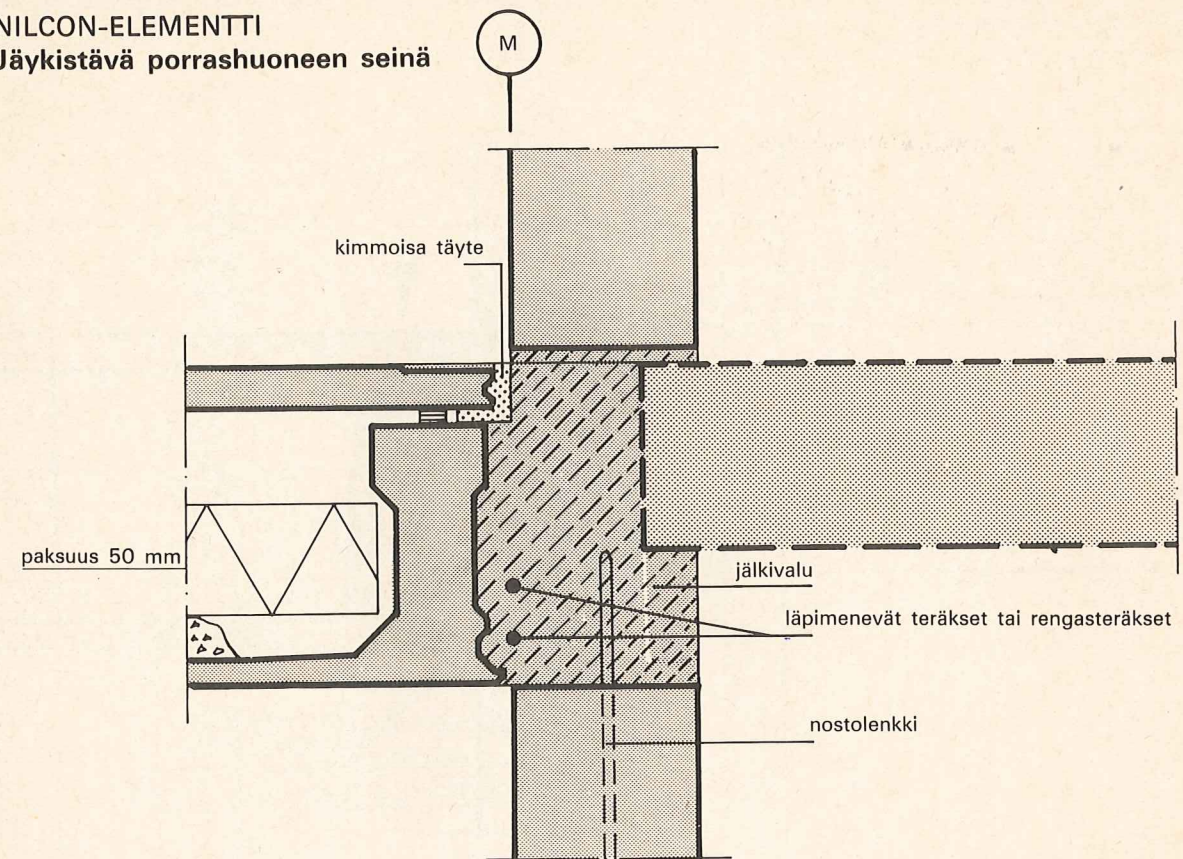
19 a. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI
Jäykistävä seinä/välipohja



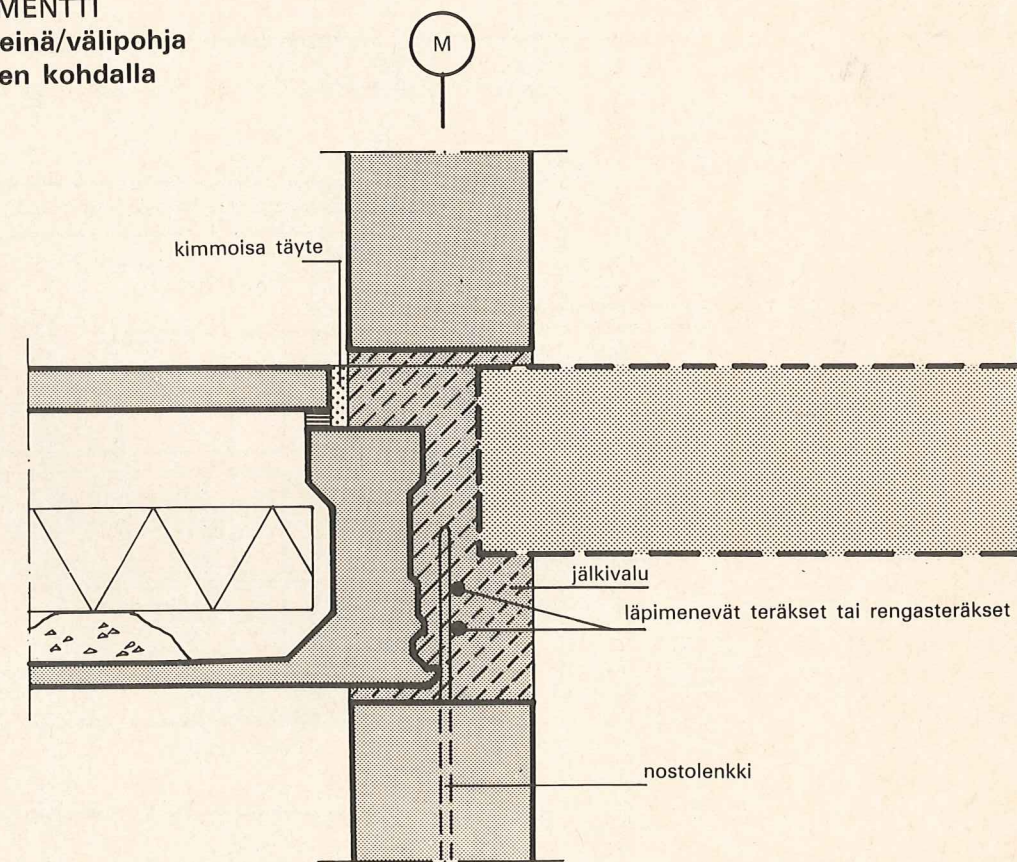
19 b. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI
Jäykistävä seinä/välipohja



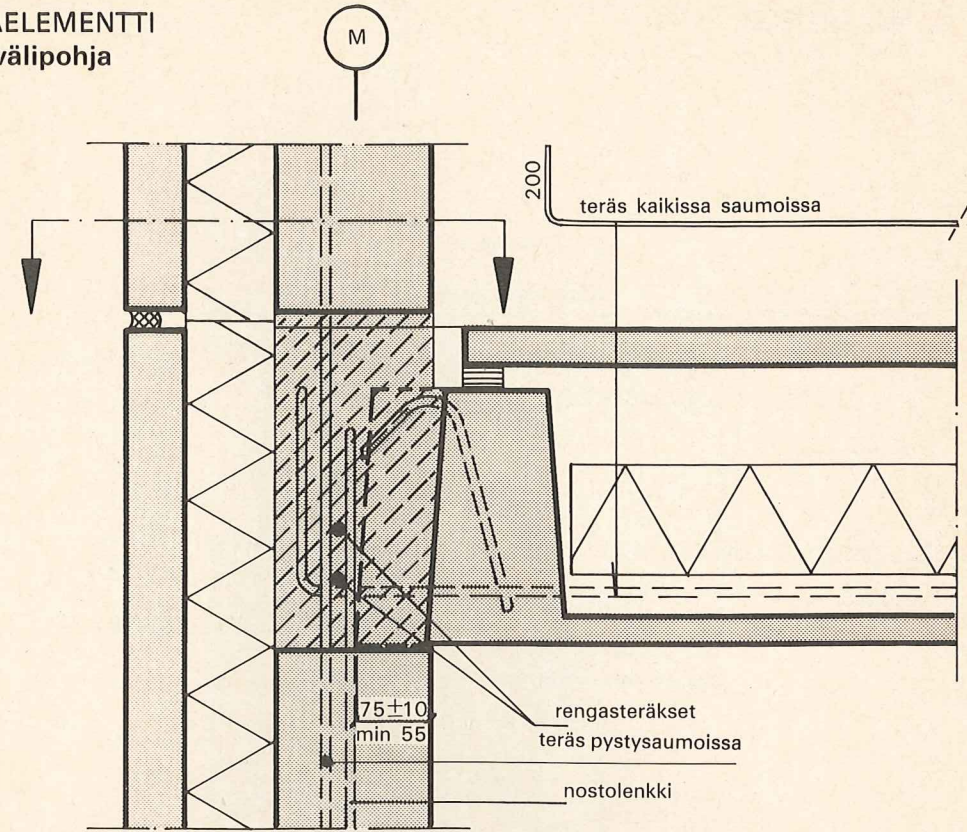
20 a. NILCON-ELEMENTTI
Jäykistävä porrashuoneen seinä



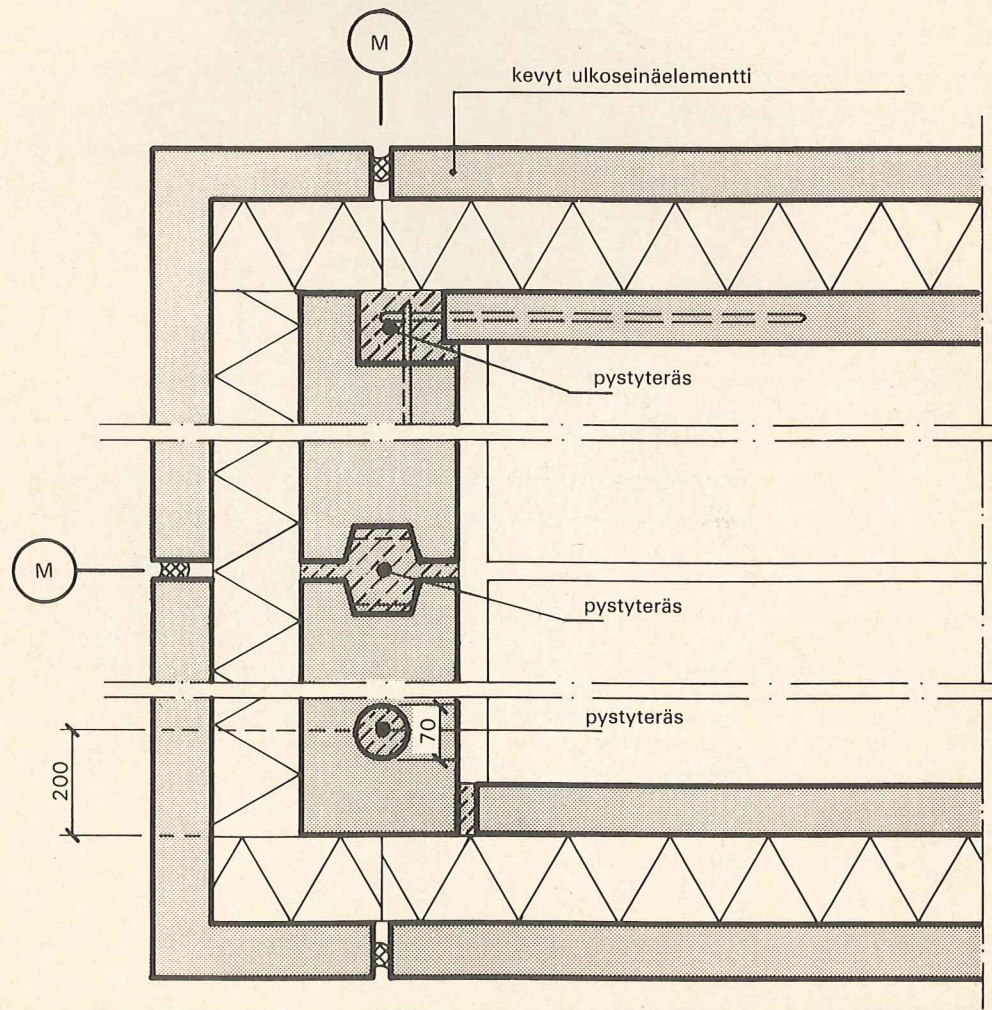
20 b. NILCON-ELEMENTTI
Jäykistävä seinä/välipohja
porrashuoneen kohdalla



21. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI
Kantava ulkoseinä/välipohja

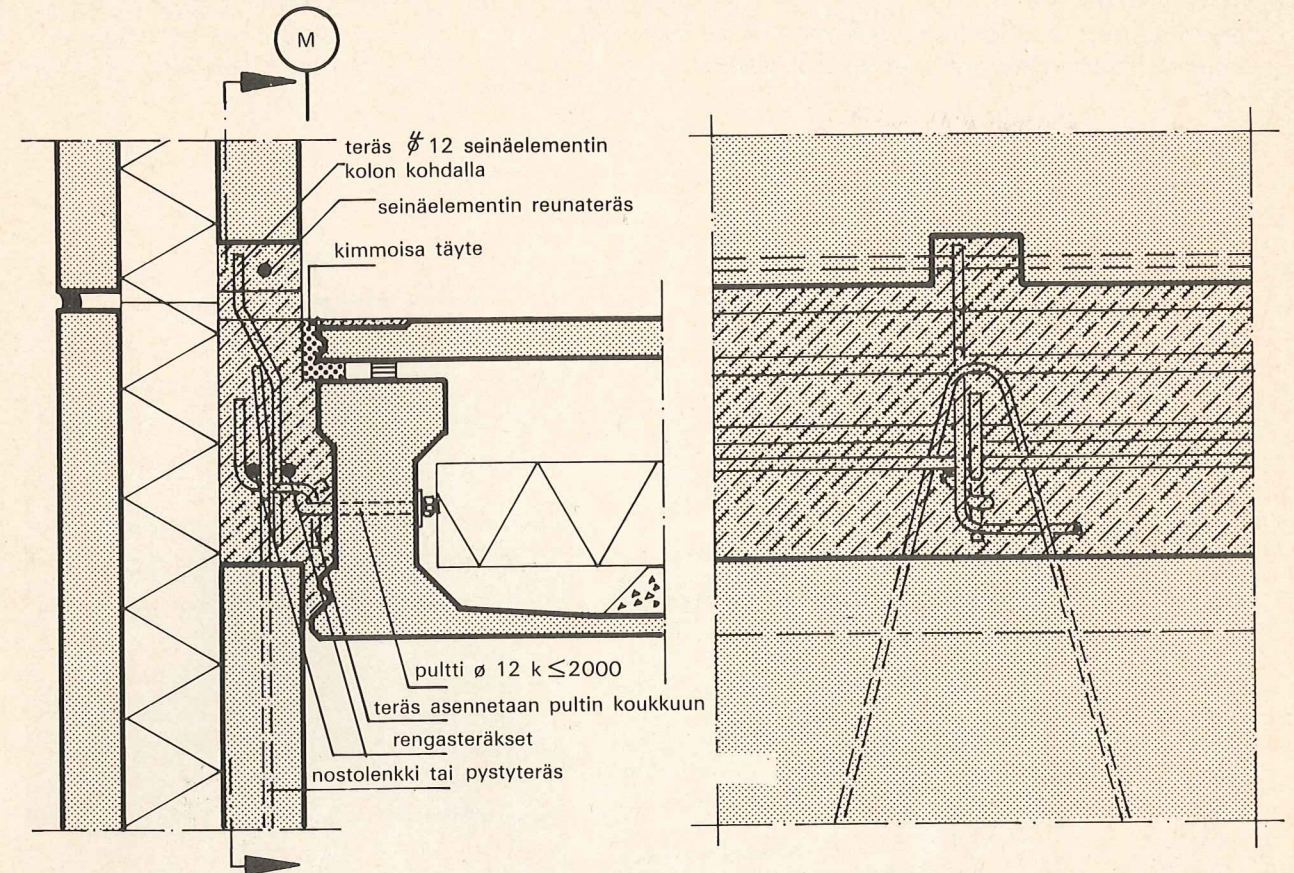


vaihtoehto 1.

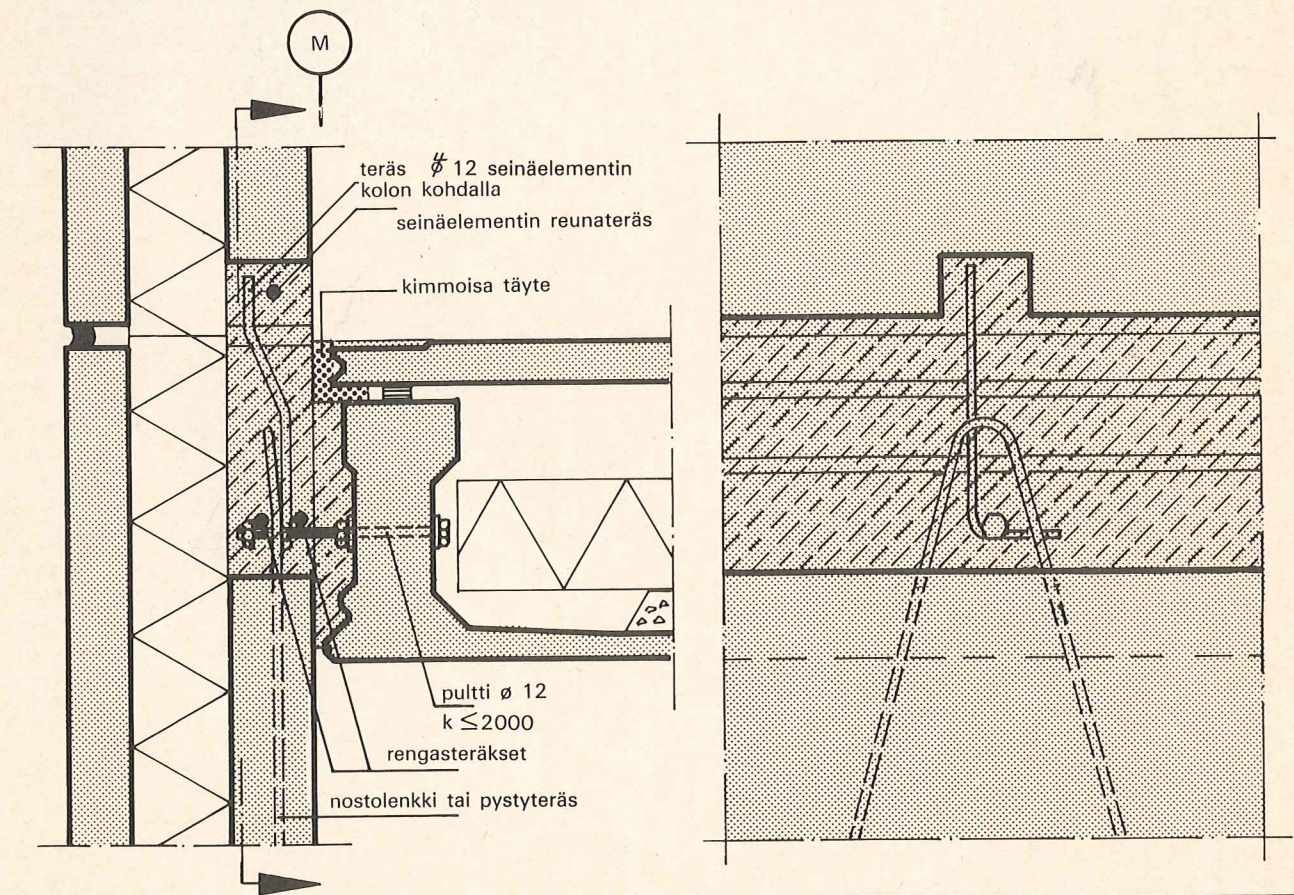


vaihtoehto 2.

22 a. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI Kevyt ulkoseinäelementti/välipohja (koukkupultti)

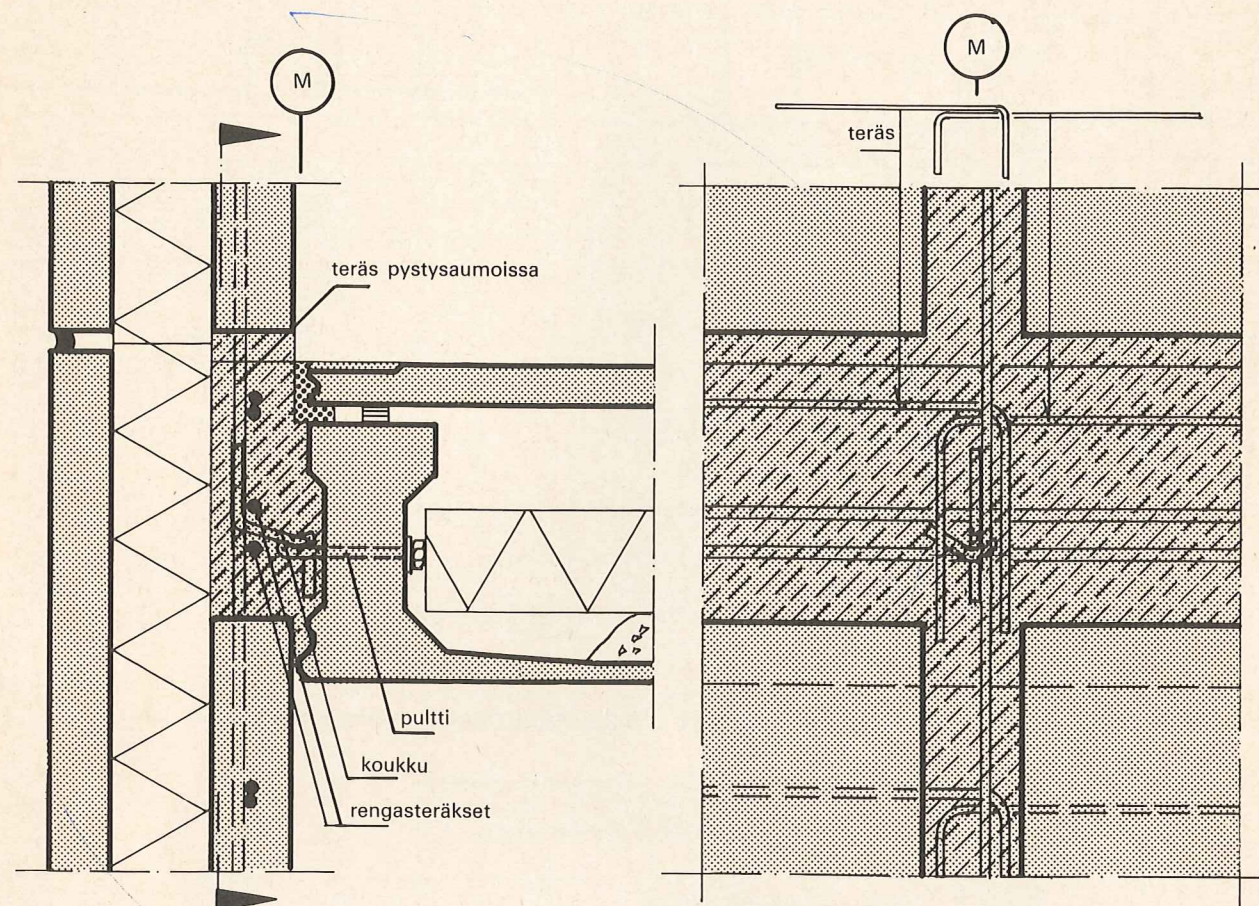


22 b. NILCON-VÄLIPOHJAELEMENTTI Kevyt ulkoseinäelementti/välipohja (suora pultti)

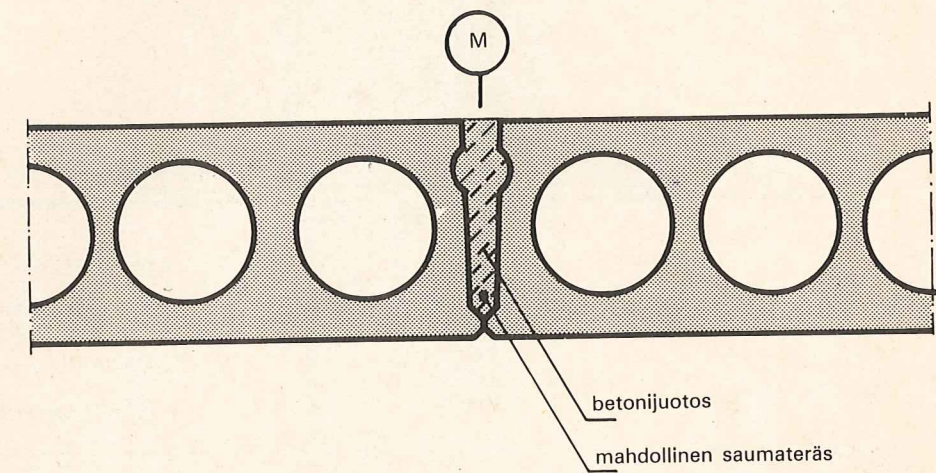


23. NILCON-ELEMENTTI

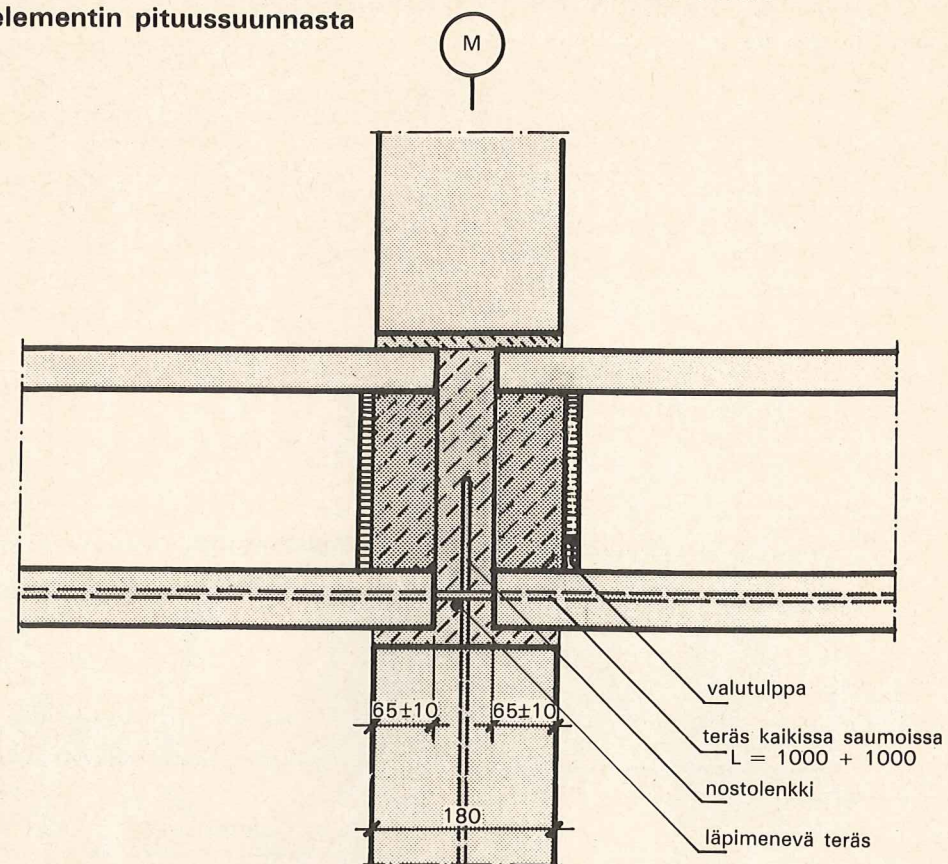
Kevyt ulkoseinä kiinnityksen kohdalta/väli pohja
Leikkaus laattaelementin poikkisuunnassa



Kevyiden
ulkoseinäelementtien
liittäminen toisiinsa

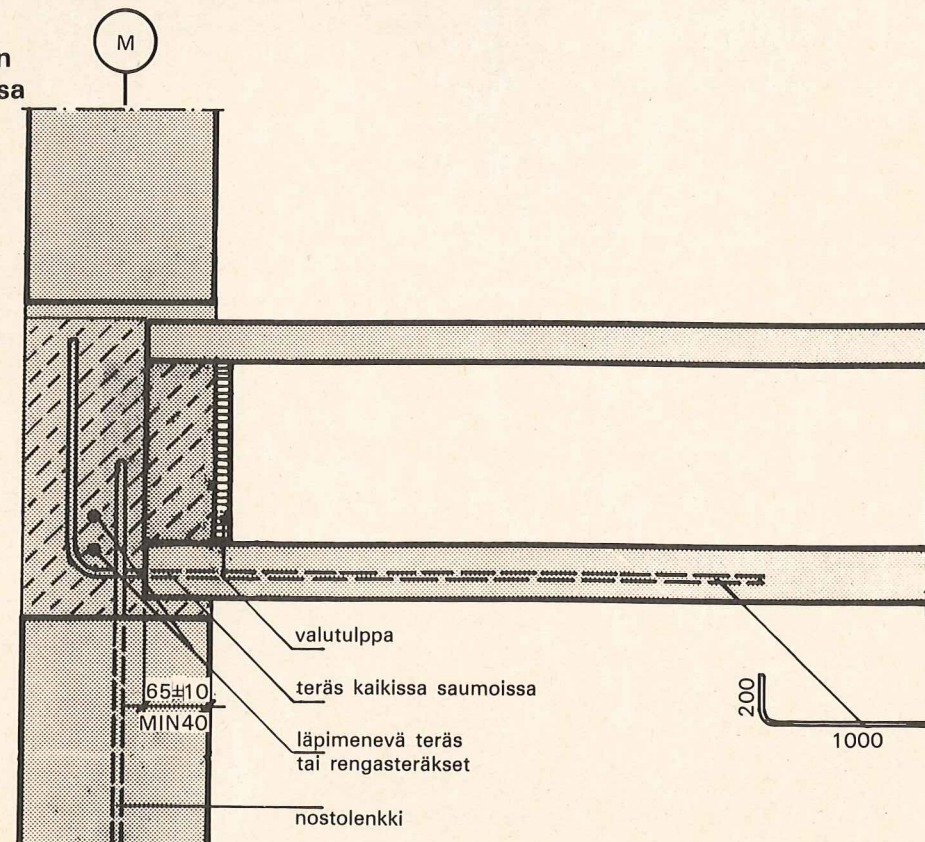
24. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA VÄLIPOHJA/VÄLIPOHJA
Leikkaus laattaelementin poikkisuunnassa

25. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, KANTAVA VÄLISEINÄ/VÄLIPOHJA
Leikkaus laattaelementin pituussuunnasta

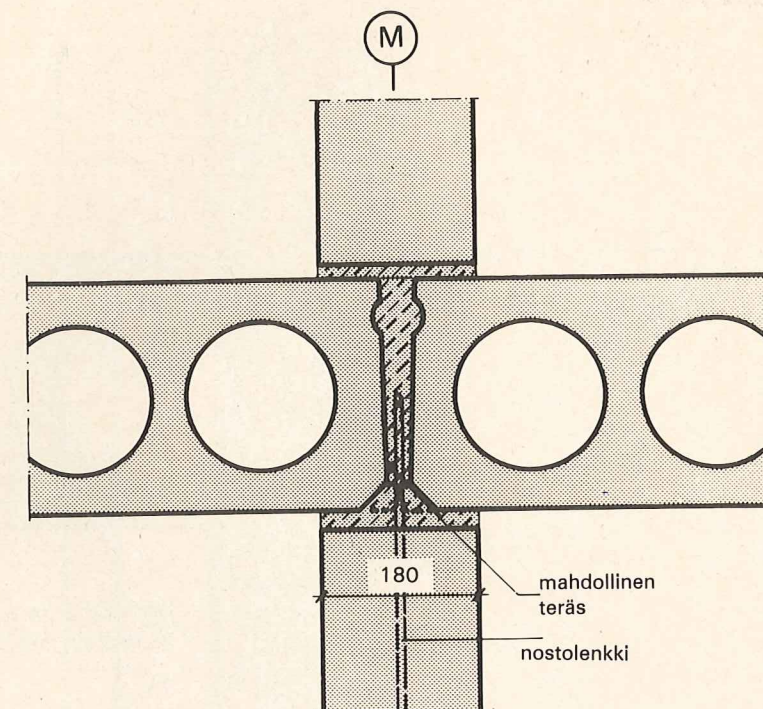


26. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, KANTAVA VÄLISEINÄ/VÄLIPOHJA
PÖRRASHUONEEN KOHDALLA

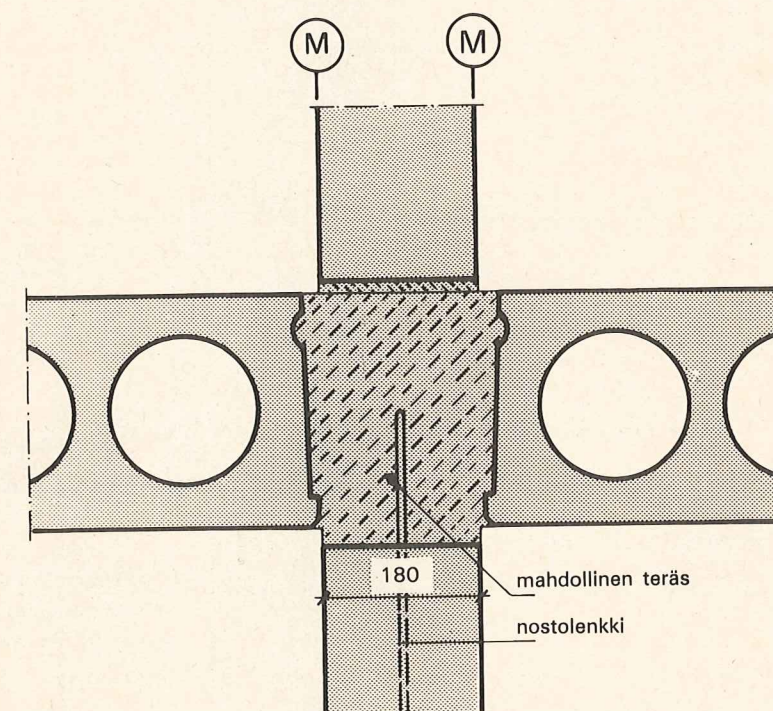
Leikkaus
laattaelementin
pituussuunnassa



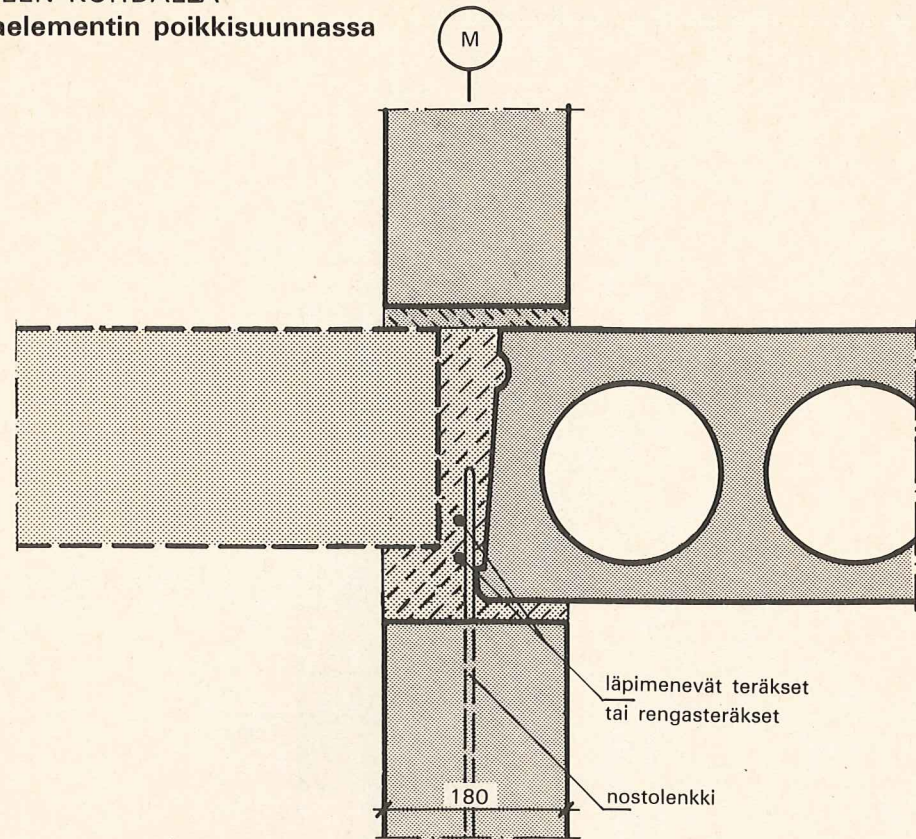
27 a. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, JÄYKISTÄVÄ SEINÄ/VÄLIPOHJA
Leikkaus laattaelementin poikkisuunnassa



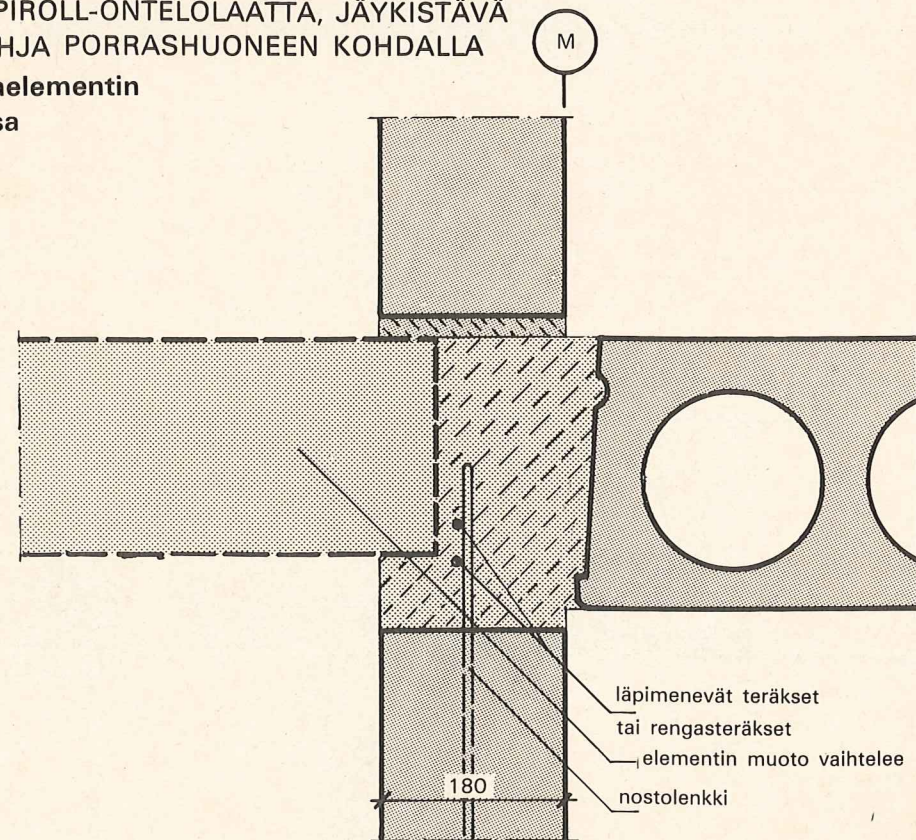
27 b. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, JÄYKISTÄVÄ SEINÄ/VÄLIPOHJA



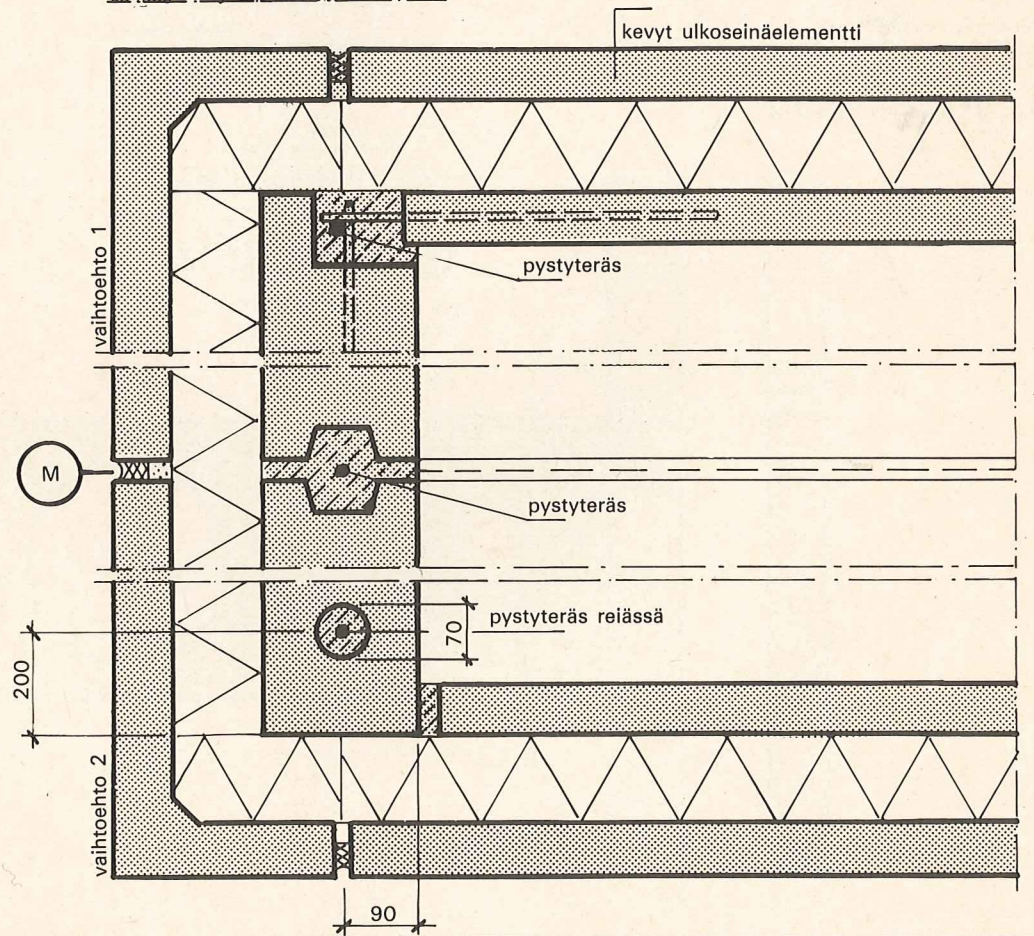
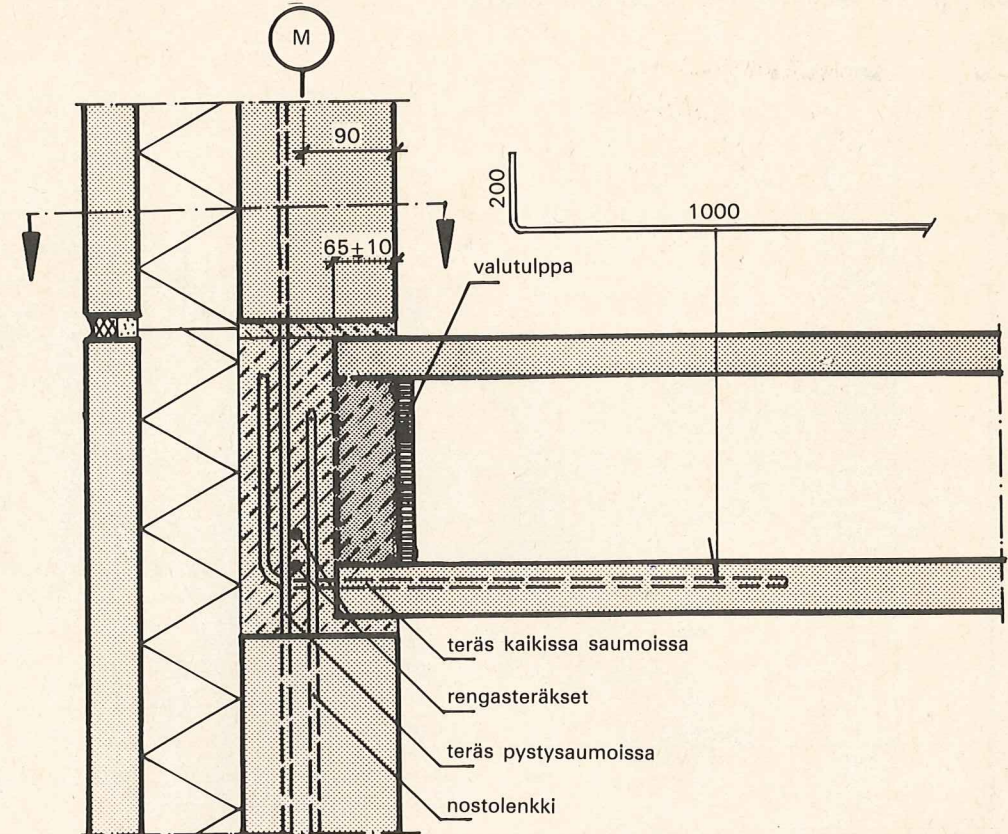
28 a. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, JÄYKISTÄVÄ SEINÄ/VÄLIPOHJA
 PORRASHUONEEN KOHDALLA
 Leikkaus laattaelementin poikkisuunnassa



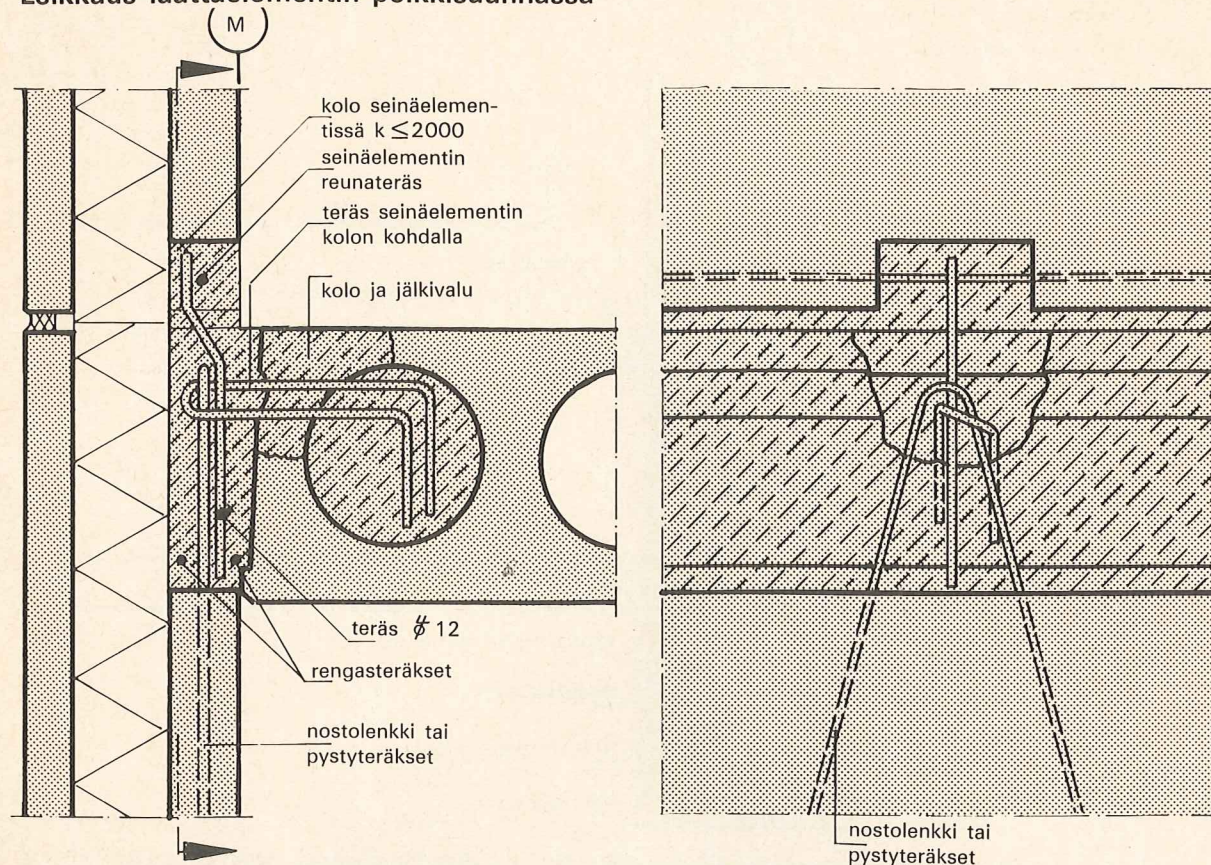
28 b. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, JÄYKISTÄVÄ
 SEINÄ/VÄLIPOHJA PORRASHUONEEN KOHDALLA
 Leikkaus laattaelementin
 poikkisuunnassa



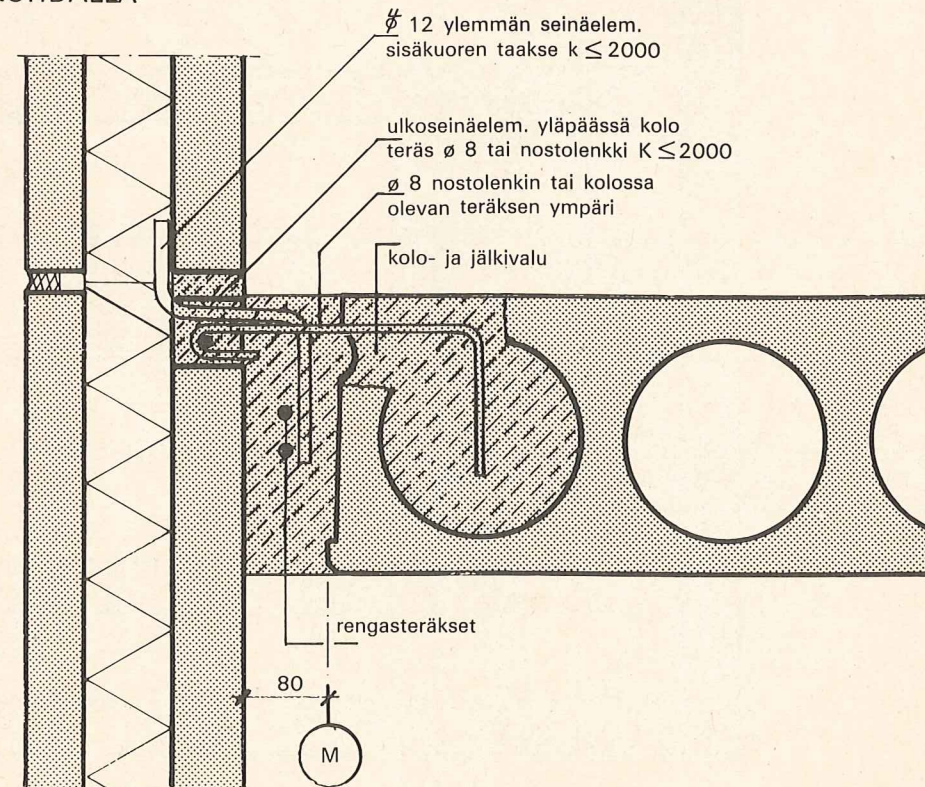
29. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, KANTAVA ULKOSEINÄ/VÄLIPOHJA
 Leikkaus laattaelementin pituussuunnassa



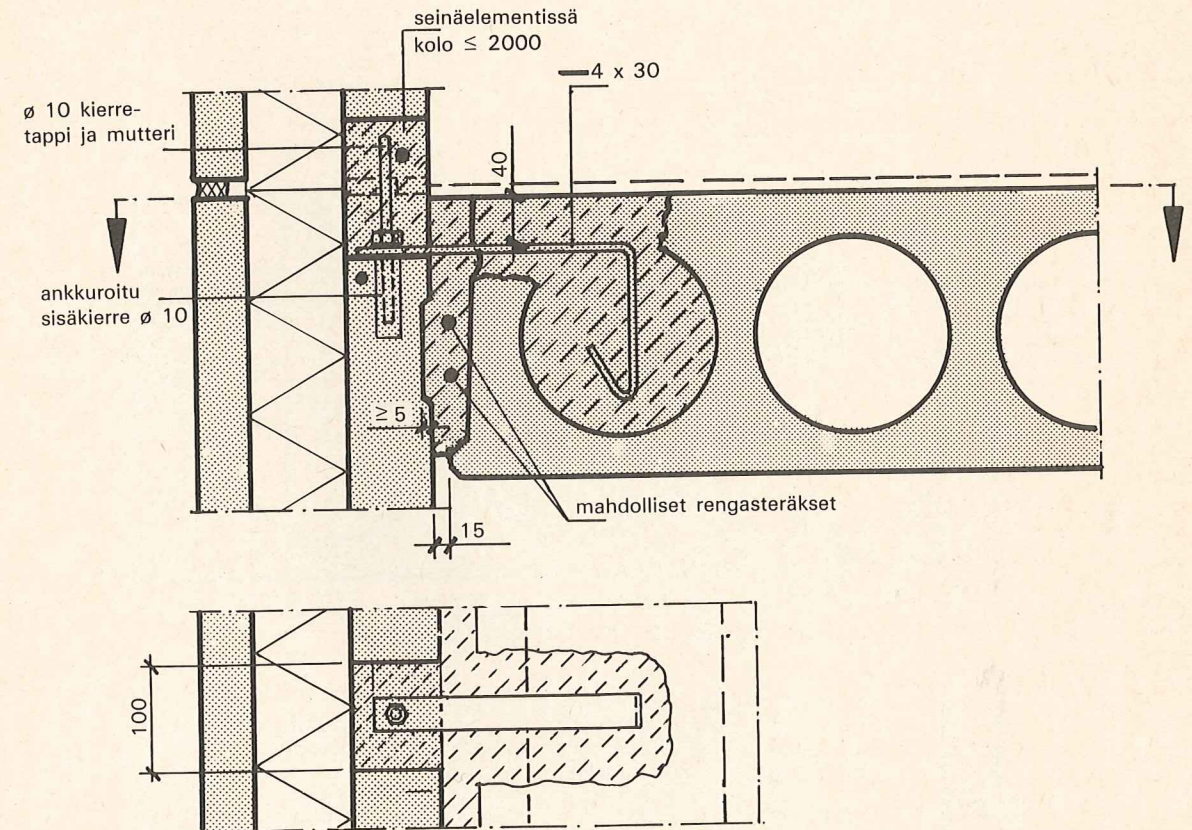
30. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, VÄLIPOHJA/KEVYT ULKOSEINÄ KIINNITYKSEN KOHDALLA
Leikkaus laattaelementin poikkisuunnassa



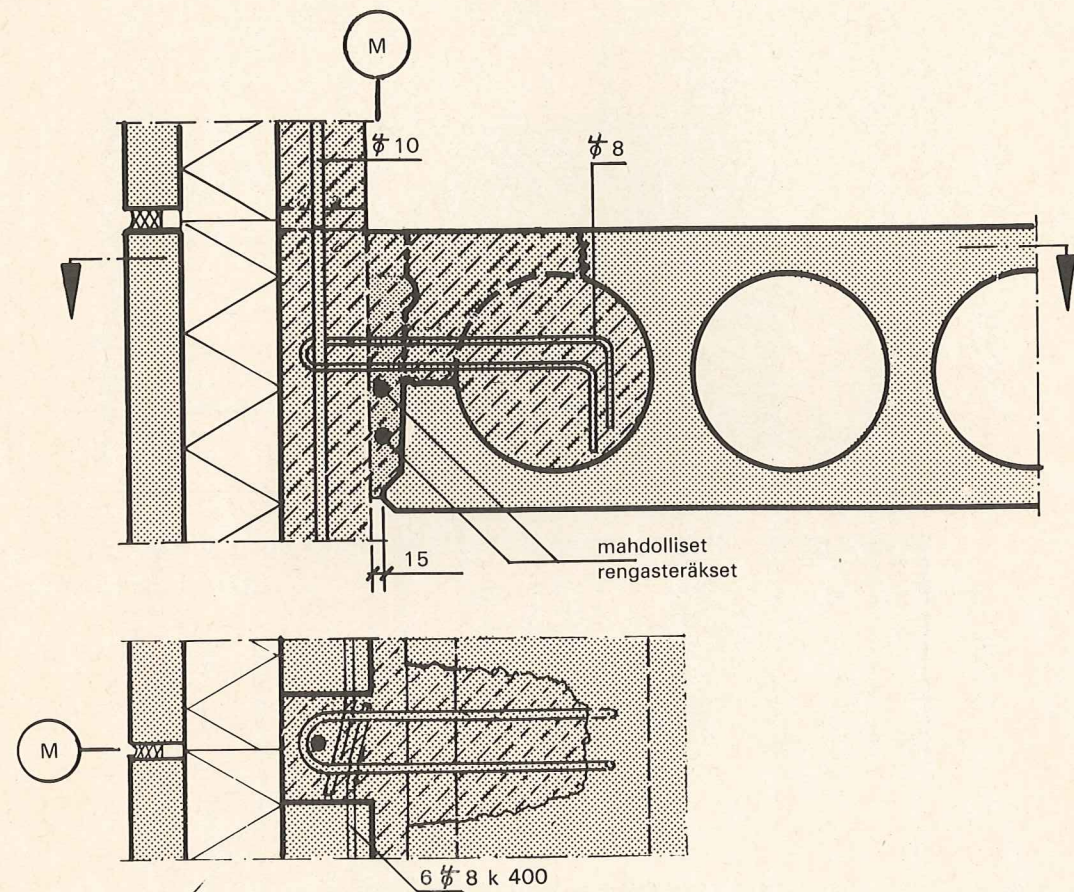
31. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, VÄLIPOHJA/KEVYT ULKOSEINÄ KIINNITYKSEN KOHDALLA



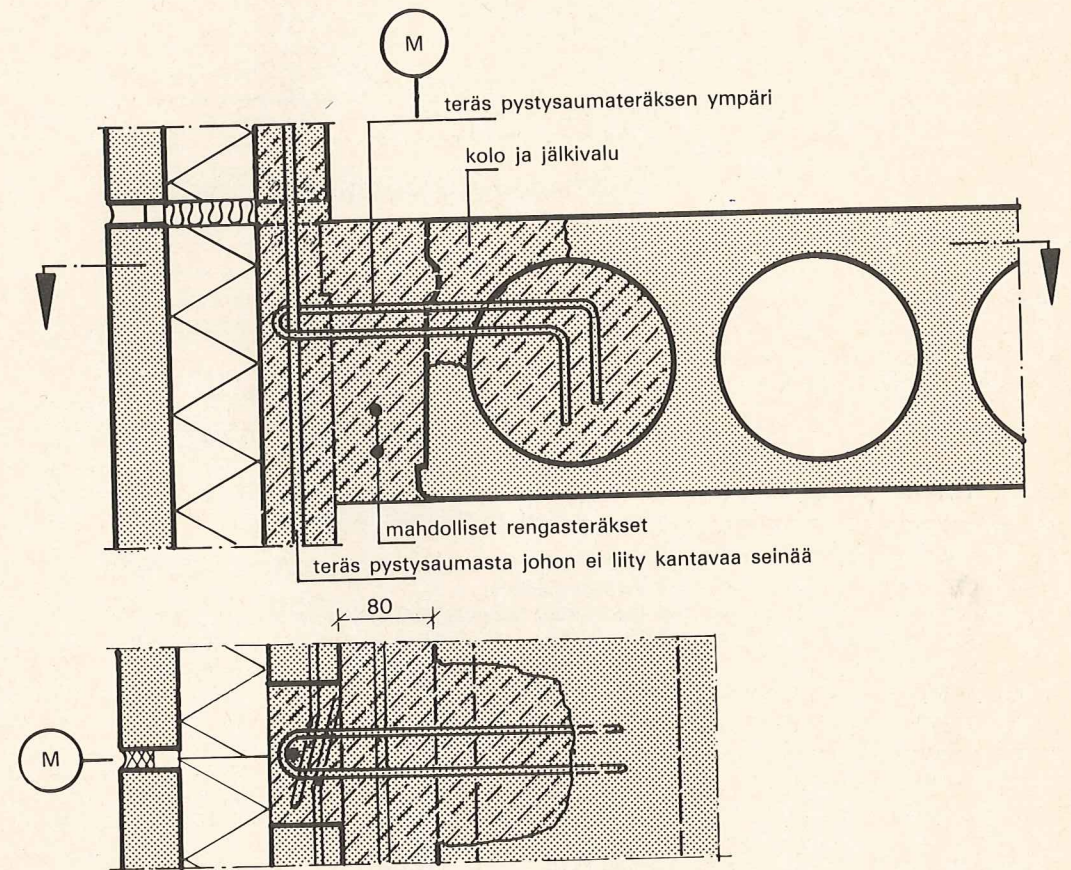
32. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, RUUTUELEMENTIN KIINNITYS ONTELOLAATTAAN



33 a. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, VÄLIPOHJA/KEVYT ULKOSEINÄELEMENTTI KOHDALLA, JOISSA EI OLE KANTAVAA VÄLISEINÄÄ



33 b. VARIAX- JA SPIROLL-ONTELOLAATTA, VÄLIPOHJA/KEVYT ULKOSEINÄELEMENTTI KOHDALLA, JOISSA EI OLE KANTAVAA VÄLISEINÄÄ



Dipl.ins. Antti Pekkola:

BES-järjestelmän rakenteellinen tarkastelu

SISÄLLYS

	SIVU
1 YLEISTÄ	35
1.1 Määrittely	35
1.2 Yleismääräykset	35
1.3 Kokemukset	35
2 VÄLIPOHJAELEMENTIT	35
2.1 Elementtien ominaisuudet	35
2.2 Välipohjajaelementtien suunnittelu	35
3 VÄLIPOHJIAN RAKENNESUUNNITTELUN TEHTÄVÄJAKO	35
4 VÄLIPOHJARAKENTEEN TOIMINTA	35
4.1 Yleistä	35
4.2 Välipohjan toiminta vaakasuorana levynä	36
4.2.1 Rengasankkurit	36
4.2.2 Saumojen leikkausjännitykset	36
4.2.3 Vaakakuormien siirtyminen kantaville ja jäykistäville seinille	37
4.3 Välipohjan toiminta pystysuorien kuormien vaikuttaessa	38
4.3.1 Taipumat hyötykuormista	38
4.3.2 Alkutaipuma ja hiipuma	38
4.3.3 Viiva- ja pistekuormien jakautuminen	38
5 VÄLIPOHJAN JA SEINÄN RISTEYS	38
5.1 Tutkimustuloksia	38
5.2 Betoniseinän kuormakapasiteetti	38
5.3 Välipohjien — väliseinien risteyksen kuormituskapasiteetti	38
5.4 Sähköputkien asennus välipohjan — seinän risteykseen	39
5.5 Koekuormitus	39
5.6 Laatan kiinnitysmomentti	39
5.7 Leikkauskestävyys kiinnitettyllä tuella	39
5.8 Leikkauskapasiteetti tuella	40
6 BES-SUOSITUKSEN LIITOSTEN TARKASTELUA ...	40
6.1 Seinien liitokset	40
Piirustukset 12, 13a, 13b, 14, 15a, 15b	
6.2 Välipohja-välipohja	41
Piirustukset 16 ja 24	41
6.3 Porrashuoneen seinä-välipohja	41
Piirustukset 18 ja 26	41
6.4 Kantava päätyseinä-välipohja	41
Piirustukset 21 ja 29	41
6.5 Jäykistävä seinä-välipohja	42
Piirustukset 19, 19a, 27a, 27b	42
6.6 Kevyt ulkoseinä — kantava väliseinä	42
6.7 Kevyt ulkoseinä	42
7 RAKENNUKSEN KOKONAISVAKAVUUS	42
7.1 Yleistä	42
7.2 Vähimmäisvaatimukset rakennuksen vakavuuden varmistamiseksi	42
7.3 Vaakasuora lisäkuorma	43
7.4 Jäykistävät rakenteet	43
7.5 Kokonaisvakavuuden laskeminen	43
7.5.1 Yleistä	43
7.5.2 Rakennuksen siirtymät	43
7.5.3 Oviaukolliset seinät	43
7.5.4 Esimerkkilaskelmat	44
7.5.5 Varmuus kaatumista vastaan	46

1. Yleistä

1.1 Määrittely

BES-järjestelmä on asuinkerrostalojen rakentamista varten kehitetty modulimitoitukseen sovellettu rakennusjärjestelmä, jossa välipohjat tehdään esijännitetyistä, 1200 mm leveistä ontelo- tai kotelolaatoista ja kantavat seinät betoni- tai teräsbetonielementeistä. Lamellitaloissa ovat kantavat seinät rakennusten poikkisuunnassa, ja välipohjajaelementit rakennuksen pituussuunnassa. Tornitaloissa voi elementtien suunta vaihtua. Seuraava tarkastelu koskee Variax-, Spiroll- tai Nilcon-pitkäläattaelementtejä ja elementtien käyttöä.

1.2 Yleismääräykset

BES-talon suunnittelussa ja rakentamisessa on erityisesti otettava huomioon seuraavat Suomen rakennusmääräyskokoelman määräykset.

— rakenteella tulee olla riittävä varmuus murtumista ja rakenteen käyttötarkoitukseen nähden haitallisten muodonmuutosten, halkeamien, värähtelyjen tai muiden haitallisten vaikutusten synty- mistä vastaan.

— rakenteiden varmuus voidaan osoittaa joko laskennallisesti tai nojautumalla luotettaviin koetuloksiin ja muihin käytettävissä oleviin tietoihin.

— mikäli rakennesuunnitelman laatii 2 tai useampia suunnittelijoita, tulee kutakin rakennuskohdetta varten olla rakenteiden pääsuunnittelija, joka huolehtii siitä, että osasuunnitelmista muodostuu kaikki rakenteelliset vaatimukset täyttävä kokonaisuus.

— elementtirakenteita koskevat yleiset ohjeet.

Betonirakenteita koskevissa RakMk:n ohjeissa annetaan betonielementtien suunnittelua, valmistusta, asentamista ja saumausta koskevia ohjeita.

1.3 Kokemukset

BES-talojen rakentamista on maassamme toteutettu varsin laajassa mittakaavassa noin 7 vuoden ajan. Talojen rakenteissa ei ole havaittu mitään negatiivisia yllätyksiä.

Toleranssien kasaantuminen ei ole johtanut riittämättömään tukipintaan, elementtien jälkikutistumisesta tai paikallisista jännitushuipuista teräsvälkkeiden kohdalla aiheutuvia halkeamia ei ole havaittu. Vierekkäisten, jännemitoiltaan eripituisten elementtien saumoihin ei ole tullut halkeamia, jäykistäviä seinä on ollut riittävästi ja ne on ankkuroitu rasituksen vaatimalla tavalla.

Tämän ei kuitenkaan ole syytä johtaa huolettomuuteen, sillä osa halkeamista on voinut jäädä piiloon, ja taloissa on ollut huoneistojen pienestä keskikoosta johtuen verrattain runsaasti kantavia ja jäykistäviä seinä. Vielä nytkin suositusta uudistettaessa on todettu rakenteiden ja detaljien yksityiskohtia, joiden toimintaa ei varmuudella tunneta. Tällaisiin selvittämättömiin kohtiin on pyritty, erikoisesti silloin, kun jotain rakennetta on muutettu, saamaan lisää tietoa VTT:llä suoritettujen koekuormitusten avulla.

Suurimpana vaarana näyttää rakennusaikana olevan rakennuksen runkoon kohdistuvat työ- ja nostokoneiden törmäykset ja iskut.

2. Välipohjajaelementit

2.1 Elementtien ominaisuudet

Suositus koskee Variax 5 ja Spiroll-ontelolaattoja ja 300 mm kor-

keata Nilcon-kotelolaattaa. Elementeistä käytetään tässä suosituksessa yhteistä nimitystä: pitkäläattaelementti.

Sisäasiainministeriö on myöntänyt kaikille em. elementeille tyyppihyväksynnän. Tyyppihyväksyntä koskee lujuutta ja palonkestävyyttä. Näin ollen ei elementtien piirustuksia ja laskelmia tarvitse viedä rakennustarkastajien hyväksyttäväksi. Tyyppihyväksyntä ei kuitenkaan koske elementtien tuentaa ja niiden kiinnikkeitä, eikä myöskään elementtien asennusta, joihin edelleenkin tarvitaan rakennustarkastajien hyväksyminen.

Elementtien valmistajat antavat kohdassa "Opastavia tietoja" lisätietoja elementtien ominaisuuksista ja käytöstä. Tässä kohdassa on esitetty mm. pitkäläattojen kantavuus- ja taipumakuvaajat sekä annettu tietoja lvi- ja sähköasennuksista. Samoin on esitelty "täydentäviä pitkäläattaelementtejä". Viimemainituilla tarkoitetaan elementtejä, joiden korkeutta, terästen sijaintia tai onteloiden lukumäärää on muutettu tai jotka on varustettu tehtaalla lämpö-, palo- tai äänieristyksellä erityistarkoituksia varten.

2.2 Välipohjajaelementtien suunnittelu

Yksittäisten vapaastituettujen elementtien ominaisuudet ja kuormituskapasiteetit murto- ja käyttörajatiloissa tunnetaan laskelmien ja koekuormitusten perusteella riittävällä varmuudella.

Elementit on mitoitettu valmistajien toimesta tietokoneohjelmilla, jotka laskevat sallitun tasaisen kuorman halkeama-, taiputusmurto- tai leikkausmurtorajatilan perusteella. Ohjelmissa on noudatettu betonirakenteita koskevia viranomaisohjeita.

3. Välipohjien rakennesuunnittelun tehtäväjako

Rakenteiden pääsuunnittelija lähettää elementtien valmistajan elementtisunnittelijalle tasopiirustukset, joihin on merkitty elementtien sijoitus, reiät ja elementeille tulevat kuormat.

Tasaisen kuorman lisäksi merkitään ei-kantavien väliseinien aiheuttamat viivakuormat, hormiryhmien kuormat jne. Rakennesuunnittelija merkitsee tasopiirustuksiin myös elementtien alustavan numeroinnin reikä- ja kuormitustietojen perusteella.

Jokaisesta elementistä tehdään lisäksi valmistuspiirustus merkitsemällä reikien ja kiinnikkeiden paikat ja koot valmistajan toimitamiin A4 kokoa oleviin kaaviopiirustuksiin.

Rakennesuunnittelun tehtäväjakoa on tarkemmin käsitelty kirjassa Betonielementtirakenteet. /1/

Rakenteiden suunnittelussa on pyrittävä noudattamaan tämän suunnitteluohjeen mallipiirustuksia ja suunnitteluperiaatteita sekä yleistä teknillistä tietämystä rakenteiden tarkoituksenmukaisen toiminnan varmistamiseksi.

4. Välipohjarakenteen toiminta

4.1 Yleistä

Välipohjarakenteen toiminnalla tarkoitetaan tässä elementeistä kootun ja saumatun välipohjan käyttäytymistä valmiissa rakennuksessa.

Rakenteen toiminta on riippuvainen yksittäisten elementtien ominaisuuksista, saumojen muodosta ja materiaalista, saumaräksistä, elementtien tuennasta, viiva- ja pistekuormien jakautumisesta, suurien reikien vaikutuksesta sekä välipohjaan liittyvien kantavien seinien ja ei-kantavien ulko- ja väliseinien jäykkyydestä ja kokoonpuristumisesta.

Välipohjarakenteen toiminnasta olevat tiedot ja päätelmät perustuvat laskelmiin ja koekuormituksiin. Edellytyksenä välipohjarakenteen yhtenäiselle toiminnalle on, että saumaustyö on huolel-

lisesti suoritettu ja että saumateräksiset ovat oikeilla paikoillaan. Kaikki elementtien väliset saumat olisi valettava mahdollisimman pian asennuksen jälkeen. Talviolosuhteissa on huolehdittava ja varmistauduttava saumalaastin riittävästä kovettumisesta.

4.2 Välipohjan toiminta vaakasuorana levynä

4.2.1 Rengasankkurit

Mitoitusohjeiden mukaan on jäykkänä levynä toimiva välipohja aina varustettava elementit toisiinsa yhdistävillä, lähelle välipohjan ulkoreunaa sijoitetuilla rengasankkuriteräksillä, jotka on mitoitettu kuormituksen määräämälle, vähintään 30 kN suuruiselle vetovoimalle. Teräslaatua A 400 H. $\sigma_s \leq 230 \text{ MN/m}^2$.

Välipohjalevy voidaan mitoittaa sen jälkeen, kun vaakasuorien kuormien jakautuminen seinille niiden jäykkyyksien suhteessa on suoritettu (kts kohta 7). Kun tukireaktiot tunnetaan, voidaan taivutusmomentit ja leikkausvoimat välipohjalevyn määräävissä kohdissa laskea.

Rengasankkurin teräksiä mitoitettaessa valitaan rakenteen tehollinen korkeus seinämien välistä palkkien teorian mukaisesti.

Rengasankkurin teräksiset voidaan sijoittaa välipohjan pitkälaattojen suuntaisilla reunoilla ei-kantavan ulkoseinäelementin ja pitkälaattaelementin väliseen saumaan. Teräksiä on oltava vähintään 2 kpl $\phi 10$, sauman leveys $\geq 80 \text{ mm}$ ja ulkoseinäelementti on kiinnitettävä tehokkaasti välipohjaan. Teräksiä ei saa jatkaa samassa leikkauksessa.

Kapeammassa saumoissa rengasankkurin teräksiset olisi sijoitettava ulkoseinältä lukien ensimmäisen ja toisen elementin väliseen saumaan.

Terästen jatkos- ja päättymiskohdissa saumalaastiin syntyvät halkaisujännitykset voidaan tällöin vastaanottaa elementtien reunoihin kohdistuvina puristusjäännityksinä. Kohdan 7.2 mukaiset saumateräksiset varmistavat lisäksi rengasankkurin toimintaa.

Kun teräksiset sijoitetaan pitkälaattojen väliseen ulompaan saumaan ja laskettu vetovoima on $\leq 30 \text{ kN}$, ei teräksien tarvitse olla läpipiikattavia. Tätä voidaan perustella sillä, että saumaterästen vetovoima siirtyy ulosvetokoiden mukaan luotettavasti elementteihin ja että elementtien esijännitysaiheutuvista jännityshäviöistä johtuen riittävästi kapasiteettia välipohjan reunalla vaikuttavan vetovoiman vastaanottamiseen. Päätyseinien kohdalla ja yleensä aina rengasankkuriterästen ollessa pitkälaattojen päädyn suuntaisessa saumassa on terästen oltava läpipiikattavia.

4.2.2 Saumojen leikkausjännitykset

Elementeistä koottu jäykistävä välipohjalevy voi menettää toimintakykynsä:

- rengasankkuriterästen saavuttaessa myötörajan
- saumojen leikkausmurtuman johdosta
- puristetun välipohjan osan murtuman johdosta.

Suuren rakennekorkeuden johdosta ei viimeinen vaihtoehto tule kysymykseen. Sensijaan molemmat ensin mainitut syyt vaativat erikoistarkastelun.

Ontelolaatoista kootun laattakentän levytoiminnan ja laattojen reunojen erilaisen profiloinnin vaikutuksen selvittämiseksi suoritettiin VTT:llä keväällä -77 koesarja, jossa 6 laattakentää kuormitettiin murtoon saakka. (kuva 1.).

Kokeiden perusteella totesi VTT:n Betoniteknikan laboratorio /2/:

”että siläreunaisista vain pituussuuntaisella vaarnalla varustetuista ontelolaatoista koottua laattakentää voidaan pitää yhtenäisenä levynä toimivana, kun seuraavien edellytysten todetaan olevan voimassa:

1. Sauman keskimääräinen leikkausjännitys käyttötilan mukaisilla kuormituksilla on enintään 0.10 MN/m^2 . Leikkausjännitys määritetään levyyn vaikuttavista tason suuntaisista voimista. Jos saumaan tulee lisäksi piste- tai viivakuormista syntyviä huomattavia pystysuoria leikkausjännityksiä, voidaan sauman

leikkausjännitys laskea levyn tason suuntaisen leikkausjännityksen ja levyn tasoa vastaan kohtisuoran leikkausjännityksen resultanttina, ellei näiden yhteisvaikutusta selvitetä erikseen tätä tarkemmin. (kuva 2.).

2. Rengasraudoitus todetaan tavallisilla mitoitusmenetelmillä riittäväksi kestämään levyn tason suuntaisesta taivutuksesta syntyvä vetovoima. Levyn puristuspuolella tulee olla sama rengasraudoitus kuin vetopuolella.

Erityisesti on syytä painottaa rengasraudoituksen tärkeyttä laattakentän lujuuden lisäämisessä.”

Saumoissa vaikuttavat leikkausjännitykset voidaan laskea kaavasta

$$\tau_{\max} = 1.5 \frac{V}{b \times h} \quad (1)$$

Ammattikirjallisuudessa on yleistynyt laskentaperiaate, jonka mukaan leikkausvoima jaetaan 45° kulmassa olevaan vinoon puristuskomponenttiin ja saumaan vastaan kohtisuoraan vetokomponenttiin. Vetokomponentin vaatima teräsmäärä voidaan sijoittaa tarkastettavaa saumaa vastaan kohtisuorassa olevaan elementtien väliseen saumaan. (kuva 3.).

Ontelolaatan toimintaa välipohjalevynä on käsitelty kirjoituksessa /3/.

Esimerkki: Lamellitalon välipohjan momentit ja leikkausvoimat. (kuva 22.)

Kuorma/kerros

$$\begin{aligned} \text{Välipohja } g &= 12 \times 38,6 \times 4 &&= 1.852,8 \text{ kN/kerros} \\ \text{väliseinät } (5 \times 12 + 2 \times 3,3) \times 11 &&= 732,6 \text{ „} \\ \text{pääty. } 2 \times 12 \times 14 &&= 336,0 \text{ „} \\ \text{ulkoseinät } 2 \times 38,6 \times 2,8 \times 0,73 \times 3,8 &&= 599,6 \text{ „} \\ \hline Q &= 3.521,0 \text{ kN/kerros} \end{aligned}$$

$$\text{Vaakas.lisäkuorma} = Q/100 = \frac{3521}{38,6 \times 100} = 0,91 \text{ kN/m/kerros}$$

Tuulikuorma $w_k = c_k \cdot q_k =$

$$\begin{aligned} 1,2 \times 0,66 &= 0,80 \text{ kN/m}^2 \\ 2,8 w_k &= 2,8 \times 0,80 &&= 2,24 \text{ „} \\ \hline q &= 3,15 \text{ kN/m/kerros} \end{aligned}$$

Jäykkyydet = I

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{0,18 \times 12,0^3}{12} = 25,92 \text{ m}^4 \times 3 = 77,76 \\ I_2 &= \frac{0,18 \times 5,0^3}{12} = 1,87 \quad \times 4 = 7,48 \\ I_3 &= \frac{0,18 \times 6,0^3}{12} = 3,24 \quad \times 4 = 12,96 \\ I_4 &= \frac{0,18 \times 3,1^3}{12} = 0,446 \quad \times 2 = 0,892 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \Sigma I_x = 98,2 \text{ m}^4 \\ \Sigma I_y = 0,892 \text{ m}^4 \end{array}$$

$$F_h = 3,15 \times 38,6 = 121,60 \text{ kN/kerros}$$

$$\text{Tukireaktiot} = \frac{I_i}{\Sigma I_i} F_h$$

$$A, D \text{ ja } G = 25,92/98,2 \times 121,60 = 32,10 \text{ kN}$$

$$B, C, E \text{ ja } F \ 1/4(121,60 - 3 \times 32,10) = 6,33 \text{ „}$$

Momentit

$$M_B = 32,10 \times 8,0 - 1/2 \times 3,15 \times 8,0^2 = 256,80 - 100,80 = 156,0 \text{ kN/m}$$

$$M_C = 32,10 \times 11,3 + 6,33 \times 3,3 - 1/2 \times 3,15 \times 11,3^2 = 182,52 \text{ „}$$

$$M_D = 619,39 + 71,35 + 51,36 - 1/2 \times 3,15 \times 19,3^2 = 155,43 \text{ „}$$

Leikkausvoimat

$$\text{TukiA } V = 32,10 \text{ kN}$$

$$\tau = 1,5 \times \frac{32,10}{0,25 \times 12} = 16,05 \text{ kN/m}^2 < 0,1 \text{ MN/m}^2 = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{TukiB } V_{\text{vas}} = 4,0 \times 3,15 - \frac{156,00}{8,0} = 12,60 - 19,50 = -6,90 \text{ kN}$$

$$\text{„ } V_{\text{oi}} = 1,65 \times 3,15 + \frac{182,52 - 156,00}{3,3} = 5,20 + 8,04 = +13,24 \text{ „}$$

$$\text{Tukic } V_{\text{vas}} = 5,20 - 8,04 = -2,84 \text{ „}$$

$$\text{„ } V_{\text{oi}} = 4 \times 3,15 - \frac{-155,43 + 182,52}{8,0} = +9,20 \text{ „}$$

$$\text{TukiD } V_{\text{vas}} = 12,60 + 3,40 = +16,00 \text{ „}$$

τ_{\max} on välipohjan keskellä tuella A

$$\tau_1 = 1,5 \frac{32,10 - 6,90}{12,00 \times 0,25} = 12,60 \text{ kN/m}^2$$

$$\tau_2 = 1,5 \frac{6,90}{12,00 \times 0,25} = 3,45 \text{ „}$$

$$T_1 = \tau_1 \times 1 \times h \times 0,5 = 12,60 \times 8,0 \times 0,25 \times 0,5 = 12,60 \text{ kN}$$

$$T_2 = \tau_2 \times 1 \times h = 3,45 \times 8,0 \times 0,25 = 6,90 \text{ „}$$

$$T_A = 2/3 T_1 + 1/2 T_2 = 8,40 + 3,45 = 11,85 \text{ kN}$$

T-voimat vastaanotetaan seinien päällä oleviin saumoihin sijoitetuilla teräksillä.

Päätyseinän rengas-ankkuriteräksiset on mitoitettava voimalle

$$30,0 + 11,85 = 41,85 \text{ kN, } (\sigma_s \leq 230 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2})$$

4.2.3 Vaakakuormien siirtyminen kantaville ja jäykistävälle seinille

Vaakasuoria kuormia ovat tuulikuorma /4/ ja vaakasuora lisäkuorma. (kts. 7.3).

Saksan DIN 1045 /5/ normin mukaan on kerrostalojen välipohjat mitoitettava kuvan 4 mukaiselle pilareiden ja seinien epäkeisyydestä ja vinoudesta aiheutuvalle kuormitustapaukselle.

Kuvan 4 kulman φ_1 arvo absoluuttisissa kulmayksiköissä on

$$\varphi_1 = \frac{1}{200 \times \sqrt{h_1}} \quad (2)$$

h_1 = laatan ylä- ja alapuolisen kerroskorkeuden keskiarvo.

Kaavasta laskettujen vaakasuorien kuormien johtaminen jäykistävälle pystyrakenteille on osoitettava. Ei kuitenkaan edelleen pystyrakenteiden kautta perustuksille. Kaavan mukaan vaikuttaa alempien kerrosten välipohjiin suurempi vaakakuorma kuin ylimpiin välipohjiin, mikä johtuu kantavien seinien suuremmasta vertikaalikuormasta.

Hollannin betoninormien /6/ mukaan on välipohjan siirrettävä neljän peräkkäisen seinän vinoudesta 1:300 aiheutuva vetovoima jäykistävälle rakenteille (kuva 5).

Erikoisesti korkeissa taloissa voi olla syytä tarkistaa päätyseinän kiinnittäminen välipohjaan ja edelleen jäykistävään seinään näillä kaavoilla.

Kantaville seinille siirtyvät vaakasuorat kuormat yleensä kitkan avulla. Nykyisissä rakennusmääräyksissä ei kuitenkaan ole annettu sallittuja kitkakertoimien arvoja. Tämän johdosta voidaan käyttää Ruotsin elementinormeissa /7/ annettuja kitkakertoimia, mikäli muuta ei osoiteta oikeammaksi.

betoni — betoni	0.9 (0.27)
betoni — teräs	0.6 (0.15)
teräs — teräs	0.5 (0.15)
betoni — bitumihuopa	0.8 (—)
betoni — synteettinen kumi	0.5 (—)
teräs — synteettinen kumi	0.4 (—)
teräs — teflon	0.2 (—)

Suluissa olevia arvoja käytetään silloin, kun kitkaa käytetään hyväksi stabiliteettia tai kantokykyä laskettaessa.

Siirrettävän vaakakuorman suuruus on yhtäsuuri kuin ko seinälle tuleva osa kerroksen kohdalla vaikuttavasta vaakakuormasta.

Kuorman siirtyminen on tarkastettava sekä seinän ylä- että alapuolisessa saumassa.

Rakennusta pituussuunnassa jäykistävälle, elementtien suuntaisille seinille, esim. porrashuoneen päätyseinille, tulee pystysuoraa kuormitusta usein niin vähän, että kitkavoima ei riitä vaakakuorman siirtämiseen.

Pitkälaattojen ja ei-kantavien ulkoseinäelementtien yhteistoimintaa pystykuormien vaikuttaessa selvittävien koeuormitusten tulosten perusteella voidaan VTT:n lausunnon mukaan /2/ laskea ulkoseinän saava kuorma alueelta, joka muodostaa 25° kulman laattojen suunnan kanssa. (Kuva 6.) Koska ulkoseinäelementtien taipuma kuormituksen aikana oli ≈ 0 , voidaan tuloksia käyttää myös pitkälaattojen suuntaisille jäykistävälle seinille tulevaa kuormaa laskettaessa. Laskelmissa voidaan kuormittavana alueena käyttää kolmiota, jossa korkeuden suhde kannan leveyteen on = 1:4, sivun kaltevuus siis 1:2 = $26,5^\circ$.

Laskettaessa vaakakuorman siirtymistä kitkan avulla saa pystysuoriin kuormiin laskea mukaan jäykistävää seinää vastaan kohtisuorassa olevan seinän pystykuorman jakautumislevyvedeltä 1:1, kuva 7. Jäykistävän seinän päällä olevaan saumaan sijoitettavat teräksiset mitoitetaan vähintään vastaavalle kitkavoimalle.

Käytettäessä sallittujen jännitysten menetelmää voidaan jäykistävälle seinälle siirtyvä vaakasuora kuorma laskea kaavasta:

$$Q_{\text{sall.}} = \mu \times N_{\text{min}} + A_t \times \sigma_t \quad (3)$$

Kaavassa on: μ = kitkakerroin,

A_t = sauman läpimenevien pystysuorien terästen pinta-ala, joilla on riittävä tartuntapituus = $35 \text{ d} + 10 \text{ cm}$ sauman molemmilla puolilla
 σ_t = sallittu teräsjännitys

Vetoa ottaviin teräksiin on tehtävä hitsaus- tai muu vetoa kestävä jatkos välipohjan yläpuolelle. (kuva 8.).

Mikäli teräksiä ei ole riittävästi ankkuroitu, voidaan ne laskea teräsvaarnoina, jolloin niille sallittu leikkausvoima saadaan kaavasta: /7/

$$Q_{\text{sall.}} = 1.1 \times d^2 \times \sqrt{\sigma_t \cdot \sigma_b} \times \frac{L_b}{L_0} \quad (4)$$

σ_t = teräksen sallittu jännitys
 σ_b = betonin sallittu jännitys (keskiarvo betoninormien -67 taulukon 2 ja 3 arvoista)
 L_b = vaarnan pituus
 $L_0 = 6 \times \phi + 2 \text{ cm}$
 $L_b / L_0 \leq 1$

Jos teräksiset ovat lähellä elementin reunaa on lisäksi tarkistettava, että

$$Q_{\text{sall.}} \leq 0,25 \times b \times x \times \sigma_p \quad (5)$$

σ_p otetaan taulukosta 3 (Betoninormit -67)

Vaarnan betonin sisään valettu pituus $L_b = 1.5 \times x$. (kuva 9.).

Vaarnoina voidaan käyttää seinän nostolenkkejä, joiden on ulottuva yläpuolisessa seinässä olevaan koloon.

Kaavat on testattu koeuormituksilla Ruotsissa.

Kun laskelmat suoritetaan rajatilaohjeen mukaan, voidaan vaakasauman leikkauskapasiteetti laskea kaavasta

$$V_u = 0.80 (A_c \sigma_c + A_{sv} f_{yd}) \quad (6)$$

missä A_c ja A_{sv} ovat sauman ja saumassa olevan poikkitsiraudoituksen pinta-alat sekä σ_c keskimääräinen saumaa vastaan kohtisuora puristusjäännitys. Niiltä osin kuin saumaa rasittaa sitä vastaan kohtisuora vetorasitus oletetaan σ_c nollassi.

Teräsmäärään A_{sv} saa laskea vain ne teräkset, jotka on ankkuroitu sauman molemmiin puoliin laskentalujuutta vastaavalle vetovoimalle, ja joita ei käytetä samanaikaisesti hyväksi muita kapasiteetteja laskettaessa.

4.3 Välipohjan toiminta pystysuorien kuormien vaikuttaessa

4.31 Taipumat hyötykuormista

Pitkälaattojen taipumat lyhytaikaisen, tasaisen kuorman vaikuttaessa voidaan laskea kaavasta:

$$a = \frac{5 \times qL^4}{384 E_{ck} \times I_I} \quad (7)$$

Kaavassa käytetään yksiköitä MN ja m.

Esimerkiksi 8.3 m:n jännemittaisen ontelolaatan taipuma 1 kN:n tasaisesta kuormasta on 1.0 mm = $L/8300$

Vastaavan Nilcon-laatan taipuma on 3.1 mm = $L/2680$.

Laskelmassa on oletettu betonin laaduksi K50, ontelolaatan hitausmomentiksi 0.00152 m⁴ ja Nilcon-elementin 0.00049 m⁴, molemmilla 4 \varnothing 1/2" n vaijeria.

Taipumat ovat siis varsin pieniä. Todellisuudessa ne ovat vieläkin pienempiä koska ulkoseinät ja jäykistävät seinät toimivat osittain laataston tukina ja lisäksi laattojen kiinnitysmomentti pienentää taipumaa.

4.32 Alkutaipuma ja hiipuma

Esijännityksen johdosta saavat elementit alkutaipuman ylöspäin. Hiipuman johdosta taipuma ylöspäin kasvaa vielä asennusvaiheen jälkeen.

Senjohdosta, että hiipumasta johtuva taipuma tapahtuu ylöspäin, voidaan tehdä kaksi tärkeää päätelmää:

- Laattojen kiinnitysmomentteja tarkasteltaessa tarvitsee ottaa huomioon vain hyötykuorman vaikutus
- Ei-kantavat ulkoseinät saavat kuormitusta vain hyötykuormista.

Varjopuolena voidaan pitää sitä, että stabiiliteettia laskettaessa saadaan laattojen suuntaisille jäykistävälle seinille vähemmän pystykuormaa kuin paikalla valetuissa rakennuksissa.

4.33 Viiva- ja pistekuormien jakautuminen

Vuonna -71 VTT:llä suoritettujen kokeiden perusteella saatiin kolmen vierekkäin asennettuna 7.2 m pitkän laatan reunimmaista laatata keskeisesti kuormitettaessa kuvassa 10 esitetyt tulokset. Tulok- sista voidaan laskea saumoissa vaikuttava pystysuora leikkausjännitys.

Oletetaan reunimmaisen laatan kuormaksi 2 kN/m²

Ontelolaatalta viereisille elementeille siirtyy kuormasta 60 % = 1.44 kN/m, jota vastaava leikkausjännitys $\tau = 0.0057$ MN/m².

Nilcon-laatoilta siirtyy viereisille elementeille 42 % = 1.0 kN/m, jota vastaava leikkausjännitys $\tau = 0.010$ MN/m² (sauman toimiva korkeus 10 cm).

Eräissä Ruotsissa suoritettussa kokeessa saatiin ontelolaatan sauman leikkausmurtolujuudeksi 0.065 MN/m².

Kohdassa opastavia tietoja on annettu ohjeita viiva- ja piste- kuormien jakautumisesta sekä reikien vaikutuksesta välipohjalaa- tastoien kuormitusten jakautumiseen.

5 Välipohjan ja seinän risteys

5.1 Tutkimustuloksia

Seinien ja välipohjaelementtien risteuksen toiminta on erittäin vai- kea täydellisesti selvittää. Tämä johtuu seinien, laattaelementtien ja

saumabetonin erilaisista kimmomoduleista, kosketuspintojen epä- tasaisuudesta ja välipohjien kutistumisesta, hiipumasta ja kiinni- tystymomenteista aiheutuvista rasituksista.

Useissa eri tutkimuslaitoksissa suoritetuissa kokeissa on riste- yksen murtumisen syyksi todettu seinän ylä- tai alapään halkea- minen (Kuva 11.)

Julkaisussa /8/ on selostettu Länsi-Saksassa laskennallisesti suoritettua, laajaa tutkimusta välipohjaelementtien- seinän risteys- sen jännitystilasta. Laskelmat suoritettiin tutkimusta varten laadi- tulla tietokoneohjelmalla. Muuttujina olivat: välipohjaelementtien tuennan pituus (tuen syvyys), elementtien ja saumabetonin kimmom- odulien suhde, elementtien päiden ja saumabetonin kosketus- pinta (halkeamaton tai haljennut), erilaiset seinä- ja välipohjale- menttien paksuudet, vaakasauman paksuudet, välipohjan kiinni- tystymomentti ja epäkeskeisesti vaikuttava kuorma. (Kuva 12a).

Laskelmissa oletettiin betonin käyttäytyvän kimmoisesti.

Eri pisteissä vaikuttavien jännitysten perusteella laskettiin seinän ala- ja yläpäässä vaikuttavat vaakasuorat vetovoimat.

Tutkimuksen perusteella tekivät tutkijat seuraavat päätelmät:

- seinä- ja välipohjaelementtien ja puskusauman kimmomodu- lien eroavuuden on oltava mahdollisimman pieni
- kantokyky on riippuvainen seinien ala- ja yläpään vetolujuu- desta.
- risteuksen kantokykyä voidaan nostaa (16–30 %) raudoitta- malla seinän ala- ja yläpää tiheällä poikkitsiraudoituksella (\varnothing 6 k 200)

Lisäksi osoittivat laskelmat että:

- kiinnitysmomentti aiheuttaa vetoa vain yläpuolella olevaan seinään
 - seinän samoin kuin laatan paksuuden kasvaminen lisäsi jon- kin verran seinien päiden vetojännityksiä
 - samaan suuntaan vaikutti välipohjaelementtien tukisyvyiden kasvaminen
 - vaakasaumojen kimmomodulien kasvaminen ja saumojen pak- suuden oheneminen pienensi seinien vetojännityksiä
 - saumabetonin halkeaminen kasvatti em vetojännityksiä
 - samoin vaikutti saumabetonin pieni kimmomoduli
 - myös risteuksen epäkeskeisyys aiheutti seiiniin vetojännityksiä
- Kuvassa 12 b on esitetty saumabetonin ja välipohjaelementtien kimmomodulien suhteen vaikutus pystysuoriin jännityksiin ja ku- vassa 13 vastaava vaikutus vaakasuoriin jännityksiin.
- Kuvasta 13 havaitaan, että silloin kun puskusauma ei ole auen- nut, vaikuttaa yläpuolella olevan seinän alapäässä vaakasuora pu- ristusjännitys. Sauman halkeamisen jälkeen siirtyy vaakasuora ve- tojännitys risteysalueelta seinän alareunaan.

Jännitysdiagrammeista voidaan todeta myös heikon saumabe- tonin epäedullinen, seinän vetojännityksiä suurentava vaikutus.

DIN 1045 täydennyksen v-75 mukaan saadaan element- tiseinälle ilman nurjahdusta sallitun kuorman redusointikerroin $\alpha = 0.5$ nostaa arvoon $\alpha = 0.6$, jos seinän ala- ja yläpää raudoitetaan

5.2 Betoniseinän kuormakapasiteetti

Rajatilaohjeen mukaisesti on raudoittamattoman seinän kuormi- tuskapasiteetti hoikkuudesta aiheutuva lisäepäkeskeisyys huomi- oon otettuna

$$N_u = f_{cd} \times 1.0 (h-2 (e_j + e_a)) \text{ MN/m} \quad (8)$$

esim. $f_{cd} = K25-1 = 8.8$ MN/m²

$L_c = 2.50$ m

$h = 0.18$ m

$e_j + e_a = 0.0278$ m

$N_u = 8.8 \times 1.0 (0.18 - 2 \times 0.0278) = 1.095$ MN/m

5.3 Välipohjien väliseinien risteuksen kuormituskapsiteetti (nurjahdusta ei oteta huomioon)

Ontelolaattojen- väliseinien risteyksessä siirtyy pystykuorma osit- tain ontelolaattojen päätyreunojen ja osittain saumabetonin kautta

alemmalle seinälle. Risteykselle sallittu kuorma voidaan em. DIN normien periaatetta soveltaen laskea kaavasta

$$N_{up} = 0.5 \times f_{cd} \times A_c \quad (9)$$

Esim. Betoni K25-1

$$N_{up} = 0.5 \times 8.8 \times 0.18 \times 1.0 = 0.792$$
 MN/m, siis $< N_u$

Nilcon-elementtiä käytettäessä voidaan tehdä oletamus, että pystysuora kuorma kulkee kokonaan paikallavaletun saumabe- tonin kautta. Tätä voidaan perustella sillä, että elementtien alle ei asennusvaiheessa levitetä laastia, joten niiden kohdalle voi vaaka- pintojen epätasaisista kosketuskohdista johtuen syntyä jännitys- huippuja, joiden kohdalla betoni puristuu kokoon jännityksen kas- vaessa, jolloin kuorma siirtyy saumabetonille.

Paikallavalun pinta-ala on $0.83 \times 0.14 = 0.116$ m² = 53.8 % vastaavasta seinän pinta-alasta.

Kun kuorma näin voi siirtyä kimmomoduliltaan tasalaatuisen saumabetonin kautta, ei kuorman redusointi kertoimen avulla enää ole tarpeellista.

Kun paikallavalun pinta-ala pyöristetään = 50 % vastaavan seinän pinta-alasta, voidaan risteuksen kuormituskapasiteetin las- kemiseen käyttää kaavaa (9).

Kun paikallavalun jännitys $\leq f_{cd}$, ei paikallisen puristusrasituk- sen johdosta tarvita halkaisuraidoitusta.

Kuormakapasiteetti 0.792 MN/m vastaa ontelolaattoja käytet- täessä n. 11–12 kerroksen kuormaa ja Nilcon-laattoja käytettä- essä 13–14 kerroksen kuormaa, kun kuormittavien laattojen jän- nemitat ovat n. 7.0 m. Kapeiden ovipilareiden kohdalla saavute- taan kapasiteetti huomattavasti aikaisemmin. Seinäristeyksen ka- pasiteettia voidaan nostaa käyttämällä seiiniin ja saumabetoniin korkeamman lujuusluokan betonia tai raudoittamalla seinien päät.

5.4 Sähköputkien asennus välipohjan seinän risteukseen

Ontelolaatta-Välipohja

Oletetaan, että sähköputket täyttävät elementtien välisen tilan ko- konaan ja pystysuora kuorma menee yksinomaan ontelolaattojen reunojen kautta. Kun tukipintojen syvyys = a min = 4 cm ja be- toni K25-1, saadaan

$$N_{up} = 8.8 \times 1.0 \times (0.04 + 0.04) = 0.704$$
 MN/m eli 88.5 % ilman sähköputkia olevan risteuksen kapasiteetista

Nilconelementti-välipohja

Koska edellä olevan mukaisesti pystysuorakuorma kulkee risteyk- sen kohdalla pelkästään saumabetonin kautta, on sähköasennus- putkien tarvitsema pinta-ala A_p vähennettävä tehollisesta pinta- alasta.

$$N_{up} = f_{cd} (A_c \text{ sauma} - A_p) \quad (10)$$

Esim. putkien ottama tila $A_p = 0.04 \times 0.83 = 0.033$ m²

$N_{up} = 8.8 (0.116 - 0.033) = 0.73$ MN/1.2 m = 0.608 MN/m

Tämä vastaa noin 10–11 kerrosta korkealta asuinkerrostalolta vaadittavaa kuormituskapasiteettia, kun laattojen jm:t ovat n. 7.0 m.

Sähköputkivetoja ovipilareiden kohdalla on korkeissa taloissa vältettävä.

5.5 Koekuormitus

Kantavan seinän päällä olevaan ontelolaattojen väliseen saamaan sijoitettujen sähköputkien vaikutuksen selvittämiseksi seinän kan- tokykseen suoritettiin VTT:llä kesällä -78 koekuormituksia.

Liitoksessa korvattiin välipohjaelementit noin 1.0 m:n pituisilla laattaulokkeilla, (kuva 14). Risteystä kuormitettiin ensin 180 kN:n keskeisellä pystykuormalla, joka vastaa noin 4–5 kerroksen kuor- maa laattojen jännemitan ollessa n. 7.0 m.

Tämän jälkeen kuormitettiin laattaulokkeita siten, että niiden kulman muutos tuella oli = 7.0 m pitkän laattaelementin hyöty- kuormasta 15kN/m² saama kulman muutos.

Koejärjestelyt ja tulokset

Koesarja 1. Puskusauma betonoitu, ei putkia.

Koesarja 2. Puskusauman yläosassa 4 sähköputkea $\varnothing 15$ mm

Koesarja 3. Puskusauma tyhjä

Koesarjoissa 1 ja 2 aiheutti ulokelaattojen kuormitus laattoihin

tukien viereen pystysuorat halkeamat. Pystykuormitusta voitiin vielä tämän jälkeen lisätä.

Koesarjassa 3, kun ulokelaattoja alettiin kuormittaa, halkesi yläpuolella oleva seinä, laattojen alareunat eivät siirtyneet.

Koekuormitustulosten perusteella voidaan sähköputket asentaa sauman yläosaan, tai sauman korkeuden keskimmaiselle kolmas- osalle.

5.6 Laatan kiinnitysmomentti

Suoritettujen koekuormitusten perusteella tiedetään, että välipohja- elementtien kuormitus aiheuttaa niihin kantavien seinien kohdalla lähes täyden kiinnitysmomentin. Kohdan 4.32 mukaisesti saadaan laskelma suorittaa vain hyötykuormalle.

Esimerkiksi 8.3 m:n jännemitalla aiheuttaa kiinnitysmomentti 8.65 kNM kuormasta 1.5 kN/m² ontelolaatan yläpintaan 0.90 MN:n/m² ja Nilcon-elementin yläpintaan 2,60 MN/m² taivutusve- tojännitykset.

Rajatilaohjeen mukaan saa halkeamakapasiteetin laskea taivu- tsmomentin rasittamissa rakenteissa käyttötilassa kaavasta:

$$M_r = 1.7 W \times f_{ctd} \quad (11)$$

Betonille K50 voidaan siis käyttää taivutusvetolujuuden arvoa $1.7 \times 1.34 = 2.28$ MN/m²

Jännitettyjen betonirakenteiden normien /9/ mukaan on betonin taivutusvetolujuus

$$f_{ctd} = 0.4 \sqrt{f_{ck}} \quad (12)$$

betonille K50 on /9/ :n mukaan

$$f_{ck} = 45 \text{ MN/m}^2 \text{ ja } f_{ctd} = 2.68 \text{ MN/m}^2$$

Yllä olevan tarkastelun perusteella on mahdollista, että ele- mentteihin syntyy tukien kohdalla pystysuoria taivutusvetohal- keamia pitkällä jännemitoilla.

5.7 Leikkauskestävyys kiinnitetyllä tuella

Taivutushalkeamien syntyminen ei kuitenkaan merkitse leikkaus- murtovaaraa, jos leikkauskestävyys voidaan osoittaa terästen vaarnavaikutuksen avulla.

Teräsvaarnoina toimivat tuelle ulottuvat pitkälaattojen alapin- nan teräkset, siis esijännitysvaijerit ja saumateräkset. Sallittujen jännitysten menetelmää käyttäen voidaan teräsvaarnojen ottama leikkausvoima laskea kaavan (4) avulla.

Esimerkki.

Ontelolaatat jm 8.0 m, $q = 2.0$ kN/m², esijännitysvaijerit 4 \varnothing 12 saumateräs 1 \varnothing 12

Koska kaavaa ei ole testattu koekuormituksilla esijännitysvaije- reille, käytetään niiden jännitykselle verrattain pientä arvoa 5000 kp/cm²

$$V = 1.2 \times (2.0 + 4.0) \times 4.0 = 28.8 \text{ kN} = 2882 \text{ kp}$$

Esijännitysvaijeri \varnothing 12:

$$V_{sall} = 1.1 \times 1.2^2 \sqrt{5000 \times 135} \times \frac{5.5}{9.2} = 778 \text{ Kp}$$

Betonille K50 on käytetty jännitystä $\sigma_b = 1/2 \times (150 + 120) = 135$ Kp/cm²

$$L_o = 6 \times 1.2 + 2 = 9.2 \text{ cm}$$

Saumateräs \varnothing 12:

$$V_{sall} = 1.1 \times 1.2^2 \sqrt{2300 \times 82.5} \times 1.0 = 690 \text{ Kp}$$

$$\sigma_b = 1/2 \times (92 + 73) = 82.5 \text{ Kp/cm}^2$$

$$L_b/L_o = 1.0$$

$$\Sigma V_{sall} = 4 \times 778 + 690 = 3802 \text{ Kp}$$

Chalmers'in Teknisellä Korkeakoululla on suoritettu koekuor- mituksia ja tutkimuksia alapinnan raudoituksella varustettujen, massiivisten teräsbetonilaattojen leikkauskestävyydestä kiinnite-

tyllä tuella. Suoritetuissa koekuormituksissa syntyi ensimmäinen lähes pystysuora halkeama aina kiinnitetylle tuelle aivan tuen reunaan. Tämän jälkeen tuet toimivat nivelinä. Kuormitusta lisätessä tapahtui murto taivutusmurtona jänteen keskellä.

Tutkimusten perusteella on päädytty seuraaviin teräsvaarnan leikkauskapasiteetin kaavoihin murtotilassa.

Yksiköt SI-yksikköjä /10/

$$V_u = \sigma^2 \sqrt{K_f y_k} \quad (13)$$

$$V_u = 5\phi (h-\phi) f_{ctd} \times 1.7 \quad (14)$$

Jälkimmäinen kaava tulee määrääväksi ohuissa laatoissa. Sijoittamalla arvot saadaan saumateräkselle:

$$V_u = 0.012^2 \sqrt{25 \times 400} = 0.0144 \text{ MN}$$

Ja esijännitysivaijerille:

$$V_u = 0.012^2 \sqrt{50 \times 500} = 0.0228 \text{ MN}$$

Edellyttäen samaa ankkurointipituudesta johtuvaa redusointi-kerrontaa L_b/L_o kuin kaavassa (4) ja kokonaisvarmuuskerrontaa 1,75, saadaan kaavaan (4) antamia sallittuja leikkausvoimia vastaavat tulokset.

Jos pitkälaatoissa on lähellä tukea kiinnitysmomentin alueella reiän tai syvennyksen aiheuttama heikennys, voi halkeama syntyä heikennettyyn kohtaan. Tästä on seurauksena terästen lohkeaminen irti laatasta, joten murto tapahtuu yhdistettynä taivutus- ja leikkausmurtona tuella. (kuva 15.)

Jotta taivutushalkeama saataisiin syntymään välittömästi tuelle, tulisi ontelolaatan reiät pyrkiä ulottamaan kantavan seinän reunaan asti. Tällöin voivat alapinnan teräkset toimia vaaroina. Mikäli näin ei voida tai haluta menetellä, on tarkistettava, että yläpinnan taivutusvetojännitys reiän heikentämällä kohdalla on pienempi kuin tuen reunalla.

Nilcon-elementin nostolenkkejä ei voida ottaa mukaan terästen vaarnavaikutusta tarkastettaessa, koska ne ovat lähellä yläpintaa ja saavat välipohjan taipuessa vetojännitystä.

Reunapalkkien päihin ei saa tehdä heikennyksiä seinäristeyksen kohdalla.

Nilcon-elementin kiinnittyminen tuella ja siten myös mahdollisten taivutushalkeamien syntyminen voidaan estää irrottamalla reunapalkkien päiden ylä-, pääty- ja sivupinnat saumabetonista kimmoisalla materiaalilla.

5.8 Leikkauskapasiteetti tuella

Pitkälaatan leikkauskapasiteetti tuella voidaan laskea esimerkiksi /9/:n mukaan kaavasta

$$V_c = 0.4 f_{ctd} \times b_w \times d \quad (15)$$

On todettava, että kaavassa on otettu huomioon vain betonin leikkauskapasiteetti. f_{ctd} lasketaan kaavasta 12.

Edellä olevassa esimerkissä saadaan ontelolaatan leikkauskapasiteetiksi

$$V_{cu} = 0.4 \times 2.68 \times (1.16 - 5 \times 0.185) \times 0.265 = 0.067 \text{ MN}$$

Vastaava leikkausvoiman laskenta-arvo on

$$V_d = 1.2 \times (1.35 \times 0.004 + 1.60 \times 0.002) \times 4.0 = 0.0413 \text{ MN}$$

Nilcon laatalle saadaan vastaavasti

$$V_{cu} = 0.4 \times 2.68 \times 2 \times 0.085 \times 0.246 = 0.0448 \text{ MN ja}$$

$$V_d = 1.2 (1.35 \times 0.0025 + 1.60 \times 0.002) \times 4.0 = 0.0316 \text{ MN}$$

6. BES-suosituksen liitosten tarkastelu

6.1 Seinien liitokset

Liitokset 12, 13a ja 13b

Kun peräkkäisiä seinäelementtejä liitetään yhdessä toimivaksi rakenteeksi, on saumassa vaikuttavan leikkausvoiman vetokomponentti vastaanotettava teräksillä. Teräkset voidaan sijoittaa keskitetysti välipohjien korkeudelle tai tasaisin välein pystysuomaan. Vetokomponentit voidaan kuvan 3 mukaan otaksua leikkausvoiman suuruiseksi, kun puristuskomponentin kaltevuudeksi oletetaan 45°. Terästen sijoittaminen pelkästään välipohjan korkeudelle edellyttää liitettäviltä seiniltä riittävää jäykkyyttä. Jos samassa saumassa vaikuttava leikkausjännitys on $< 0,1 \text{ MN/m}^2$, riittää seinän leveydeksi n. 1/2 kerroskorkeudesta. Seinien reunoissa on oltava pieliteräkset $\geq 2\phi 8$.

Saksan DIN-normien 1045 mukaan on leikkausvoiman puristuskomponentti vastaanotettava betonivaarnoilla, jos saumassa vaikuttava leikkausjännitys $> 0.2 \text{ MN/m}^2$.

Peräkkäin asennettujen seinien pystysaumojen leikkauskestävyyttä on paljon tutkittu. Yhteenveto eri tutkimuksista on esitetty lähteessä/8/. Leikkauskestävyyden laskemiseksi suositellaan kaavaa

$$\tau_u = \sqrt{\beta_p \cdot \frac{B}{F_u} \cdot (a + b (u\beta_s + \sigma_N))} \quad (16)$$

Kaavan merkinnät selviävät kuvasta 16. Normaalitypauksessa voidaan a:n arvoksi ottaa 0.4 ja b:n arvoksi 0.44. ($u\beta_s + \sigma_N$) = σ_x

Esimerkki

Liitoksen 12 mukainen vaarhaus ja saumateräkset 2 $\phi 12$ välipohjan korkeudella, sauman betoni K25-2.

$$\frac{B}{F_u} = \frac{7.5 \times 7.5}{10 \times 15} = 0.375$$

$$\sigma_x = \frac{2 \times 1.13}{10 \times 250} \times 4000 = 3.6 \text{ kp/cm}^2$$

Käyrästöstä saadaan

$$\tau_u/\beta_{sz} = 0.86 \text{ ja } \tau_u = 13.2 \times 0.86 = 11.2 \text{ kp/cm}^2$$

Samassa lähteessä on esitetty toinenkin leikkauskestävyyden kaava, joka on peräisin CIB:n työryhmän "Tragende Wände" raportista vuodelta -73.

$$\tau_u = 0.09 \beta_p \times \frac{B}{F_u} + u\beta_s + \sigma_N \quad (17)$$

Sijoittamalla edellisen esimerkin arvot, saadaan

$$\tau_u = 0.09 \times 175 \times 0.375 + 3.6 + 0 = 9.5 \text{ kp/cm}^2$$

Esimerkki

Liitoksen 13a mukainen sauma, sauman betoni K25-2, jossa on 6 $\phi 8$ teräslenkkiä ja välipohjan kohdalla 1 $\phi 12$. Kuvan 16 käyrästöstä saadaan

$$\frac{B}{F_u} = 0, \sigma_x = \frac{6 \times 1.0}{13 \times 250} \times 2200 + \frac{1.13}{13 \times 250} \times 4000 = 5.45 \text{ kp/cm}^2$$

$\tau_u/\beta_{sz} = 0.26 \text{ kp/cm}^2$ ja $\tau_u = 3.4 \text{ kp/cm}^2$, edellyttäen, että teräslenkeille olisi voitu sallia myötöraajajännitys. Jos teräslenkit olisivat terästä A400, $r = 5\phi$ ja $\sigma_s = 320 \text{ kp/cm}^2$ saataisiin $\tau_u = 4,5 \text{ kp/cm}^2$

Liitokset 14, 15a ja 15b

Toisiaan vastaan kohtisuoraan sijoitettujen seinien, poikkileikkaus L- tai T-profiili, leikkauskestävyyttä on tutkittu hyvin vähän. Em. lähteessä ei ole annettu kaavaa leikkauskestävyydelle. Raudoitukseksi suositellaan saumaan sijoitettuja teräslenkkejä, (kuva 17).

Lenkkiliitokset

Lenkkiliitoksen vetovoimakapasiteetti voidaan laskea Rajatila-ohjeen kaavasta

$$2F_{bu} = 2r \phi f_{cd} \sqrt{\frac{S}{\phi}} \leq 6 r \phi f_{cd} \quad (18)$$

S = päällekkäisten, samaan liitokseen kuuluvien lenkkien etäisyys

F_{bu} = lenkin ankkurointikapasiteetti leikettä kohti

Kaavan mukaan on lenkkiliitoksella maksimivetoisuus silloin, kun

$$\sqrt{\frac{S}{\phi}} = 3 \text{ eli } S = 9 \phi$$

Lähteen /11/ mukaan vaikuttaa teräslenkkien keskinäisen etäisyyden vaihtelu välillä 4 ϕ - 12 ϕ hyvin vähän liitoksen kestävytyteen.

Lenkin aiheuttamaksi halkaisuvoimaksi otaksutaan 25 % lenkeissä vaikuttavan voiman summasta. Halkaisuvoiman vastaanottamiseksi ja halkeamien pienentämiseksi on lenkkien lävitse pujoitettava pystysuora teräs $\phi \geq 8$

Koska lenkin vetovoimakestävyys on verrannollinen sen sisäpuoliseen taivutussäteeseen r , on se pyrittävä valitsemaan riittävän suureksi.

Esimerkki

Teräs $\phi 8$, $r = 4\phi = 32 \text{ mm} = 0.032 \text{ m}$
betoni K25-2

$$2F_{bu} = 6 \times 0.032 \times 0.008 \times 8.1 = 0.0124 \text{ MN}$$

$$\text{Teräksen jännitys } \sigma_s = \frac{0.0122}{0.00010} = 122 \text{ MN/m}^2$$

Valitsemalla $r = 5\phi = 40 \text{ mm}$ saadaan

$2F_{bu} = 0.0160 \text{ MN}$ ja $\sigma_s = 160 \text{ MN/m}^2$ pienempi kuin teräksen A220 laskentalujuus

Lenkin sisäpuolisen säteen tulisi aina olla $\geq 4\phi$

Koukkuliitokset

Koukkuliitoksella saadaan kuvan 18 mukaan tartuntapituus $l_h = k_h + 2r = 10 \times \phi + 2 \times 3\phi = 16\phi$

Koukun sisäpuolisen taivutussäteen olisi oltava $\geq 3\phi$.

Esimerkki

Teräs $\phi 8$, betoni K25-2

$$F_{ku} = \frac{l_h}{l_{bo}} \times F_u = \frac{0.128}{0.310} F_u = 0.41 F_u$$

Käyttämällä lisävarmuuskerrontaa 2.0 saadaan $F_{ku} = 0,205 F_u$.

Koukkuterästen leikkauskestävyys voidaan tarkistaa myös teräsvaarnan kaavalla (4)

Liitoksien 14, 15a ja 15b mukaisia koukkuliitoksia voidaan käyttää silloin, kun halutaan laskea seinät 3 tai 4:ltä sivulta tuetuna. Liitoksia on oltava vähintään 2 kpl, siis seinän 1/3 pisteissä. Teräkset mitoitetaan vaakavoimalle, jonka suuruus on 1/100 jäykistettävän seinän kuormasta.

Liitoksia voidaan käyttää myös jäykistävinä rakenteina toimivien seinien tai seinäprofiilien saumoissa silloin, kun niissä vaikuttava leikkausvoima on pieni. Kun koukkujen kapasiteetti ei riitä, on siirryttävä lenkkiliitoksiin.

6.2 Välipohja-välipohja

Liitokset 16 ja 24

Suoritetuissa koekuormituksissa ovat laattalementtien väliset saumat yleensä siirtäneet pystysuoran kuormituksen sauman yli

halkeilematta. Varsinaista sauman murtolujuuden selvittämistä on tietävästi tehty vain yksi koekuormitus, se tehtiin Ruotsissa Spiroll-laatoilla. Leikkausjännitys oli sauman murtuessa 0.16 kN/cm eli n. 0.064 MN/m². Verrattain pieni arvo, mutta kuitenkin riittävä, kun verrataan sitä jännitykseen, joka syntyy, kun 50 % laatan hyötykuormasta 2.0 kN/m² siirtyy sauman yli

$$\tau = \frac{0.001 \times 1.2}{1.0 \times 0.25} = 0.0048 \text{ MN/m}^2$$

Saumateräkset, kts. kohta 7.2

6.3 Porrashuoneen seinä-välipohja

Liitokset 18 ja 26

Juotosbetonin ja pitkälaattojen erilaisesta kimmomodulista johtuen on kuorman asema epäkeskeinen. Lisäksi aiheuttaa vain seinän toisella puolella oleva välipohja liitoksen kiinnitysmomentin. Tämän johdosta on tarpeellista tehdä seinän kuormakapasiteetista erikoistarkastelu, samoin mahdollisten vetojännitysten esiintymisestä vaakasauamassa. Risteyskohdan epähomogeenisuuden johdosta riittää kiinnitysmomenttien laskemisessa likimääräinen menetelmä.

Tarkastellaan liitosta esimerkin avulla. Oletetaan, että liitos sijaitsee ensimmäisen kerroksen katon korkeudella 7-kerroksisessa asuinrakennuksessa. (Kuva 19.)

Kiinnitysmomentit:

$$\text{Jäykkyydet: } k = \frac{I}{L}$$

$$k_L = \frac{1}{1.2} \times \frac{1}{10.0} \times 0.00152 = 0.000126$$

$$k_s = \frac{1}{2.8} \times 0.000486 = 0.000173$$

Laatan kiinnitysmomentti hyötykuormasta

$$M_{kiinn.} = \frac{1}{12} \times 1.5 \times 10.0^2 \times \frac{2 \times 173}{2 \times 173 + 126} = 9.2 \text{ kNm}$$

$$M_s = \frac{1}{2} M_{kiinn} = 4,6 \text{ kNm}$$

Seinäkuormat

$$N_g = 0.243 \text{ MN/m}$$

$$N_q = \frac{0.021 \text{ MN/m}}{0.263 \text{ MN/m}}$$

Epäkeskeisyyden laskeminen, saumabetonin kutistumista ei huomioida. Kuorman oletetaan risteyskohdassa jakautuvan kimmomodulien suhteessa saumabetonille ja ontelolaatalle. (kuva 19b).

Kimmomodulit:

Ontelolaatta

$$E_l = \frac{1}{1.30} \times 5700 \sqrt{50} = 31000 \text{ MN/m}^2 \text{ (1 lk)}$$

saumabetoni K 25-2

$$E_s = \frac{1}{2.00} \times 5700 \sqrt{25} = 14250 \text{ MN/m}^2 \text{ (2 lk)}$$

$$N_L = \frac{E_L \times 65}{E_L \times 65 + E_s \times 115} \times 0,263 = 0,1450 \text{ MN}$$

$$N_s = 0,263 - 0,145 = 0.1180 \text{ MN}$$

$$M_e = 0.145 \times 0.0575 - 0.118 \times 0.0325 = 0.00450 \text{ MN/m}$$

$$M_s = \frac{0.00460 \text{ MN/m}}$$

$$M_{e1} = 0.00910 \text{ MN/m}$$

$$\sigma_c = \frac{0.26300}{1.0 \times 0.18} \pm \frac{0.0091}{0.0054} = 1.46 \pm 1.685 = + 3.14 \text{ MN/m}^2 - 0.14 \text{ MN/m}^2$$

Esimerkkilaskelman verrattain pitkästä välipohjan jännemittasta johtuen saatiin saamaan pieni vetojännitys.

Laskelman mukaan on mahdollista, että laatan alapuolella oleva sauma avautuu porrashuoneen puolella tapauksissa, joissa pitkälaattalla on pitkä jännemitta ja seinän kuormitus on pieni, siis ylemmissä kerroksissa. Tämän johdosta on syytä harkita sauman viistämistä tai sisään vetämistä, samoin kovemman ja ehkä kutistumattoman saumabetonin käyttämistä tai seinäelementin yläpään varustamista tartuntateräksillä.

Seinän kuormituskapasiteetti

$$e_i + e_a \approx 0.028 \text{ m}$$

$$e_1 = \frac{0.0091}{0.263} = 0.035 \text{ m}$$

$$e_2 \sim 0$$

$$e_d = 0.028 + 0.6 \times 0.035 = 0.049 \text{ m}$$

$$N_u = 8.8 \times 1.0 \times 0.18 \left(1 - \frac{2 \times 0.049}{0.18} \right) = 0.722 \text{ MN/m}$$

$$N_d = 1.35 \times 0.243 + 1.6 \times 0.021 = 0.362 \text{ MN/m} < N_u$$

6.4 Kantava päätyseinä-välipohja

Liitokset 21 ja 29

Liitoksen ja kuormituskapasiteetin tarkastelu voidaan suorittaa edellä esitetyn mukaisesti.

Laattojen saumoihin sijoitetut teräkset kiinnittävät päätyseinän välipohjaan.

Pystyteräkset $\# \geq 12$ kiinnittävät seinän alareunan.

6.5 Jäykistävä seinä-välipohja

Liitokset 19, 19 a, 27 a, 27 b

Vaakasuurien kuormien siirtyminen seinän ala- ja yläpäähän kohdalla on tarkistettava rakennuksen vakavuuslaskelmien yhteydessä. Tarpeen vaatiessa voidaan käyttää pystysuoria teräksiä, jotka toimivat joko vetoteräksinä tai teräsvaarnoina. Kts. myös kohta 4.2.3. Erikoisesti ylemmän seinän saamaa vastaan olevan pinnan vaarnausta voidaan myös harkita. Alemman seinän yläpintaan voidaan nostolenkkien lisäksi sijoittaa tartuntateräksiä.

6.6 Kevyt ulkoseinä - kantava väliseinä

Liitos voidaan tehdä käyttämällä lenkki- tai koukkuliitosta tai teräsuloketta. (kuva 28).

6.7. Kevyt ulkoseinä

Perusratkaisu on, että seinä kantaa itsensä ja laatastoilta tulevan kuormitusmääräysten mukaan redusoidun hyötykuorman (kulma 26.5°). Suoritettujen koekuormitusten ja käytännöstä saatujen kokemusten perusteella näyttää todennäköiseltä, että aikaisemmin esitettyjä kevyen ulkoseinän sisäkuoreen sallittuja jännityksiä voidaan tulevaisuudessa korottaa.

Toisena vaihtoehtona kevyt ulkoseinä toimii palkkina kerroksittain ripustettuna kantaviin väliseiniin. Tämä edellyttää, että elementtien pituus on riittävä tai että ne kootaan useammasta elementistä momenttijatkoksin. Kolmantena vaihtoehtona voidaan ulkoseinäelementit ripustaa reunimmaisten pitkälaattojen varaan.

7. Rakennuksen kokonaisvakavuus

7.1 Yleistä

Rajatilaohjeen mukaan on elementtirakennuksen suunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota rakennuksen vakavuuteen. Laskel-

millä on tarvittaessa osoitettava, että elementtirakenteilla on sekä rakennusaikana että valmiina riittävä varmuus kaikkia kysymyksen tulevia kuormituksia vastaan.

7.2 Vähimmäisvaatimukset rakennuksen vakavuuden varmistamiseksi.

Elementtien väliset liitokset eivät kestä veto- ja leikkausvoimia ilman erikoistoimenpiteitä. Tämän johdosta on elementtirakennus alttiimpi onnettomuuskuormien kuten törmäys, räjähdys, tulipalo ja äkillinen perustusten painuminen, vaikutuksille, kuin paikallavellettu rakennus.

Tällä vuosikymmenellä on eri maissa kirjoitettu paljon elementtirakennuksen jatkuvan ketjumaisen sortumisen estämiseksi tehtävistä toimenpiteistä ja niiden tarpeellisuudesta.

Jatkuvalla sortumalla tarkoitetaan rakenteen sortumaa, joka aiheutuu jonkun vierisen rakennososan murtumisesta.

Ratkaisuksi on löydetty kolme erilaista menetelmää

a) jokainen rakennososa ja sen kiinnitys, joka on tarpeen rakennuksen kokonaisstabiilitteetta varten mitoitetaan epätavallisen suurina kuormituksina kestäväksi.

b) järjestetään vetoliitoksia elementtien välille pysty- ja vaakasuorassa suunnassa ja pienennetään täten sortuman leviämismahdollisuutta.

c) sallitaan paikallinen sortuma tai kantokyvyn menetys, mutta vaaditaan toimenpiteitä, jotka estävät sortuman leviämisen. Tämä edellyttää, että löytyy vaihtoehtoinen, korvaava kannatusjärjestelmä. Esimerkiksi seinien on voitava toimia ulokkeina tai lippurakenteina.

Eri maiden määräykset eroavat huomattavasti toisistaan.

Perusteellisimmin harkituilta vaikuttavat Ruotsin rakennusmääräykset, joissa on määritelty onnettomuuskuorman aiheuttaman vaurioalueen suuruus ja esitetty minimitoimenpiteet, joiden voidaan katsoa riittävän vaurion laajenemisen estämiseen. Ruotsin määräyksissä on määritelty myös törmäyskuorman ja räjähdyspaineen suuruudet.

Suomen rakennusmääräyksissä on ainoastaan määräys välipohjan reunoille sijoitettavista rengasankkuriteräksistä.

Aikaisemmassa BES-suosituksessa oli lisäksi ohjeita saumoihin sijoitettavista teräksistä, joiden määrä perustuu elementtien painoon.

Laskennallisesti suoritetussa tutkimuksessa /14/ on todettu, että pitkälaattojen välisiin pituus- ja poikkisuuntaisiin saumoihin sijoitetut teräkset voivat estää verrattain suurenkin paikallisen alkusortuman yläpuolella olevan kerroksen osan kiertymissortuman.

Em tutkimukseen perustuen suositellaan käytettäväksi allaesitettyjä saumateräksiä, jotka voivat estää jatkuvan sortuman rakennuksen pystysuunnassa tapauksissa, joissa määrätyn levyinen seinän osa (B) menettää kantokykynsä.

Saumateräkset $\#$
A 400 H

	L B	4.8	6.0	7.2	8.4	9.6	10.8
Rakennukset 3-4 kerrosta - laattojen pituussuunt. saumat tuella - seinien vaakasaumat	2.4	10	10	10	12	12	12
Rakennukset 5-8 kerrosta - laattojen pituussuunt. saumat tuella - seinien vaakasaumat	3.6	10	10	12	12	2x10	16
Rakennukset yli 8 kerrosta - laattojen pituussuunt. saumat tuella - seinien vaakasaumat	4.8	2x10	16	2x12	12+16	12+16	2x16

Taulukossa on L = pitkälaatan jännemitta

B = oletettu seinän leveys

(Kuva 20.)

1-2 kerroksisten rakennusten pitkälaattojen pituus- ja poikkisuuntaisiin saumoihin vähintään 1 $\#$ 10

Em. saumateräsmäärät ovat minimimääriä.

Teräkset sijoitetaan saumojen alaosaan.

Muita saumateräksiä

Rengasankkuriteräkset, mitoitetaan 30 kN:n voimalla $\sigma_s = 230 \text{ MN/m}^2$

Päätyseinien pystysaumoihin sijoitetaan teräkset $\#$ 12, vastaava liitos tehdään myös päätyseinän päihin.

Kaikki seinien nostolenkit juotetaan saumalaastilla pitkälaattojen väliseen saumaan. Saumateräkset on ankkuroitava riittävästi ja huolellisesti.

Parvekkeiden kiinnikkeissä on otettava huomioon pysty- ja vaakasuora liikevara. Ellei muuta osoiteta, oletetaan kosteus- ja lämpötilavaihteluista aiheutuvan liikkeen suuruudeksi 0.5 %.

7.3 Vaakasuora lisäkuorma

Eri maissa on annettu määräyksiä myös vaakasuorasta lisävoimasta, jonka suuruus perustuu joko rakennuksen pystysuoraan kuormaan tai pystysuorien kantavien ja jäykistävien rakenteiden otaksuttuun kaltevuuteen. Vaakasuorasta lisäkuormasta annetut määräykset koskevat muiden maiden normeissa myös paikallavellettuja rakennuksia.

Rajatilaohjeen mukaan oletetaan jäykistäviin rakenteisiin kohdistuvan lisävaakakuorman, jonka suuruus on rakennuksen poikkisuunnassa $\frac{Q}{100}$ ja pituus suunnassa $\frac{B}{L} \times \frac{Q}{100}$ kuitenkin vähintään $\frac{Q}{250}$.

missä Q = rakennuksen kokonaispystykuorma, jota laskettaessa saadaan hyötykuormista tehdä sallittu vähennys.

Lisävaakakuorman osakuormien oletetaan vaikuttavan kerroksittain niitä vastaavien pystysuorien kuormien vaikutuspisteisiin.

Ruotsin määräysten /13/ mukaan lasketaan vaakasuora lisäkuorma kaavasta

$$F_h = \approx x N_v \quad (19)$$

N_v = kantavan pystyrakenteen kuorma laatasta v

\approx = kerroin, jonka suuruus normaaleilla mittatoleransseilla ja rakennuksen ollessa perustettu kovalle pohjalle, on suuruusluokkaa 0.004.

Saksan DIN normien mukaan lasketaan vastaava lisäkuorma oletamalla kaikille pystyrakenteille kaltevuus

$$\varphi_2 = \frac{1}{100 \sqrt{H}}$$

H = rakennuksen korkeus perustuksen yläpuolella. (20)

Saksan normeissa on myös kaava

$$\infty = H \sqrt{\frac{N}{EI}} \leq 0.6 \text{ kun } n \geq 4 \quad (21)$$

$$\infty \leq 0.2 + 0.1 \times n \text{ kun } 1 \leq n \leq 4$$

n = kerroslukumäärä

Mikäli kaavan ehtoja ei ole täytetty, on rakennuksen taipuma laskettava ja taipumasta aiheutuvat lisärasitukset otettava mitoituksessa huomioon.

7.4 Jäykistävät rakenteet

Vakavuuslaskelmissa oletetaan välipohjat täysin jäykiksi levyiksi, jotka jakavat vaakasuorat kuormat seinille niiden jäykkyyksien suhteessa.

Betoni- ja teräsbetoniseinät toimivat pystysuorina seinämasina, jotka ovat kiinnitettyt alapäistään perustuksiin.

7.5 Kokonaisvakavuuden laskeminen

7.51 Yleistä

Matalissa rakennuksissa on rakennuksen vakavuus usein itseltään selvä asia. Toisinaan taas voi rakennuksen vakavuuden selvittäminen ja laskeminen olla erittäin suuritoinen ja vaikea tehtävä. Mastoseinien laskemista varten on laadittu myös tietokoneohjelmia. Vakavuuden laskeminen jakautuu kahteen tehtävään

- kuormien jakautumisen laskeminen
- seinien mitoitus

Tarkoissa laskelmissa tulisi ottaa huomioon myös leikkausvoiman vaikutus jäykkien seinien taipumaan. Kun seinän korkeuden suhde leveyteen on pienempi kuin 4, on virhe vielä n. 5 % ellei leikkausvoiman vaikutusta huomioida.

Myös seinissä olevat pystysuorat saumat lisäävät seinien erikoisesti matalien ja jäykkien seinien taipumaa. Karkeasti voidaan arvioida /8/ mukaan, että lenkkiliitoksilla raudoitettut saumat voivat pienentää seinän jäykkyyttä n. 30 % ja keskitetysti vain välipohjien kohdalla raudoitettut saumat n. 40 %. (kuva 26 d.).

Koska välipohja ei aina ole täysin jäykkä, jakautuvat vaakakuormat erikoisesti alemmissä kerroksissa eri tavoin.

Aivan tarkkojen ja todellisuutta vastaavien laskelmien tekeminen on edellä olevan mukaan erittäin vaikeata.

Yleensä onkin turhaa tehdä tarpeettoman tarkkoja laskelmia. On kuitenkin tärkeätä tietää, mihin suuntaan likimääräinen menetely vaikuttaa.

Suunnittelussa on pyrittävä antamaan rakenteille jatkuvuutta ja sitkeyttä. Samoin on tarkkailtava mahdollisuuksia vaihtoehtoisen kannatusjärjestelmän syntymiseen.

7.52 Rakennuksen siirtymät

Kun seinien jäykkyyspainopiste sijaitsee vaakakuorman resultantin vaikutussuoralla, saa rakennus siirtymän vain voiman suunnassa. (Kuva 24 a). Näin on asianlaita, kun seinien sijainti on symmetrinen tai kiertymän estävät hyvin jäykät voimaa vastaan kohdistuvat seinät.

Kun vaakavoimien resultantti ei kulje seinien jäykkyyspainopisteen kautta, saa rakennus myös kiertymän. (kuva 24 b.)

Edellisessä tapauksessa jakautuvat voimat suoraan jäykkyyksien suhteessa, jälkimmäisessä tapauksessa on otettava huomioon myös kiertymän vaikutus. Kaavat kiertyvälle systeemille on esitetty lähdekirjassa /1/. Samassa lähteessä on esitetty myös H, T, L ja E-muotoisten seinäprofiilien vääntöjäykkyyden laskeminen.

Seinäprofiilien yhteydessä on usein pohdittu kysymystä, kuinka leveästi liittyvää seinää voidaan käyttää puristuslaattana. Hollannin betoninormeissa on tästä ohje (kts. kuva 21.)

7.53 Oviaukolliset seinät

Oviaukot pienentävät seinien jäykkyyttä ja lujuutta. Yhden tai useamman aukkorivin heikentämää seinää on tutkinut mm. R. Roman/16/Hänen kehittämässään laskumenetelmässä korvataan ovi-palkit jatkuvalla massalla, joka vastaa niiden taiputus- ja leikkauskapasiteettia. (kuva 26 c.)

Ensin lasketaan heikennetyt seinän korvikehitausmomentti I_E , jonka perusteella saadaan laskettua seinän ottama osuus vaakakuormasta

$$I_E = \frac{\sum I}{1 - \beta \times L \times \eta} \quad (kuva 26 a) \quad (22)$$

$$I_E = \frac{\sum I}{1-2\beta L \eta I} \quad (\text{kuva 26 b}) \quad (23)$$

L = osaseinien pp-akselin välinen etäisyys
 $\sum I$ = osaseinien hitausmomenttien summa

ηI = kuvan 23 diagrammista saatava tekijästä A riippuva kerroin

$$\beta = \frac{L/\sum I}{\frac{L^2}{\sum I} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}} \quad (\text{kuva 26 a}) \quad (24)$$

$$\beta = \frac{L/\sum I}{\frac{2L^2}{\sum I} + \frac{1}{A_1}} \quad (\text{kuva 26 b}) \quad (25)$$

missä A_1 ja A_2 ovat osaseinien poikkipinta-alat

Kuvan diagrammissa esiintyvä muuttuja A saadaan kaaviosta:

$$A = \sqrt{\left(\frac{L^2}{\sum I} + \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2}\right) \times \frac{12 I_p}{hb^3}} \times H \quad (\text{kuva 26 a}) \quad (26)$$

$$A = \sqrt{\left(\frac{2L^2}{\sum I} + \frac{1}{A_1}\right) \times \frac{12 I_p}{hb^3}} \times H \quad (\text{kuva 26 b}) \quad (27)$$

h = kerroskorkeus
 H = seinän kokonaiskorkeus
 b = aukon leveys

I_p = aukkojen välisen poikkipalkin jäykkyys, jonka arvossa on huomioitu taivutusjäykkyyden ohella myös leikkausmuodonmuutoksesta aiheutuva jäykkyystekijä, jolloin I_p saadaan kaavasta

$$I_p = \frac{1}{12} \times \frac{th_p^3}{1 + 2.8 \left(\frac{h_p}{b}\right)^2} \quad (28)$$

h_p = poikkipalkin korkeus
 t = poikkipalkin leveys

Seinän mitoitus

Ulkoisten voimien aiheuttama momentti M_x jaetaan osaseinille kaavojen (29) ja (30) avulla.

$$M_i = \frac{I_i}{I_1 + I_2} (M_x - T L) \quad (\text{kuva 26 a}) \quad (29)$$

$$M_i = \frac{I_i}{2I_1 + I_2} (M_x - 2 T L) \quad (\text{kuva 26 b}) \quad (30)$$

Ovipalkkien leikkausvoimat lasketaan kaavasta

$$\sum T = \eta \beta M_H \quad (31)$$

η saadaan diagrammista (kuva 25)

M_H = ulkoisten voimien momentti seinän alapäässä.

η :n kaava on verrattain työläs. Kuitenkin A:n ollessa > 6 saa kaava yksinkertaisen muodon.

Tasaiselle kuormalle

$$\eta = 1 - \frac{2}{A} + \frac{2}{A^2}$$

kolmiokuormalle

$$\eta = 1 - \frac{1.5}{A} + \frac{3}{A^3}$$

ja pistekuormalle

$$\eta = 1 - \frac{1}{A}$$

Harkittaessa missä laajuudessa vakavuuslaskelmat on suoritettava, voidaan arvoa $\frac{I}{b_w}$ verrata taulukon 1 arvoihin. Taulukko on otettu kirjallisuuslähteestä /12/, johon se on edelleen otettu saksalaisista väliaikaisista suurlevyrakennusohjeista. Saksan uusissa normeissa ei ole vastaavaa ohjetta, minkä takia entinen on edelleen käytössä.

Taulukko 1/12/:

Vähimmäisarvot, jolloin laskennallinen osoitus vaakakuormien kantamisesta on esitettävä. Betoni K25

Kerroslukumäärä	I/b_w
6	< 0.4
5	< 0.3
4	< 0.2

Taulukossa on I kaikkien yli 2 m leveiden seinien hitausmomenttien summa. Oviaukollisten seinien I-arvoina käytetään redusoituja arvoja I_E , b_w = tuulipinnan leveys

7.54 Esimerkkilaskelmat

Seinien jännitykset ja kuormakapasiteetit 6 kerrosta korkean lamellitalon 1. kerroksessa. Kuva 22

Poikkitaissuunta

Hitausmomenttien arvot saadaan kohdasta 4.22

$$\frac{I_x}{b_w} = \frac{98.2}{38.6} = 2.54 > 0.4, \text{ joten laskelmia ei taulukon I mukaan tarvitse suorittaa.}$$

Käsityksen saamiseksi vaakakuormien vaikutuksesta lasketaan kuitenkin kuvan 22 poikkisuuntainen seinä linjalla D.

Vaakakuormat kts. kohta 4.22 tukireaktio D

$H = 32.1$ kN/kerros, laskelmien yksinkertaistamiseksi on yläpohjan korkeudella vaikuttava H-voima otettu = normaalikerroksissa

$$M = 32.0(2.8+5.6+8.4+11.2+14.0+16.8) = 1881.6 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{0.18 \times 12^2}{6} = 4.32 \text{ m}^3$$

$$\sigma_c = \pm \frac{1881.6}{4.32} = \pm 435.5 \text{ kN/m}^2$$

Seinän kuorma kN/m

	g kN/m	q kN/m
seinä	66,0	
välipohjat	192,0	43,2
kevyet ulkoseinät	55,0	
	313,0	43,2

Seinän kapasiteetti

Betonin jännitys.

$$\sigma_c = \frac{313,0 + 43,2}{1,00 \times 0,18} = 1978,9 \text{ kN/m}^2 > 435,5,$$

joten vaakasauma ei aukea.

$$N_d = 12 (1,35 \times 313,0 + 1,6 \times 43,2) = 12 \times 491,7 = 5900,4 \text{ kN}$$

$$N_u = f_{ed} \times b h_i \left(1 - \frac{2e_d}{h}\right)$$

$$L_c = 2,2 \times 6,0 \times 2,8 = 36,96 \text{ m} \quad \lambda h = \frac{L_c}{h} = \frac{36,96}{12} = 3,08$$

$$e_i = \frac{12,00}{20} + \frac{36,96}{500} = 0,60 + 0,07 = 0,670 \text{ m}$$

$$e_a = \frac{(\lambda h)^2}{2500} \times h = \frac{3,08^2}{2500} \times 12 = \frac{0,046}{0,716 \text{ m}}$$

	ositt. varmuuskerr.	kuormaosuus
tuulikuorma	1.6	0.71
lisäkuorma	1.0	0.29

$$M_{d1} = 1,6 \times 0,71 \times 1881,6 + 1,0 \times 0,29 \times 1881,6 = 2683,2 \text{ kNm}$$

$$e_1 = \frac{M_{d1}}{N_d} = \frac{2683,2}{5900,4} = 0,455 \text{ m}$$

$$e_i + e_a = \frac{0,716}{1,171}$$

Kapasiteetti, betoni K25-1

$$N_u = 8,8 \times 0,18 \times 12,0 \left(1 - 2 \frac{1,171}{12}\right) = 15,30 \text{ MN} > N_d$$

Kuvan 29. mukaan kantaa seinän pää leveydellä $12,00 - 2 \times 1,17 = 9,66$ m koko kuorman. Tämän johdosta on vielä tarkastettava, että seinä ei nurjahda kohtisuoraan tasoaan vastaan

$$N_d = \frac{15,30}{9,66} = 1,584 \text{ MN/m}$$

Kohdan (5.2) laskelman mukaan on raudoittamattoman seinän K-25-1 kuormakapasiteetti $N_u = 1,095$ MN/m eli pienempi kuin kapasiteetti seinän pituussuunnassa tarkasteltuna

Tämän seurauksena ei pituussuunnassa saatua kapasiteettia voida käyttää. N_u :n arvoksi saadaan

$$N'_u = 9,66 \times 1,095 = 10,58 \text{ MN} > N_d = 5,90 \text{ MN}$$

Eo esimerkin perusteella voidaan todeta, että jäykistävien seinien kuormituskapasiteetti on tarkastettava seinän pituus- ja poikkisuunnassa.

Seinän kuormituskapasiteettia voidaan nostaa raudoittamalla seinä ja liittämällä se poikkitaisiin seinäin siten, että se voidaan laskea 3 tai 4 sivulta tuettuna tai käyttämällä korkeamman luokan betonia.

Vakavuuden tarkastus rakennuksen pituussuunnassa. kuva 22. Perusratkaisu: 2 pituussuuntaista seinää, yhteistoimintaa poikittaisiin seinäin ei ole huomioitu

$$\frac{\sum I}{b_w} = \frac{2 \times 0,446}{12} = 0,074, \text{ laskelmat tarvitaan}$$

Vaakasuora lisäkuorma $Q/250 = 1/250 \times 3520 = 14,1$ kN/kerros

$$\text{Tuulikuorma } 0,8 \times 12 \times 2,8 = \frac{26,9 \text{ kN/kerros}}{41,0 \text{ kN/kerros}}$$

$$M_{1k} = \frac{1}{2} \times 41 (2,8 + 5,6 + 8,4 + 11,2 + 14,0 + 16,8) = 1205,4 \text{ kNm}$$

Pystysuora kuorma

$$\text{seinä} = 6 \times 2,8 \times 3,1 \times 0,18 \times 24 = 225,0 \text{ kN}$$

$$\text{porrastaso } 6 \times 3,1 \times 0,6 \times 0,15 \times 24 = 40,0 \text{ kN}$$

$$N = 265,0 \text{ kN}$$

Ontelolaattojen painoa ei ole huomioitu.

Laskenta-arvot:

	ositt.varm.kerr.	kuorman osuus
Lisäkuorma	1.0	0.344
Tuulikuorma	1.6	0.656

$$M_d = 1,6 \times 0,656 \times 1205,4 + 1,0 \times 0,344 \times 1205,4 = 1,679,9 \text{ kNm}$$

$$N_d = 1,35 \times 265 = 358 \text{ kN}, e_1 = 4,70 \text{ m}$$

Vähäisen pystykuorman ja jäykkyyden johdosta eivät seinät riitä jäykistämään rakennusta. Tämän johdosta on:

A) Seinät ankkuroitava poikkiseiniin

Sauman leikkausvoima

$$V_d = \frac{1}{h} (M_d - N_d \times \frac{h}{2}) = \frac{1}{3,10} (1679,9 - 358 \times 1,55) = 363,0 \text{ kN}$$

Jaetaan V_d tasan kaikille kerroksille ja siirretään poikkiseinille. Tasan jakautumista voidaan perustella sillä, että halkeaman auetua toimivat kaikki teräkset samanaikaisesti.

$$\frac{V_d}{6} = 61,0 \text{ kN}$$

Kohdassa 6.1 tarkastelun mukaan leikkausvoiman ottavat saumassa olevat lenkit $6 \text{ } \varnothing 8$, $r = 4 \text{ } \varnothing$, $V_u = 12$ kN ja välipohjan kohdalle sijoitettu $1 \text{ } \varnothing 12$, $V_u = 40$ kN

$$V_u = 6 \times 12 + 40 = 112 \text{ kN} > \frac{V_d}{6}$$

$$\text{Sauman leikkausjännitys } \tau \text{ keskim.} = \frac{6100}{280 \times 10} = 2,2 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau \text{ max} \approx 2 \times \tau \text{ keskim.} = 4,4 \text{ kp/cm}^2.$$

Kohdassa 6.1 saatiin liitoksille $\tau_u = 4,5$ kp/cm²

Tarkistetaan kuvan 21 mukaan yhteistoiminnassa mukana olevien poikkitaisten seinäkaistojen leveydet. Oletetaan epätodellinen sauman toiminta.

$$L\text{-liitos, } b_{ef} = b_w + 0,1 L = 0,18 + 0,1 \times 16,8 = 1,86 \text{ m}$$

Poikkiseinän kuorma on $N_{min} = 313$ kN/m ja 1,86 m leveän kaistan kuorma 583 kN, joka riittää vastapainoksi nostolle 363 kN. Puristuspuolen lisäkuorma voidaan jakaa samalle leveydelle 1,86 m.

Seinäkaistan yhteen laskettu laskentakuorma on siis

$$N_d = 1,35 \times 313 + 1,6 \times 43,2 + \frac{363}{1,86} = 687 \frac{\text{kN}}{\text{m}} < 1,095 \text{ MN/m}$$

B) Seinät voidaan mitoittaa myös perusanturaan kiinnitettyinä ulokepalkkeina.

$$M_{sd} = N_d (e_d + a_s)$$

$$\lambda h = \frac{L_c}{h} = \frac{36,96}{3,10} = 11,92 \text{ m}$$

$$e_a = \frac{(\lambda h)^2}{1600} \left(1 - \frac{h}{300}\right) h = \frac{11,92^2}{1600} \left(1 - \frac{11,92}{300}\right) 3,10 = 0,262 \text{ m}$$

$$e_i = \frac{h}{20} + \frac{L_c}{500} = \frac{3,10}{20} + \frac{11,92}{500} = 0,155 + 0,0238 = 0,179 \text{ m}$$

$$e_1 = \frac{M_d}{N_d} = \frac{1679,9}{358} = 4,70 \text{ m}$$

$$e_d = e_a + e_i + e_1 = 5,141 \text{ m}$$

$$a_s = \frac{h}{2} - d = 1,55 - 0,1 = 1,45 \text{ m}$$

Momentti vetoterästen painopisteen suhteen.

$$M_{sd} = N_d (e_d + a_s) = 358 (5,14 + 1,45) = 2359 \text{ kNm}$$

$$A_s = \frac{M_{sd}}{z f_{yd}} - \frac{N_d}{f_{yd}} = \frac{2359 \times 10^3}{2,31 \times 348} - \frac{358 \times 10^3}{348} = 1906 \text{ mm}^2 \approx 4 \text{ } \varnothing 25$$

$$z = d \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) = 3,00 \left(1 - \frac{0,458}{2}\right) = 2,31 \text{ m}$$

Tarkistetaan betonin kapasiteetti

$$M_{uc} = \mu_{max} \times b d^2 f_{cd} = 0.353 \times 0.18 \times 3.00^2 \times 11.6 = 6.600 \text{ MNm} > M_{sd}$$

Kapasiteetti siis riittäisi. On kuitenkin edullisempaa käyttää poikkiseiniä seinän ankkurointiin, mm. pystysaumojen mahdolliset halkeamat jäävät pienemmiksi.

C) Tarkastellaan vielä vaihtoehtoa, jossa toiseen pituus-suuntaiseen jäykistävään seinään liitetään 4.0 m pitkä seinäelementti.

Jos liitetään A-lamelliin 4.0 m pitkä seinä leikkausta kestäväällä saumalla, on sen hitausmomentti

$$I_s = \frac{0.18 (3.3 + 4.0)^3}{12} = 5.835 \text{ ja } \sum I_y = 6.281 \text{ m}^4$$

$$\frac{\sum I}{b_w} = \frac{6.281}{12} = 0.524,$$

joten laskelmia ei tarvita taulukon 1 mukaan.

Seinän pienen pystykuorman johdosta on kuitenkin tarkastettava seinän epäkeskeisyys e 1-kerroksen lattian korkeudella ja harjittava tuloksen perusteella onko suoritettava lisätoimenpiteitä rakennuksen jäykkyyden lisäämiseksi.

$$M_d = \frac{I_s}{\sum I_y} \times 2 \times 1679.9 = 3120 \text{ kNm}$$

$$N_d = \frac{3.3 + 4.0}{3.3} \times 358 = 792 \text{ kN}$$

$$e = \frac{3120}{792} = 3.93 \text{ m} > \frac{h}{3}$$

Tämä merkitsee vaakasauman aukeamista yli seinän puoliväliin, jonka johdosta seinä on tässäkin tapauksessa ankkuroitava poikkiseiniin.

Myös seinän keskivaiheilla olevan seinän pystysauman leikkauskestävyys on tarkistettava

$$V_d = \frac{6 I_s}{I_y} (1.6 \times 26.9 + 1.0 \times 14.1) = 318 \text{ kN}$$

Teräkset voidaan sijoittaa keskitetysti välipohjan korkeudella oleviin laattojen välisiin saumoihin

$$A_{sv} = \frac{V_d}{f_{yd}} = \frac{318 \times 10^3}{348} = 910 \text{ mm}^2 = 2 \text{ kpl } \phi 12 \text{ jokaisen välipohjan korkeudelle} = 1350 \text{ mm}^2$$

Leikkausjännityksen tarkastus

$$V = \frac{I_s}{I_x} \times 6 \times 41 \approx 230 \text{ kN}$$

$$\tau_{max} = 1.15 \times \frac{V}{b \times d} = 1.15 \times \frac{230}{0.18 \times 7.2} = 204 \text{ kN/m}^2$$

Koska $\tau > 2,0 \text{ kp/cm}^2$, tarvitaan DIN 1045:n mukaan saumassa betonivaarnat.

Tutkimalla kohdassa 6.1 oleva esimerkki ilman vaarvoja olevalle 18 cm leveälle saumalle saadaan $\sigma_x = 2,0 \text{ kp/cm}^2$ ja kuvasta $16 \tau_u = 0.10 \times 13.2 = 1.32 \text{ kp/cm}^2$. Saumabetoni K25.

Kun lisätään teräksiä 2 $\phi 12 \rightarrow 2 \phi 16$ saadaan

$$\sigma_x = \frac{2 \times 2.0}{18 \times 250} \times 4000 = 3,56 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_u = 0,17 \times 13,2 = 2.34 \text{ kp/cm}^2 > 204 \text{ kN/m}^2.$$

7.55 Varmuus kaatumista vastaan

Tapauksissa, joissa seinän vertikaalikuorma on pieni, on tarkastettava seinän varmuus kaatumista vastaan. Varmuuden on nykyisten pohjarakennusnormien mukaan oltava ≥ 1.5 . Tarkastelu voidaan suorittaa /13/ mukaan (Kuva 27).

Varmuus ilmaistaan tukevan ja kaatavan momentin suhteena kaatumisakselin ympäri. Tukevaa momenttia laskettaessa otetaan mukaan vain pysyvien rakennusosien ja täytteen paino.

$$R = \sigma_u a L \quad (32)$$

$$\sigma_u = \beta \sigma_m \quad (33)$$

Merkinnät:

a/2 = kaatumisakselin etäisyys anturan reunasta

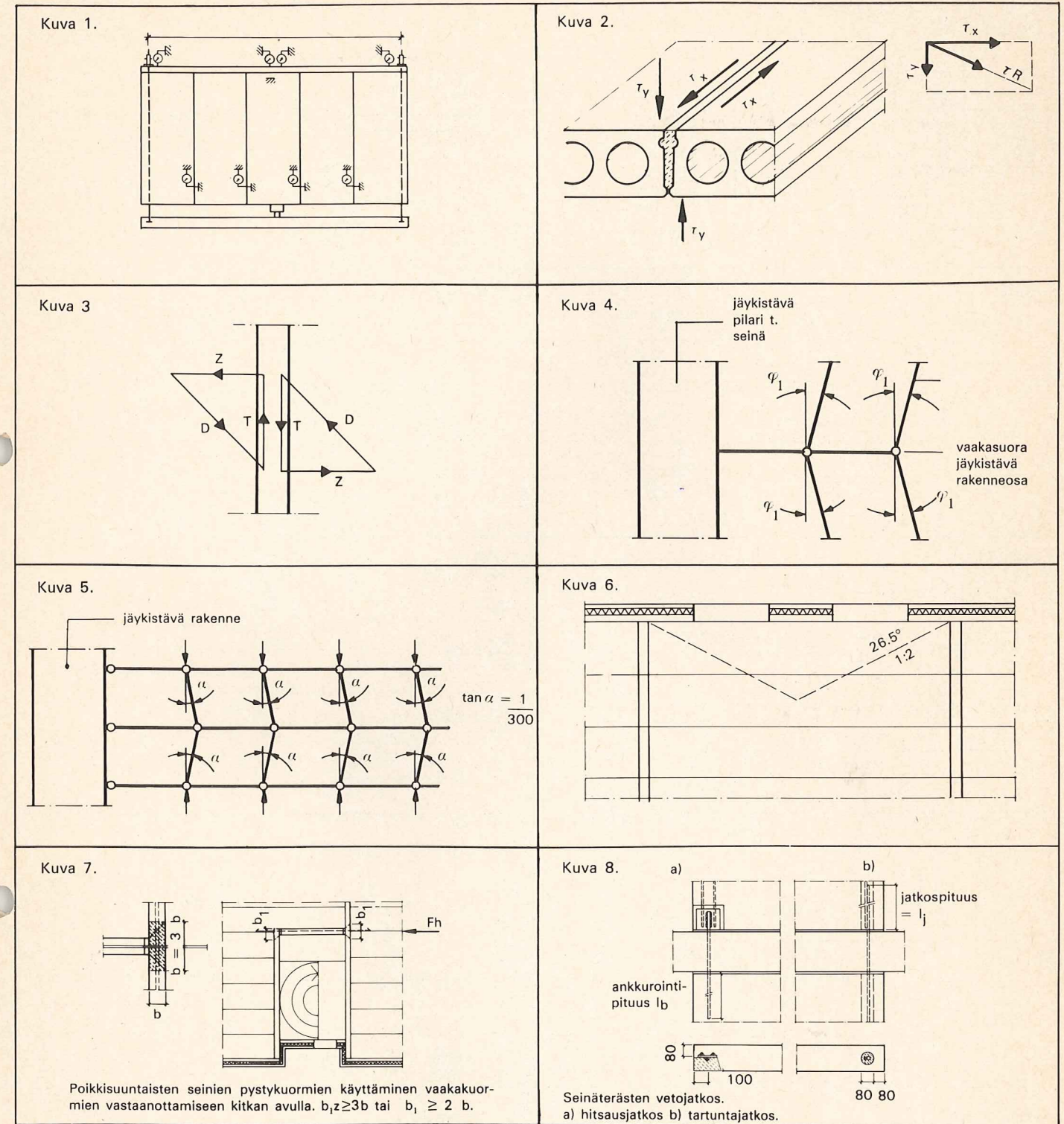
R = vertikaalikuorman resultantti

L = anturan pituus

σ_u = pohjarasitus murtotilassa

β = kerroin, ohjeellisesti = 2 kohesiomaassa, 3 muissa maalajeissa

σ_m = sallittu pohjarasitus



Kuva 1. Erilaisin reunaprofiloinnin varustetuista ontelolaatoista muodostettujen laattakenttien koekuormitusten järjestely VTT:llä.

Kuva 2. Laattaelementtien saumassa vaikuttava resultanttijännitys.

Kuva 3. Elementtien välisessä saumassa vaikuttavan leikkausvoiman jakaminen komponentteihin.

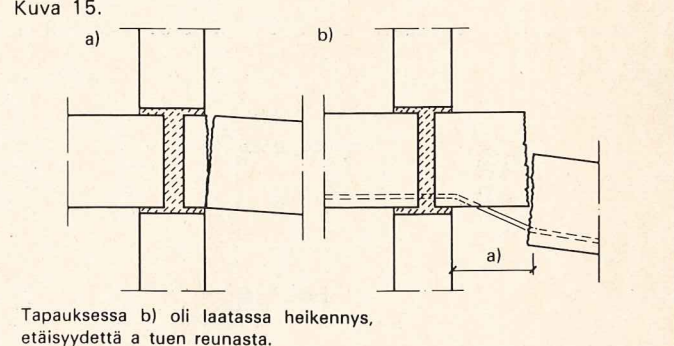
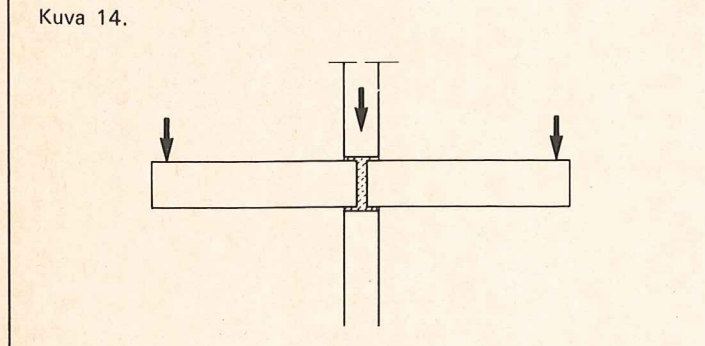
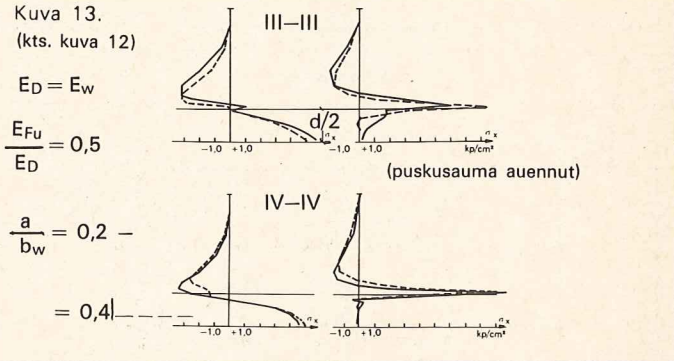
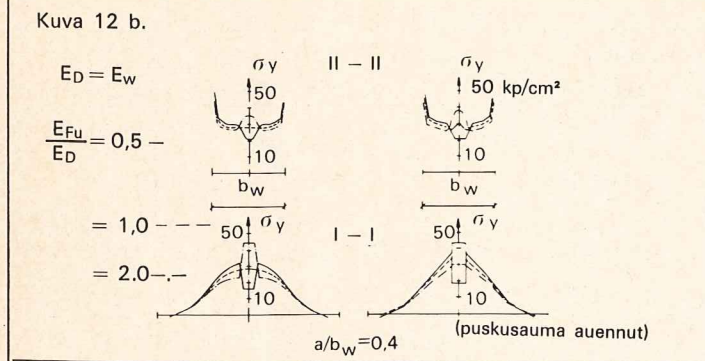
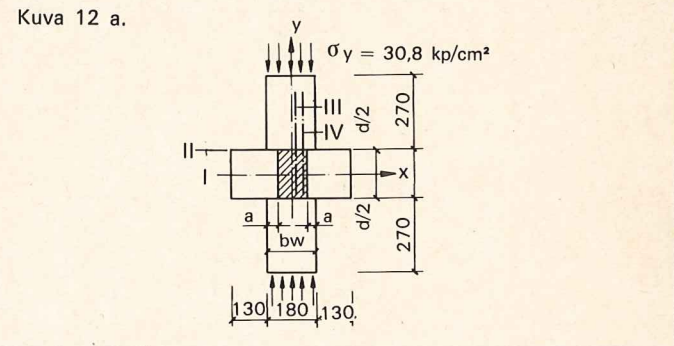
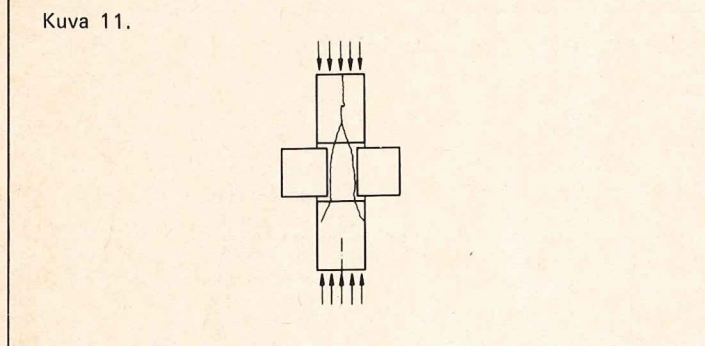
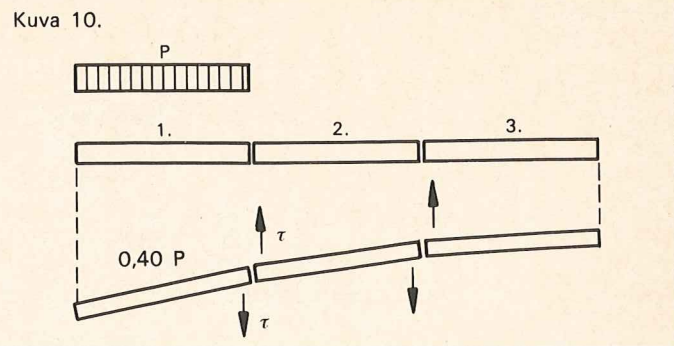
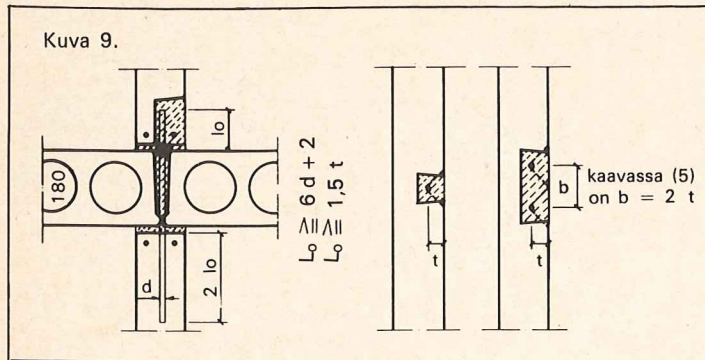
Kuva 4. Saksan DIN 1045-normien mukainen jäykistävien seinien pystypoikkeama.

Kuva 5. Hollannin betoninormien mukaan oletetaan samaan suuntaan vinojen seinä- tai pilaririvien lukumääräksi 4.

Kuva 6. Hyötykuorman jakautuminen laatan suuntaiselle seinälle.

Kuva 7. Poikkisuuntaisten seinien pystykuormien käyttäminen vaakakuormien vastaanottamiseen kitkan avulla. $b_1 \geq 3 b$ tai $b_1 \geq 2 b$.

Kuva 8. Pystyterästen hitsausjatkos.



Kuva 9. Teräsvaarna ja nostolenkki teräsvaarana.

Kuva 10. Pystysuoran kuorman siirtyminen pitkälaittojen sauman kautta.

Kuva 11. Seinän murtuminen.

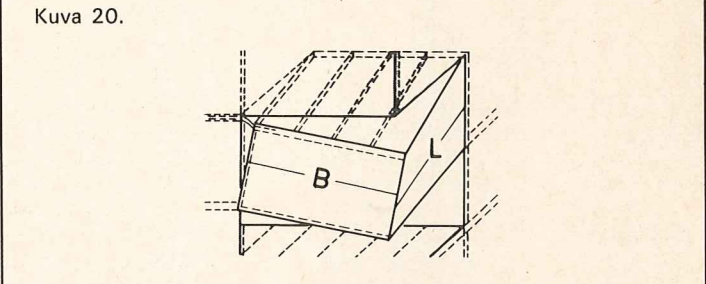
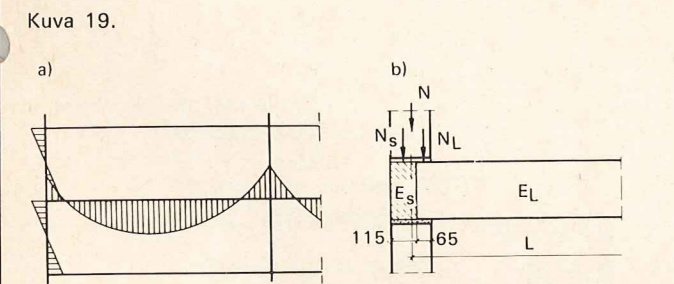
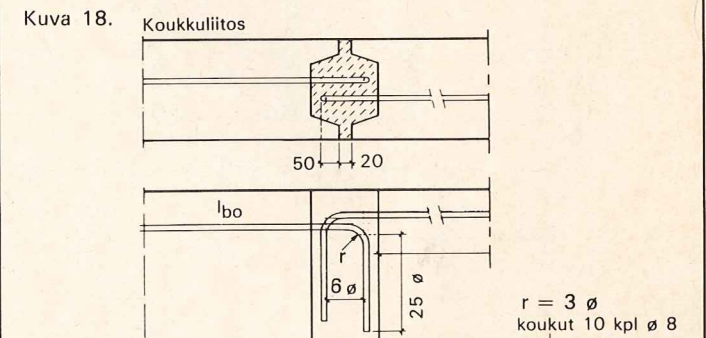
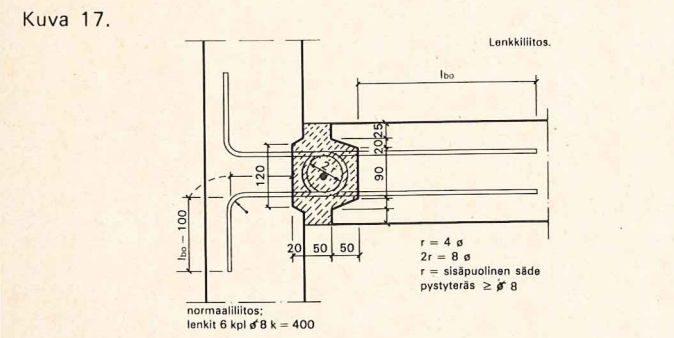
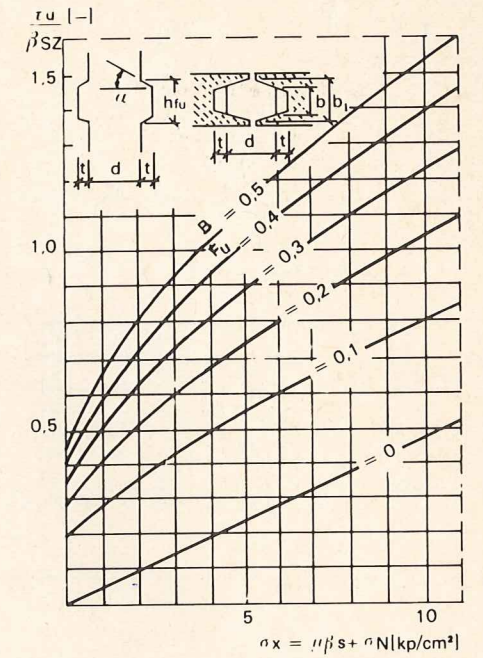
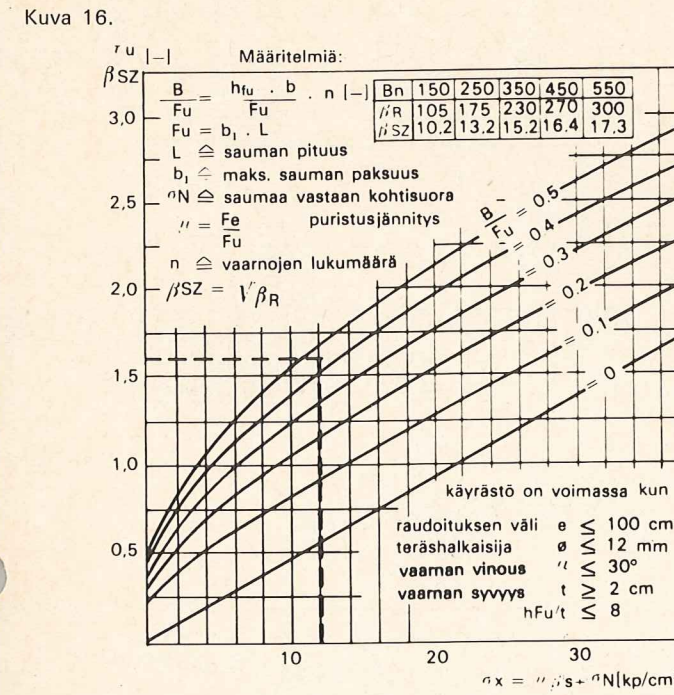
Kuva 12 a. Koejärjestely.

Kuva 12 b. Sauman ja laattaelementtien kimmomodulien vaikutus seinän -välipohjan risteyksen pystysuoriin jännityksiin.

Kuva 13. Suhteellisen tukileveyden a/bw vaikutus seinän -välipohjan risteyksen vaakasuoriin jännityksiin.

Kuva 14. Sähköputkien heikentämän laattojen välisen sauman koe-kuormituksen periaate.

Kuva 15. Lähellä tukea laattassa olevan reiän vaikutus ilman yläpinnan raudoitusta olevan kiinnitetyn laatan leikkautumiseen.



Kuva 16. Seinien pystysaumojen leikkauskestävyys.

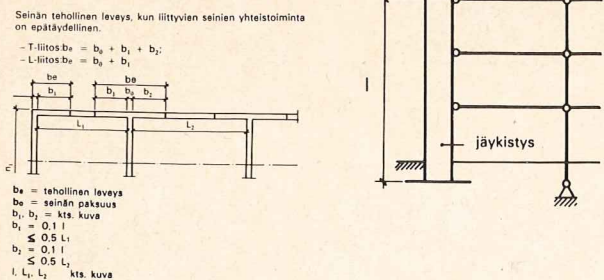
Kuva 17. Lenkkiliitos.

Kuva 18. Koukkuliitos.

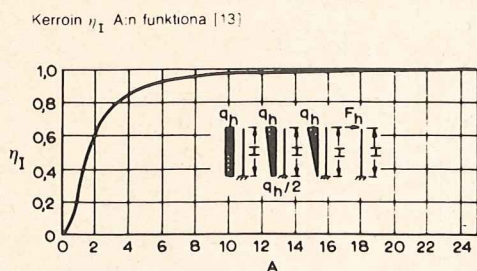
Kuva 19. Pitkälaitan kiinnittyminen porrashuoneen seinään.

Kuva 20. Päätysseinän sortuma.

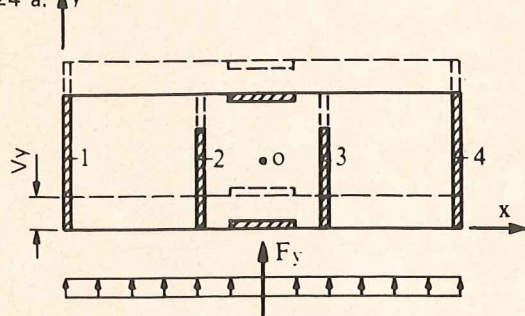
Kuva 21.



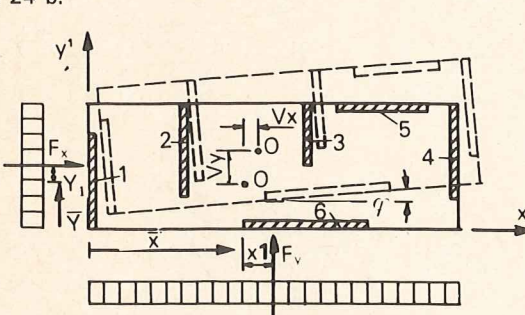
Kuva 23.



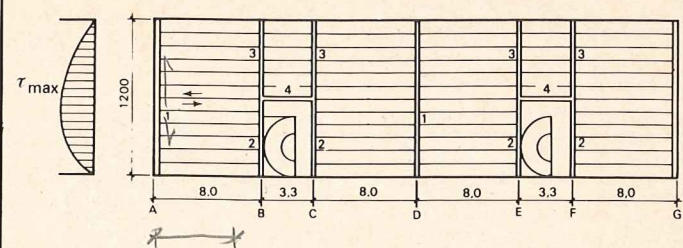
Kuva 24 a.



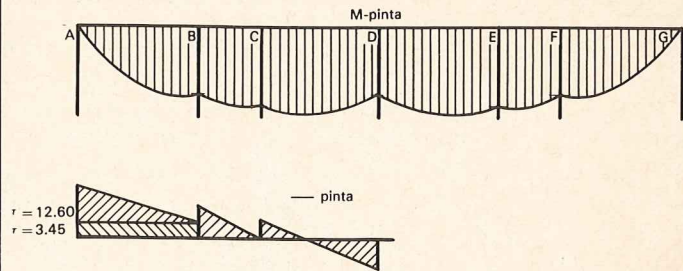
Kuva 24 b.



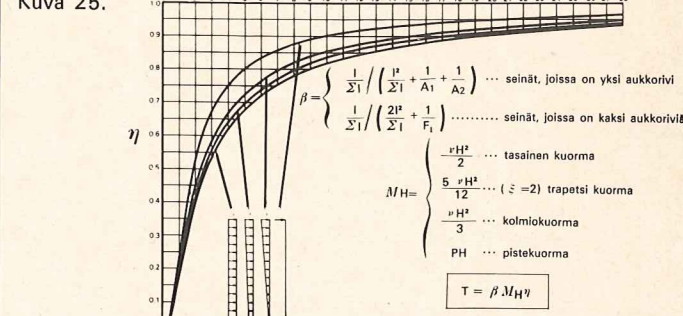
Kuva 22.



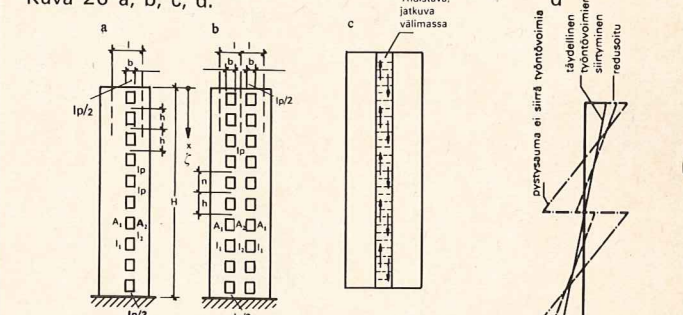
Kuva 25.



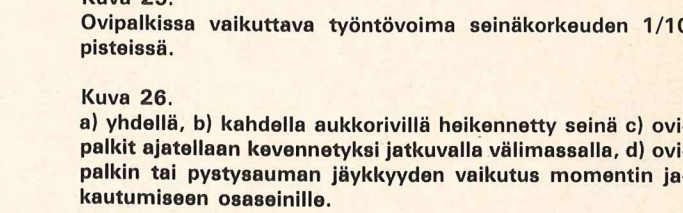
Kuva 26 a, b, c, d.



Kuva 27.



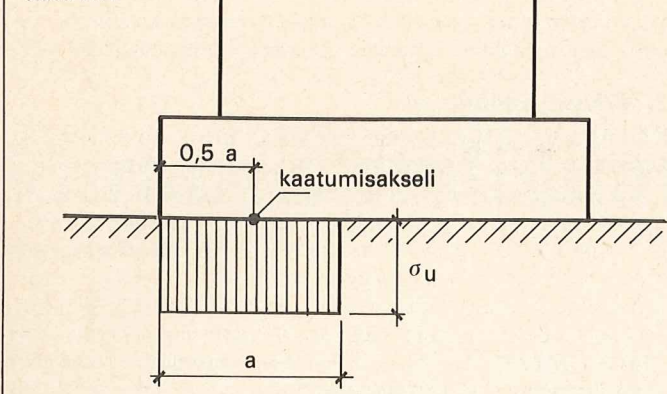
Kuva 28.



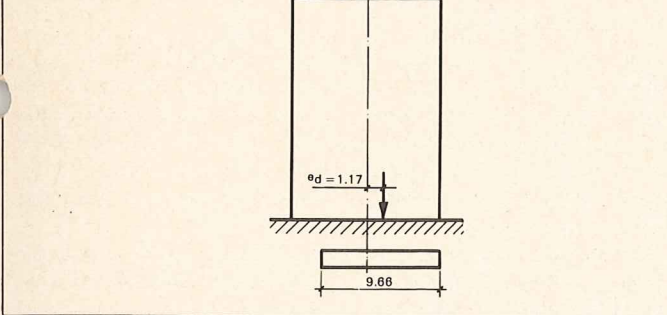
Kuva 29.



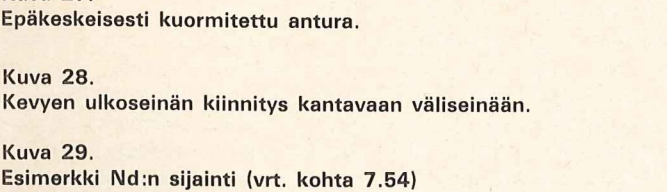
Kuva 27.



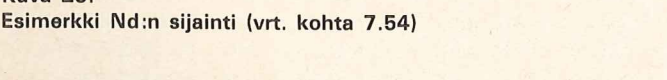
Kuva 29.



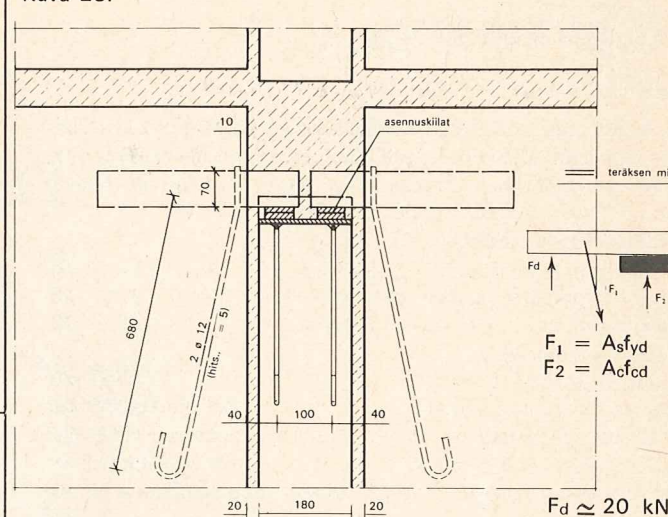
Kuva 28.



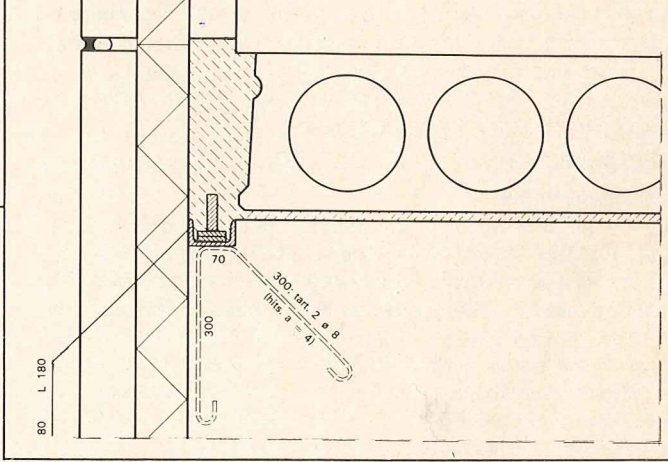
Kuva 29.



Kuva 28.



Kuva 29.



KIRJALLISUUSLUETTELO

[1] Betonielementtirakenteet RIL 115. Suomen Rakennusinsinöörin Liitto. Helsinki 1977

[2] Sarja, A. Pitkälaittojen toiminnasta laattakenttänä. Rakennustekniikka 2/78 Helsinki

[3] Pekkola, A. Ontelolaataston toiminnasta välipohjalevynä. Rakennustekniikka 3/78 Helsinki

[4] Rakenteiden kuormitusnormit 1978. Rakenteiden kuormitusnormien selityksiä 1978 RIL 59f, RIL 79c Suomen Rakennusinsinöörin Liitto. Vammala 1978

[5] DIN 1045 1972 Beton und Stahlbetonbau. Julkaistu esim. Beton-Kalender II-1975

[6] Niederländische Stahlbetonbestimmungen 1974. Julkaistu Betonkalender I 1978

[7] B 11 1975. Bestämmler för betongkonstruktioner. Monteringsfärdiga byggnadselement av betong. Utgivna av Statens Betongkommitté 1976 hos Ab Svensk Byggtjänst, Stockholm

[8] Mehlhorn G, Schwing, H. Tragverhalten von aus Fertigteilen zusammengesetzten Scheiben. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 288. Berlin 1977

[9] Jännitettyjen betonirakenteiden normit BY5. Suomen Betoniyhdistys 1973

[10] Nilson, I. H. E, Karlsson, I. Bjälklag utan överkantarmring över mellanstöd. Nordisk Betong 4/1976 Stockholm

[11] Leonhardt, F. Walther, R. Dieterle, H. Versuche zur Ermittlung der Tragfähigkeit von Zugschlaufenstößen. Deutscher Ausschuss Für Stahlbeton Heft 226. W. Ernst & Sohn Berlin 1973

[12] Paschen/Wolf. Entwerfen und Konstruieren mit Betonfertigteilen. Werner-Verlag Düsseldorf 1975

[13] Svensk Byggnorm 1975. Statens Planverk. Stockholm 1975

[14] Kallioniemi P., Sarja A. Jatkuvan sortuman estäminen BES-elementtirakennuksissa. Betoniteknikan laboratorio, tiedonanto 36. Otaniemi 1975

[15] Inha T. ja Lindberg R. Ontelolaatan käytöstä 2-tukisena ulokelaatana. Kankkunen H. Nilcon-elementti ulokeena. Betonituote 4/1978

[16] Rosman, Riko, Die statische Berechnung von Hochhauswänden mit Öffnungsreihen. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin-München 1965

Arkk. Alpo Halme:

ÄÄNENERISTYS

Vaatimukset

BES-järjestelmän mukaisten rakennusten pääasiallinen käyttötarkoitus on asuinrakennus, joissa Suomen rakentamismääräyskokoelman ääneneristysvaatimukset ovat myös ankarimmat. Asuinrakennuksissa vaaditaan seuraavat eristävyudet:

Ilmääneneristysindeksi I_a

Kerrostalojen huoneistojen väliset seinät	≥ 52 dB
Kytettyjen pientalojen huoneistojen väliset seinät	≥ 55 dB
Kerrostalojen asuntojen väliset välipohjat	≥ 53 dB

Askeläänitasoindeksi I_i

Asuinhuoneistojen välillä	≤ 63 dB
Portaasta asuinhuoneistoon	≤ 68 dB

Poikkeustapauksissa vaaditaan asuinrakennuksissa vielä parempia eristävyksiä esimerkiksi asunnon ja meluisan huonetilan kuten ravintolan, suuren myymälän tai autotallin välillä I_a ≥ 60 dB ja I_i ≤ 54 dB.

Rakennuksen ääneneristykseen taso syntyy kaikkien sen osien yhteisvaikutuksesta. Yleensä eristävyys määräytyy heikoimpien kohtien mukaan. Rakennuksen perusosat, välipohjat ja huoneistojen väliset seinät määräävät sen tason, johon rakennuksessa enintään voidaan päästä. Muut yksityiskohdat on suunniteltava siten, ettei eristys niiden johdosta heikkene.

1. Ilmääneneristys

1.1 Välipohjalaatat

Alkuperäisen BES-tutkimuksen viidestä pitkälaattatyypistä on vain kaksi saanut laajempaa käyttöä, nimittäin ontelolaatta ja erillisellä kannella varustettu U-laatta eli Nilcon-välipohja. Seuraava tarkastelu koskee Variax-, Spiroll- tai Nilcon-pitkälaattaelementtejä ja elementtien käyttöä.

Ontelolaatta toimii ääneneristäjänä massiivisen laatan tavoin. Ontelolaatasta on käytetty lähes yksinomaan tyyppiä, jossa on 5 pyöreää onteloa ja paino 380 kg/m². Onteloiden määrä tai muoto voisi olla myös edellisestä poikkeava.

380 kg/m² painoisen ontelolaatan teoreettinen ääneneristävyyden I_a on noin 60 dB. Se täyttää kerrostalon ja rivitalon eristävyysvaatimukset, jos äänen siirtyminen muita teitä on estetty. Jos eristävyysvaatimus on 60 dB, tulee välipohjien eristävyyttä lisätä.

Erillisellä kansilaatalla varustettu Nilcon toimii kaksinkertaisen rakenteen periaatteen mukaan. Senkin teoreettinen eristävyys on noin 60 dB. Se täyttää eristysvaatimuksen I_a ≥ 55 dB, mutta tarvitsee lisärakenteita, jos vaatimus on 60 dB.

1.2 Väliseinät

Huoneistojen välisenä seinänä käytetään tavallisesti kantavaa 180 mm betoniseinää, jonka teoreettinen eristävyys on noin I_a = 60 dB.

Edellä mainittuihin välipohjatyyppeihin yhdistettynä saavutetaan seinällä ääneneristysvaatimus I_a ≥ 55 dB.

Jos välipohjana on ontelolaatta, voidaan ääneneristysvaatimus I_a ≥ 52 dB saavuttaa myös metalli- tai puurunkoisilla levyseinillä.

2. Askelääneneristys

Askelääneneristysominaisuuksiltaan peruslaattatyypit ovat varsin erilaisia. Ontelolaatta toimii massiivisen laatan tavoin, mutta Nilcon-laatta on ns. kelluva lattiarakenne.

Ontelolaatalla saavutetaan vaadittava I_i ≤ 63 dB, jos lattianpäällysteenä on hyvälaatuinen pehmeäpohjainen muovimatto, tekstiilimatto tai pehmeälustainen parketti.

Nilcon-laatta huolellisesti tehtynä voi antaa kerrostalojen vähimmäisvaatimuksen, vaikka päällyste olisikin kova. Pehmeäpohjaisilla päällysteillä päästään hyvin vaadittaviin eristävyksiin.

Portaiden askelääneneristys saavutetaan, jos syöksyt on kannatettu kerros- ja välitasoista ja tasot ovat massiivisia laattoja noin 200 mm. Portaana päällyste voi olla kova. Portaana askelääneneristys on usein syytä varmistaa lisäämällä syöksyn ja välitason vieressä olevan asuinhuoneen seinään säteilyä vähentävä verhous.

3. Erikoisvaatimukset

Kun ilmääneneristysvaatimus on I_a ≥ 60 dB ja askeläänitaso I_i ≤ 54 dB, tarvitaan molempiin välipohjatyyppeihin lisärakenteita.

Jos Nilcon-elementin lattiapäällysteenä käytetään huopapohjaista muovimattoa ja välipohjaan tehdään kattoverhous esim. 2 · 13 mm kipsilevy, ilmaväli n. 100 mm ja ilmavälissä mineraalivilla, saavutetaan em. eristävyudet.

Jos ontelolaattaan lisätään edellä mainitut lattia- ja kattoverhoukset, päästään samaan tulokseen. Ontelolaatan päälle voidaan rakentaa myös kelluva lattia. Väliaineena käytetään 60 mm paksuista mineraalivillaa, tilavuuspaino n. 100 kg/m³. Betonisen pintaalaatan paksuus on n. 60 mm.

4. Rakenneliitokset

Väliseinien, välipohjien ja ulkoseinien liitosratkaisuilla on usein keskeinen merkitys ääneneristävyteen. Vaikutus voi olla kahdenlainen. Betonin kutistumisesta, taipumasta tms. seikasta voi liitokseen syntyä halkeama. Hyvin kapeakin rako heikentää ääneneristävyttä. Liitokset on suunniteltava siten, ettei halkeamia voi syntyä. Tarvittaessa on liikkuvan kohdan tiivistys varmistettava elastisilla tiivistemassoilla.

Rakenneliitoksen laatu vaikuttaa ratkaisevasti äänen sivutiesiirtymään. Liitoksessa tapahtuva muutos, esimerkiksi halkeama voi oleellisesti muuttaa rakenteen toimintaa. Selvimmin nämä ilmiöt havaitaan Nilcon-laatan kannen liitoksissa ja ulkoseinäliitoksissa. Nilcon-laatan kansi on tehtävä ehdottomasti ns. kelluvana lattiana. Sen tulee olla irti kaikista ympäröivistä rakenteista. Laattoja saumatta tulee huolehtia, ettei saumavali kiinnitä kantta palkkeihin. Myös lattian tasoiterakennus on irroitettava seinistä.

Ulkoseinän betonielementin sisäkuoren tulee olla riittävän massiivinen, noin 200 kg/m², sivutiesiirtymän vähentämiseksi. Edullisimmat liitosratkaisut ovat ulkoseinän katkaisemisen eristävän rakenteen kohdalla ja luja jäykkä liitos massiiviseen eristävään rakenteeseen. Ulkoseinän sisäkuorta, jota ei ole jäykästi kiinnitetty välipohjaan tai seinään, ei tulisi jättää katkaisematta eristävän rakenteen kohdalla, ellei sisäkuoren paino ole vähintään noin 350 kg/m². Jos esimerkiksi ulkoseinän ja välipohjan väliseen saumavaluun tulee halkeama, syntyy tilanne, jossa sivutiesiirtymä ulkoseinää pitkin on voimakas.

5. Laitesennukset

Laitesennuksilla on yleensä ratkaiseva vaikutus ääneneristykseen. Laitesennusten tarvitsemat aukot on suljettava huolellisesti. Sulkemiseen käytetään yleensä samaa materiaalia kuin rakennekin on. Pienet aukot tiivistetään esimerkiksi täyttämällä välitila tiukka sulotulla mineraalivillalla ja tiivistämällä se molemmin puolin elastisella tiivistekitillä.

Lämpöjohtoverkoston kautta tapahtuva sivutiesiirtymä poistetaan helpoimmin käyttämällä nousulinjoihin tai patteriyhteisiin sijoitettuja joustavia letkuliittimiä. Käyttökelpoinen tapa on myös putkien tukeminen muutaman metrin pituudelta esimerkiksi vahvalla jalkalistalla. Patterin valinnalla voidaan myös vaikuttaa asiaan.

Yhteiskanavajärjestelmää käytettäessä tulee asuntojen väliseen kanavaosaan tai venttiiliin sijoittaa äänenvaimennin.

Variax-ontelolaatat

TUOTTEET

Perustuotteet on esitetty tämän julkaisun varsinaisessa suositusosassa.

Tuotemuunnoksia ovat mm. tehtaalla lämpö- ja/tai paloeristetyt ylä- ja välipohjalaatat, ulokelaatat sekä seinäelementit.

PERUSMALLIT

- Variax 5
- Variax 6
- Variax 8

VARIAX-MUUNNOKSET

Palolaatat

- P1V5 Variax 5 60 min palonkesto redusoimattomalla hyötykuormalla
- PJV6 Variax 6 60 min palonkesto redusoimattomalla hyötykuormalla
- P2V5 Variax 5 120 min palonkesto, vakiopoikkileikkaus
- P2V6 Variax 6 palonkesto 120 min, paksuus 221 mm
- P2VN Variax 6 palonkesto 120 min, paksuus 265 mm
- P6V6 Variax 6 palonkesto 180 min, paksuus 265 mm
- P4V6 Variax 6 palonkesto 240 min, paksuus 275 mm
- P1V8 Variax 8 palonkesto 60 min, paksuus 157 mm

Ulokelaatat

- ulokkeen yläpinnassa jänneteräksset
- ulokkeen yläpinnassa pehmeät teräksset

Kapeat laatat

- leveys 600 mm
- leveys 900 mm

Vinokulmaiset laatat Eristetyt laatat

Eriste solumuovi: alapohjalaatat

- eristepaks. (50 mm K 0,6 W/Km² ryömintätiloissa)
- 85 mm K 0,28 W/Km² ryömintätiloissa
- (120 mm K 0,28 rakenne suoraan ulkoilmaa vasten)

Eriste vuorivilla: alapohjalaatat

- eristepaks. (50 mm K 0,6 W/Km² ryömintätiloissa)
- 80 mm K 0,28 W/Km² ryömintätiloissa
- (120 mm K 0,28 rakenne suoraan ulkoilmaa vasten)

yläpohjalaatat

- eristepaks. 120 mm

paloeristetyt laatat:

- eristepaks. 50 mm EL 120 min
- 80 mm PV-PAL 180 min, 240 min

Hormilaatat

- Termo Deck-hormisto
- Muut

Seinät

Tyyppihyväksyntä

Variax-ontelolaattoja koskevat tyyppihyväksynät Variax 5 n:o 3379/545/77 ja Variax 6 n:o 769/545/77. Päätösten mukaan molemmat tuotteet täyttävät Suomen rakentamismääräyskokoelman vaatimustason ylä-, väli- ja alapohjana lujouden ja paloluokan A60 osalta.

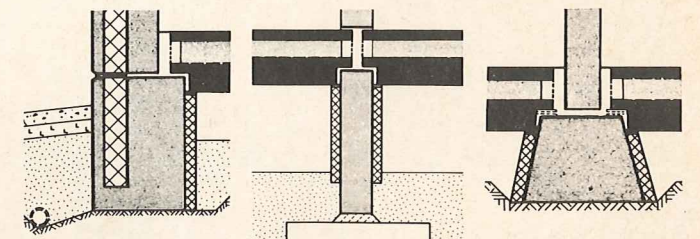
Lisäksi Variax 5 on hyväksytty 60 mm vuorivillasuojauksella paloluokkaan A120 (kiinnitettynä SM-liimalla tai valuvaiheessa liukuvalamalla tuote suoraan eristeen päälle). Variax 5:n ontelot on hyväksytty A60-luokan ilmahormeiksi.

Tuntiluokka A120 saavutetaan joko tyyppihyväksynnän mukaisella villasuojauksella tai Suomen rakennusmääräyskokoelman ohjeen E5 perusteella lisätyllä betonisuojakerrospaksuudella.

Liitosdetaljeita

Variax 6-ontelolaatan rakenteellisissa liitoksissa voidaan soveltaen käyttää suositusosassa esitettyjä periaatteita.

Lämpöeristeen alapohjaelementin liitospiirustuksia.



Suunnitteluperiaatteet (pohjautuvat tyyppihyväksyntään).

Käytettäessä elementtejä ala-, väli- ja yläpohjarakenteina, joissa vaatimus on A60 tuntiluokka, ei laatan oman painon ja kuormituksen perusteella laskettu taiputusmomentti saa ylittää seuraavia arvoja:

VARIAX 5	Mk	VARIAX 6
Jänneteräksset:		
4 Ø 12,7 mm	45,1 kNm/m	7 Ø 6,3 mm 16,2 kNm/m
6 Ø 12,7 mm	67,6 kNm/m	4 Ø 12,7 mm 34,4 kNm/m
8 Ø 12,7 mm	90,5 kNm/m	5 Ø 12,7 mm 43,0 kNm/m
10 Ø 12,7 mm	113,0 kNm/m	7 Ø 12,7 mm 60,2 kNm/m

Max. jänneväli lasketaan kaavasta:

$$L_{max} = \sqrt{\frac{8 \times Mk}{gl + g^2 + p}}$$

$gl = 3,6 \text{ kN/m}^2$ (laatan oma paino) VARIAX 5

$2,6 \text{ kN/m}^2$ (laatan oma paino) VARIAX 6

$g^2 =$ muu rakennekuorma

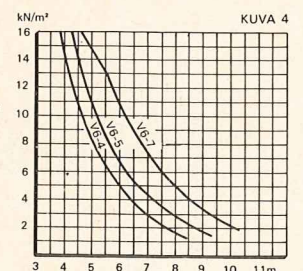
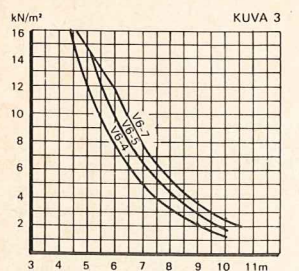
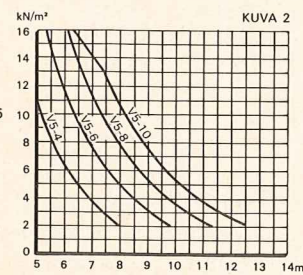
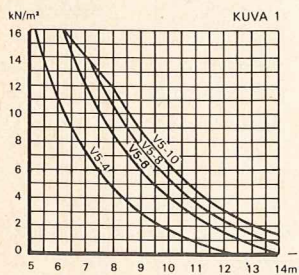
$p =$ RakMk E5:n kohdan 2.2. mukainen hyötykuorma.

"Hyötykuormina käytetään rakenteiden suunnittelua varten tarkoitettuja ominaiskuormia (hyötykuormien vähimmäisarvoja). Oleskelu- ja kokoontumiskuorman arvona saa kuitenkin käyttää $0,75 \text{ kN/m}^2$, tungoskuorman arvona $2,0 \text{ kN/m}^2$, lumikuorman arvona 50% ominaiskuormasta ja tuulikuorman arvona 30% ominaiskuormasta. Lisäksi saa tehdä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B1 mukaiset kuormien vähennykset pystyrakenteissa oleskelu- ja kokoontumiskuormiin. Lumi- ja tuulikuorman ei tarvitse otaksua esiintyvän samanaikaisesti."

Suomen rakentamismääräyskokoelman E1 kohdan 3.7.4 mukaan rakennusosien palotekniset luokkavaatimukset:

"Osastoivissa rakennusosissa olevien ovien, ikkunoiden ja muita pienehköjä aukkoja suojaavien rakennusosien tuntiluokan tulee olla puolet vaaditusta osastoivan rakennusosan tuntiluokasta."

KUORMITUSKUVAAJAT



Staattinen mitoitus (KUVAT 1 ja 3)

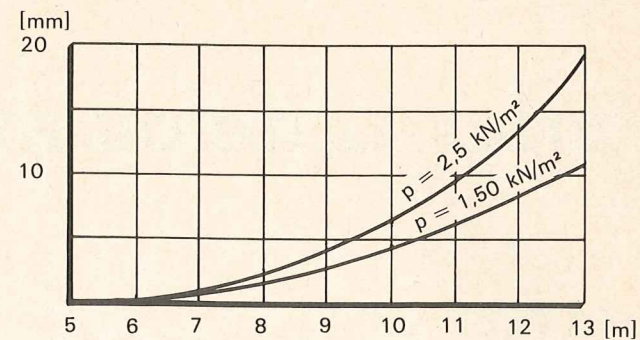
- Oleskelutiloihin liittyvät portaat ja käytävät.
- Paloa hidastavien rakennusten ylä- ja välipohjat (ei tuntiluokkavaatimusta).
- Ryömintätilaan liittyvät alapohjat.

Paloluokitus tavarakuormille (A60) (KUVAT 2 ja 4)

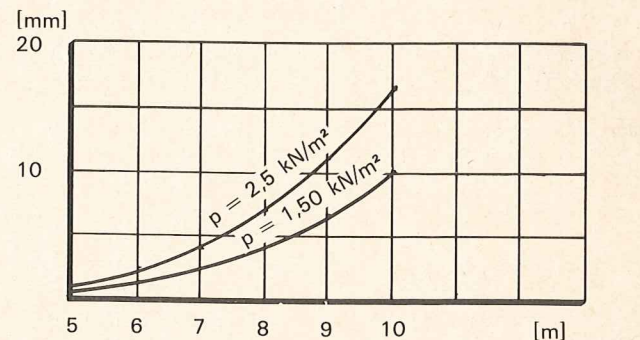
- Tilat, missä kuorma koostuu muusta kuin henkilö- ja lumikuormasta (esim. tavarakuorma).

TAIPUMAKUVAAJAT

VARIAX 5



VARIAX 6



Yksittäisen ontelolaatan taipuma lyhytaikaisen kuorman vaikutuksesta.

Saumatun ontelolaataston taipuma riippuu eri tekijöistä, joista johtuen taipuman suuruus on määriteltävissä kohdekohtaisesti.

Variax 5 viiva- ja pistekuormat

Viivakuormat:

Laatan suuntainen viivakuorma laataston reunalla jaetaan:

- 50 % ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 30 % toiselle laatan levyiselle kaistalle
- 20 % kolmannelle laatan levyiselle kaistalle

Laatan suuntainen viivakuorma laataston keskellä jaetaan kolmelle laatan levyiselle kaistalle:

- 50 % keskimmaiselle
- 25 % viereisille kaistoille

Laataan nähden poikittainen viivakuorma muunnetaan tasaiseksi kuormaksi ja tarkistetaan kuormituskuvaajien mukaan.

Pistekuormat:

Ympyrän muotoiselle alueelle kohdistuvan kuorman vaikutusalan halkaisijan ollessa 50 mm sallittu pistekuorma ontelon kohdalla on 15 kN ja vaikutusalan halkaisijan ollessa 100 mm sallittu pistekuorma ontelon kohdalla on 25 kN.

Em. halkaisija-arvojen väliset arvot interpoloidaan pintaalojen suhteessa.

Perusteluna em. sallituille pistekuormille on Variax 6:lle sallitut arvot. Variax 5:n sallituissa arvoissa on otettu huomioon mittaerot Variax 5:n ja Variax 6:n välillä. (Onteloiden yläpuolinen betonikerros 40 mm (20 mm) ja ontelon koko 185 mm (155 mm).)

Variax 6 viiva- ja pistekuormat

Viivakuormat:

Laatan suuntainen viivakuorma laataston reunalla jaetaan:

- 60 % ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 40 % toiselle laatan levyiselle kaistalle.

Laatan suuntainen viivakuorma laataston keskellä jaetaan kolmelle laatan levyiselle kaistalle:

- 50 % keskimmaiselle
- 25 % viereisille kaistoille.

Laataan nähden poikittainen viivakuorma muunnetaan tasaiseksi kuormaksi ja tarkistetaan kuormituskuvaajien mukaan.

Pistekuormat:

Ympyränmuotoiselle alueelle kohdistuvan kuorman vaikutusalan halkaisijan ollessa 50 mm sallittu pistekuorma ontelon kohdalla on 9 kN ja vaikutusalan halkaisijan ollessa 100 mm sallittu pistekuorma ontelon kohdalla on 17 kN.

Em. halkaisija-arvojen väliset arvot interpoloidaan pintaalojen suhteessa.

Perusteluna em. sallituille pistekuormille on VTT:n selvitys, taulukko 16, s 33, jossa arvot on saatu varmuuskertoimella 2.5 pienimmästä murtokuorman testi-arvosta.

Pistekuorman laataston reunalla jaetaan:

- 60 % ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 40 % toiselle laatan levyiselle kaistalle.

Pistekuorma laataston keskellä jaetaan kolmelle laatan levyiselle kaistalle:

- 50 % keskimmaiselle
- 25 % viereisille kaistoille.

Pistekuorma laataston reunalla jaetaan:

- 50 % ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 30 % toiselle laatan levyiselle kaistalle
- 20 % kolmannelle laatan levyiselle kaistalle.

Pistekuorma laataston keskellä jaetaan kolmelle laatan levyiselle kaistalle:

- 50 % keskimmaiselle
- 25 % viereisille laatan levyisille kaistoille

Perustelut

Perusteluissa nojaututaan Variax 6:lla suoritettuihin kokeisiin laatoilla L7, L8, L9 ja L10 joissa kuormitettiin laatan reunaa, sekä L19/1 ja L19/2 laatoilla suoritettuihin kokeisiin, joissa kahta yhteensaumatua laattaa kuormitettiin sauman sivusta.

Kuormituksen epäkeskeisyydestä huolimatta laattojen vääntymä oli hyvin pieni.

REIJITYS

Variax 5

Reijitysmahdollisuudet ks. reijitysohje.

Reikä otetaan huomioon laataston mitoituksessa siten, että reiän levyiseltä kaistalta rakenne- ja hyötykuorma jaetaan reiän viereisille laatan osille:

Reikä laataston reunalla:

- 50 % kuormasta ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 30 % kuormasta toiselle laatan levyiselle kaistalle
- 20 % kolmannelle laatan levyiselle kaistalle

Reikä laataston keskellä:

- 25 % kuormasta ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 15 % kuormasta toiselle laatan levyiselle kaistalle
- 10 % kolmannelle laatan levyiselle kaistalle

Jos yllämainituilla kuormituskaistoilla on reikiä, suoritetaan kuormien jako kuten yllä ja laatat mitoitetaan summakuormalle.

Perustelut

Perusteluissa nojautumme Variax 6:lla suoritettuihin kokeisiin.

VTT:n selvityksen B 7319/76 mukaisissa koelatoissa L17 reikä oli sijoitettu jänteen keskelle tasaisen kuorman Mmax:n koh-

dalle kuvastamaan puristuspinnan heikentämisestä aiheutuvaa laataston heikkenemistä ja laatoille L18 reikä oli sijoitettu laatan päähän Qmax:n lähelle. Viimemainittu koe osoitti, että Variax 6:lla on hyvin vaikea saada leikkausmurtoa aikaan ts. tuen läheisyydessä sijaitseva reikä on "turvallinen".

Variax 6

Reijitysmahdollisuudet ks. reijitysohje.

Reikä otetaan huomioon laataston mitoituksessa siten, että reiän levyiseltä kaistalta rakenne- ja hyötykuorma jaetaan reiän viereisille laatanosille:

- 60 % kuormasta ensimmäiselle laatan levyiselle kaistalle
- 40 % toiselle laatan levyiselle kaistalle.

Jos yllämainituilla kuormituskaistoilla on reikiä suoritetaan kuormien jako kuten yllä ja laatat mitoitetaan summakuormalle.

Perustelut

Koetusohjelma on VTT:n toimesta suunniteltu hyväksikäyttäen oheista laataston reijitysohjetta.

VTT:n selvityksen B 7319/76 mukaisissa koelatoissa L17 reikä oli sijoitettu jänteen keskelle tasaisen kuorman Mmax:n kohdalle kuvastamaan puristuspinnan heikentämisestä aiheutuvaa laataston heikkenemistä ja laatoilla L18 reikä oli sijoitettu laatan päähän Qmax:n lähelle. Viimemainittu koe osoitti, että Variax 6:lla on hyvin vaikea saada leikkausmurtoa aikaan ts. tuen läheisyydessä sijaitseva reikä on "turvallinen".

Em. kokeisiin liittyvät koetulokset osoittavat reijitysohjeen olevan realistinen.

Että myös kohdassa 1 esitetty kuormien jakamista esitetty suunnitteluperiaate on realistinen nähdään lisäksi koelatoihin L7, L8, L9 ja L10 liittyvistä testeistä, joista laattoja kuormitettiin laattojen pituussuuntaisella reunakuormalla. Kokeiden mukaan laattojen reunojen taipumaero n. 10 mm taipumalla oli vain 5 % 4,8 m laatalta ja 3 % 8,4 m laatalta.

ÄÄNENERISTÄVYYS

Ääneneristävyyden osalta viitataan julkaisun yleiseen ao. tekstiosaan. Siinä esitetyt periaatteet toteutuvat oleellisilta osin myös Variax-6-ontelolaatalla.

Välipohjalaataston ääneneristystasot

Kerrostalot $I_a \geq 53 \text{ dB}$, $I_i \leq 63 \text{ dB}$

- pehmeäpohjainen muovimatto
- tasausmassa
- Variax 6 (Variax-8, mikäli lisäksi 30...40 mm pintabetonikerros)
- väliseinä d = 180 mm

Rivitalot $I_a \geq 55 \text{ dB}$, $I_i \leq 63 \text{ dB}$

- pehmeäpohjainen muovimatto
- tasausmassa
- Variax 6
- Väliseinä d = 180 mm

Korkean luokan ratkaisu $I_a \geq 58 \text{ dB}$, $I_i \leq 60 \text{ dB}$

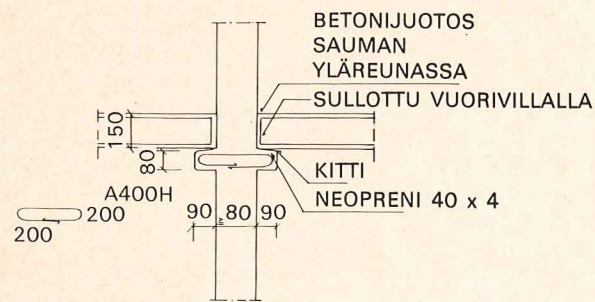
- pehmeäpohjainen muovimatto
- tasausmassa
- Variax 5
- Väliseinä d = 200 mm

Korkean luokan ratkaisu $I_a \geq 60 \text{ dB}$, $I_i \leq 60 \text{ dB}$

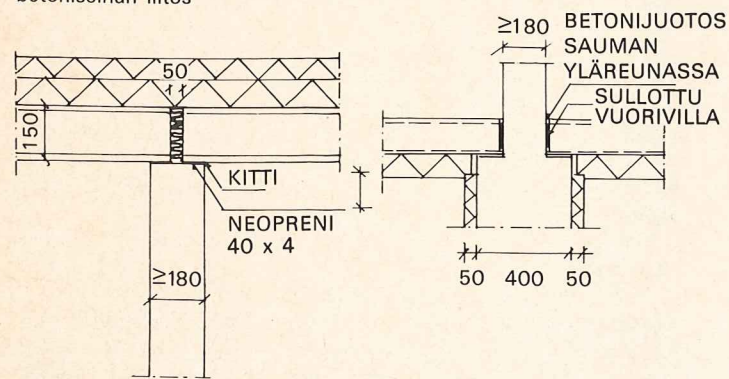
- pehmeäpohjainen muovimatto
- tasausmassa
- Variax 5 tai Variax 6
- 20...50 mm ilmaväli
- 70 mm mineraalvilla + runko
- esim. 1 x 7 mm luja t. 1 x 13 mm gyproc-levy
- väliseinä d = 200 mm

Variax 8 rivitalorakentamisessa

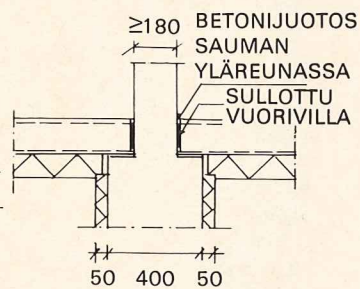
Välipohjan ja huoneistojen välisen betoniseinän liitos



Variax-8 yläpohjan ja huoneistojen välisen betoniseinän liitos



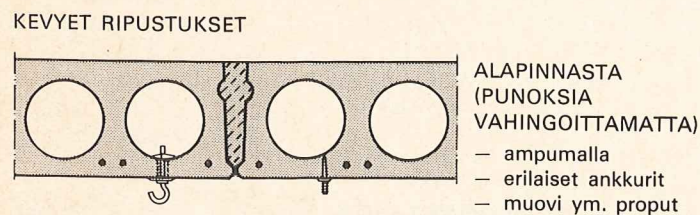
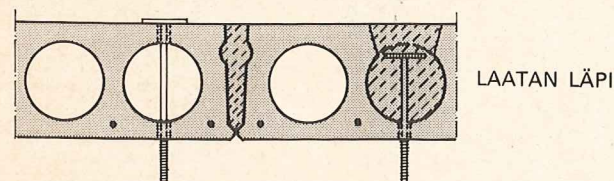
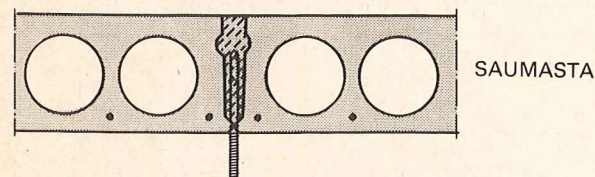
Variax 8 alapohjan ja huoneistojen välisen betoniseinän liitos



KIINNITYKSET

Ripustukset ja alasaskut ontelolaatastosta

ESIMERKKEJÄ
RASKAAT RIPUSTUKSET
— KUORMITUSKESTÄVYYS PULTTIKOON
JA LAATAN PUNOSMÄÄRÄN MUKAAN



esim. 6 x 50 puuruuveja Ø muovitulppiin, $F_{sall} = 1,20 \text{ kN}$
Hilti Dn 42 nauvoja punaisin punoksin $F_{sall} = 1,48 \text{ kN}$

LV-ASENNUKSET

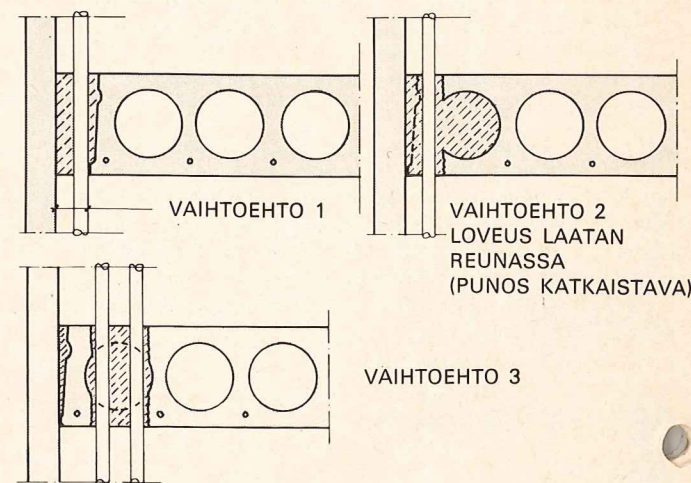
LVI-suunnittelun lähtökohtana ontelolaattavälipohjaisissa rakennuksissa ovat seuraavat suunnitteluperiaatteet:

— Sisäasiainministeriön uusissa kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistomääräyksissä pyritään vähentämään rakenteiden sisään tapahtuvaa johtoasennusta.

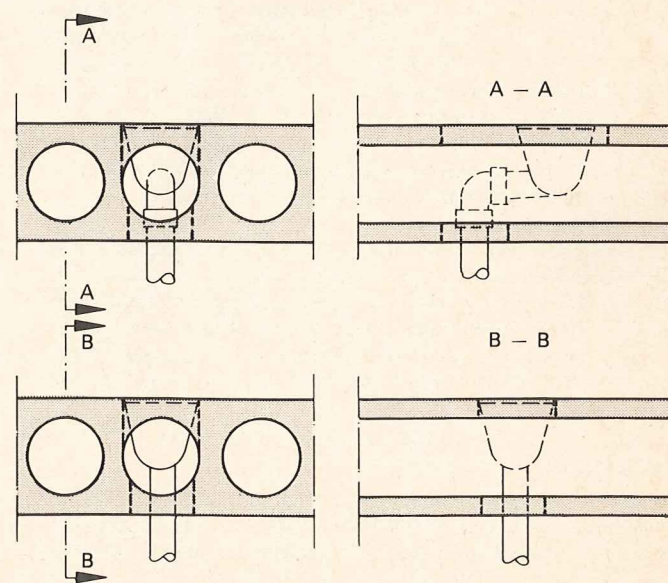
Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Sisäasiainministeriö 1976.

- Pystylävistysten, esim. nousuhormien aukkojen, sijainti, koko ja muoto määräytyvät esitettyjen ontelolaatan reijitysohjeiden perusteella.
- Horisontaalsiirtymiä laatan pituussuuntaan voidaan tehdä onteloita pitkin. Onteloasennukset tehdään joko onteloon puhkaisu- tai asennusaukkojen kautta tai hakkaamalla asennusura ontelon päältä auki.
- Halkaisijaltaan yli 150 mm reijät pyritään tekemään valmiiksi tehtaalla. Pienemmät reijitykset tehdään työmaalla.
- Käytettäessä alapohjana tehtaalla lämpöeristettyä ontelolaattaa voidaan putkistot sijoittaa ryömintätilaan, jolloin kulkukelpoisen ryömintätilan kautta putkiverkoston korjaustyöt ovat suoritettavissa rakenteita rikkomatta.

LÄMPÖPUTKINOUSUJEN SIOJITUSVAIHTOEHTOJA ONTELOLAATOISSA



LATTIA- TAI KATTOKAIVOVARAUKSET



ONTELOLAATAN ONTELOITTEN KÄYTTÖ ILMASTOINTIKANAVINA

Laattaontelot soveltuvat käytettäväksi sekä tulo- että poistoilmakanavina.

Palonkestävyys ilmahormina

Variax 5 -ontelot on tyyppihyväksytty A60 paloluokan ilmahormiksi. Päätöksen mukaan ilmahormina voidaan käyttää samassa elementissä kolmea onteloa, joista enintään kaksi saa olla rinnakkain. Laatan niihin alapinnan reikiin, jotka eivät ole liitetty muihin ilmakanaaviin, on asennettava poistoilma- tai tuloilmaventtiilit.

Samoin periaattein myös Variax-6-ontelot täyttävät A60 paloluokan vaatimukset (VTT:n lausunto PAL 958).

Tiiveys

Variax 5 -ontelolaatalla on tehty vuotomittauksia sekä laboratoriossa että valmiissa rakennuksissa. Tulokset täyttävät selvästi kaikki LVI-normien vaatimukset.

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Lämpötekniikan laboratorion lausunto Variax-ontelolaattojen ilmatiiveyskokeista. Lausunto n:o A 6950/72, Otaniemi 1972.

Pölynkehitys

Käytettäessä onteloita ilmahormina tulee käyttötarkoitus ilmoittaa tehtaalle, jolloin onteloiden puhtaus tarkistetaan pölyttömyyden varmistamiseksi.

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen LVI-tekniikan laboratorion lausunto ontelolaatan pölykehityksen tutkimisesta. Tutkimuslause n:o A 7880/74, Otaniemi 1974.

Kondensoituminen

Suomalaisissa olosuhteissa onteloihin ei, tehdyn teoreettisen asian- tuntijatarkastelun mukaan, kondensoidu vettä.

SÄHKÖASENNUKSET

Ontelolaattaa käytävissä rakenteissa voidaan sähköasennusten vaakavetoihin käyttää hyväksi laatan onteloita. Pohjoismaisten asennusmääräysten mukaisesti rinnastetaan muovisella pääteul- pallalla suljettu laatan ontelo joko asennusputkeen tai suljettuun asennuskanavaan. (Yhdenmukainen DIN ja SAE norm.).

Onteloiden lisäksi sähkövetoja voidaan suorittaa laattojen poikittais- ja pitkittäissaumoissa. Tällöin on kuitenkin huolehdittava siitä, että saumaterästen tartuntaa ja tehoa ei huononnetta. Tässä mielessä suositeltava sähköputkien sijoitusperiaate ilmenee viereisestä kuvasta. Kokeellisesti on todettu (VTT), että neljä putkea ei oleellisesti heikennä saamaa pystysuoriin seinäkuormiin nähden. Pituussuuntaisessa putkituksessa tulee erikoisesti välttää johtojen vetämistä reunavyöhykkeillä samassa saumassa rengasterästen kanssa. Variax 5 ja Variax 6-laatojen pitkittäissauman sallittu suora tai rezultoiva jännitys saa olla enintään 0,1 MN/m². Jos saumassa sijaitsee putkituksia, ne otetaan heikennyksenä huomioon.

Asuintalot

Ontelolaatta-asuintalojen sähköasennukset tehdään kolmessa vaiheessa: 1. Putkitus, 2. Johdotus ja kytkentä sekä 3. Kojeasennus.

Putkitus kantaviin seiniin tehdään elementtien valuvaiheessa elementtitehtaalla tai työmaalla. Elementtien asennusvaiheessa seinien putkitukset yhdistetään Variax-laattojen onteloihin tai laattojen päätysaumoissa suoritettaviin vetoihin.

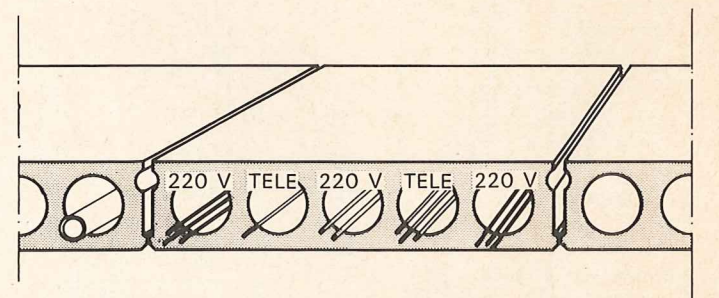
Keveiden väliseinien putkitukset suoritetaan työmaalla väliseinätöiden yhteydessä. Kylpyhuone- ja WC-elementtien putkitus tehdään elementtitehtaalla elementtityön yhteydessä ja asennukset viimeistellään ja liitetään asunnon sähköasennusjärjestelmään työmaalla.

Kun kaikki putkitukset on tehty, suoritetaan johtimien veto putkiin. Tämä tapahtuu ns. vetojousen avulla. Jousi, jossa on ”helmi- pää”, työnnetään seinissä olevista putkituksista onteloon ja vedetään sen avulla johtimet paikoilleen putkiin.

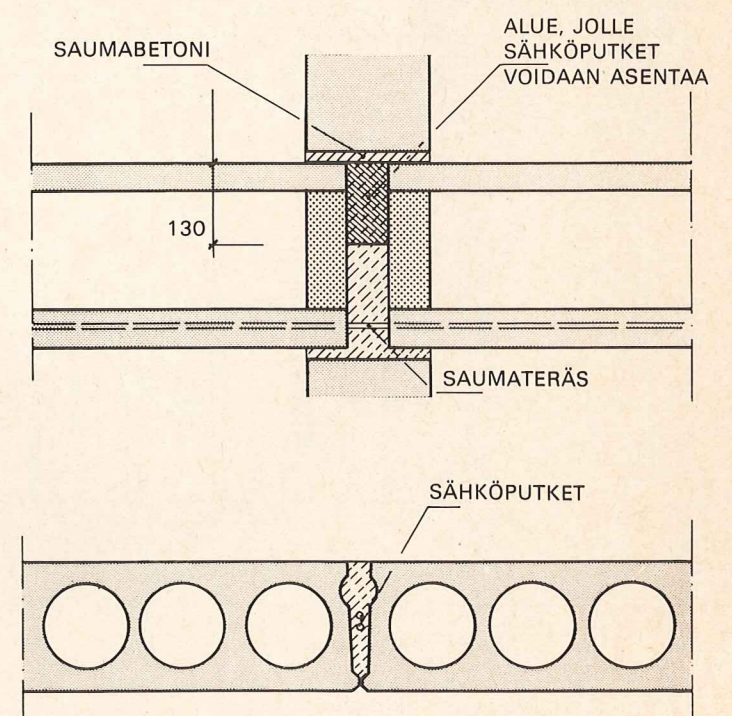
Johtimien vetämisen jälkeen suoritetaan rasioiden ja kojeiden kytkentä.

Rakennuksen pinnoitus- ja maalaustöiden jälkeen asennetaan kojeiden peitelevyt, valaisimet jne.

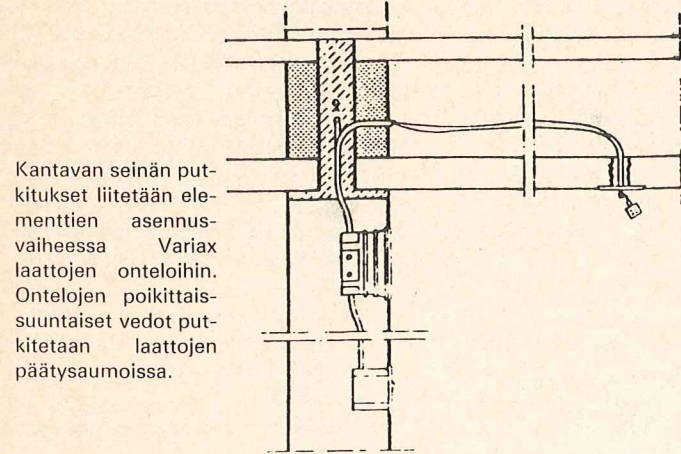
ONTELOIDEN KÄYTTÖ JOHTOKANAVINA



SÄHKÖPUTKET LAATTOJEN SAUMOISSA

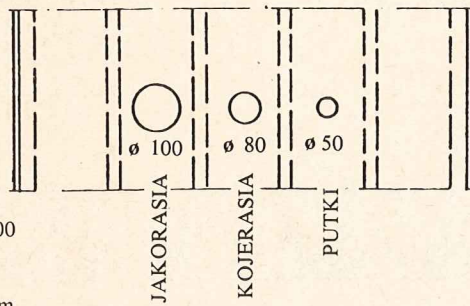


VARIAX-LAATAN JA KANTAVAN SEINÄN LIITOKSEN KÄYTTÖ



Kantavan seinän putkitukset liitetään elementtien asennusvaiheessa Variax laattojen onteloihin. Onteloiden poikittais-suuntaiset vedot putkitetaan laattojen päätysaumoissa.

VARIAX-LAATAN REIJITYS SÄHKÖASENNUKSISSA

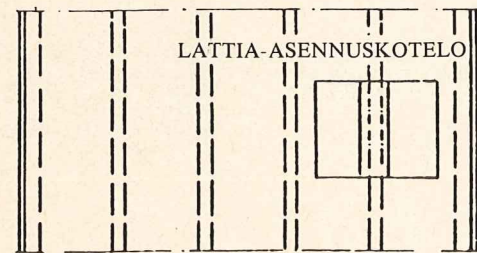
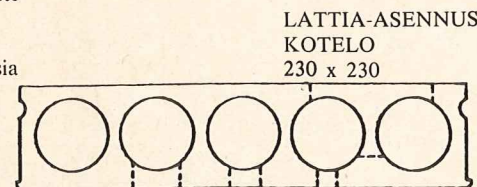


1. Jakorasia Ø 100 mm

2. Kojerasia Ø 80 mm

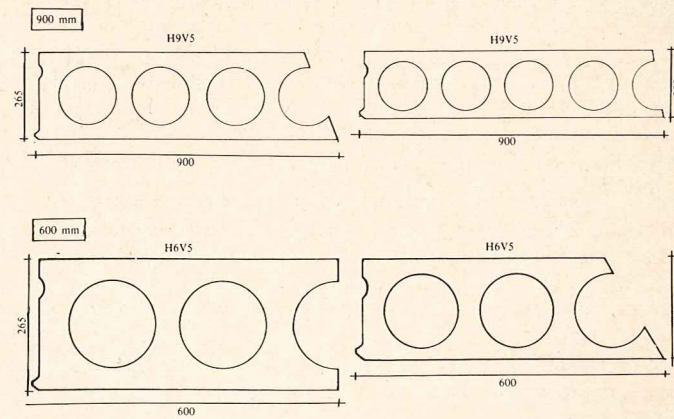
3. Putki (kattopiste ym.) Ø 50 mm

4. Lattia asennusrasia 230 x 230 mm
230 x 230 mm
Syv. 120 mm



HALKAISTUT LAATAT

Variax 5 ja Variax 6 -laattoja valmistetaan myös 900 mm ja 600 mm leveinä

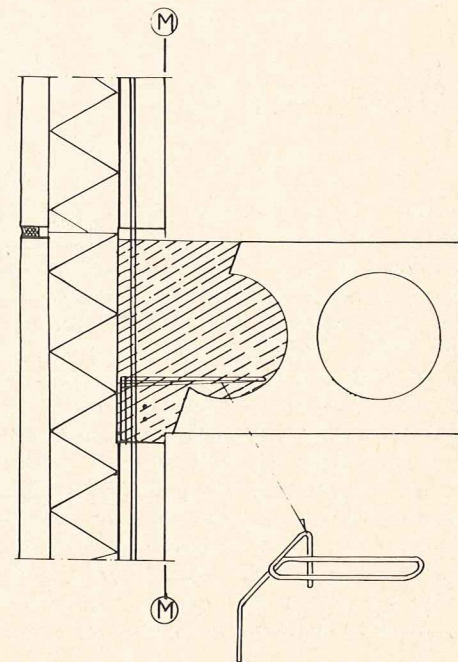


SIJOITUSSUOSITUS

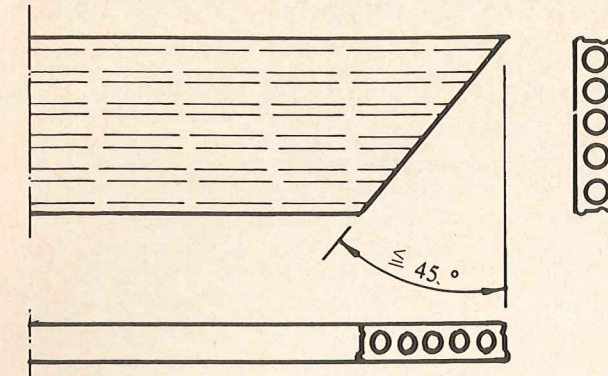
Runkoleveys mm	Laattajakauma, kpl		
	Laatan leveys 1200 mm	Laatan leveys 900 mm	Laatan leveys 600 mm
n x 1200	n	—	—
n x 1200 + 300	n-1	1	1
	n-1	2	—
	tai n	—	1
n x 1200 + 900	n	1	—

Kavennetut laatat suositellaan sijoitettaviksi laatastojen reunoihin.

ULKOSEINÄELEMENTIN JA HALKAISTUN REUNALAATAN LIITOS

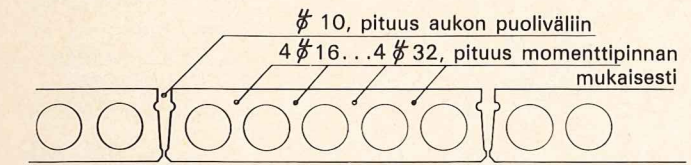


VINOKULMAISET LAATAT

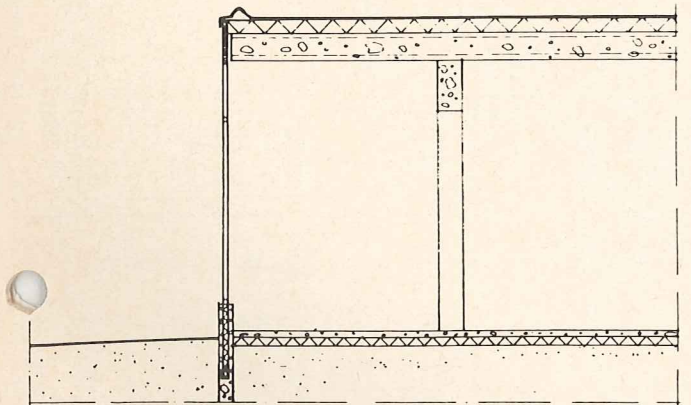


ULOKELAATAT

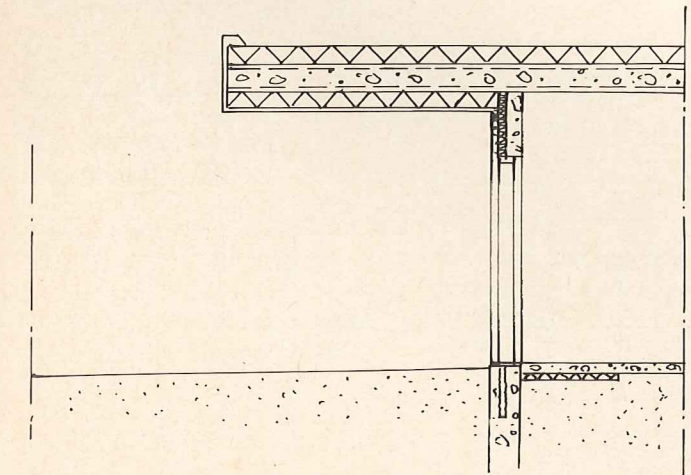
Uloke voidaan muodostaa joko jännittämättömin tai jännitetyin vläpinnan teräksin. Viime mainittu tapaus mitoitetaan suoraan jännitettyjen rakenteitten normien mukaisesti. Ensinmainitun tapauksen osalta ovat mitoituskäyrät ohaisena.



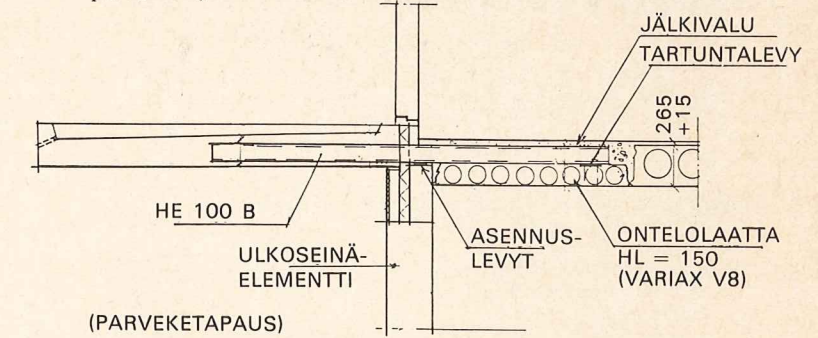
ESIM. 1. LIIKEHUONEISTON ULKOSEINÄ



ESIM. 2. LASTAUSKATOS

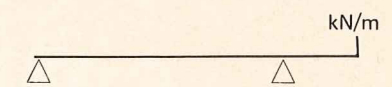


Uloke voidaan myös muodostaa laattoja vastaan kohtisuorassa suunnassa mm. hyväksikäyttäen eripaksuisia laattoja. Pintavalu + Variax-laatasta voidaan käsitellä myös liittorakenteina (erkerit, parvekkeet)

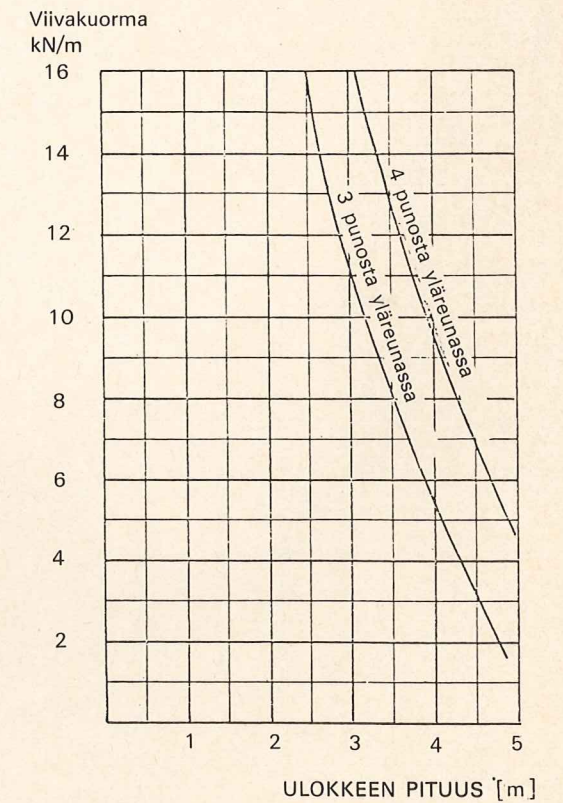


VARIAX 5 ULOKELAATAN KUORMITUSKUVAAJAT STAATTINEN MITOITUS

Kuvaaja määräytyy taivutusmurtokapasiteetin mukaan

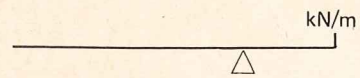


BETONI K 50-1
LAUK LUJUUS 35
TERÄS Ø 12,7
ST 1600/1800
ALKUJÄNNITYS 800

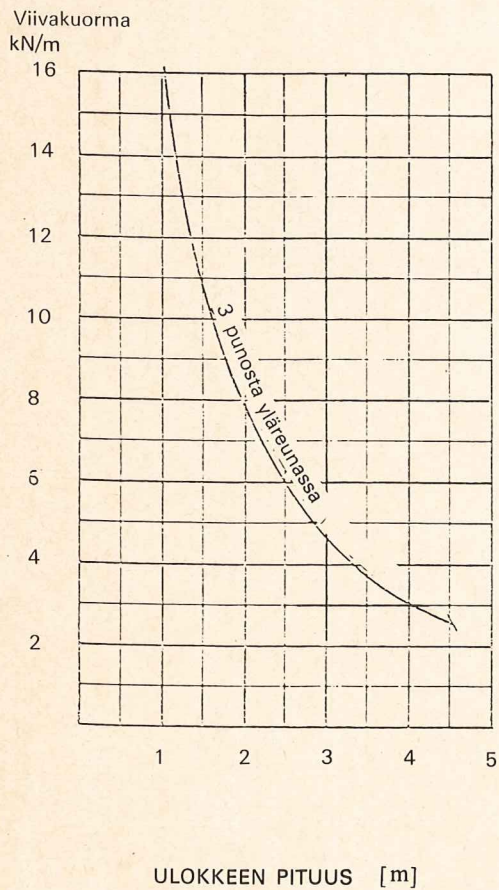


ULOKELAATAN KUORMITUSKUVAAJAT
STAATTINEN MITOITUS

Kuvaaja määräytyy sallitun taipuman L/200 mukaan.

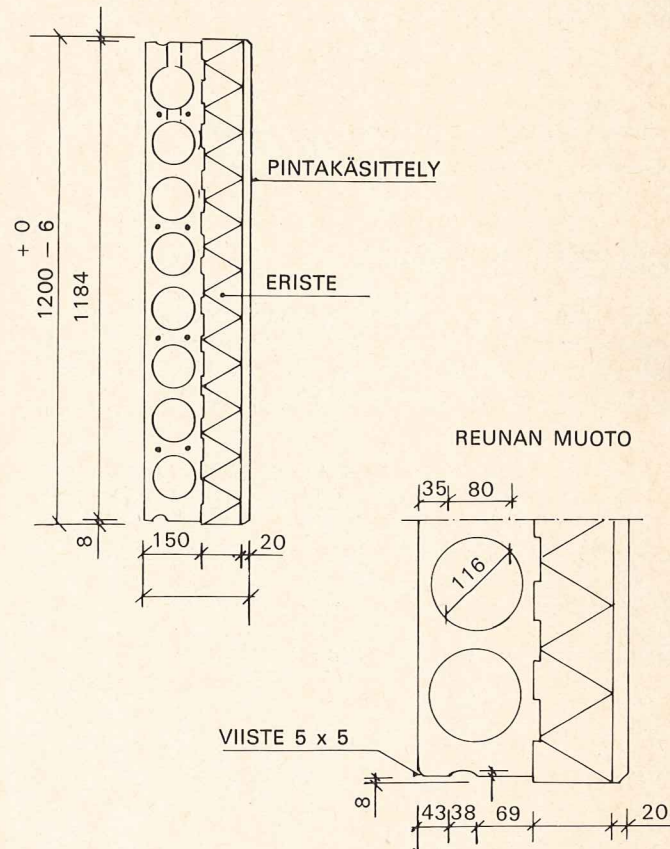


BETONI K 50-1
LAUK.LUJUUS 35
TERÄS ϕ 12,7
ST 1600/1800
ALKUJÄNNITYS 800
ULOKKEEN PITUUS M
3 PUNOSTA YLÄREUNASSA



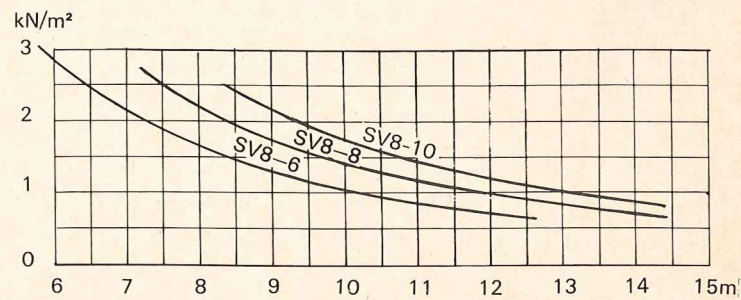
VARIAX 8-SEINÄ

Seinä voidaan muodostaa sekä pysty- että vaakaelementeistä.



VARIAX 8 SEINÄLAATTA KUORMITUSKUVAAJAT
STAATTINEN MITOITUS

Betoni K 50-1. Lauk. lujuus 35.
Teräs ϕ 10 1600/1800. Alkujännitys 900



Span-Deck-ontelolaatat

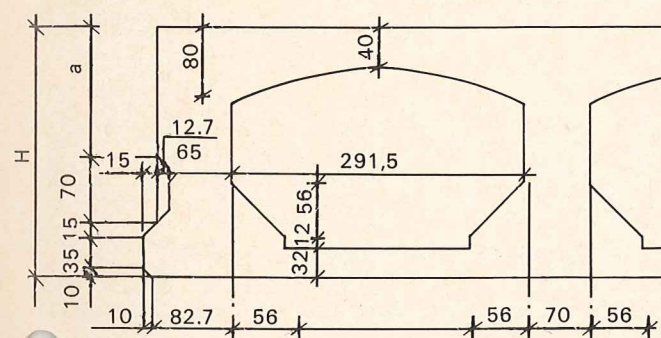
TUOTTEET

Span Deck-ontelolaatta on BES-suosituksen mukainen esijännitetty betoninen ontelolaatta, jota käytetään rakennusten ala-, väli- ja yläpohjan rakenteena. Valmistusmenetelmää mukaillen voidaan Span-Deck ontelolaatat lämpöeristää ja käyttää myös Sandwich-seinäelementteinä. Span-Deck-ontelolaatan suunnittelussa on otettu huomioon Bes-järjestelmän käytöstä saadut kokemukset: on lisätty joustavuutta leveysmoduuliin sekä parannettu reikien sijoittelumahdollisuutta

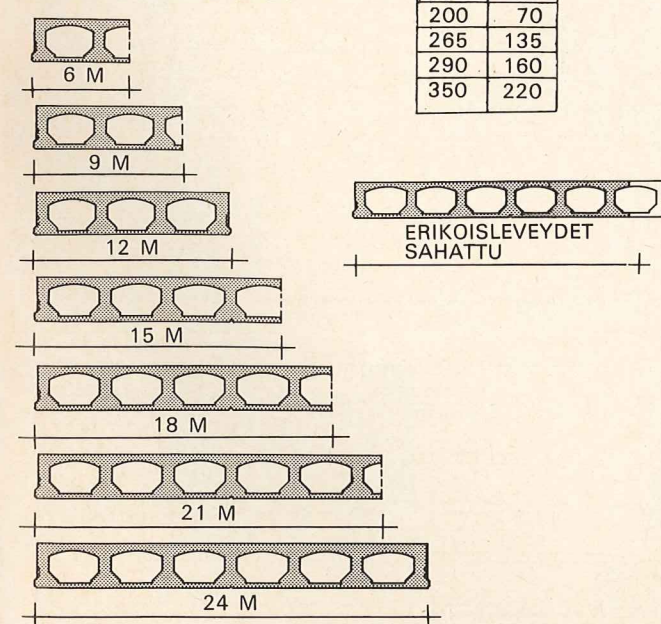
Span-Deck-ontelolaattoja valmistetaan 240 ja 120 cm:n vakioleveyksiä muottiin valamalla sekä muita 3 M leveyksiä (60, 90, 150, 180, 210) erikoistoimenpitein sahaamalla tuoreesta betonista. Muut leveysvariaatiot tehdään aina sahaamalla kovettuneesta betonista pituussuuntaan. Span-Deck-ontelolaattoja valmistetaan neljää eri korkeustyyppiä: 200,265, 290 ja 350.

- 200 mm:n korkuinen on tarkoitettu lähinnä pientalotuotantoon.
- 265 mm:n korkuinen koulujen ja toimistojen eli ns. julkisten rakennusten rakenteeksi.
- 290 mm:n korkuinen on tarkoitettu lähinnä varsinaiseen kerrostaloasuntotuotantoon.
- 350 mm:n korkuinen on tarkoitettu teollisuus- ja varastorakennusten välipohjarakenteeksi.

RAKENNEMITAT

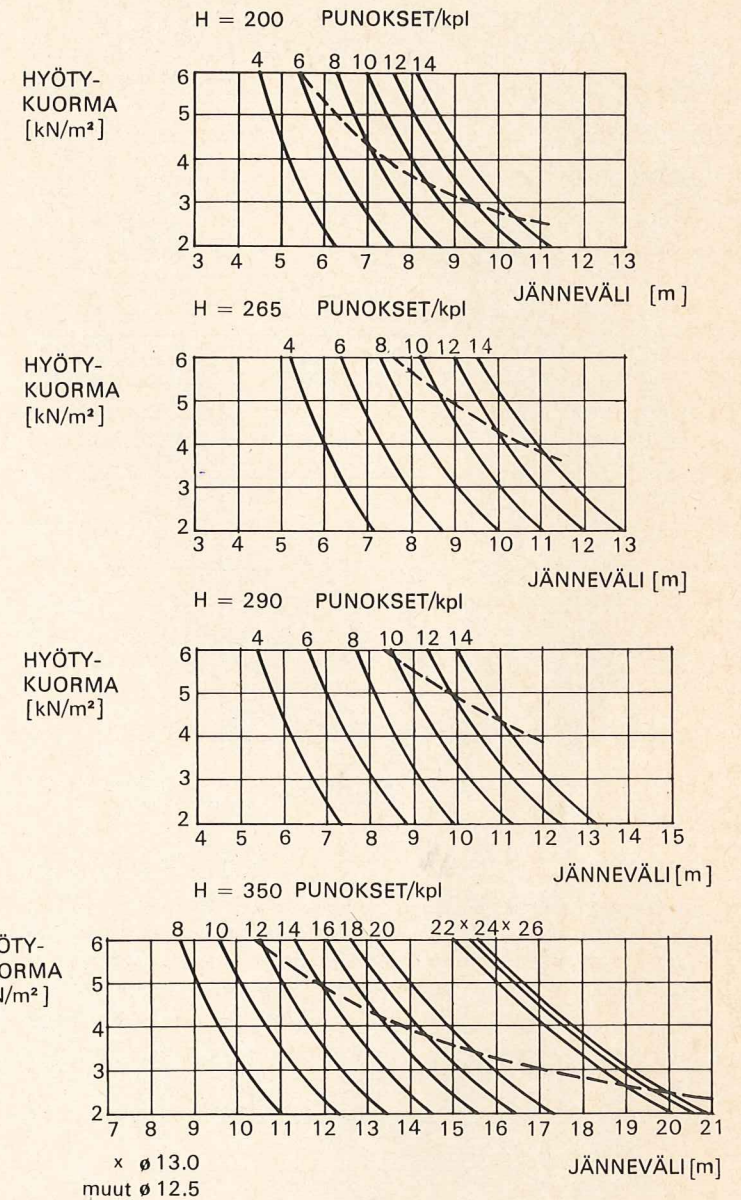


LEVEYSVARIATIOT



H	a
200	70
265	135
290	160
350	220

KANTAVUUSKÄYRÄT

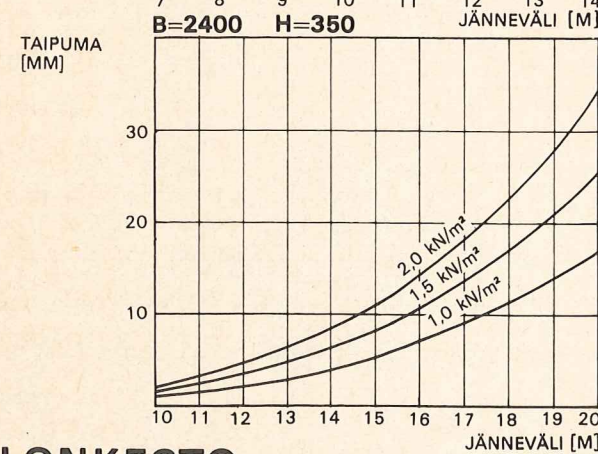
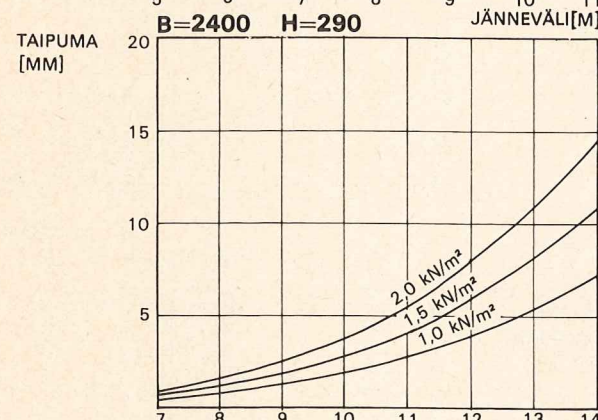
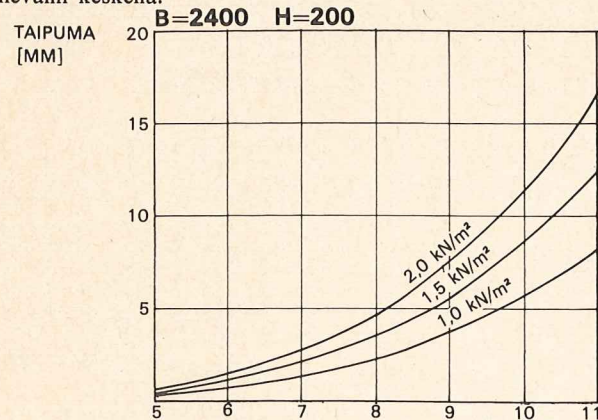


PAINOTAULUKKO

ONTELOLAATAN KORKEUS H [mm]	PINTALAATAN VAHUUUS c [mm]	ALALAATAN VAHUUUS d [mm]	ELEMENTIN PAINO SAUMATTUNA	
			B=1200 G ₁ [kg/m ²]	B=2400 G ₂ [kg/m ²]
200	32	25	289	273
	32	32	296	281
	40	32	305	291
	40	50	328	314
265	32	25	331	308
	32	32	337	316
	40	32	347	326
	40	50	367	347
290	40	50	400	380
350	40	32	403	371

TAIPUMAKÄYRÄSTÖ

Yksittäisen elementin taipuma lyhytaikaisen kuorman vaikutuksesta jännevälän keskellä.



PALONKESTO

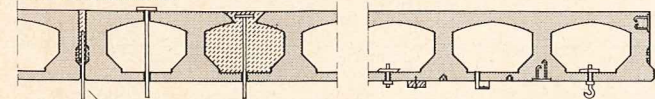
Normaalisti Span-Deck ontelolaatat valmistetaan palonkestoluokkaan A 60 ja A 120. Palonkestävyyttä voidaan parantaa valamalla pohjalaatta paksummaksi tai kevytsorabetonilla.

ÄÄNENERISTYS

Span-Deck elementeistä tehdyt ala-, väli- ja yläpohjarakenteet täyttävät ääneneristysnormien vaatimukset. Ääneneristystä voidaan parantaa onteloihin jätetyllä sorakerroksella.

KIINNITYKSET

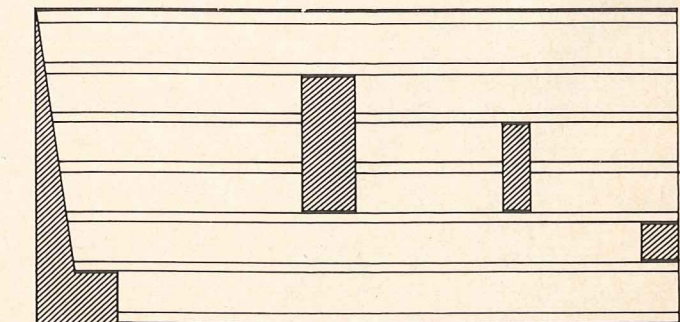
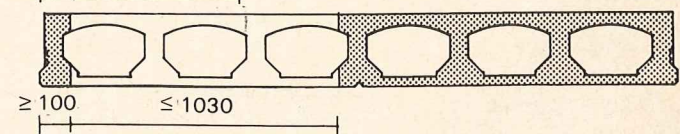
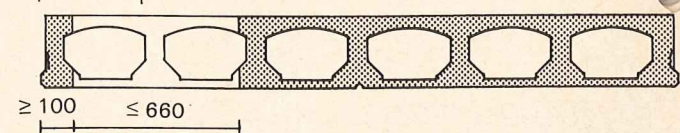
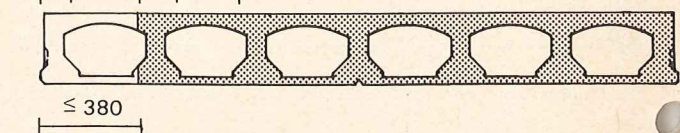
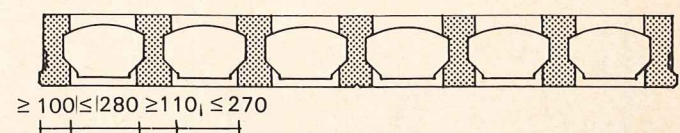
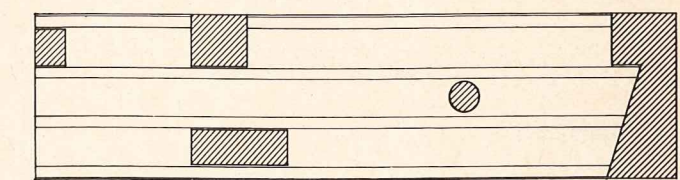
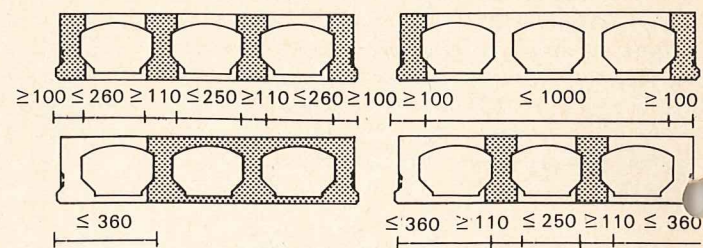
Tavanomaisten jälkepäin työmaalla kiinnitettävien tartuntojen lisäksi voidaan Span-Deck-ontelolaattaan kiinnittää valun yhteydessä joko pohjaan tai sivuihin ns. valutartuntoja oheisen piirustuksen mukaan.



REIJITYS

Span-Deck-ontelolaattaan voidaan tehdä vakioleikkisiä oheisten poikkileikkauspiirustusten mukaan. Pienet reiät $\phi \leq 250$ voidaan tehdä onteloiden kohdalle rakennuspaikalla myös jälkepäin. Suurin reiän leveys vakio-Span-Deck-laattojen välisellä reuna-alueella voi olla 720 mm ja keskialueella 1030 mm. Käytännössä asuntotuotannossa esiintyvät kuormat ja nykyisin käytetyt jännevälit huomioiden voidaan siten esim. 1030 mm:n levyinen reikä sijoittaa rajoituksetta Span-deck-laatan keskialueelle.

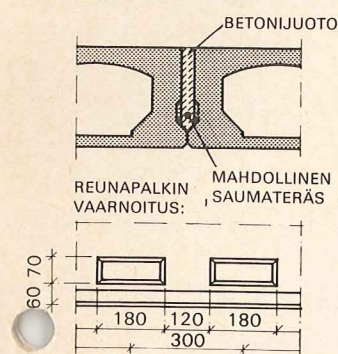
Myös leveämmät aukot ovat mahdollisia vahvistamalla elementtejä ala- tai yläpintaan sijoitetun poikittaisteräksin.



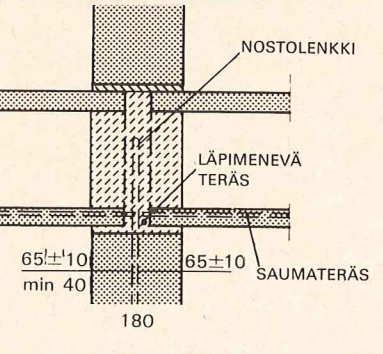
RAKENNEDETAIJIT

Span-Deck-ontelolaattojen rakenteellisissa liitoksissa voidaan soveltaen käyttää suositusosassa esitettyjä periaatteita.

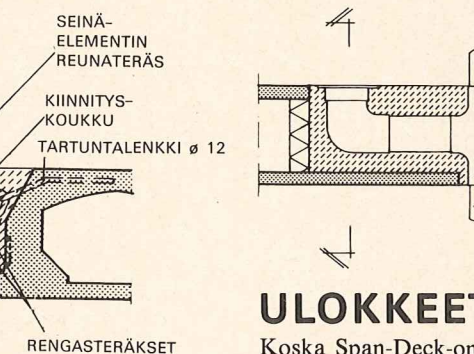
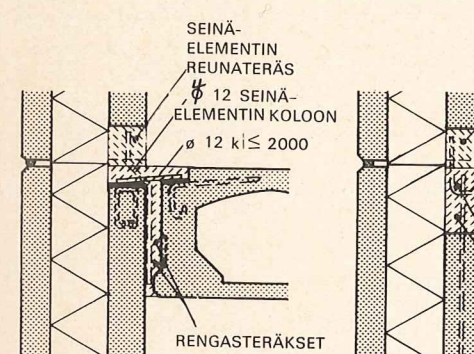
SPAN-DECK-ONTELOLAATTOJEN VÄLINEN SAUMA



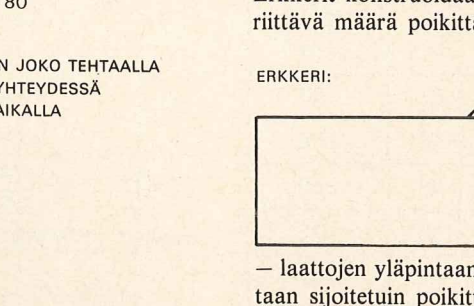
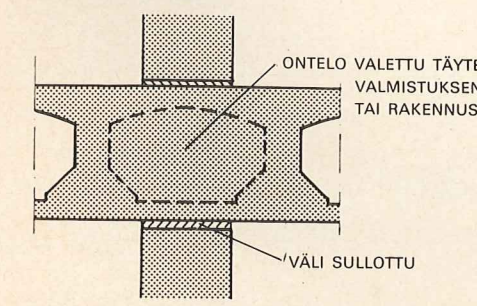
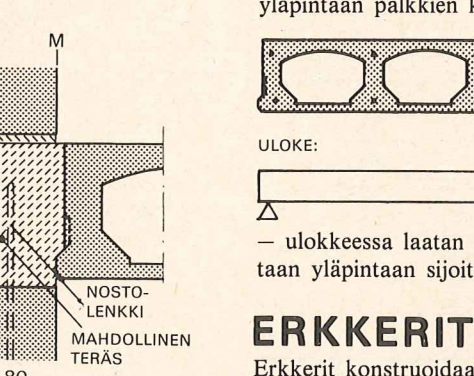
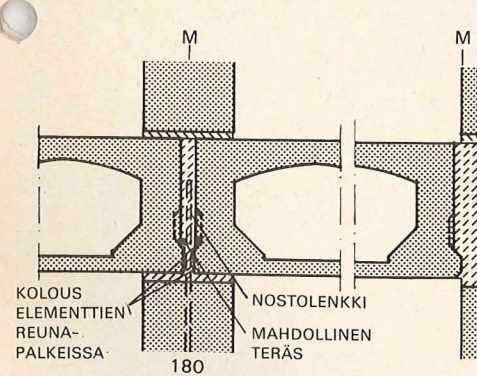
KANTAVAN VÄLISEINÄN SPAN-DECK-VÄLIPOHJAN LIITOS



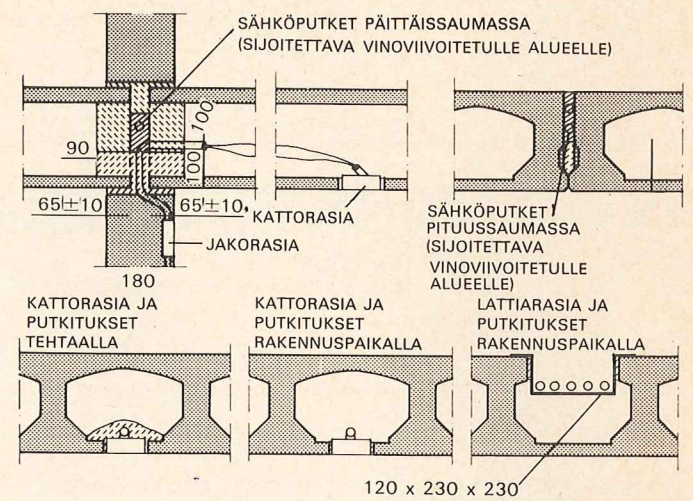
ULKOSEINÄELEMENTIN JA SPAN-DECK-VÄLIPOHJAN LIITOS



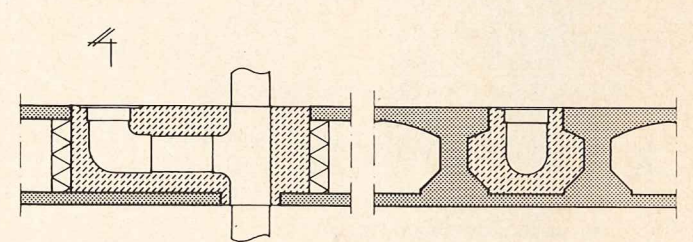
JÄYKISTÄVÄN SEINÄN JA SPAN-DECK-VÄLIPOHJAN LIITOS



SÄHKÖVEDOT

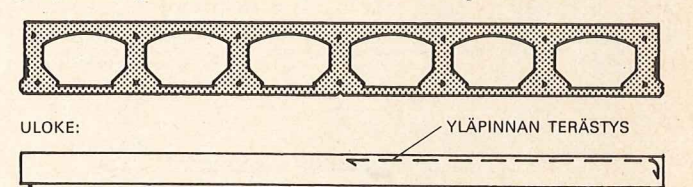


VIEMÄRIT



ULOKKEET

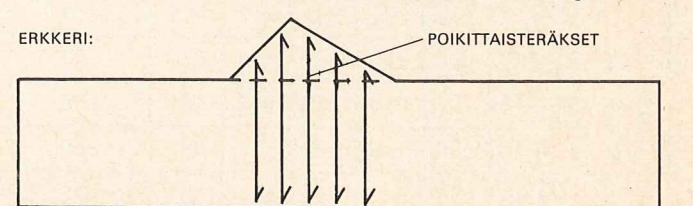
Koska Span-Deck-ontelolaattojen yläpinta on mahdollista esijännittää, on pitkien ulokkeellisten ontelolaattojen teko mahdollista. Pienehköjen negatiivisten momenttien aiheuttamat yläpinnan vetojännitykset voidaan ottaa vastaan asentamalla valun yhteydessä yläpintaan palkkien kohdalle normaalia harjaterästä.



— ulokkeessa laatan yläpintaan syntyvä veto voidaan ottaa vastaan yläpintaan sijoitettuun teräksin

ERKKERIT

Erkkerit konstruoidaan asentamalla yläpintaan valun yhteydessä riittävä määrä poikittaisteräksiä. Itse erkkeri valetaan paikalla.



— laattojen yläpintaan syntyvä veto voidaan ottaa vastaan yläpintaan sijoitettuun poikittaisteräksin

Nilcon-elementit

Nilcon-elementit täyttävät tyyppihyväksyntäpäätöksen n:o 634/545/77 mukaan voimassa olevat määräykset seuraavilta osin:

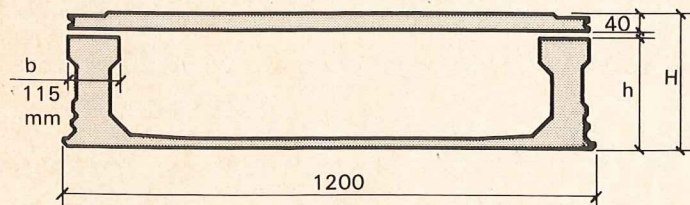
Lujuus: käytettäessä ylä-, väli- ja alapohjana,

Palonkestävyys: kantavana ja osastoivana rakennusosana elementtityypit NA, NAL, N, NI, NIK ja NY Palonkestävyysluokka A60 sekä NP palonkestoluokka A120.

TUOTTEET

Lyhenteet tarkoittavat seuraavia elementtejä:

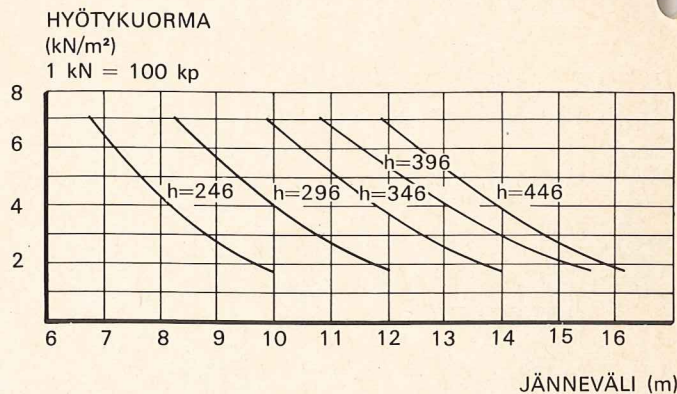
- NA Nilcon-alapohjaelementti viileää tilaa vasten
- NAL " " kylmää " "
- N Nilcon-väli-pohjaelementti (A60)
- NI Nilcon-ilmalämmityselementti
- NIK Nilcon-ilmakanavaelementti
- NY Nilcon-yläpohjaelementti
- NYT Nilcon-yläpohjaelementti, teollisuus- ja varastorakennuksiin
- NYV Nilcon-yläpohjaelementti, yläpinta kalteva
- NP Nilcon-palonkestoelementti (A 120)



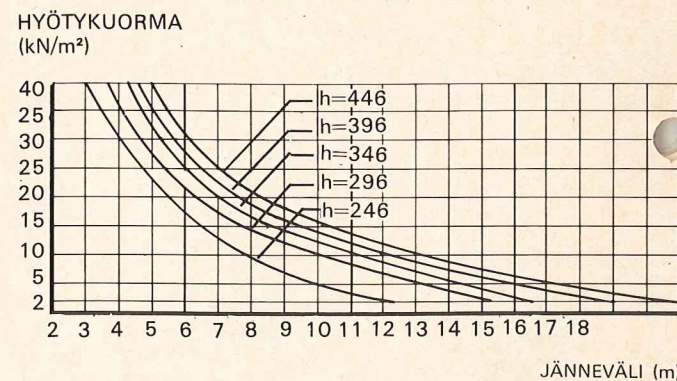
RAKENNEMITAT:

TUNNUS	KASETTI-KORKEUS h	ELEMENTTIKORKEUS H					OMAPAINO SAUMATTUNA kg/m ²
		NA	NAL	N	NY	NYT	
N 25	= 246	300	380	300	401	371	250
N 30	= 296	350	430	350	451	421	275
N 35	= 346	400	480	400	501	471	300
N 40	= 396	450	530	450	551	521	325
N 45	= 446	500	580	500	601	571	350

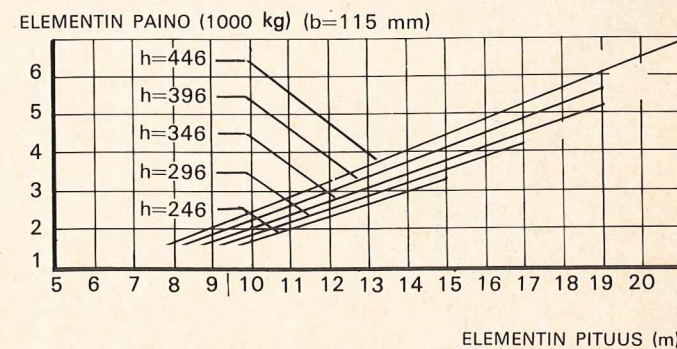
KANTAVUUSKÄYRÄSTÖ — REUNAPALKIN LEVEYS (b) 115 mm



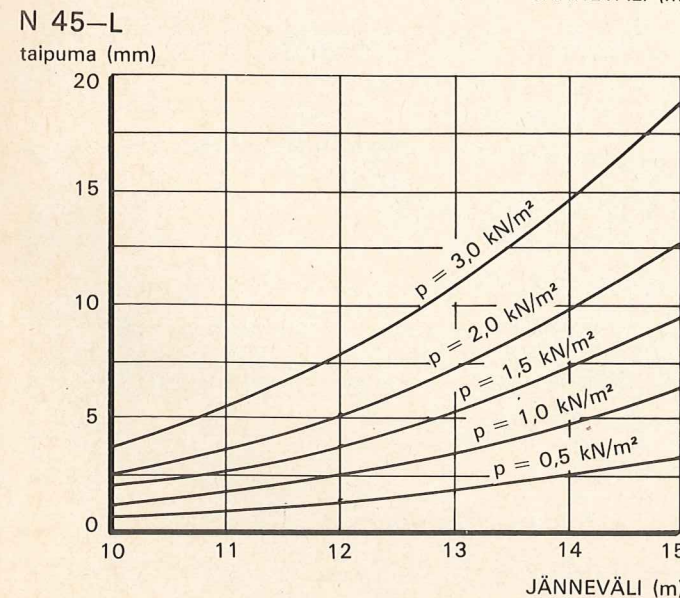
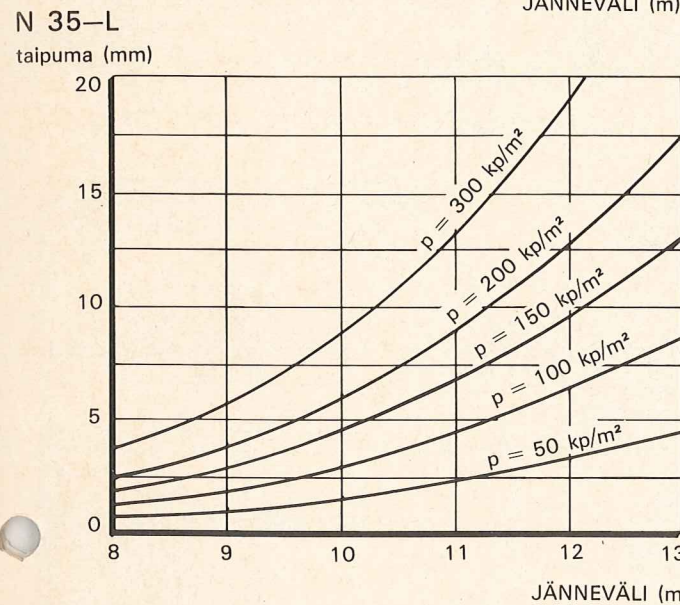
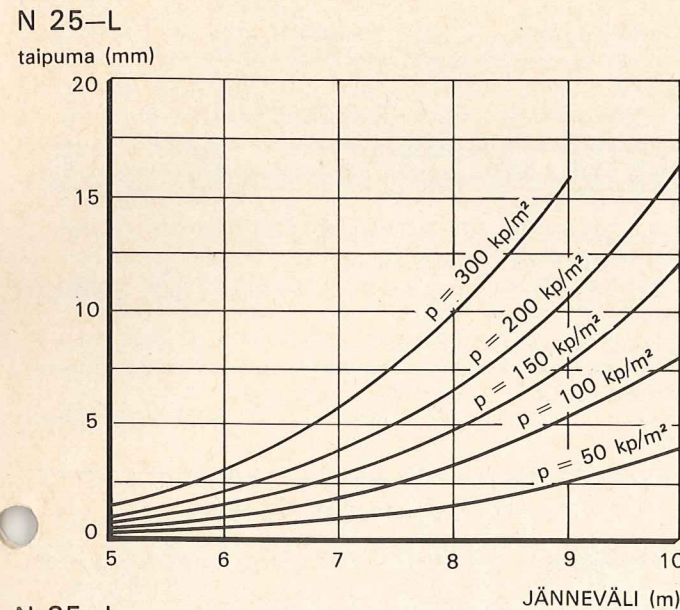
KANTAVUUSKÄYRÄSTÖ: — REUNAPALKIN LEVEYS (b) 180 mm



OMAPAINO:



TAIPUMAKÄYRÄSTÖ:



STAATTISET TAIVUTUS JA LEIKKAUSMURTOKAPASITEETIT:

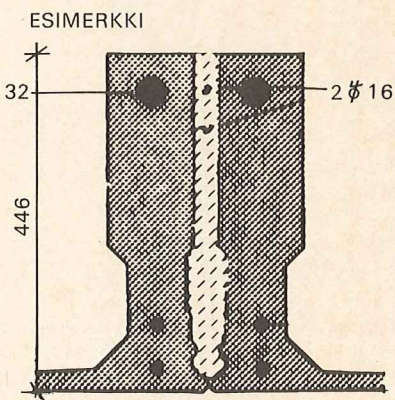
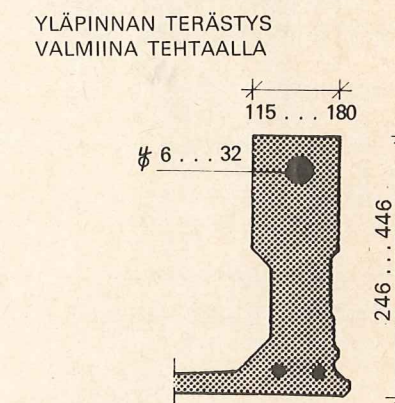
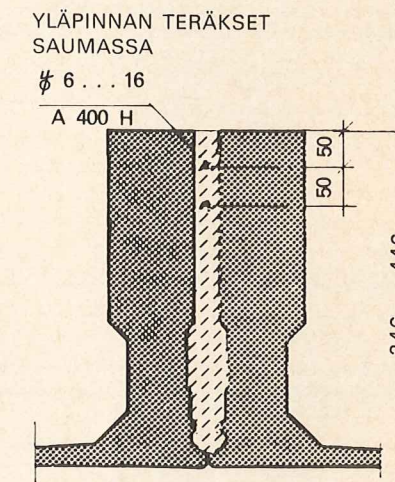
TUNNUS	REUNAPALKIN LEVEYS 115 mm		REUNAPALKIN LEVEYS 180 mm	
	M (kNm)	Q (kN)	M(kN km)	Q (kN)
N 25	106,4	49,6	152	97,0
N 30	158,9	59,0	278	114,2
N 35	251,0	71,1	327	137,0
N 40	304,5	85,3	448	158,0
N 45	358,0	99,0	577	168,0

ULOKERAKENTEET

Ulokkeista laastostoon aiheutuva negatiivinen momentti on usein niin suuri, että elementin vakiopoikkileikkausta joudutaan vahvistamaan. Vakioelementtejä käytettäessä lyhyistä ulokkeista elementin yläpintaan aiheutuva veto voidaan ottaa vastaan elementtien välisten saumojen yläpintaan sijoitetuilla teräksillä.

Terästen toimivuuden varmistamiseksi ei ole syytä käyttää ϕ 16 vahvempaa terästä. Betonin tulee olla erittäin notkeaa maksimiraekoon ollessa 8 mm, teräsvälin pystysuunnassa ≥ 50 mm.

Pitemmillä ulokkeilla lisätään jo tehtaalla valuvaiheessa reunapalkkien yläpintaan tarvittava määrä joko normaalia harja- tai esijännitysterästä. Pitkille ulokkeille syntyvä huomattava taipuma on lisäksi syytä ottaa huomioon rakenteita suunniteltaessa.

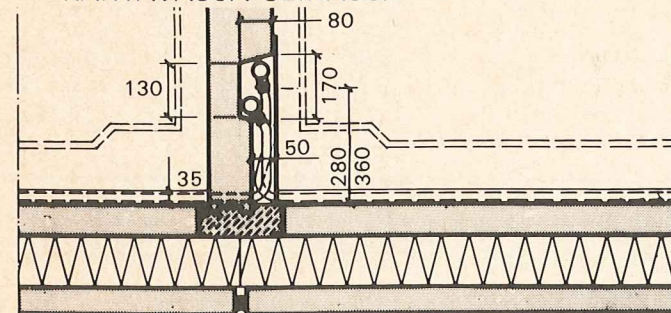


LVI-ASENNUKSET

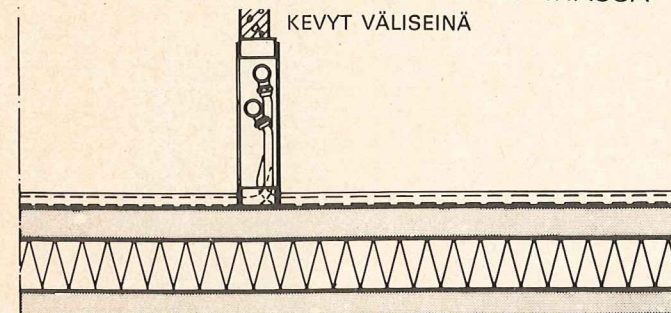
- LVI-kanavien pystynousut pyritään viemään märkätilaelementissä tai erillisissä hormeissa
- Vaakavedot sijoitetaan joko alaslaskettuihin kattoihin tai väli-pohjaelementteihin

LÄMPÖJOHTOJEN PYSTYNOUSUT:

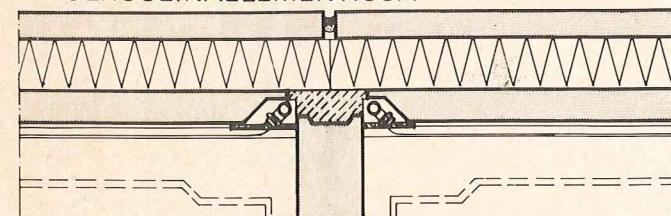
1. URA NOUSUJOHDOLLE KANTAVASSA SEINÄSSÄ



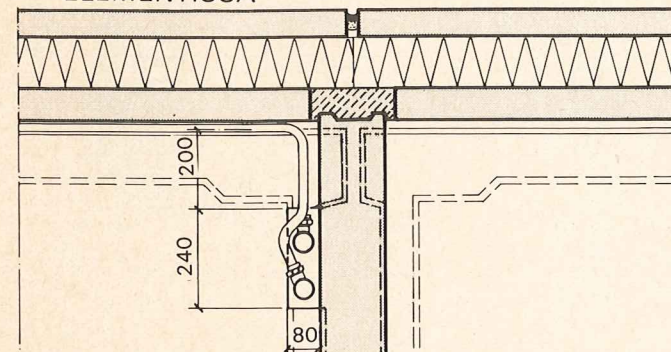
2. NOUSUJOHDOT KEVYESSÄ VÄLISEINÄSSÄ



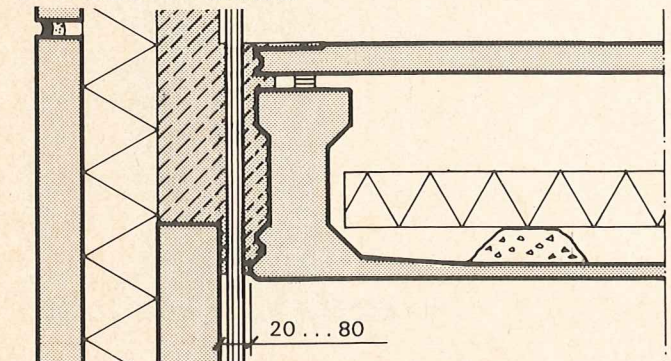
3. URA NOUSUJOHDOLLE ULKOSEINÄELEMENTISSÄ



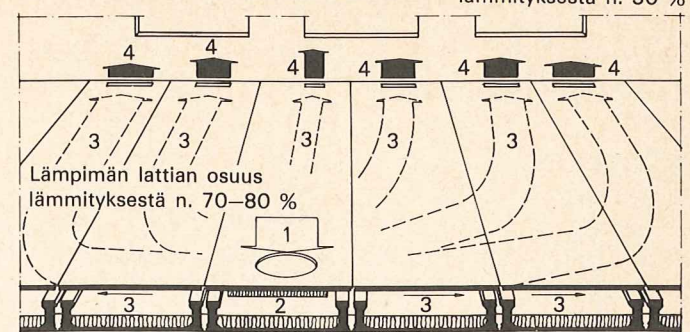
4. KOLO NOUSUJOHDOLLE NILCON ELEMENTISSÄ



5. MODULIN SIIRTO

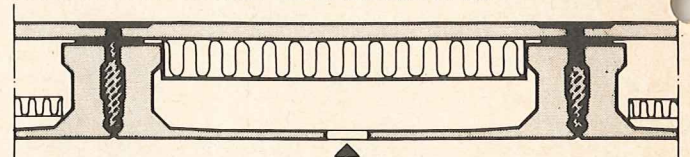


NILCON LÄMMITYS- JA ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

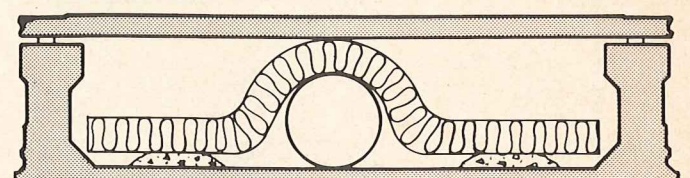


- ELEMENTTI TOIMII ILMAKANAVANA
 - EI VAADI ERILLISIÄ JAKOKANAVIA
- 1 Suodatettu lämmin ilma johdetaan Nilcon-elementin kansilaatan alle
 - 2 Eristys lämpenemistä vastaan
 - 3 Lämmin ilma johdetaan kasetin ja kansilaatan välisessä jatkuvassa vapaassa tilassa
 - 4 Lämmin ilma johdetaan huoneistoon tasapainoitetusti ikkunoiden alta

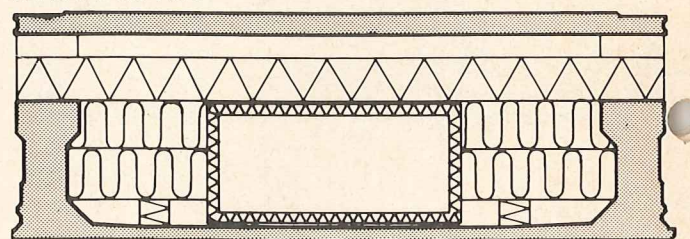
ELEMENTTEIHIN ASENNETTAVAT ILMAKANAVAT: ELEMENTTI TOIMII ILMAKANAVANA



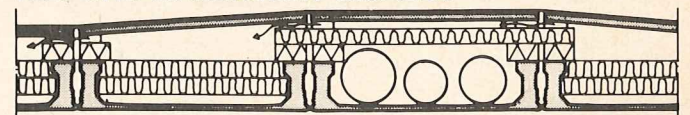
VÄLIPOHJAELEMENTTIIN ASENNETTU ILMAKANAVA



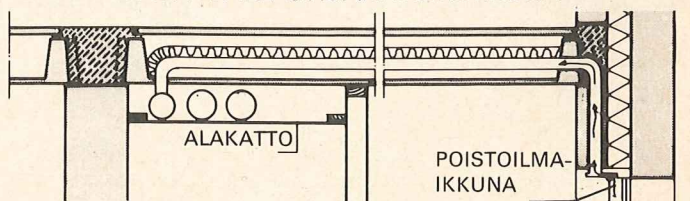
YLÄPOHJAELEMENTTIIN ASENNETTU ILMAKANAVA



PITKITTÄISET KANAVAVEDOT YLÄPOHJARAKENTEEN SISÄLLÄ



ILMAKANAVA VÄLIPOHJARAKENTEESTA



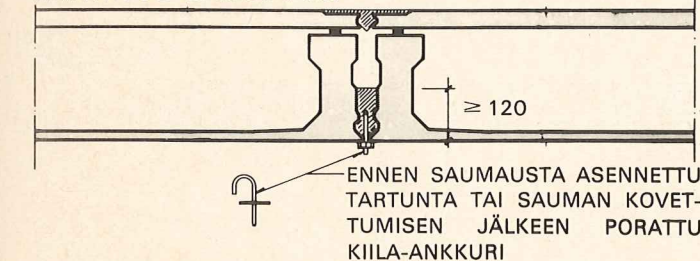
KIINNITYKSET

- Kiinnityksiä saa tehdä vinoviivoitetulle alueelle seuraavasti:
- Kevyet kiinnitykset voidaan tehdä pohjalaatan ohuelle keski- osalle, leveys 960 mm, sallittu kuormitus on sama kuin ko. kiinnikkeen sallittu kuormitus, kuitenkin enintään 1,0 kN (100 kg).
 - Puuta voidaan kiinnittää ampumalla valmistajan ohjeiden mukaan,
 - Reunapalkin kohdalla olevaa 120 mm leveää kaistaa ei saa käyttää kiinnittämiseen ilman erityisvalvontaa, koska siinä sijaitsevat esijännitysteräket saattavat vahingoittua,
 - Raskaat kiinnitykset tehdään reunapalkin uuman tai elementtien väliseen saumaan, sallittu kuormitus on sama kuin käytetyn kiinnikkeen sallittu kuormitus, mikäli lisäkuormitus on otettu konstruktiolaskelmissa huomioon,
 - Mikäli pohjalaatan osalle halutaan suorittaa raskaampaa kiinnitystä, (yli 1 kN), on niiden sijainti esitettävä valmistuspiirustuksissa.

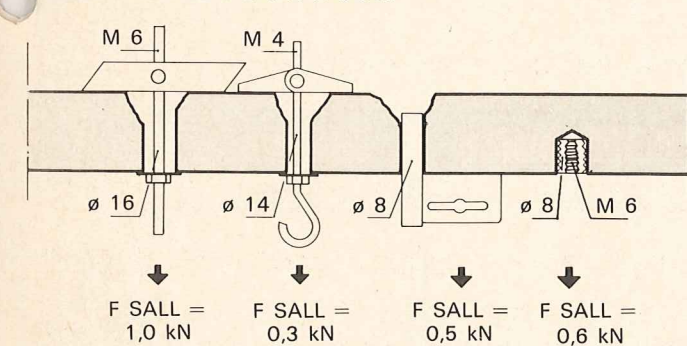
KIINNITYSALUEET VINOVIIVOITETTU:



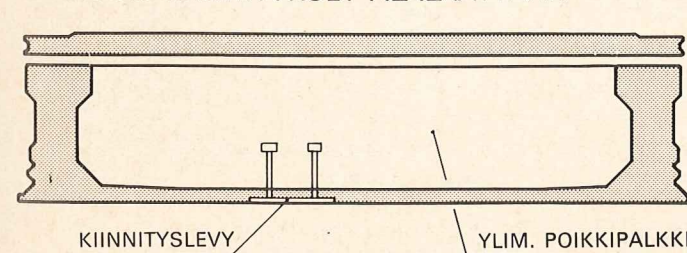
KIINNITYS SAUMAAN:



KIINNITYS ALA-LAATTAAN:



RASKAAT KIINNITYKSET ALALAATTAAN



SÄHKÖASENNUKSET

- Pystynousuilta haaroitukset huoneiston käyttöpisteille voidaan suorittaa joko uppo- tai pinta-asennuksina,
- Myös yhdistetty pinta- ja uppoasennus on usein edullisin vaihtoehto (sähkölistat lattiaan, uppoasennus kattoon).

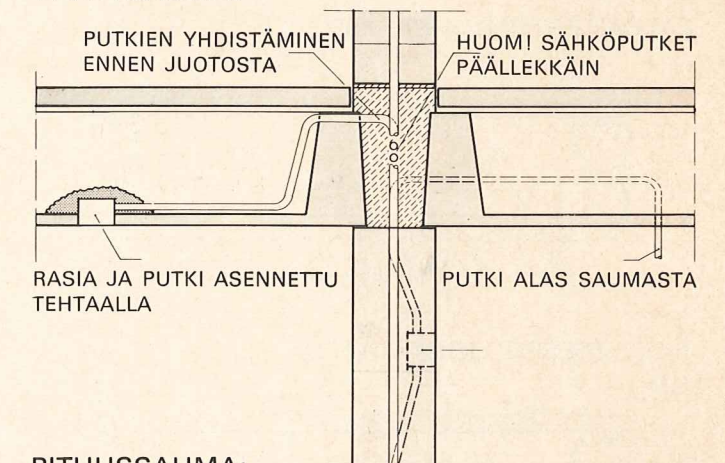
Pinta-asennus

- Huoneistokohtaiset vedot viedään joko jalka-, karmi-, tai katto- listoja käyttäen.
- Katkaisin-, jako- ja pistorasiat sijoitetaan listoihin,

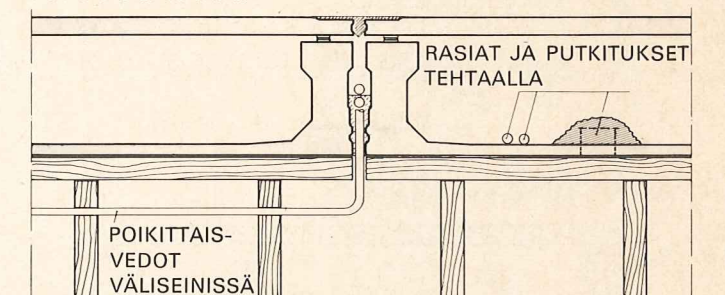
Uppoasennus

- Pystynousut ja jakorasiat sijoitetaan kantaviin ja keveisiin väliseiniin,
- Elementteihin nähden poikittaiset vaakavedot viedään elementtien välisissä päätysaumoissa tai keveissä väliseinissä,
- Elementin pituussuuntaiset vaakavedot viedään elementtien välisissä pituussaumoissa siten, että toimivalle saumalle jätetään väh. 100 mm. (saumaan ei saa sijoittaa upotettavaa rasiaa reunapalkkeissa olevien terästen takia),
- Elementtien pituussuuntaiset vaakavedot voidaan myös vaihtoehtoisesti suorittaa elementtien sisään jo tehtaalla, jolloin jakorasiat ja sähköputkitus ovat valmiina ja putkien yhdistäminen pystynousuihin suoritetaan rakennuspaikalla ennen saumojen juotostöitä.

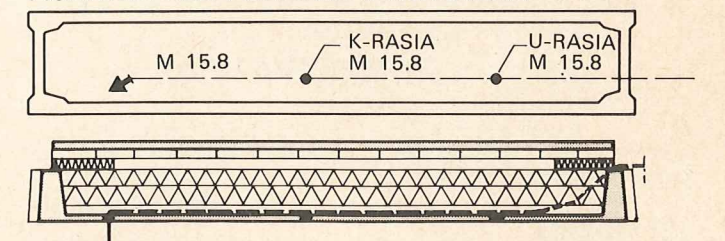
PÄÄTYSAUMA:



PITUUSSAUMA:



ELEMENTTITEHTAALLA ASENNETTUJA SÄHKÖPUTKITUKSIA



PALONKESTÄVYYS

Nilcon-elementit luokitellaan tyyppihyväksyntäpäätöksen no 634/545/77 mukaan palonkestoluokkiin A60 ja A120 eristevahvuuden ja punoksia suojaavan betonikerroksen mukaan.

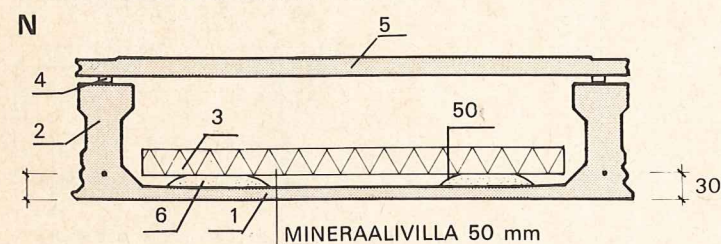
Käytettäessä elementtejä ala-, väli- ja yläpohjana, joissa palonkestovaatimus on joko A60 tai A120 ei laatan omanpainon ja kuormituksen perusteella laskettu taivutusmomentti saa ylittää jäljempänä taulukossa esitettyjä enimmäisarvoja.

Hyötykuormina käytetään rakenteiden ominaiskuormia. Oleskelu- ja kokoontumiskuorman arvona saa käyttää 0,75 kN/m². Tungoskuorman arvona 2,0 kN/m². Lumikuorman arvona 50 % ominaiskuormasta. Lumi- ja tuulikuorman ei tarvitse otaksua esiintyvän samanaikaisesti.

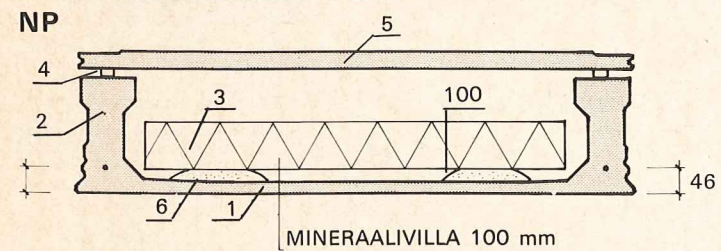
PALOTEKNISET MITOITUSMOMENTIT:

Tunnus	Palonkesto- luokka A60	Tunnus	Palonkesto- luokka A120
N25-L	72.1 kNm	NP25-L	54.1 kNm
N30-L	91.5 kNm	NP30-L	69.5 kNm
N35-L	149.2 kNm	NP35-L	114.7 kNm
N40-L	177.7 kNm	NP40-L	137.3 kNm
N45-L	206.2 kNm	NP45-L	160.0 kNm

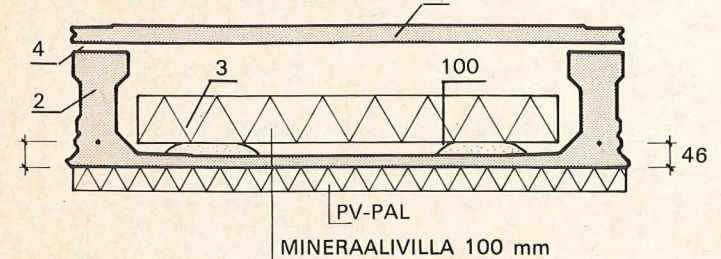
PALONKESTOLUOKKA A60



PALONKESTOLUOKKA A120



PALONKESTOAJAN LISÄYS



— Palonkestävyyttä lisätään liimaamalla vuorivilla PV-PAL elementtien alapintaan.

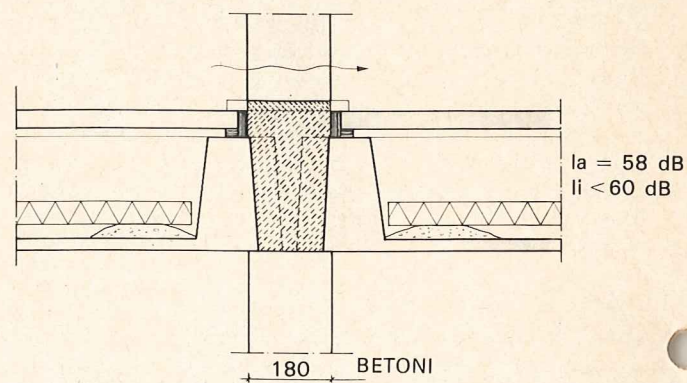
— Yhden millimetrin lisäys vuorivillaa lisää palonkestoaikaa yhdellä minuutilla.

ÄÄNENERISTÄVYYS

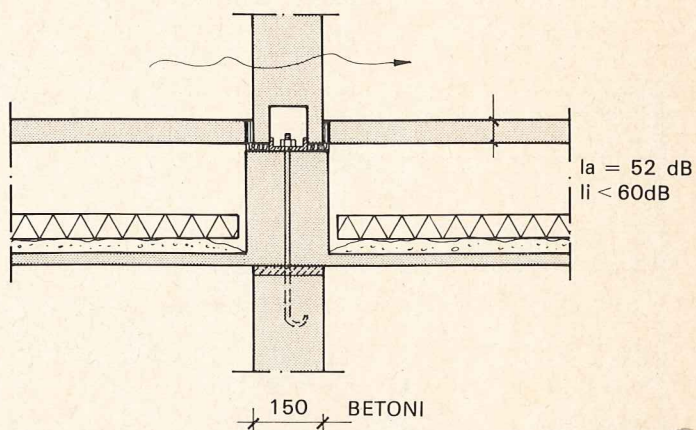
Nilcon elementistä tehty ala-, väli- tai yläpohja täyttää voimassa olevat ääneneristysvaatimukset seuraavin rakentein:

— ääneneristävyyttä voidaan parantaa erityistoimenpitein (esim. alalaatan sorakerrosta paksuntamalla).

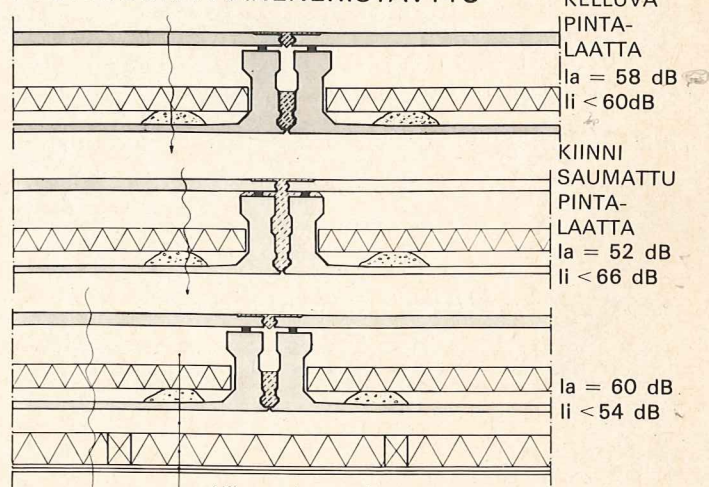
VAAKASUORA ÄÄNENERISTÄVYYS



VAAKASUORA ÄÄNENERISTÄVYYS



PYSTYSUORA ÄÄNENERISTÄVYYS



KELLUVA
PINTA-
LAATTA
la = 58 dB
li < 60dB

KIINNI
SAUMATTU
PINTA-
LAATTA
la = 52 dB
li < 66 dB

la = 60 dB
li < 54 dB

Nilcon elementti
50 mm ilmväli
70 mm min. villa + runko
2-kertainen rakennuslevy