



JULKISIVURAKENTEIDEN SUUNNITTELU BES 2010

20.10.2010 Harri Tinkanen

YLIMÄKI | TINKANEN

JULKISIVUT

- JULKISIVUJÄRJESTELMÄT
- RAKENTEELLINEN TOIMINTA
- LÄMPÖ- JA KOSTEUSTEKNIikka
- LIITOKSET JA SAUMAT

JULKISIVUJÄRJESTELMÄT

- JULKISIVUELEMENTTIEN SUUNNITTELU
- SANDWICH-JULKISIVUT
- ERIYTETYT JULKISIVUT
- YHDISTELMÄRAKENTEET
- RAPATUT JULKISIVUT

JULKISIVUJÄRJESTELMÄT

- ESIVALMISTEISTEN BETONIELEMENTTIEN SUUNNITTELUSÄÄNNÖT JA RAKENNEVAIHTOEHDOT
- JAKO TOIMINNALLISTEN OMINAISUUKSIEN JA TEKNISTEN RATKAISUJEN MUKAAN
 - KANTAVAT JA EI-KANTAVAT ELEMENTIT
 - JÄYKISTÄVÄT JA EI-JÄYKISTÄVÄT ELEMENTIT
 - ITSEKANTAVAT JA RIPUSTETUT ELEMENTIT
 - RUUTU- JA NAUHAELEMENTIT
 - YHTEENSIDOTUT SW-RAKENTEET JA ERIYTETYT RAKENTEET

JULKISIVUELEMENTTIEN SUUNNITTELU

- YLEISET PERIAATTEET
- KUORMITUKSET, RASITUKSET JA MUODONMUUTOKSET
- BETONI
- LÄMMÖNERISTEET
- AUKOTUS
- KANTAVIEN SISÄKUORIEN PALONKESTO
- IKKUNAPILAREIDEN SUUNNITTELU
- IKKUNAPALKKIEN SUUNNITTELU
- JULKISIVURAKENTEET

JULKISIVUELEMENTTIEN SUUNNITTELU

Yleiset periaatteet

Julkisivun osien toiminnan ymmärtäminen on ratkaisevan tärkeää onnistuneen ulkoseinän suunnittelulle. Vaatimukset kantaville ja jäykistäville rakennusosille poikkeavat huomattavasti eikantavien vaatimuksista.

Rakennetta valittaessa on otettava huomioon:

- Ulkonäkö
- Toimivuus
- Pitkäaikaiskestävyys**
- Huollettavuus**
- Asennettavuus**
- Rakentamiskustannukset**
- Käyttö- ja huoltokustannukset**

EN 1990 2.1 (1)P mukaan: Rakenne tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että se suunnitellun käyttöikänsä ajan tarvittavat luotettavuustasonsa säilyttäen ja taloudellisesti

- **Kestää kaikki kuormat ja vaikutukset, joita todennäköisesti esiintyy toteutuksen ja käyttöiän aikana**
- **Pysyy vaadittuun tarkoitukseen käyttökelpoisena**

Lisäksi 2.1 (2)P mukaan: Rakenne tulee suunnitella siten, että sillä on riittävä

- **Kestävyys**
- **Käyttökelpoisuus**
- **säilyvyys**

Kuormitukset, rasitukset ja muodonmuutokset

Julkisivuelementtiin kohdistuvat kuormat (EN 1990, EN 1991)

- oma paino (pysyvä kiinteä kuorma)
- kuoriin kiinnitettävien laitteiden paino (muuttuva kiinteä kuorma)
- hyötykuormat (muuttuva liikkuva kuorma)
- tuulen paine ja imu, kitkavoimat (sisä- ja ulkopuolinen paine) (muuttuva kiinteä kuorma)
- lumikuorma (muuttuva kiinteä kuorma), kantavissa seinissä
- kaidekuormat (muuttuva liikkuva kuorma)
- onnettomuus kuormat (räjähdys, törmäys, tulipalo)
- toteuttamisen aikaiset kuormat (muotista irrottaminen, kuljetus, nostot, tuuli)
- jäykistyksestä aiheutuvat kuormat (tuuli, rakenteiden mittaepätarkkuuksien vaikutus)

Kuormien arvot, yhdistelykertoimet ja eri rajatilojen kuormitusyhdistelmät valitaan EN 1990 ja EN 1991-1..7 mukaan.

- pakkovoimat
- lämpötilakuormat (muuttuva liikkuva kuorma, kuorien sisäiset, kuorien väliset)
- kuorien kosteuserot, kutistuma ja viruma
- perustusten painumien aiheuttamat pakkovoimat

Muodonmuutokset

- varastoinnin aiheuttamat muodonmuutokset (tuentapa)

Lämmöneristeet

Lämpimän tilan vaipan osien vertailuarvot:

RakMK E1 määräys: *P1-luokan rakennuksissa tulee ulkoseinässä pääosin käyttää B-s1, d0-luokan rakennustarvikkeita.*

RakMK E1 ohje: *Lämmöneristys, joka on B-s1, d0-luokkaista huonompaa tulee suojata ja sijoittaa niin, että palon leviäminen eristykseen, palo-osastosta toiseen ja rakennuksesta toiseen on estetty. Tällöin rappaus ja tai metallilevy ei yleensä ole riittävä suojaus.*

Ulkoseinissä mahdollisia lämmöneristeitä ovat:

- mineraalivilla, käyttö mahdollista kaikissa ulkoseinissä
- PUR (polyuretaani) ja PIR (polyisosaanuraatti), käyttö mahdollista sandwich-elementeissä, suojaus tyyppihyväksynnän mukaan
- EPS sammuva laatu, käyttö mahdollista sandwich- elementeissä ja ohutrapatuissa ulkoseinissä, suojaukset tuotehyväksynnän mukaan

Aukotus

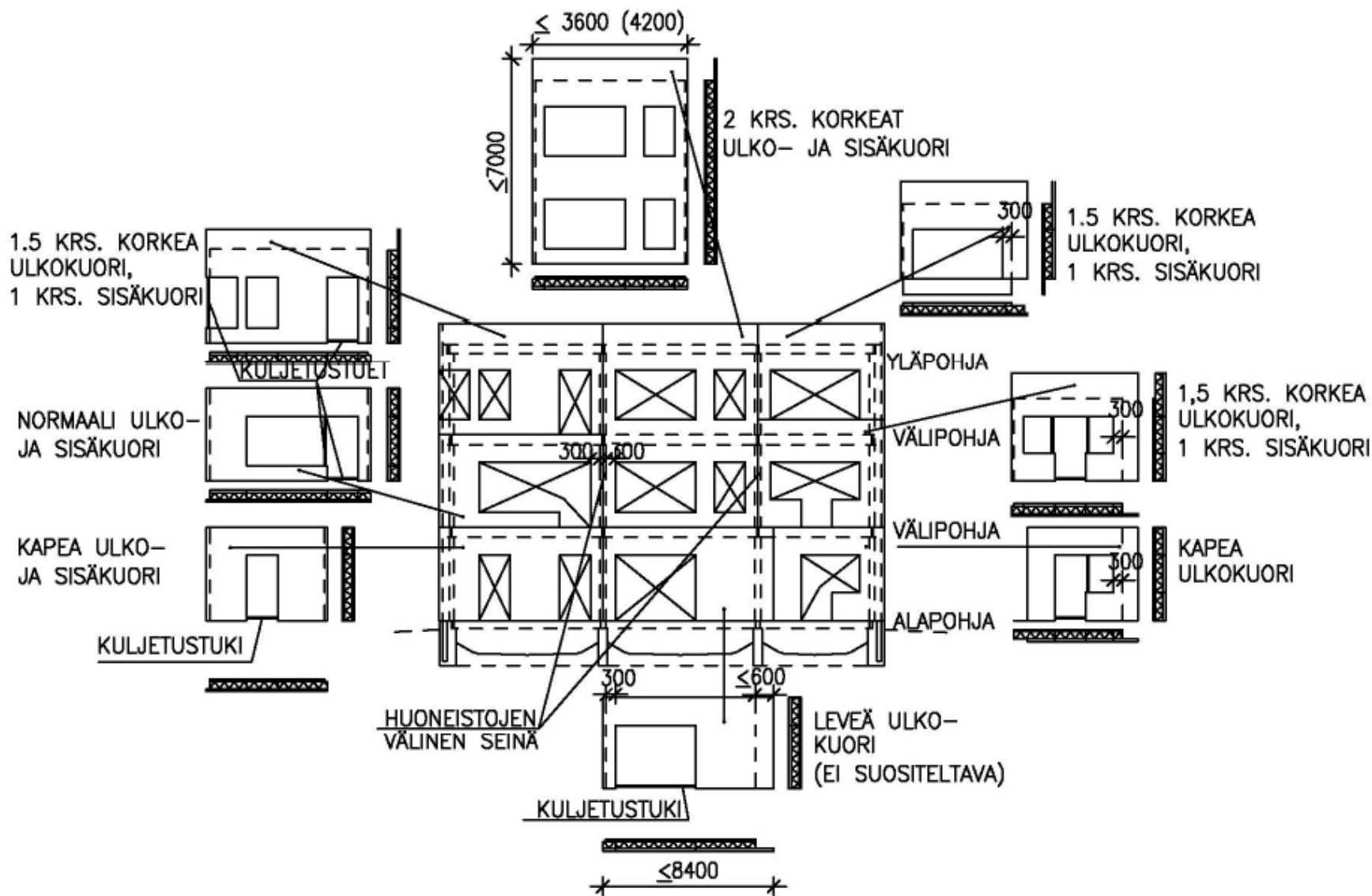
Julkisivujen ikkunat ja parvekeovet muodostavat aukotusjärjestelmän, jonka rakennesuunnitteluperiaatteita ovat:

- kuormat tuodaan perustuksille suoraa reittejä pitkin
- suora reitti on voimien siirtämisen kannalta tehokkain ja taloudellisin
- suunnittelu tehdään materiaalien ehdoilla
- ripustetun ja lämpörapatun julkisivun aukotus vapaampaa kuin tiilimuuratun
- huolehditaan tarpeellisista minimimitoista
- kestävyys, palo, valmistus, kuljetus ja asennus
- vältetään kosteusteknisesti vaurioalttiita saumoja ja liittymiä

Ei-kantavilla seinillä aukotus on melko vapaasti valittavissa. Elementit kannatetaan kerroksittain huoneistojen välisistä seinistä ("puukkokannatus") tai elementit tukeutuvat sisäkuoren välityksellä alempiin elementteihin.

Huoneistojen välisten seinälinjojen viereen jätetään ruutuelementtiin 300 + 300 mm leveä umpiosa.

Mikäli julkisivuverhous on paikalla muurattu on aukkojen sijoittelussa tapauskohtaisesti huomioitava tiilipalkkien ja –pilarien kestävydet.



ELEMENTTIPAINOT
 SOVITTAVA
 TAPAUSKOHTAISESTI
 TILAAJAN JA
 ELEMENTTITOIMITTAJAN
 KANSSA

Kantavien sisäkuorien palonkesto

- Kantavilla teräsbetoniseinillä katsotaan olevan riittävä palonkestävyys, jos noudatetaan

En 1992-1-2 taulukon 5.4 vähimmäismittoja

Taulukko 5.4 Kantavien ²⁷betoniseinien vähimmäismitat ja keskiöetäisyyden vähimmäisarvot

Standardi- palonkestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	Seinän paksuus / keskiöetäisyys			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin	altistus toiselta puolelta	altistus molemmilta puolin
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeitteen paksuus on määräävä.
Ks. kohdasta 5.3.2 (3) hyväksikäyttöasteen μ_{fi} määritelmää.

Ikkunapilareiden suunnittelu

Aukkojen välisiin pilareihin saattaa syntyä suuria rasituksia. Laskennallisen kestävyuden ylittyessä voidaan tarvittava kestävyys saada aikaan:

- muuttamalla aukotusta
- kasvattamalla pielipilarin leveyttä
- käyttämällä ohuempaa lämmöneristettä, jolloin sisäkuorta voi vahventaa

Ansaiden hyödyntäminen kantavan sisäkuoren pilarin mitoituksessa ei ole suositeltavaa, koska ulkokuoren suunnittelukäyttöikä on tavallisesti 50 vuotta, kun kantavalla rungolla se on tavallisesti 100 vuotta. Rakennuksen normaali käyttö tulee hankalaksi ja voi estyä kokonaan tilanteessa, jossa ulkokuori joudutaan uusimaan kokonaan. Mikäli ulkokuorta käytetään sisäkuoren kantavuuden lisäämiseen on ratkaisu merkittävä piirustuksiin.

Pilariksi tulkitaan pieli, jos sen suuremman poikkileikkausmitan suhde pienempään $h/b \leq 4$. (EN 1992-1-1 kohta 9.5.1)

Jos kantava pieli jatkuu vierekkäisessä elementissä, ei yksittäistä pieltä tulkita pilariksi, jos piilien yhteenlaskettu leveys $\geq 4 h$. Samoin, jos kantava pieli liittyy jäykistävään seinään, ei pieltä tarvitse vahvistaa pilariksi. Elementtien välinen sauma täytyy tällöin olla vaarnalenkein vahvistettu.

Tärkeää on ymmärtää sisäkuoren pilarimaisten osien toiminta tulipalossa. Teräsbetonipilareiden vähimmäismitat ja terästen keskiöetäisyydet eri palonkestävyysluokissa on esitetty standardissa EN 1992-1-2 taulukot C1-C9.

Taulukko C.1 Teräsbetonipilareiden vähimmäismitat ja keskiöetäisyyksien vähimmäisarvot poikkileikkauksen ollessa suorakaide tai pyöreä. Mekaaninen raudoitussuhde $\omega = 0,1$. Pieni ensimmäisen kertaluvun momentti: $e = 0,025b$, kun $e \geq 10$ mm

Standardi- palon- kestävyys	λ	Pilarin leveys b_{min} /keskiöetäisyys a			
		Pilari altistunut useammalta kuin yhdeltä sivultaan			
		$n=0,15$	$n=0,3$	$n=0,5$	$n=0,7$
1	2	3	4	5	6
R 30	30	150/25*	150/25*	150/25*	150/25*
	40	150/25*	150/25*	150/25*	150/25*
	50	150/25*	150/25*	150/25*	200/25*
	60	150/25*	150/25*	200/25*	250/25*
	70	150/25*	150/25*	250/25*	300/25*
	80	150/25*	200/25*	250/30:300/25*	350/25*
R 60	30	150/25*	150/25*	200/25*	200/30:250/25*
	40	150/25*	150/25*	200/25*	250/25*
	50	150/25*	200/25*	250/25*	300/25
	60	150/25*	200/40:250/25*	250/40:300/25*	350/30:400/25*
	70	200/25*	250/30:300/25*	300/40:350/25*	450/35:550/25*
	80	200/30:250/25*	250/40:300/25*	400/30:450/25*	550/60:600/35
R 90	30	150/25*	200/25*	200/50:250/25*	250/30:300/25*
	40	150/35:200/25*	200/30:250/25*	250/25*	300/25
	50	200/25*	250/25*	300/25*	350/50:400/25*
	60	200/35:250/25*	250/40:300/25*	350/35:400/25*	450/50:550/25*
	70	250/25*	300/35:350/25*	400/45:550/25*	600/40
	80	250/30:300/25*	350/35:400/25*	550/40:600/25*	(1)
R 120	30	200/25*	250/25*	250/25*	300/45:350/25
	40	250/25*	250/25*	300/25*	400/25*
	50	250/25*	300/25*	350/50:400/25*	450/50:500/25*
	60	250/25*	350/25*	450/400:500/25*	550/50
	70	250/50:300/25*	400/25*	500/60:550/25*	(1)
	80	300/25*	450/40:500/25*	600/45	(1)
R 180	30	250/25*	250/25*	350/25*	400/50:450/25*
	40	250/25*	300/30:350/25*	400/25*	450/50:500/25*
	50	250/50:300/25*	350/50:400/25*	450/40:500/25*	550/60:600/35
	60	300/40:350/25*	450/25*	550/40:600/25	(1)
	70	350/30:400/25*	500/25*	600/80	(1)
	80	400/30:450/25*	550/45:600/25*	(1)	(1)
R 240	30	250/25*	350/25*	450/25*	500/40:550/25*
	40	300/25*	400/25*	500/25*	600/25*
	50	350/25*	450/25*	550/50:600/25*	(1)
	60	400/25*	500/60:550/25*	600/80	(1)
	70	450/25*	600/25*	(1)	(1)
	80	500/25*	600/80	(1)	(1)

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeite on määräävä.

(1) Edellyttää yli 600 mm leveyttä. Erityinen nurjahdustarkastelu edellytetään.

Ikkunapalkkien suunnittelu

Ikkunapalkit voidaan mitoittaa tavallisina, usein päistään jäykästi kiinnitettyinä palkkeina. Jos kantokykyä tarvitaan lisää voidaan sisäkuoren paksuutta lisätä samoilla periaatteilla kuin ikkunapilareissa.

Teräsbetonipalkkien vähimmäismitat ja terästen keskiöetäisyydet eri palonkestoluokissa on esitetty EN 1992-1-2 taulukoissa 5.5 ja 5.6.

Taulukko 5.6 Jatkuvien teräsbetoni- tai jännebetonipalkkien vähimmäismitat ja keskiöetäisyyden vähimmäisarvot (ks. myös taulukkoa 5.7).

Standardi-palonestävyys	Vähimmäismitat (mm)							
	Keskimääräisen keskiöetäisyyden a ja palkin leveyden b_{min} mahdolliset yhdistelmät					Uuman paksuus b_w		
						Luokka WA	Luokka WB	Luokka WC
1	2	3	4	5	6	7	8	
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15^*$	160 12*				80	80	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12*				100	80	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25				110	100	100
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30		130	120	120
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40		150	150	140
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50		170	170	160
$a_{ed} = a + 10$ mm (ks. alla olevaa huomautusta)								
Jännebetonipalkkien osalta otetaan huomioon keskiöetäisyyden suurentaminen kohdan 5.2. (5) mukaisesti. a_{ed} on nurkkatankojen (tai -jänteen tai -langan) keskiöetäisyys palkin sivulta, kun rauditus on yhdessä kerroksessa. Uuman paksuuden b_{min} ollessa sarakkeen 3 mukaista arvoa suurempi ei keskiöetäisyyttä a_{ed} tarvitse suurentaa.								
* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä raudituksen betonipeite on määräävä.								

Julkisivurakenteet

Valmisosaukoseinä voi rakentua seuraavilla tavoilla:

1. **Sandwich-ulkoseinä on rakenne, jossa seinärakenteen osa asennetaan valmiina komponenttina paikoilleen.** Sandwich-seinän ulko- ja sisäkuori valmistetaan yleensä samassa tuotantoprosessissa. Ulko- ja sisäkuoren välillä on yhteistoiminta, joka saadaan aikaan ansaiden avulla.
2. **Eriytetty rakenne, jossa seinä rakennetaan työmaalla kerroksittain.** Ulko- ja sisä kuoren välillä ei ole yhteistoimintaa. Yleensä sisäkuori asennetaan ensin ja varsinainen julkisivu rakennetaan sen jälkeen. Julkisivun eri osissa voi esiintyä julkisivubetonituotteita, betonisia kuorielementtejä, keraamisia suurlaattoja, luonnonkiveä, muurausta jne. Kaikissa on samalla ratkaisulla toteutettu sisäkuori.
3. **Yhdistelmärakenteet, joissa ulko- ja sisäkuori ovat eri materiaaleja.**

Julkisivujärjestelmää täydentäviä rakenteita ovat mm. parveke-elementit, terassit, erkkerit ja arkadit.

Betonijulkisivuun liittyy usein muista materiaaleista toteutettuja rakenteita. Näiden liittyessä elementtirakenteisiin tulee ottaa huomioon seuraavat asiat:

- materiaalien tulee olla yhteensopivia
- tuotteiden tulee olla mittatarkkuudeltaan yhteensopivia
- täydentävät rakennusosat eivät saa hidastaa kokonaistoteutetusta
- pakkovoimat ja muodonmuutoksista aiheutuvat liikevarat
- liitosten tulee olla nopeita ja helppoja asentaa
- materiaalien erilainen patinoituminen

SANDWICH-JULKISIVUT

- YLEISTÄ
- IKKUNOIDEN TEHDASASETUKSET
- KOKO JA KUORIEN PAKSUUDET
- RAKENTEELLINEN TOIMINTA
- KUTISTUMAGRADIENNTTI,
LÄMPÖGRADIENNTTI JA NIIDEN
YHTEISVAIKUTUS
- PAKKOVOIMAT
- ELEMENTTIEN KOKO JA MUOTO

Koko ja kuorien paksuudet

Sandwich-elementtien maksimitat määräytyvät valmistuksen, kuljetuksen ja asentamisen asettamien rajoitusten sekä kuorien välisten kuormitustekijöiden perusteella.

Maksimitat voivat vaihdella eri tehtaiden välillä. Eri kuljetusreiteillä suurin sallittu korkeus vaihtelee, mutta normaalikuljetuksessa elementin maksimikorkeus on yleensä

3600-4200 mm. Korkeammat elementit vaativat erikoiskuljetuksen ja ns. ilmassa tapahtuvan kääntämisen, joka on erikoisnosto ja huomioitava elementtien asennussuunnitelmassa. Nostokalusto työmaalla rajoittaa elementin maksimipainon n.10 tn:iin.

Kun kuorien välinen yhteistoiminta varmistetaan diagonaaliensailla, syntyy ulkokuoreen pakkovoimia, jotka eivät ole kuitenkaan merkittäviä, jos kuoren korkeus ei ylitä 3000 mm. Tätä korkeampiin elementteihin ansaita asennetaan vain osaan elementtiä.

Rakenteellinen toiminta

Sisäkuori toimii sandwich-elementissä kuormaa kantavana, puristettuna ja taivutettuna rakenneosana. Betonikuorien välinen yhteistoiminta saadaan aikaan tavallisesti diagonaali-ansoilla ja ns. pistokkailla.

Ansaat

- ulkopuolen paarre merkitty värillä
- tasajaolla k 600 – k 1200
- kapeisiin pieliin ≤ 300 riittää yksi ansas, tupla-ansastus lisää halkeiluriskiä
- aukkojen reunoille pistokkaat
- mikäli ansaat toimivat nostoissa tarvitaan nelinkertainen varmuus
- käännettävissä elementeissä poikittaiset ansaat

Diagonaalit ja pistokkaat toimivat vedettyinä ja puristettuina sauvoina, joiden avulla ulkokuorelta tuleva oma paino ja tuulikuorma sekä elementin kuljetuksesta aiheutuvat kuormat viedään sisäkuorelle. Kova lämmöneriste voi myös siirtää painekuormia sisäkuorelle. Lämmöneristeen vaikutus sandwich-elementin jäykkyyteen on tutkimusten mukaan kuitenkin vähäinen. /TTY 2009.

Lyhytaikainen puristuslujuus (kPa) 10%:n muodonmuutoksella:

Kova mineraalivilla: 10

EPS 100: 100

EPS 80: 80

EPS 60: 60

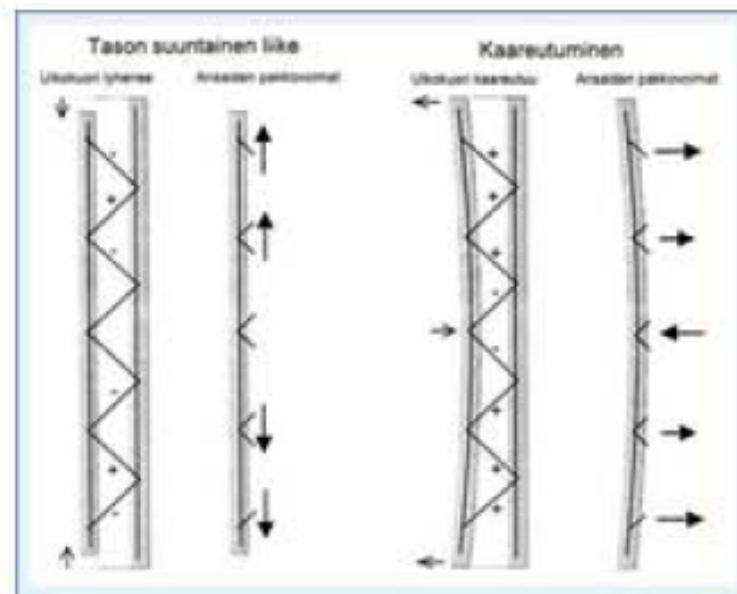
PUR: 100

Ansaiden tehtävänä on ripustaa ulkokuori sisäkuoreen sekä estää ulkokuoren liiallinen kaareutuminen elementin keskikohdalla ja reunoilla. Kaareutuminen on seuraus epätasaisesta kuivumiskutistumasta ja ilman kosteus- ja lämpötilavaihteluista. /Julkisivu 2000.

Kutistumaeroja syntyy ulkokuoren sisä- ja ulkopinnan välille, kun ulkokuori alkaa kuivua joutuessaan alttiiksi suoralle auringon paisteelle. Tällöin nopea kuivuminen ja kutistuminen alkaa ulkokuoren ulkopinnasta sisäpinnan pysyessä vielä lähes kutistumattomana. Ulkokuori alkaa kaareutua keskeltä sisäänpäin.

Betonin materiaaliominaisuuksista kutistumaan vaikuttavat eniten vesi- ja sementtimäärä. Myös betonin lujuus, hienoainesmäärä ja runkoaineen raekokojakauma vaikuttavat kutistuman suuruuteen.

Ulkokuoren kosteuden vaihtelu noudattaa ulkoilman suhteellisen kosteuden vaihteluita. Talvella ulkokuori on kosteimmillaan ja aina keväisin ja kesäisin se kuivuu auringon säteilyn, lämpötilan kohoamisen ja suhteellisen kosteuden alenemisen vaikutuksesta.



Ulkokuori kuivuu noin kahdessa vuodessa ympäristön kosteutta vastaavalle tasolle.

Elementin koko ja muoto

Kutistumasta ja lämpötilan muutoksesta johtuvat elementin ulkokuoren pituuden muutokset ja kaareutuma kasvavat elementin koon suurentuessa. Samalla pakkovoimat kasvavat. Halkeiluriskin kannalta yli 6 m pitkiä elementtejä tulisi välttää. Erityisesti, jos elementissä on aukkoja, sillä niiden nurkkiin voi syntyä näkyviä halkeamia. Halkeilua voidaan kuitenkin hallita käyttämällä kapeissa ikkunoiden ja ovien pielissä ns. valesaumoja tai uritusta. (Julkisivu 2000)

ERIYTETYT JULKISIVUT

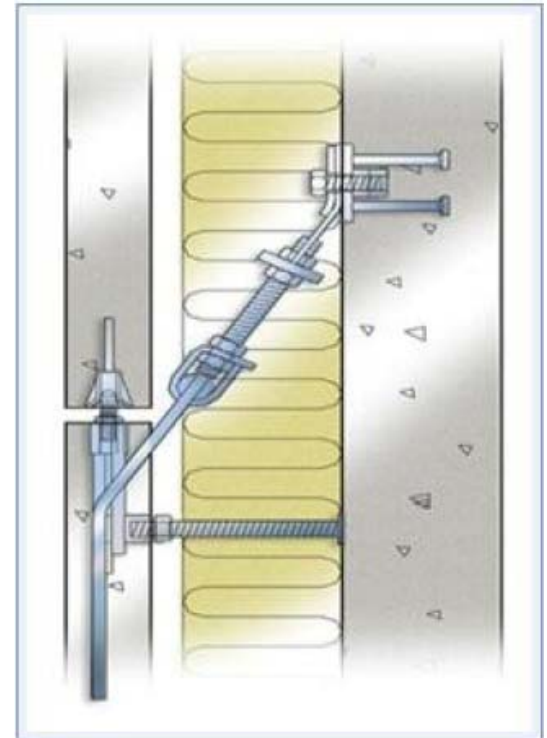
- YLEISTÄ
- KOKO JA KUORIEN PAKSUUDET
- ERIYTETTYJEN KUORIEN RAKENTEELLINEN TOIMINTA

Yleistä

Eriytetyssä seinärakenteessa rungon ympärille tehdään sateen ja ainakin osittain lämmönpitävä suojavaippa, minkä jälkeen rakennustyö jatkuu vaipan sisä- ja ulkopuolella omaa tahtiaan.

Eriytetyn julkisivun ominaispiirteet:

- julkisivun sisä- ja ulkokuoren mitat eivät ole sidoksissa toisiinsa
- vaihtoehtoisten materiaalien käyttö ulkopinnassa helpottuu
- rakenteesta saadaan helposti hyvin tuulettuva, kosteustekninen toiminta hyvä
- kutistuminen ja lämpöliikkeet tapahtuvat vapaasti, pakkovoimia ei synny
- sauman sijoittelu toteutettavissa joustavasti ja limityksille sekä sauman hyvälle suunnittelulle on täydet mahdollisuudet
- kappalemäärien lisääntyminen valmistuksessa ja asennuksessa sekä säätövaroin tehdyt kiinnikkeet lisäävät eriytetyn julkisivun kustannuksia sandwich-rakenteeseen verrattuna.



Koko ja kuorien paksuudet

Kuorien paksuudet koostuvat betonisesta sisäkuoresta, tuulensuojatusta lämmöneristekerroksesta, tuuletusvälistä sekä erikseen ripustetusta tai itsekantavasta betoniulkokuoresta.

Esimerkki rakennekerroksista:

Betonisisäkuori 150 mm

Lämmöneriste 170 mm

Tuulensuojapint. eristyslevy 50 mm

Tuuletusväli ≥ 30 mm

Betoniulkokuori ≥ 80 mm

Sisäkuori

Eriytetty rakenne tarjoaa sisäkuoriratkaisuille uusia mahdollisuuksia, sillä elementtikokoa voidaan kasvattaa, kun ulkokuori ei ole kasvattamassa elementin painoa. Pintakäsittelymahdollisuudet sisäkuoren sisäpinnalle ovat eriytyessä rakenteessa samat kuin julkisivupinnalle, jolloin myös sisäpinta voidaan tehdä esimerkiksi hiottuna tai sileävalupintana. Eriytetyn julkisivun sisäkuori tehdään ääneneristysyistä asuinkerrostaloissa ja rivitaloissa aina 150 paksuisena myös ei-kantavissa seinissä.

	Sisäkuori	Julkisivut	
		Kuorielementti L, H ≤ 6 m	Pienet levyt L, H $\leq 1,5$ m
Pituus ja korkeus	± 10	± 5	± 2
Paksuus	± 5	± 5	± 3
Ristimittojen ero	± 15 1)	± 8	± 5
Elementin reunan käyryys	± 10	± 5	± 2
Aukkojen reunojen käyryys	± 5	± 5	± 2
Kierous	± 15	± 10	± 3
Tarvikkeiden ja reikien sijainti:			
pinnan suunta	± 10 1) 2)	± 5	± 5
syvyyskuunta	± 5	± 5	± 2
Aukkojen sijainti	± 8 1)	± 5	± 2
Kulmien sijainnin ero	± 10	± 5	± 3
Elementin käyrätytä	L/400 1)	L/400	L/600

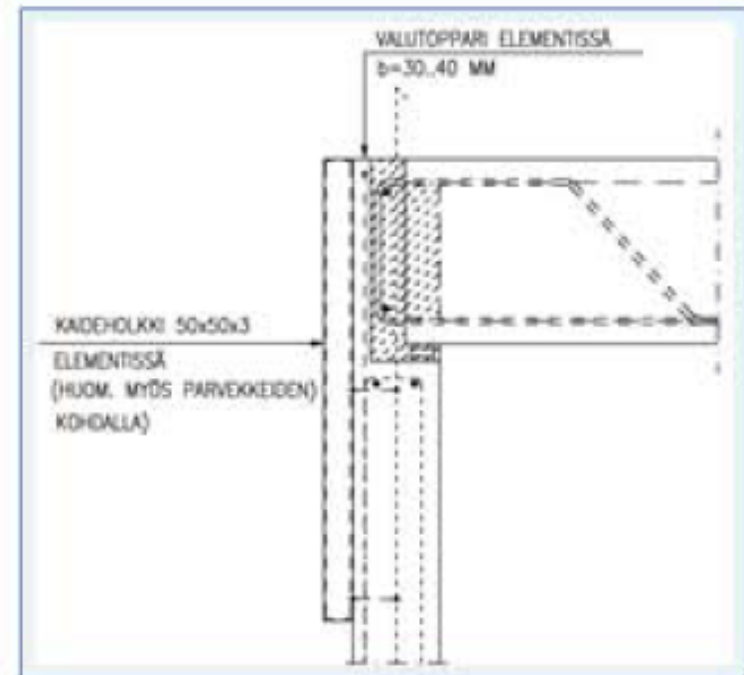
1) Julkisivun 1:20. Betonielementtien toleranssit, SBT-leikkauksen toleranssit.
2) Ulkokuoren kiinnityksen kiinnityskäytännön mukaan.

Sisäkuorielementtien koko vaihtelee seuraavissa rajoissa

- pituus: ≤ 7600 (9300) mm
- korkeus: ≤ 3600 (4200)mm
- paksuus: 120..150 mm

Eriytetyn sisäkuoren asennuksen kannalta tärkeimmät tekijät ovat mittatarkkuus sekä liittymädetaljien erilaisuus sandwich-rakenteeseen verrattuna.

Liitokset välipohjaan suunnitellaan niin, että saumavalut voidaan tehdä ulkoseinälinjoilla ilman erillisiä muottitöitä ja, että suojakaiteet saadaan paikoilleen heti välipohjan asentamisen jälkeen.



YHDISTELMÄ RAKENTEET

- YLEISTÄ
- KUORMITUKSET JA RASITUKSET
- MATERIAALIEN YHDISTELY JA MITTATARKKUUS
- MATERIAALIEN YHTEENSOPIVUUS
- KIINNITYSOSAT JULKISIVUUN
- JULKISVIVERHOUKSEN TUKIRAKENTEET
- KIINNITYKSET BETONISIÄKUOREEN

Yleistä

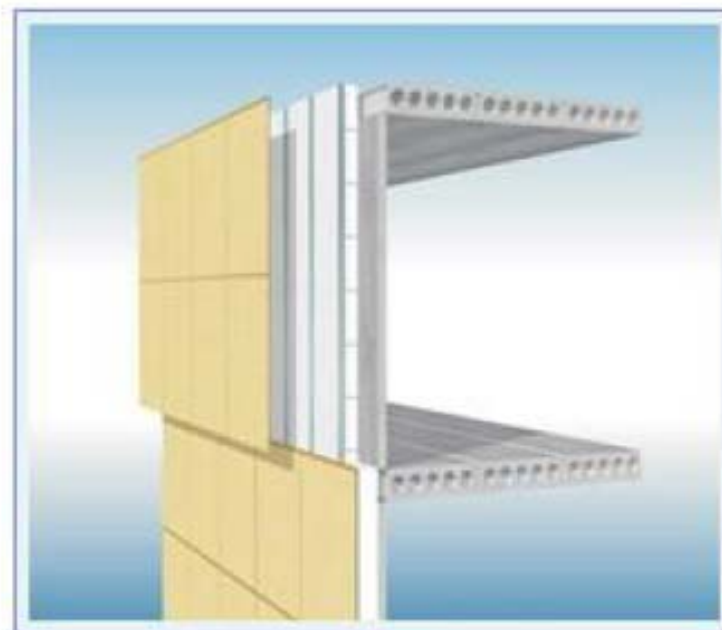
Yhdistelmäjulkisivun rakenne perustuu siihen, että julkisivupinnan taakse päässeeseen kosteuden poistuminen valumalla ja haihtumalla pyritään hallitsemaan.

Kun julkisivuverhous liitetään erillisenä komponenttina rakenteeseen, saadaan samalla syntymään riittävä tuuletusrako. Suositeltava tuuletusraon mitta on 30 mm, avosaumajulkisivuissa on suositeltavaa käyttää tätäkin suurempaa rakoa.

Yhdistelmärakenteella tarkoitetaan ulkoseinää, jossa ulkoseinän sisäosa on betonia ja varsinainen julkisivu eri materiaalia.

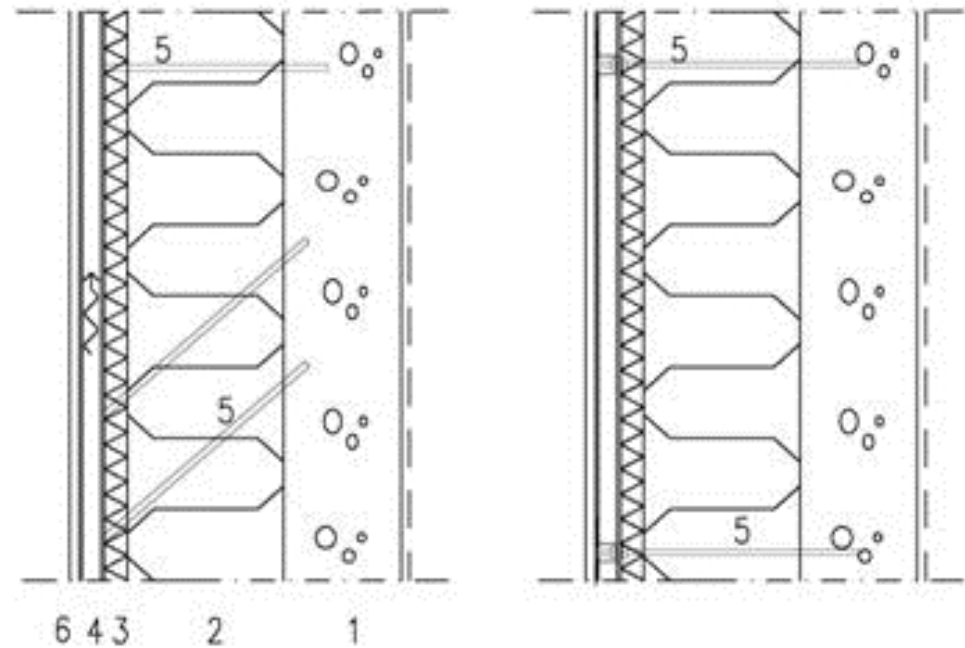
Julkisivumateriaalit

1. Ohutlevy 0.5...3.0 mm
2. Paksu metallilevy 5...8 mm
3. Kuitusementtilevy 6...18 mm
4. Lasi
5. Keraamiset materiaalit
6. Komposiittilevy
7. Luonnonkivi
8. Muuraus
9. Eristerappaus



Yhdistelmäjulkisivu rakentuu seuraavasti

1. Betonisisäkuori 120..150 mm
2. Lämmöneriste 170..190 mm
3. Tuulensuojalewy 50..30 mm
4. Tuuletusrako 30..50 mm
5. Julkisivumateriaalin kiinnitysrakenteet
6. Julkisivumateriaali



RAPATUT JULKISIVUT

- YLEISTÄ
- ELEMENTTITEHTAALLA VALMISTETUT ERITYISRAPPAUSELEMENTIT
- OHUTRAPPAUS
- KOLMIKERROSRAPPAUKSET

Yleistä



Eristerappauksella tarkoitetaan **suoraan lämmöneristeen päälle tehtäviä kolmikerros- tai ohutrappauksia.**

Eristerappausjärjestelmät koostuvat lämmöneristyslewyistä rappausalustana, lämmöneristeiden ja rappausverkkojen kiinnikkeistä, rappausverkoista, lämmöneristeiden kiinnitysalustasta ja rappauslaasteista. Järjestelmät ovat materiaalivalmistajien kehittämiä siten, että järjestelmän materiaalit sopivat yhteen. Suunnittelija valitsee järjestelmän

markkinoilla olevista vaihtoehdoista.

Rappauksen valinta rakennuksen julkisivuksi on lähinnä arkkitehtoninen valinta. Tällöin rakennuksen julkisivulle asetetaan korkeat ulkonäkövaatimukset. Rappauksella on mahdollista antaa erilaisia muotoja ja värejä. Rappauspinnan struktuurilla voidaan myös vaikuttaa julkisivun ilmeeseen.

1. **Ilmastolliset rasitukset**

1. □ Sade ja kosteus
2. □ Rakenteen jäätyminen
3. □ Lämpötilojen vaihtelu
4. □ UV- ja lämpösäteily

2. **Mekaaniset rasitukset**

1. □ Rakenteen oma paino
2. □ Tuulen paine ja imu
3. □ Erilaiset törmäys- ja iskukuormat
4. □ Muodonmuutokset ja liikkeet

3. **Rasitusluokitus**

1. □ Tavanomainen rasitus
2. □ Voimakas rasitus
3. □ Erityisrasitus

RAKENTEELLINEN TOIMINTA

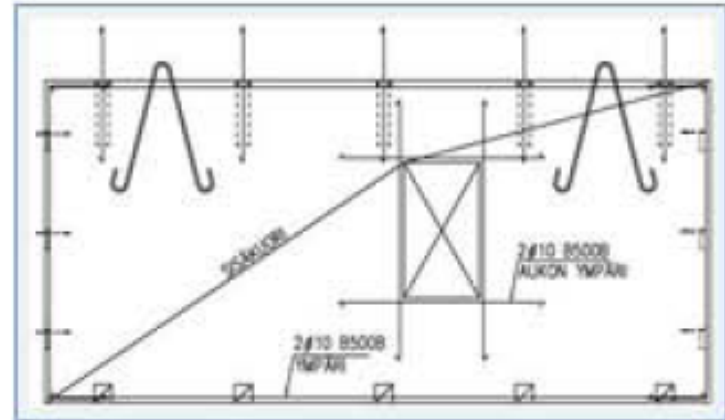
- RAUDOITUS
- SÄILYVYYS
- JÄYKISTYS
- KULJETUS JA NOSTOT
- KANTOKYKY

Raudoitus

Sisä- ja ulkokuoren raudoituksen suunnitteluperusteet:

Kantava sisäkuori

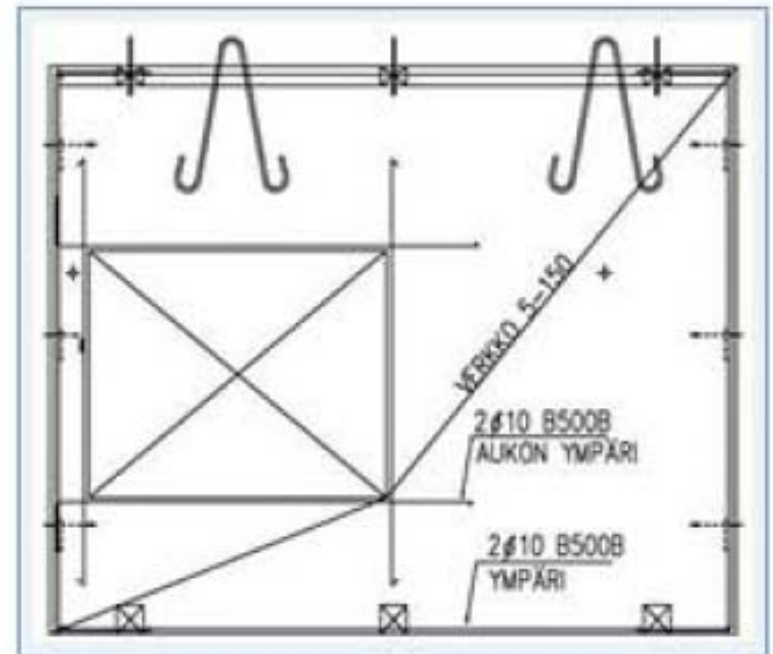
- rakenteellinen kestävyys
- palo
- onnettomuustilanteet
- ulkopuoliset kuormat
- elementin käsittelykestävyys
- säilyvyysominaisuudet
- raudoitteet A500HW, B500B, B500K



Kantavan sisäkuoren raudoitus mitoitetaan erikseen ikkuna- ja ovipalkeissa sekä pielijpilareissa. Verkkoraudoituksia käytetään lähinnä jäykistävässä ja käännettävissä elementeissä.

Ei-kantava sisäkuori

- rakenteellinen kestävyys
- onnettomuustilanteet
- ulkopuoliset kuormat
- elementin käsittelykestävyys
- säilyvysominaisuudet
- raudoitteet A500HW, B500B, B500K



Ulkokuori

- pakkovoimat
- elementin käsittelykestävyys
- säilyvysominaisuudet
- raudoitteet joko ruostumattomia B600KX tai B500B, A500HW, B500K

Ulkokuoren tehtävänä on välittää tuulikuormat sisäkuorelle, joten raudoitustarve on vähäinen. Omaa painoa ja tuulikuormia varten ulkokuoressa ei tarvita raudoitusta.

Suurimmat rasitukset syntyvät lämpötilan ja kosteuden muutoksista. Ulkokuoren raudoituksella ei voida merkittävästi vähentää halkeilua, koska raudoitusmäärä on pieni ja se sijaitsee neutraaliakselilla. Halkeamat syntyvät kuoren pintaan.

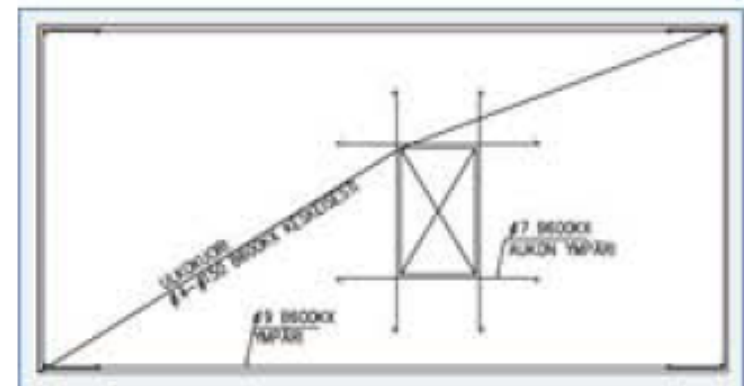
Ulkokuoren reunat kutistuvat muuta rakennetta nopeammin ja siksi reunat halkeilevat. Halkeamien leveyden kasvua rajoitetaan pieliteräksin.

Julkisivuelementin ulkokuoren raudoitus koostuu yleensä ruostumattomasta vakioverkosta 4-150 B600KX ja pieliteräksestä 7 mm B600KX. Ulkokuoren paksuus on 70 mm ja max. uritusyvyys 10 mm.

Pieliteräkset asennetaan 40 mm etäisyydelle pielen reunasta. Pieliteräs tulee sitoa verkkoon ja myös sidontalankojen tulee olla ruostumatonta.

Verkon suojaetäisyys muotin pinnasta varmistetaan muovisin rengasvälikkein 4-5 kpl/m².

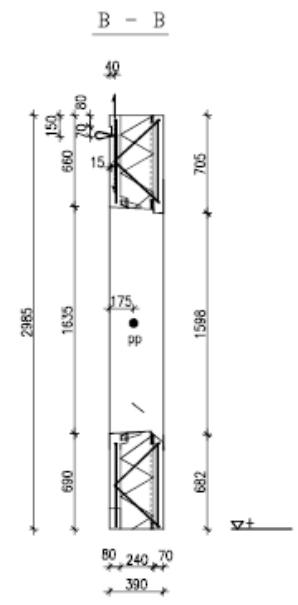
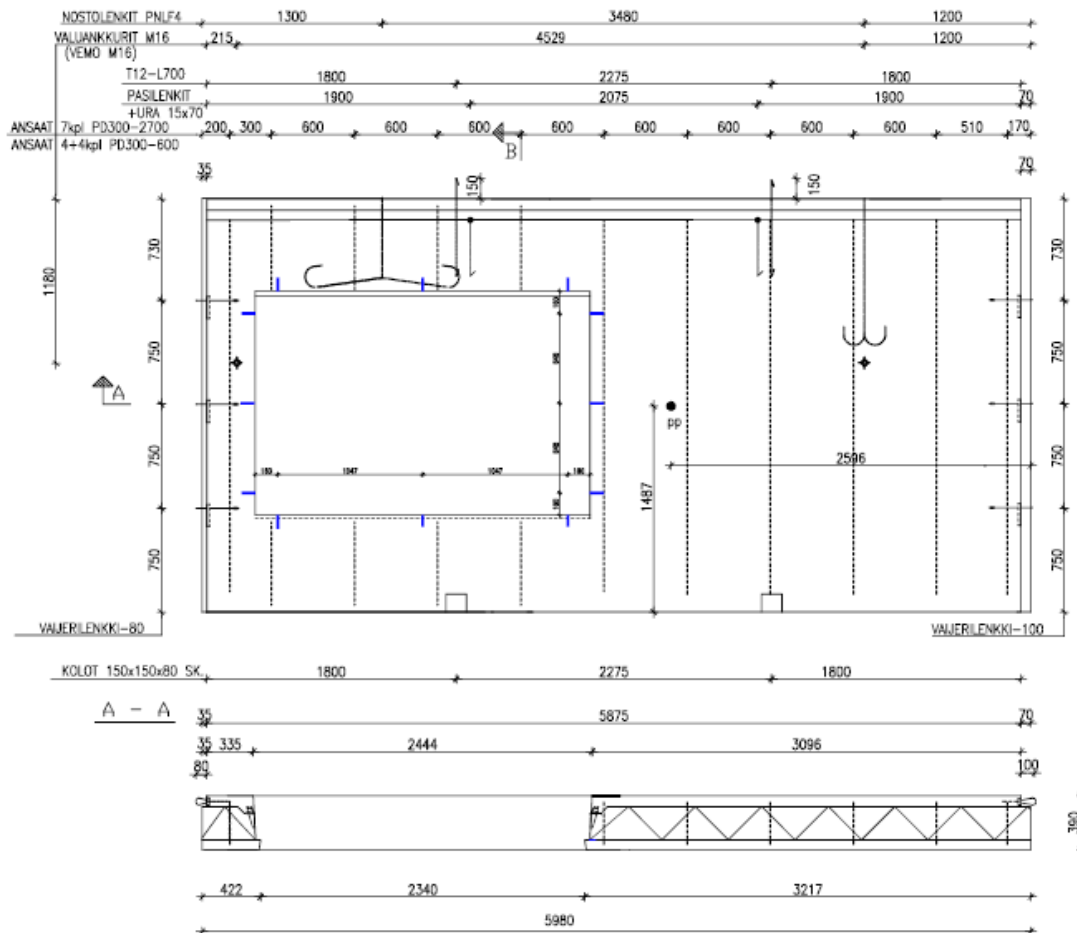
Vaihtoehtoisesti ulkokuori raudoitetaan betoniteräksillä B500B, A500HW ja B500K. Tällöin ulkokuoren vakiopaksuus on 80 mm. Urituksen max. syvyys voi olla 10mm.



Malliansastuspiirustukset

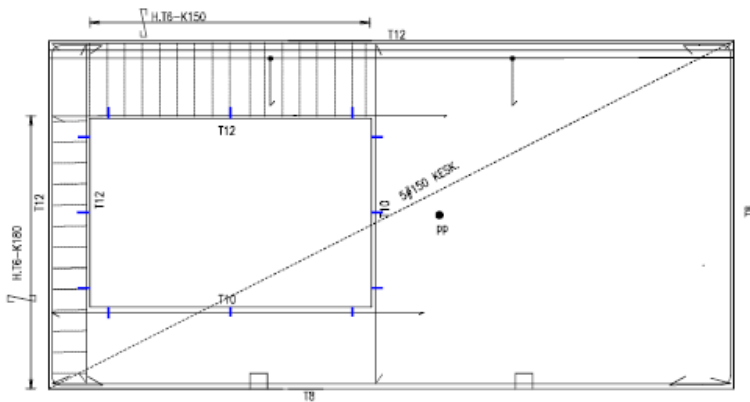
lämmön- eriste (mm)	ansastyppi	ansaan k/k-jako(mm)	sisäkuori (mm)	aukollinen ruutuelem.	vaaka- nauhaelem.	pysty- nauhaelem.
mineraalivilla 240	diag.ansas	600	80	R-1	N-1	N-5
		600	150	S-1		
	diag.ansas + pistokkaat	900 1800 pitkä diagonaali	80	R-5		
	Halfen		80	R-6	N-9	N-13
			150	S-2		
EPS 180	diag.ansas	900	80	R-2	N-2	N-6
	Halfen		80	R-7	N-10	N-14
PUR 150	diag.ansas	900	80	R-3		
	Halfen		80	R-8		
PUR 250	diag. ansas	900	80	R- 4		
	Halfen		80	R- 9		

KATSOMISSUUNTA SISÄLTÄ



TUOK		LUEM		MÄLIT		SUUNN.		PÄIV.		TARK.	
KOORI/KOJA	PORTTI/VELA	TONTTI/NO	MÄNKISUUNNITUS		SUUNN.		PÄIV.		TARK.		
UUDISRAKENNUS			RAKENNEPIIRUSTUS			SUUNN. NO					
BES 2010			MALLIELEMENTTI R-1			1:20		MITTAVAI ENEN PÖH.			
			DIAGONAALIANSAAAT k600			SUUNN. TÖN. NO		TÖNÄN TÖN. NO			
			RAK			SUUNN. TÖN. NO		TÖNÄN TÖN. NO			
PÄIV.		SUUNN.		SUUNN. LÖHÖ		KRS		LAI		MÄLIT	
PÄIV.		TARK.		E		R		1			

SISÄKUOREN RAUDOITUS

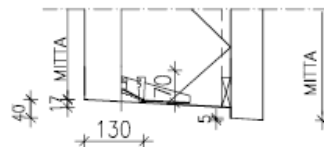


ALAREUNAN
TERÄSJÄRJESTYS
(SK.)



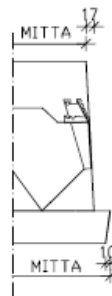
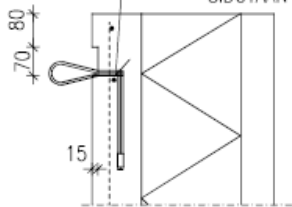
IKKUNAN SIVUREUNA

IKKUNAN YLÄREUNA



PASILENKKI

LISÄTERÄS T8 L-800
SIDOTAAN VERKKOON



IKKUNAN ALAREUNA



Elementin paino : 5.2 t
Elementin nettopinta-ala :
sisäkuori 13.6 m², ulkokuori 14.0 m²
Elementin tilavuus :
sisäkuori 1.1 m³, ulkokuori 1.0 m³

BETONI:
Ulkokuori: C30/37, pakkasenkestävä.
Maksimirakoko 12mm.
Sisäkuori: C30/37
Maksimirakoko 16mm.

TERÄS:
T=B500B, S=S235JRG2, #=B500K, E=B600KX
(tai T=A500HW)

MUOTTE:
Mittatarkeus normaaliuokoa.
Betonielementtien toleranssit 2003.

PINNANKÄSITELY:
Ulkopinta: Muottipinta
Sisäpinta: teräshierro (TH 2).

ERISTE:
240mm mineraattivilla, puristuslujuus 5kN/m²,
lamba_{declared} 0.036 W/mK
Vaakaurat 20x50 ulkokuorta vasten
elementin ylä- ja alareunassa sekä
ilmänieristyslevyjen jatkoksissa.

KÄSITELY JA VARASTOINTI:
Nastetaan pystyyn muotin avulla.
Muotista nostolujuus 15 MN/m².
Kuljetus- ja asennuslujuus 21 MN/m².
Nasta ainoastaan nastolenkkien kohdasta.
Max hoarakuuma 60°
Kuljetus syrjäillään.

KÄYTTÖIKÄ:
Ulkokuori: 50 vuotta
Sisäkuori: 100 vuotta

RASTITUSLUOKKA:
Ulkokuori: XC3,4-XF1
Sisäkuori: XC1

TERÄSTEN SUOJETAISYYS:
Ulkokuori:
Nimellisarvo: 30mm
Sallittu mittapolkeama: 10mm
Sisäkuori:
Nimellisarvo: 20mm
Sallittu mittapolkeama: 10mm

RAUDOITUS ULKOKUORESSA:
Kaikki raudotteet ruostumattomia.
Verkko E4-200 B500KX; iämitys 1 siimävälillä.
Pieliteräkset E7 jatkospiituisuus >400mm.
Aukkojen (/reikien) pieliteräkset E7,
L=aukko+1000mm.

RAUDOITUS SISÄKUORESSA:
Raudituspiirustuksen mukaan.
Jatkospiituisuus: T8=400mm, T10=500mm,
T12=600mm, T16=800mm.
Aukkojen (/reikien) pieliteräkset
L=aukko+1200mm

KATSOMISSUUNTA:
Sisältä

TYVI	LAJIK	MUUTOS	YHTY/NO	AMMUNNANTUNNUS	SIUNN	PAK	VAR
KÄSIVÄLÄ		KORTTELIT/TA		YHTY/NO		AMMUNNANTUNNUS	
UUDISRAKENNUS				RAKENNEPIIRUSTUS		JURDIK. NO	
BES 2010				MALLIELEMENTTI		MITTAVAIHT. ENEN PER.	
				R-1		1:20	
				DIAGONAALIANSAAK K600			
				SIUNN. PIIR. NO		TOIMINN. PIIR. NO	
				RAK			
PIIR.	SIUNN.	SIUNN. LOHKO	NO	LAJ	NO	MUUTOS	
PAL	OSK	E		R	1		

Säilyvyys

Betonijulkisivujen säilyvydellä ymmärretään sekä teknistä, että ulkonäön säilyvyyttä.

Säilyvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat :

- halkeilu
- pakkasenkesto
- teräskorroosio
- pintojen epätasainen likaantuminen
- pinnoitteiden irtoaminen
- saumausten irtoaminen

Tässä osassa tarkastellaan teknistä säilyvyyttä.

Betonirakenteiden säilyvyys suunnittelu käsittää seuraavat vaiheet:

1. Rakennuksen tilaaja valitsee rakennuksen **tavoitekäyttöön** rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan.
2. Tavoitekäyttöön perusteella suunnittelija määrittelee rakennuksen **suunnitellun käyttöön**. Tämän jälkeen tärkeimmille rakennusosille valitaan kullekin omat suunnittelukäytöt. Rakennusosien käyttökävaatimukset vaihtelevat rakennusosittain. Niiden ei tarvitse olla yhtä pitkät kuin koko rakennuksen.
3. **Rasitusluokkien määrittely.**
4. **Betonin laatuparametrien, halkeamaleveyden, rakennemittojen ja muiden käyttöikään vaikuttavien tekijöiden määrittely siten, että suunnittelukäyttöikään liittyvät vaatimukset täyttyvät.**

Tavoitekäyttöikä

Rakennuksen tilaajan tulisi määritellä tavoitekäyttöikä mm. seuraavien tekijöiden perusteella:

- elinkaaren rahatalous
- elinkaaren luonnontalous ja energiatalous
- elinkaaren käytettävyysominaisuudet
- elinkaaren tekninen toimivuustaso (mekaaninen, akustinen, lämpö- ja kosteustekninen)
- turvallisuus, viihtyisyys ja terveellisyys

EN 1990 mukaan suunniteltu käyttöikä on määriteltävä. Tilaajan asettama tavoitekäyttöikä toimii lähtötietona suunnittelijan säilyvyysuunnittelulle.

suunniteltu käyttöikä (v)	viihkeellinen suunniteltu käyttöikä (v)	Esimerkkejä
1	10	Asuinrakennus (*)
2	10-25	Vihittämissä rakent. rakent. osat, esim. kotitalous, laipat
3	15-30	Mastourat ja vedot rakennukset
4	30	Korkeakoulut ja muut tekniset rakennukset
5	100	Monumentaalit rakennukset, silat ja muut maan ja vesirakennukset

(*) Tilassa rakentaja ei näin ollen, eikä voida puhua uudestaan käyttöikästä, ei parantaminen

Suomalaisissa ohjeissa (RIL 216-2001) suositellaan EN 1990 poiketen rakennuksen primääristen kantavien rakenteiden (perustukset ja kantava runko) suunnitelluksi käyttöikäsi yhtä korkeampi luokka, kun rakennuksen suunniteltu käyttöikä on korkeintaan 50 vuotta. Näin tavallisissa rakennuksissa, joiden suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta, otetaan kantavan rungon ja perustusten suunnittelukäyttöikäksi 100 vuotta.

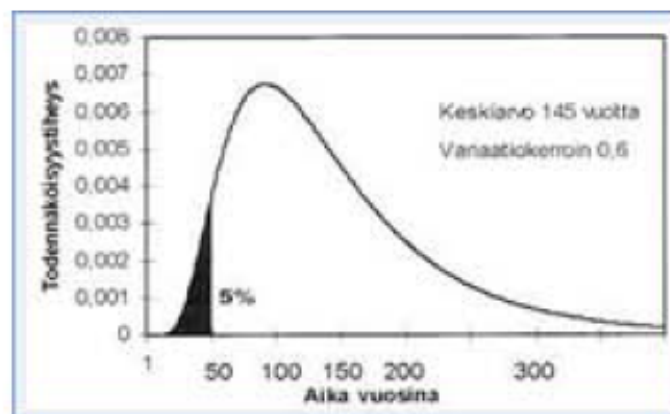
Samoissa ohjeissa annetaan mahdollisuus valita sekundääristen rakennusosien (täydentävät rakenteet) ja ulkoseinien pintakerrosten sekä kattorakenteiden suunnittelukäyttöikäsi yhtä (tai useampaa alempi luokka), kun rakennuksen suunniteltu käyttöikä on vähintään 100 vuotta.

Suunniteltu käyttöikä

Suunniteltu käyttöikä määritellään ajanjaksoksi, jonka ajan betonirakenteen ominaisuudet valitulla todennäköisyydellä säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla edellyttäen, että sitä pidetään asianmukaisessa kunnossa. Suunniteltu käyttöikä arvioidaan normaalisti 95% varmuustasolla käyttäen log-normaalista jakaumaa. Näin suunnitellun käyttöiän ollessa 50 vuotta, 5% kyseisistä rakenteista voi vaurioitua ennen 50 ikävuotta, puolet kestää lähes 150 vuotta ja pitkäikäisimmät kestävät n. 300 vuotta.

Kun suunniteltu käyttöikä ylitetään, rakenteen käyttöikää voidaan jatkaa paikallisilla korjauksilla.

Suunnitellun käyttöiän saavuttaminen edellyttää, että rakenteille tehdään säännöllisiä tarkastuksia ja huoltokorjauksia käyttöiän aikana.



Rasitusluokat

Käyttöikäsuunnittelun peruseriaatteena on, että suunnittelija valitsee rasitusluokat, joihin rakenne joutuu sekä ajanjakson, jonka rakenteen tulee kestää kyseisissä olosuhteissa. Tarpeettoman ankaria rasitusluokkia tulee välttää, sillä ylimitoitus johtaa kalliisiin rakenteisiin, joiden valmistus voi olla hyvin hankalaa.

Terästen korroosion osalta käyttöikä riippuu

- betonipeitteestä
- halkeamien leveydestä
- betonin lujuusluokasta (XC)
- betonin vesi-sementtisuhteesta (XD ja XS)

Pakkasenkestävyyden osalta suunnittelija valitsee normaalisti rasitusluokan ja suunnitellun käyttöiän. Betonin valmistaja vastuulle jää varmistaa, että betoni täyttää sille asetetut pakkasenkestävyysvaatimukset.

Suunnittelija valitsee rakenteen rasitusluokan seuraavien rasitustekijöiden suhteen:

- karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio, XC-luokat
- kloridien aiheuttama korroosio, XD ja XS-luokat
- jäätymis-sulamisasitus, XF-luokat
- kemiallinen rasitus, XA-luokat

Rasitusluokat ja niitä koskevat suunnitteluohjeet on esitetty julkaisuissa EN-206-1, by 50 ja by 51.

Taulukkomitoitus

Yksinkertaisella taulukkomitoituksella voidaan mitoitaa rakenteet kaikissa rasitusluokissa.

Taulukot 50 ja 100 vuoden suunnittelukäyttöäälle on esitetty julkaisuissa EN-1992-1-1 kansallisessa liitteessä sekä standardin EN 206-1 kansallisessa liitteessä.

	Rasitusluokat																		
	Ei korroosion tai rasituksen vaara	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädys-sulatus-rasitus				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt			
		XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä			XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3	
Suurin v/s-suhte	0,90	0,90	0,60	0,60	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,60	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40		
Vähimmäis- lujuusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45				C30/37	C35/45	C40/50		
Vähimmäisaset- timäärä (kg/m ³)	—	160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	300	300	340	300	320	330	
Muu vaatimus												2)	2)	2)	2)				
Minimi-ilmamäärä- vaatimus (#16) ¹⁾												4,0%	4,0%	4,0%	5,0%				

1) Rasitusluokissa XF1-XF4 ilmamäärävaatimus koskee betonia, jonka kivianeksen ylänielmsraja on 16 mm. Kivianeksen ylänielmsrajan ollessa 32 mm vaatimusta korotetaan 0,5 %-yksikköä ja 8 mm 1,0 %-yksikköä.
2) Lisäksi keuhkosuunvaatimukset taulukon F.4-F7 mukaan

	Rasitusluokat																		
	Ei korroosion tai rasituksen vaara	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädys-sulatus-rasitus				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt			
		XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä			XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3	
Suurin v/s-suhte	0,90	0,90	0,60	0,60	0,45	0,40	0,40	0,50	0,50	0,40	0,55	0,40	0,50	0,35	0,50	0,45	0,40		
Vähimmäis- lujuusluokka	C12/15	C20/25	C20/25	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45				C30/37	C35/45	C40/50		
Vähimmäisaset- timäärä (kg/m ³)	—	160	160	250	250	300	320	340	300	300	320	270	380	300	430	300	320	330	
Muu vaatimus												2)	2)	2)	2)				
Minimi-ilmamäärä- vaatimus (#16) ¹⁾												5,0%	4,5%	5,0%	4,0%				

1) Rasitusluokissa XF1-XF4 ilmamäärävaatimus koskee betonia, jonka kivianeksen ylänielmsraja on 16 mm. Kivianeksen ylänielmsrajan ollessa 32 mm vaatimusta korotetaan 0,5 %-yksikköä ja 8 mm 1,0 %-yksikköä.
2) Lisäksi keuhkosuunvaatimukset taulukon F.4-F7 mukaan

Pienennetyt mittapoikkeamat ks. myös EN 1992-1-1 liite A ja EN 1992-1-1 kansallinen liite.

Halkeamaleveyksien raja-arvot rasitusluokittain on esitetty EN-1992-1-1 kansallisessa liitteessä ja EN 206-1 kansallisessa liitteessä.

Taulukkomitoitus on yksinkertainen menetelmä, mutta se ei mahdollista optimointia. Menetelmä johtaa tarpeettomaan käyttöiän ylimitoitukseen, mikäli rakenteen betonin puristuslujuus ei ole lähellä taulukon 2. minimitasoa. Mikäli betonin puristuslujuus ylittää taulukon 2. vaatimustason, on suositeltavaa käyttää laskennallista mitoitusta.

Rakenne-osa	Rasitusluokkayhdistelmä	Selite
4-1	X0	Väliohjat ja seinät (kuivat sisätilat)
4-2	XC1	Ulkoseinä, sisäkuori (kuivat sisätilat). Kosteat sisätilat, esim. kosteuseristämättömät pesutila yms. rakenteet
4-3	XC1	Alapohja, eristeen päällä
4-4	XC3	Alapohja, tuulettuva rakenne
4-5	XC2	Sokkeli, sisäkuori, maan alla
4-6a	XC3,4; XF1	Sokkelin ulkokuori
4-6b	XC3,4; XD1; XF2	Sokkelin ulkokuori, suolarasitus ¹⁾
4-7	XC2	Antura

¹⁾ Sokkelin ulkokuoreen voidaan katsoa kohdistuvan suolarasituksia, kun se sijaitsee suolaattavan tien välittömässä läheisyydessä (etäisyys tiehen < 2 m).

Rakenneosa (taulukkomitoituksen vähimmäisvaatimukset, ks. liite 3) Rasitusluokkayhdistelmä	Suunnittelukäyttöikä	Raudoitusyyppi	Paikallavalurakenne				Elementtirakenne			
			Lujuusluokka	Rakenneluokka ³⁾	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte	Lujuusluokka	Rakenneluokka	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte
			K30-2	K30-2	20	-	K35-1	K60-1	20	-
4-1 (1) XC1	50 - 100 v ¹⁾	br jr	K30-2 -	-	-	K35-1 -	-	20 -	-	
	4-2, 4-3 (2) X0	50 - 100 v ¹⁾	br jr	K30-2 -	20	-	K35-1 K60-1	20 30	-	
4-4 (4) XC3		50 v	br jr	K30-2 -	35	-	K35-1 K60-1	35 30	-	
	100 v	br jr	K40-2 -	40	-	K40-1 K60-1	40 30	-		
4-6a (7) XC3,4; XF1	50 v	br jr rst	K35-2 - K35-2	35 - 20 ²⁾	-	K40-1 K60-1 K35-1	30 30 20 ¹⁾	-		
	100 v	br jr rst	K45-2 ³⁾ - K35-2	40 - 20 ²⁾	-	K40-1 K60-1 K40-1	40 30 20 ¹⁾	-		
4-6b (18) XC3,4; XD1; XF2	50 v	br	K40-2	45	0,55	K40-1	40	0,55		
	100 v	br	K45-2 ³⁾	50	0,50	K40-1	45	0,50		
4-5, 4-7 (3) XC2	50 v	br jr	K30-2 -	30 ⁴⁾ -	-	K40-1 K60-1	30 30	-		
	100 v	br jr	K35-2 -	35 ⁴⁾ -	-	K40-1 K60-1	35 30	-		

¹⁾ Rasitusluokissa X0 ja XC1 vaatimukset ovat identtiset 50 ja 100 vuoden käyttöiälle.

²⁾ XC-rasitusluokissa ruostumattomia (B600KX) raudotteita käytettäessä betonipeitteen nimellisarvon on oltava vähintään raudoitteen halkaisija.

³⁾ Rakenteen kantavuutta mitoitettaessa ei saa käyttää korkeampaa lujuutta kuin K40, ellei rakennetta toteuteta 1-rakenneluokassa.

⁴⁾ Maata vasten valettaessa betonipeitteen nimellisarvon on kuitenkin oltava vähintään 50 mm ja sallittu mittapoikkeaman vähintään 30 mm.

Laskennallinen mitoitus (kerroinmenetelmä)

Laskennallinen mitoitus on suositeltava menetelmä ulkorakenteille, joihin kohdistuu pakkasrasitus, mutta ei pakkassuolarasitusta. Menetelmä kattaa käyttöiät 50-200 vuotta.

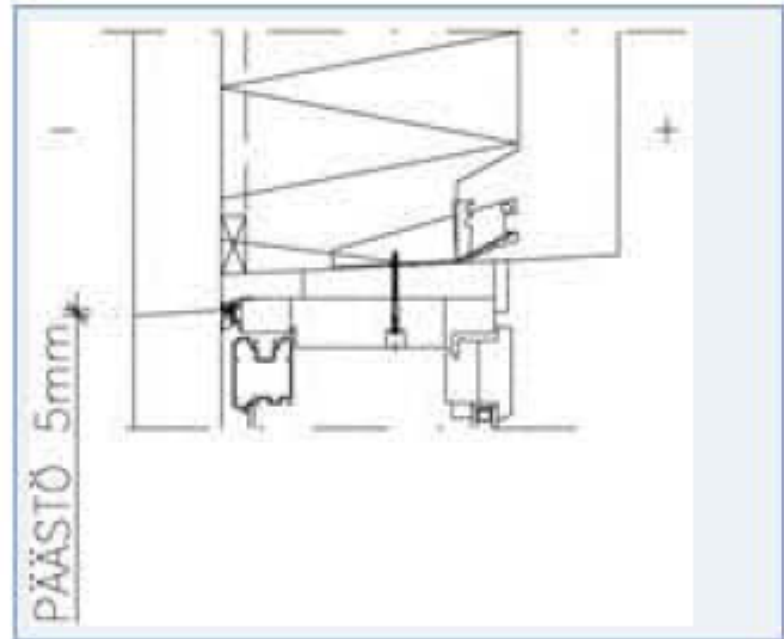
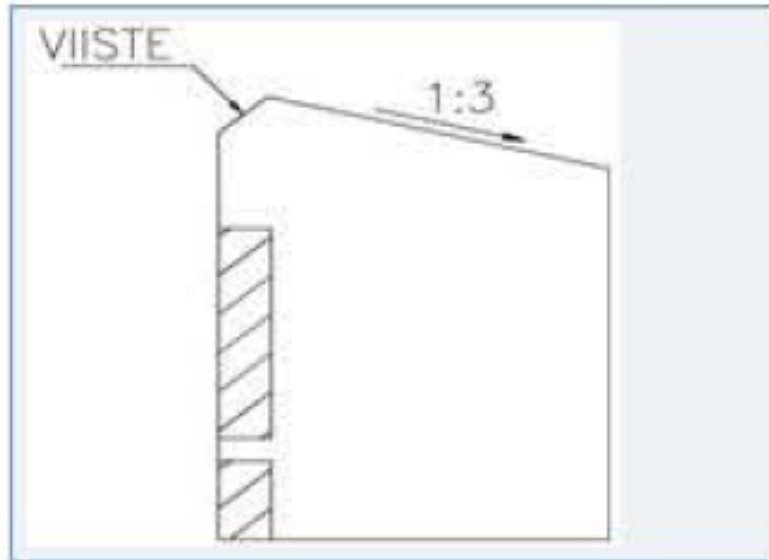
Rakenteiden käyttöikä arvioidaan erikseen eri rasitusluokkien suhteen ja näistä lyhin käyttöikä on määräävä.

Jos rakenteissa on käytetty ruostumatonta terästä, niitä ei tarvitse mitoittaa karbonatisoitumisen suhteen. Tällöin käyttöikä terästen korroosion suhteen oletetaan olevan 200 vuotta betonipeitteestä huolimatta.

Rakenteiden käyttöikää laskettaessa otetaan huomioon myös pinnoitteiden vaikutus. Rakenteiden tulee kuitenkin olla materiaaliominaisuuksiltaan sellaisia, että ne täyttävät vähintään 50 vuoden suunnittelukäyttöiän ilman suojaavia pinnoitteita.

Laskentakaavat on esitetty julkaisussa by 50.

Yksityiskohtien suunnittelu



Säälle alttiiden rakenteiden liittymien, reunadetaljien ja valumavesien oikealla suunnittelulla voidaan lisätä rakenteiden käyttöikää ja vähentää huoltokustannuksia.

Elementtien saumoja on käsitelty tarkemmin BES 2010 ohjeessa [Saumat](#).

Piirustukset

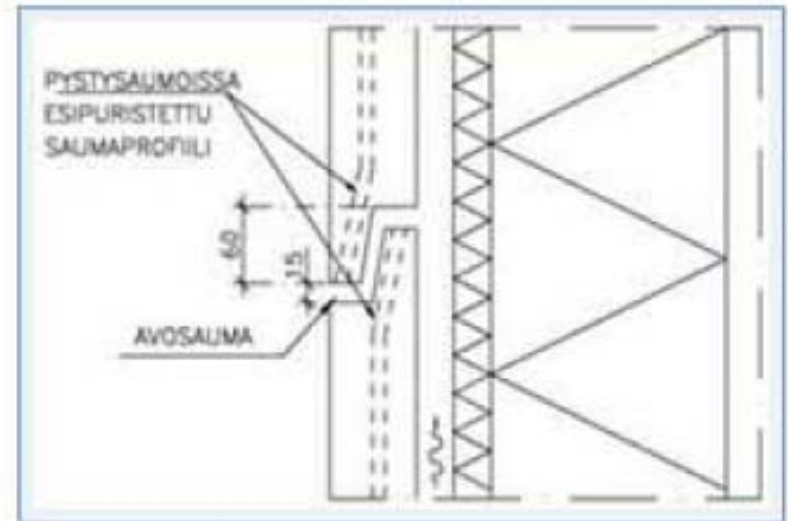
Piirustuksiin merkitään säilyvyyden osalta:

Rakenteesta:

- rasitusluokat ja rakenteen suunniteltu käyttöikä
- terästen betonipeitteen nimellisarvo ja sallittu mittapoikkeama

Betonista:

- lujuusluokka
- kiviaineksen suurin raekoko (=ylänimellisraja)
- vesi-sementtisuhte rasisitusluokissa XD ja XS
- mahdolliset lisävaatimukset (kun rakenteeseen tai sen valmistukseen kohdistuu erityisiä vaatimuksia)



Jäykistys

Asuinrakentamisessa lähes pääsääntöisesti myös kantavat ulkoseinäelementit toimivat osana jäykistäväää runkojärjestelmää. Rakennusten muodosta ja jäykistävien seinien sijainnista ja määrästä riippuen myös ei-kantavia ulkoseinäelementtejä voidaan tarvittaessa käyttää jäykistävinä rakenneosina.

Elementtirakenteisten asuinrakennusten jäykistystapa, jossa kantavat ulkoseinät toimivat jäykistävinä lewynä on lewyjäykistyksen erikoistapaus, jossa rakenne toimii samoin kuin mastoseinäjäykistyksessä. Tässä esityksessä ko. jäykistystapaa on kutsuttu mastoseinäjäykistykseksi.

Mastoseinäjäykistyksen osana toimivat ulkoseinäelementit muodostavat päällekkäisistä ja peräkkäisistä elementeistä koostuvan mastoseinäkokonaisuuden. Seinäelementtien keskinäiset liitokset sekä seinien ja välipohjalaatastojen väliset liitokset tulee mitoittaa jäykistyslaskelmien mukaisille kuormille. Liitosten laskentaperiaatteet ja esimerkkilaskelmat on esitetty ohjeessa [Rakennuksen jäykistys](#).

Mastoseinät tulisi pyrkiä suunnittelemaan niin, että ne keräävät mahdollisimman paljon pystykuormia ja ovat puristettuja kaikissa kuormitustilanteissa. Mikäli eri seinäelementtien välille syntyy vetorasituksia, on laskelmien mukaiset vetorasitukset otettava vetoraudoituksilla, jotka viedään tarvittaessa maaperään asti.

Käytännön rakentamisen kannalta on useimmiten järkevää pyrkiä suunnittelemaan jäykistävät seinät riittävän pitkiksi. Minimoitu jäykistysseinien lukumäärä ja pituus johtavat usein suuriin voimiin yksittäisissä elementeissä ja elementtien välisissä saumoissa. Tällöin seinien rauditusmäärät sekä saumaterästen ja seinäkenkien määrät kasvavat merkittävästi. Ongelmaksi muodostuu usein myös suurten vaakavoimien siirtäminen tasoilta lyhyille jäykistysseinille.

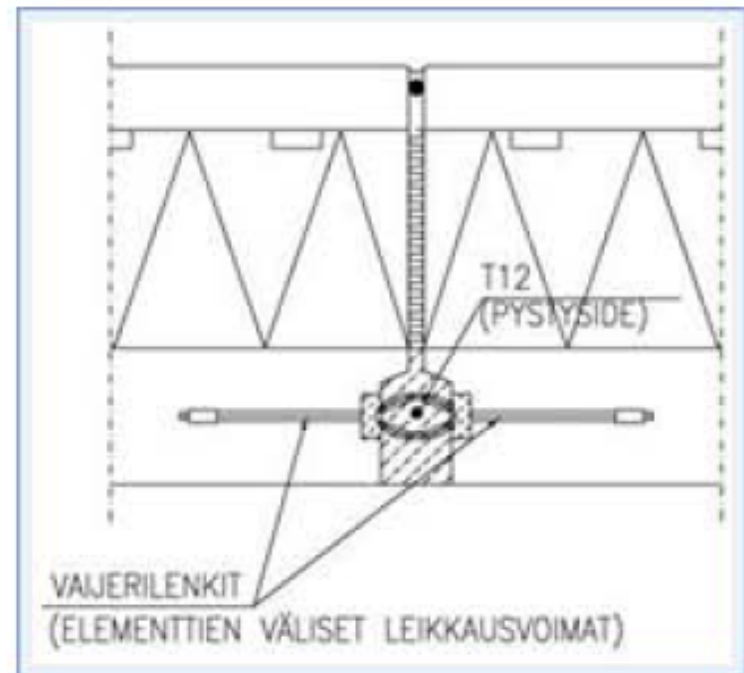
Mastoseinien jäykkydet on laskettava todellisilla jäykkyyksillä huomioiden aukotusten vaikutus. Aukotusten vaikutus voidaan tarkimmin huomioida FEM-laskennalla. Vaihtoehtoisesti aukollisten seinien jäykkydet voidaan laskea Rosma'n menetelmällä. Mastoseinien aukkojen vaikutus seinien jäykkyyteen on esitetty ohjeessa [Rakennuksen jäykistys](#).

Aukotuksen suunnittelusta on annettu ohjeistusta kohdassa [Julkisivujärjestelmät](#).

Jäykistysjärjestelmät ja jäykistykseen yleiset laskentaperiaatteet on esitetty tarkemmin [Rakennuksen jäykistysosassa](#).

Jäykistävien ja kantavien ulkoseinäelementtien mitoituksessa tulee huomioida kaikki seinälle tulevat kuormitukset. Yleensä näitä kuormia ovat ainakin seuraavat:

- seinän omapaino
- seinälle laatastolta ja yläpuoliselta rakenteelta tulevat pystykuormat
- seinälle laatastolta ja yläpuoliselta rakenteelta tulevat jäykistyskuormat
- seinälle tulevat vaakakuormat, joita ovat mm. tuulenpaine ja maanpaine
- mahdolliset onnettomuuskuormat
- toteuttamisen aikaiset kuormat
- kuormien epäkeskisyydestä tulevat rasitukset



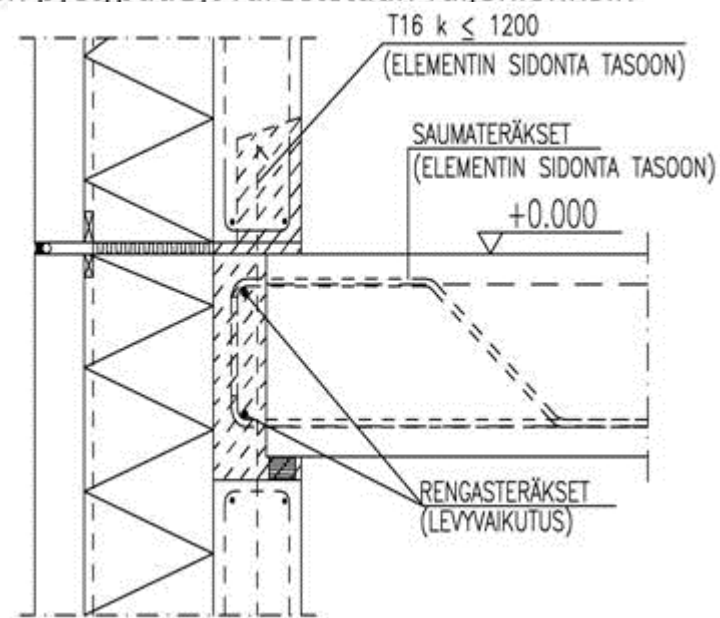
Ei-kantavien seinien toimiessa jäykistävinä rakenteina tulee ne mitoittaa kaikille seiiniin kohdistuville kuormille, joita ovat mm. ainakin seuraavat:

- seinän omapaino
- seinälle laatastolta ja muilta ympäröiviltä rakenteilta tulevat jäykistyskuormat
- seinän suuntaisen välipohjalaatan hyötykuorma tulee huomioida kuormituksena 30 asteen kulmassa laskettuna
- seinälle tulevat vaakakuormat, joita ovat mm. tuulenpaine ja maanpaine
- mahdolliset onnettomuuskuormat

Kuormien arvot, yhdistelykertoimet ja eri rajatilojen kuormitusyhdistelmät otetaan EN 1990 ja EN 1991 mukaan.

Jäykistävien kantavien ja ei-kantavien ulkoseinäelementtien pystypäädyt varustetaan vaijerilenkein ja betonivaaroin.

Jäykistävien ulkoseinäelementtien suunnittelussa tulee ottaa huomioon jatkuvan sortuman estäminen.



LÄMPÖ- JA KOSTEUSTEKNIikka

- SW-ELEMENTTIEN ERISTEVAHVUUDET
- ERIYTETTYJEN BETONIJULKISIVUJEN ERISTEVAHVUUDET
- ERISTERAPATTUJEN ELEMENTTIEN ERISTEVAHVUUDET
- LÄMPÖTEKNINEN TOIMINTA
- KOSTEUSTEKNINEN TOIMINTA
- YHTEENVETO

Yhteenveto

Mineraalivilla- ja solumuovieristeillä pystytään vastaamaan sekä tiukentuvien lämmöneristysmääräysten että matalaenergia- ja passiivirakenteiden vaatimuksiin. Betoninen sisäkuori on jo itsessään tiivis, mutta kovilla solumuovieristeillä saadaan tiiveyttä yhä paremmaksi, kunhan työtekniikka on kunnossa varsinkin saumojen ja liittyvien rakenteiden osalta. Uusimpien tutkimusten mukaan urituksesta ei kovilla eristeillä ole merkittävää hyötyä, mutta villaeristeillä se on oleellinen kosteusteknisen toimivuuden takaamiseksi.

Ulkoseinien lämmöneristysvaatimusten kasvaminen aiheuttaa useita merkittäviä muutoksia betonijulkisivujen lämpö- ja kosteustekniseen suunnitteluun. Vaatimusten kiristyminen johtaa eristepaksuuksien kasvuun, mikä hidastaa rakenteiden kuivumista. Tämä korostuu solumuovipohjaisia eristeitä käytettäessä, joista rakennusaikainen kosteus poistuu eristeen tiiviyyden vuoksi vain sisäilmaan, mikä on otettava huomioon kuivatustarpeena sekä pinnoitustöiden aikatauluissa.

Matalaenergia- ja erityisesti passiivirakenteet aiheuttavat muutostarpeita elementtien ulkokuorien kiinnitykseen, koska suurilla eristepaksuuksilla kiinnikkeiden, diagonaaliansaiden ja pistokkaiden poikkileikkaukset kasvavat. Tällöin niiden vaikutus kylmäsiltnä kasvaa, mikä vaikuttaa oleellisesti lisäkonduktanssina U-arvon laskentaan. Elementtien eristeosan kasvun vuoksi myös elementin painopiste muuttuu ja kuoret ovat kauempana toisistaan, mikä tulee ottaa huomioon nostolenkkien sijainnissa ja muodossa.

Suurilla eristepaksuuksilla betonisandwich-elementtien nurkkaliitoksiin tulee merkittävästi nykyistä pidempi ulokkeellinen osa. Jos elementin ulkokuoren pinnat eivät kutistu samalla tavalla (esimerkiksi ulkopinnassa kutistumaton tiililaatta), tulee nurkkaliitoksissa ottaa huomioon ulkokuoren kaareutuminen kasvattamalla nurkkaliitoksen sauman liikevaraa. Kutistumaeroista johtuva elementtien hammastelu voi olla esteettinen haitta, mutta myös aiheuttaa leikkausrasitusta elastisille saumoille.

Suurilla eristepaksuuksilla ikkunan sijoittaminen lämpötekni­sen toiminnan kannalta optimaalisesti eristetilan kohdalle kasvattaa nykyisillä karmileveyksillä ikkunapieliä sisäpuolella ja toisaalta heikentää seinän eristyskykyä ikkunarakenteen ympärillä. Ikkunapielien kasvamista voitaisiin rajoittaa esimerkiksi siten, että olisi erikseen sisä- ja ulkopuolen ikkunat karmeineen, jolloin myöskään seinän lämmöneristävyys ei heikkenisi yhtä paljon.

Seinätyypit

- Sandwich
 - Uritetulla mineraalivillalla
 - EPS:llä
 - PUR:lla
- Sandwich tuuletusraolla
- Rapattu sandwich
 - 3-kerrosrappaus
 - Ohutrappaus
- Sisäkuorielementti
- Tehtaalla eristetty sisäkuorielementti
- Eriytetty julkisivurakenne

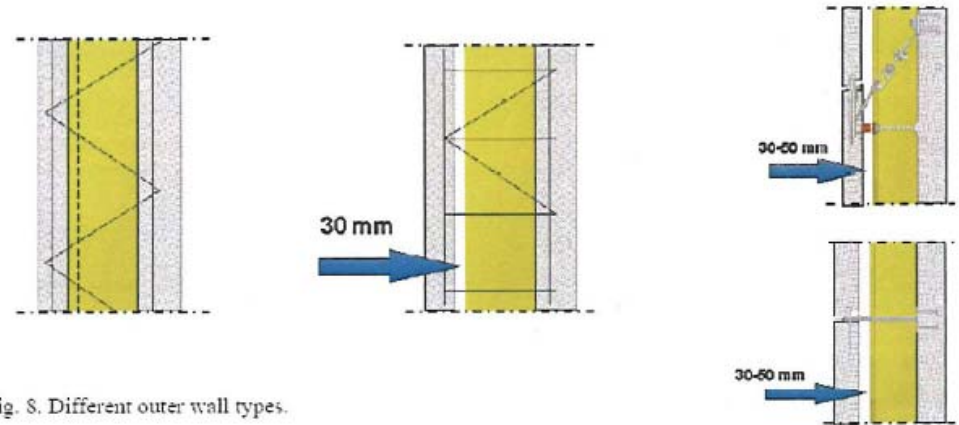
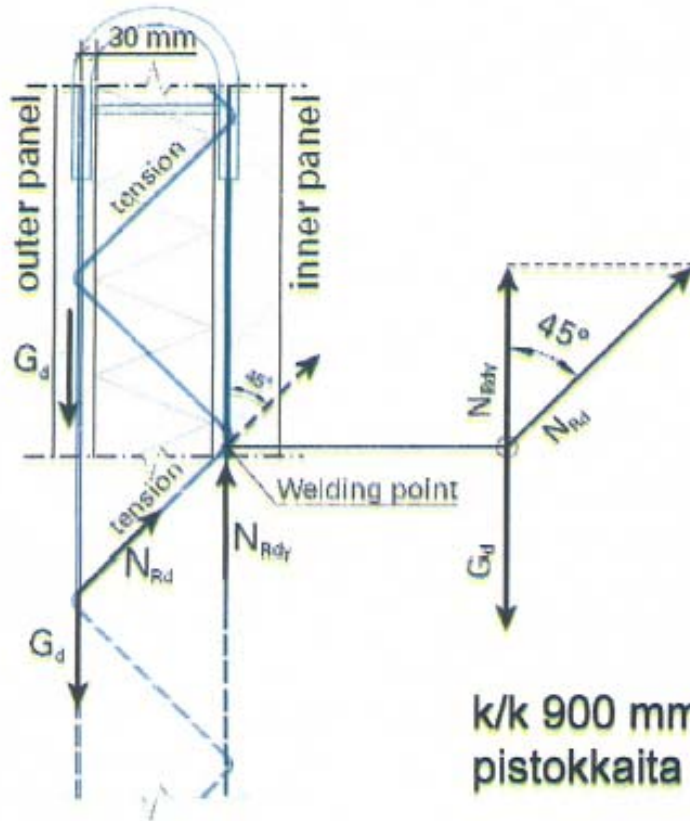


Fig. 8. Different outer wall types.

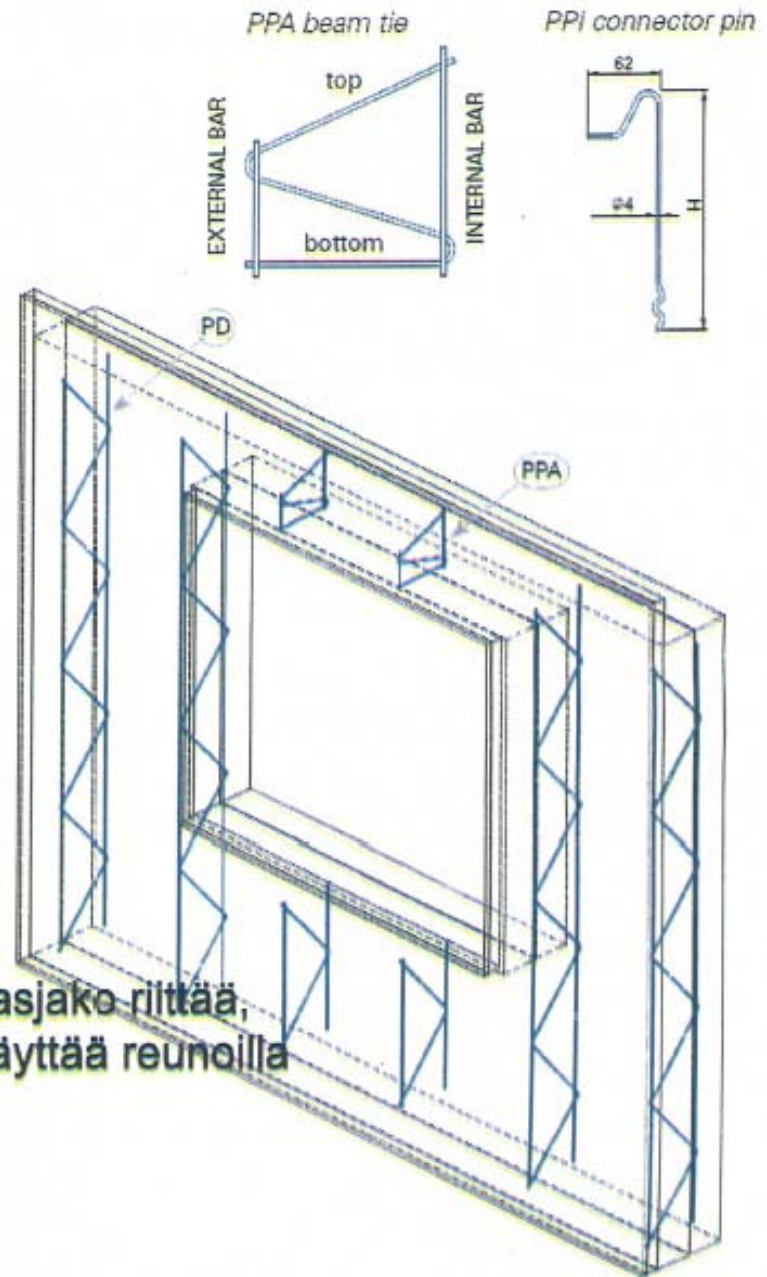


Fig 11. Plastered precast sandwich panels erected.

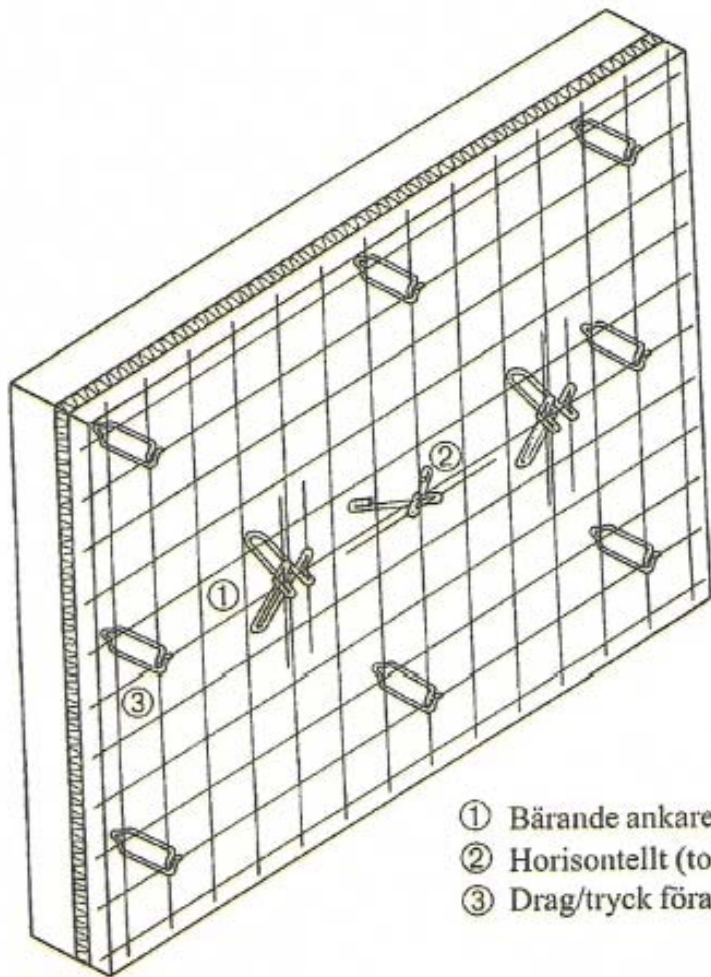
Diagonaaliansas



k/k 900 mm ansajako riittää,
pistokkaita voi käyttää reunoilla

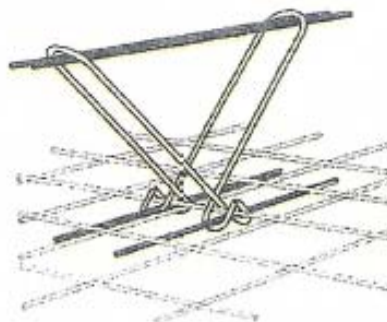


Halfen- Deha pistoansas

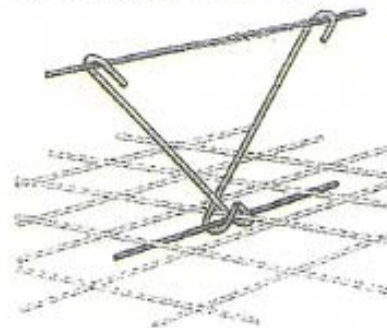


- ① Bärande ankare
- ② Horisontellt (torsions) ankare
- ③ Drag/tryck förankringar

Bärankare SPA-2



Bär- och horisontalankare SPA-I



Klämbygel SPA-B

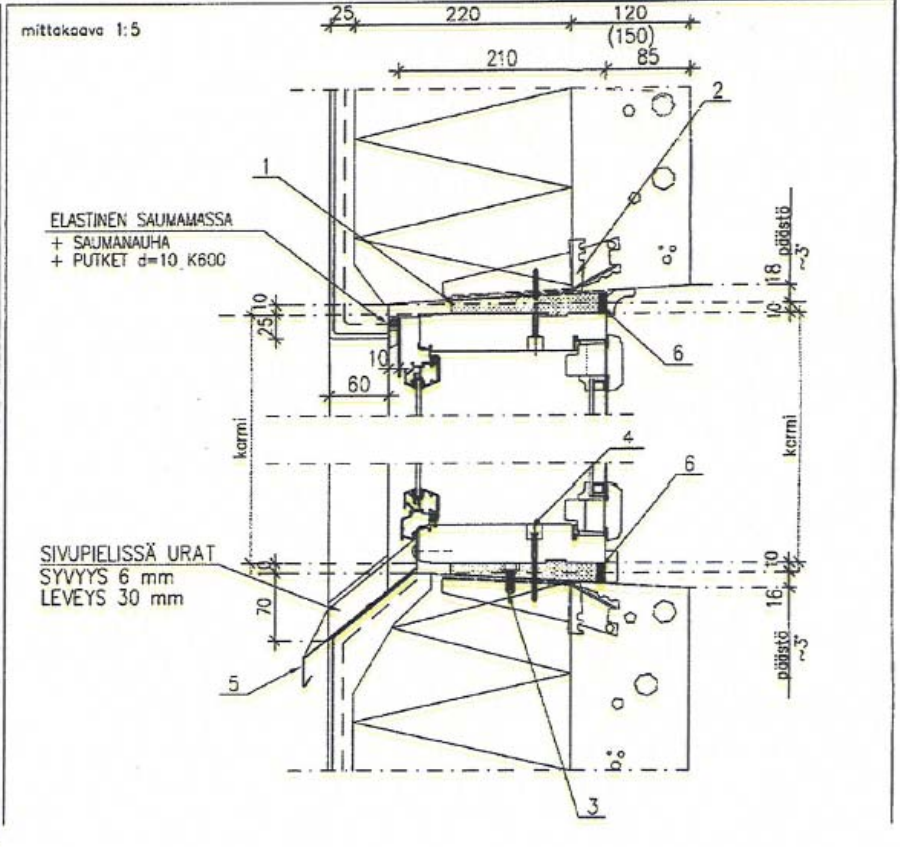
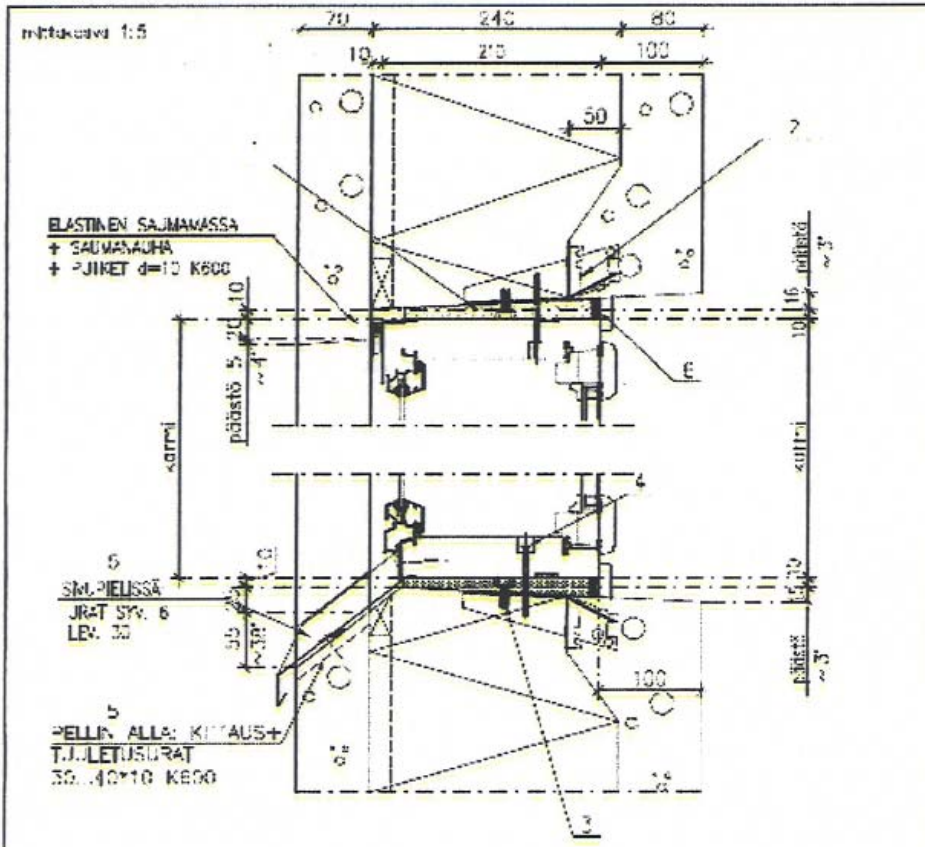


Sinnsbygel SPA-N



Malliansastuket nettisivuilla

Ikkunadetaljit



TTY:n raportti toteaa: (ks. www.elementtisuunnittelu.fi)

Sandwichin sisäkuori kuivuu hitaammin tiiviimmillä eristeillä, mutta viiden vuoden kuluttua erot tasoittuvat. Tiiviiden eristeiden kohdalta on huomattava, että ne pystyvät kuivumaan ainoastaan sisälle päin ja ennen tiivistä pinnoittamista on varmistuttava, että sisäkuori on kuivunut riittävästi. Tiiviillä eristeillä matalaenergia- ja passiivirakenteiden kuivuminen tapahtuu hitaammin kuin vuoden 2010 määräykset täyttävillä seinärakenteilla. Mineraalivillaeristeisillä rakenteilla eristepaksuuden kasvattaminen ei aiheuttanut merkittäviä eroja kuivumiseen. (Ormiskangas 2009)

Tutkimuksen mukaan EPS-, XPS- ja PUR/PIR- eristeisissä rakenteissa ei tuuletusuritusta tarvita (Ormiskangas 2009). Tuulettumattomissa ulkoseinärakenteissa kosteus poistuu rakenteesta diffuusiolla ulkokuoren ja mahdollisen pinnoitteen läpi. Tuulettuvissa rakenteissa kosteus poistuu diffuusion lisäksi ilmavirtausten mukana tuuletusraon tai ilmavirtauskanavien ja tuuletusaukkojen kautta nopeuttaen rakenteen kuivumista.

Sandwich- ulkoseinän kuivumisen kannalta merkittäväksi muodostuu rakennuskosteuden poistuminen. Tuuletuksen järjestämiseksi mineraalivillaeristeisen elementin lämmöneristekerroksessa käytetään uritusta ulkokuoren sisäpintaa vasten. Ulkokuoren ja tuuletusurien välissä käytetään urasuojaa. Urasuojamateriaalin kosteudenläpäisevyyden tulee olla mahdollisimman suuri verrattuna betoniulkokuoren kosteudenläpäisevyyteen. Urituksen toimivuuden edellytyksenä on se, että ilma pääsee esteettä kulkemaan koko urajärjestelmässä.

Mineraalivillaa vai kovia eristeitä ?

- Tekniset ominaisuudet
 - EPS:llä ja PUR:lla parempi lämmöneristävyys, tiiveys ja rakennusaikaisen kosteudenkestävyys,
 - mutta mineraalivillaa huonompi ääneneristävyys ja palonkestävyys
- Kustannukset
 - Mineraalivilla halvempaa,
 - Mutta mineraalivillalla suurempi eristepaksuus lisää kustannuksia eristeessä, muottityössä, ansastuksessa, nostolenkeissä, kuljetuksessa ja asennuksessa

ELEMENTTISUUNNITTELU.fi

- 4/5 eristeestä vielä mineraalivillaa, mutta EPS ja PUR lisäävät osuuttaan
- Yli 300 mm:n eristepaksuus jo hankala
- Kovat eristeet ovat urittamattomia
- EPS- ja PUR tulee saada tiiviisti ladottua
- Pistoansaiden käyttö lisääntyy
- Diagonaaliانسas k/k 900- jaolla riittää
- Mallielementtipiirustukset sivuilla www.elementtisuunnittelu.fi
- Ikkunadetaljit vaipan hyvän tiiveyden kannalta oleellisia
- Kuljetuksessa ja nostoissa paksun elementin kulmien rikkoontumisvaara kasvaa
- 4-pistenostot voivat lisääntyä
- Elementti saatava asennettaessa nousemaan suunnilleen suorassa

- Kaikki paksummat eristeet toimivat kosteusteknisesti, mutta
 - Kovilla eristeillä sisäkuoren kuivuminen tapahtuu sisäänpäin, mikä lisää kuivumisaikaa
 - Kovilla eristeillä sandwich saavuttaa hitaammin tasapainokosteuden
- EPS:n ja PUR:n ääneneristävyys liikennemelulle mineraalivillaa huonompi
- EPS- eriste vaatii mineraalivillasta palokatkon ikkuna-aukkoihin
- Rapattavassa seinässä palokatkot tehdään lamellivillasta
- PUR- eristeen yhteydessä tyyppihyväksyntä vaatii ikkunankarmin 30 mm limiin betonin kanssa ja palopolyuretaanivaahdotuksen