

## Johdatus talonrakennukseen



Olli Ilveskoski

Johdatus talonrakennukseen  
Olli Ilveskoski

ISBN 978-951-784-590-8 (PDF)  
ISSN 1795-424X  
HAMKin e-julkaisu 15/2012

© Hämeen ammattikorkeakoulu ja kirjoittajat

**JULKAISIJA – PUBLISHER**

Hämeen ammattikorkeakoulu  
PL 230  
13101 HÄMEENLINNA  
puh. (03) 6461  
[julkaisut@hamk.fi](mailto:julkaisut@hamk.fi)  
[www.hamk.fi/julkaisut](http://www.hamk.fi/julkaisut)

Ulkoasu ja taitto: HAMK Julkaisut

Hämeenlinna, marraskuu 2012

# JOHDATUS TALONRAKENNUKSEEN

*Olli Ilveskoski*

Virtuaali Ammattikorkeakoulu  
Tekniikan Ala / Rakennustekniikan rengas



# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1. Johdatus Talonrakennukseen</b> .....	5
1.1 Pientalot .....	5
1.11 Pientalon rakennussuunnitelmat .....	9
1.12 Pientalon rakennesuunnittelu .....	13
1.13 Tietomallinnus .....	20
1.14 Case : ArchiCad- mallinnus .....	21
1.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki .....	53
1.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma .....	55
1.4 Kuormien luokitus ja ominaisarvot .....	57
1.5 Radon uudisrakentamisessa .....	65
1.6 Ääneneristys .....	67
1.7 RakMK C2 Kosteus ja vedeneristys .....	75
1.8 Lämmöneristys .....	79
1.9 Palomääräykset .....	86
<b>2. Elementtirakentaminen</b> .....	92
2.1 Betonin ensiaskeleet .....	92
2.2 Suunnitteluprosessi .....	94
2.3 Mallipiirustukset .....	96
2.4 Suunnitteluohjelmat .....	97
2.5 Asuinrakennukset .....	98
2.6 Toimisto- ja liikerakennukset .....	102
2.7 BES 2010 Logistiikkarakennus .....	126
2.8 BES 2010 Asuinkerrostalo .....	127
2.9 BES 2010 Toimistorakennus .....	128
2.10 Julkisivut .....	129
<b>3. Asuinkerrostalot</b> .....	142
3.1 BES-asuinkerrostalo .....	146
<b>4. Toimisto- ja liikerakennukset</b> .....	168
4.1 Teräsbetoelementtirungot .....	168
4.2 Runkojärjestelmä .....	169
4.3 Rakenteet .....	170
<b>5. Teollisuus- ja varastorakennukset</b> .....	173
5.1 Mittajärjestelmä /6/ .....	173
5.2 Runkojärjestelmä .....	173
5.3 Rakenteet .....	174
<b>6. Teräsrakenteet</b> .....	177
<b>7. Puurakentaminen yleistä</b> .....	184
7.1 Liimapuurakenteet .....	185
7.2 Puukerrostalot .....	192
7.3 Suuret puurakenteet .....	195
<b>8. Kivitalot</b> .....	196
8.1 Muuratut rakenteet .....	196
8.2 Paikallavalurungot .....	197
<b>9. Liittorakenteet</b> .....	199
<b>10. Lähteet</b> .....	202

## Johdanto

Toimin vuosina 2000-2006 VirtuaaliAmmattikorkeakoulun Tekniikan Alan ja Rakennustekniikan renkaan koordinaattorina. Rakennustekniikan renkaan tarkoituksena oli tuottaa projektilähtöistä, virtuaalista oppimateriaalia, mitä voidaan hyödyntää eri opintojaksoissa: esim Mekaniikka, Pientalot, Talonrakennus, Rakennesuunnittelu, Tietomallinnus tai Sähkösuunnittelu. Hankkeessa olivat mukana

Turun Amk / Teknillinen Mekaniikka	yliopettaja Tero Öberg
Turun Amk / Puurakenteet	yliopettaja Raimo Vierimaa
Vaasan Amk / Rakennuttaminen	yliopettaja Marja Naaranoja
Seinäjoen Amk / Tietomallinnus	lehtori Päivi Jalava
Tampereen Amk / Teräsrakentaminen	tuntiop Risto Lilja
Tampereen Amk / Sähköpätevyys	yliopettaja Pirkko Harsia
Hämeen Amk / Talonrakennus	yliopettaja Olli Ilveskoski

Renkaiden jäsenten lisäksi työhön osallistuivat mm Betoniteollisuus ry, Puuinfo ry, Teräsrakenneyhdistys ja Suorakanava Oy.

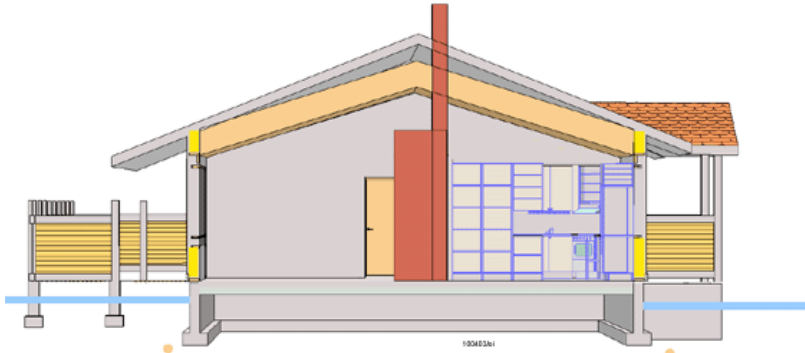
Tämä julkaisu on yhteenveto Talonrakennuksen käsikirjoituksesta ja virtuaalimateriaalista osoitteessa [www.amk.fi](http://www.amk.fi). Tavoitteena on, että opiskelija osallistuu pientalon, asuinkerrostalon sekä liike-tuotantorakennusten rakennus- ja rakennesuunnitteluun sekä opiskelee Talonrakennuksen teemoja, kuten tietolähteet, lait, asetukset ja määräykset, runkojärjestelmät, kuormitukset, lämpö, kosteus, ääni ja palotekniikka. Lisäksi perehdytään eri materiaalien ja rakennustuotteiden käyttöön eri tyyppisissä kohteissa. Kiitän osapuolia tehdystä työstä. Vielä osin keskeneräistä materiaalia on käytetty Hamkin Talonrakennuksen opetuksessa ja kehitetään jatkossa käsikirjoituksen mukaisesti.

Olli Ilveskoski Rakennetekniikan yliopettaja

Hämeenlinnassa 27.09.2012

# 1. Johdatus Talonrakennukseen

/1/

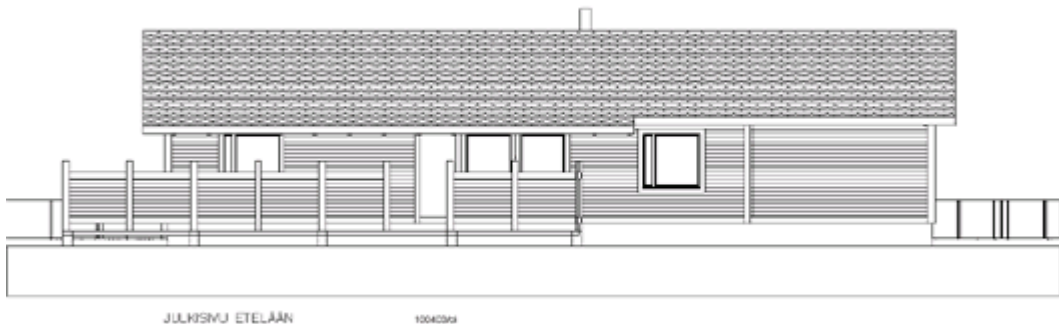


Kuva 1 Pientalon runko /1/

## 1.1 Pientalot

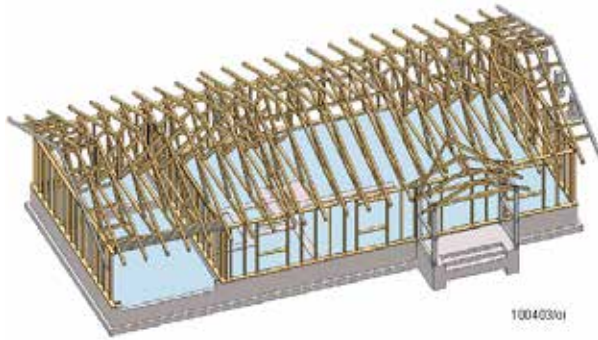
Pientalot ovat yleensä 1-2 kerroksisia yhden perheen taloja. Rakennuksen runko voi olla esim puusta, tiilestä, betonista tai teräksestä. Oppimateriaalissa on tarkasteltu vaihtoehtoisia rakennustapoja ja tehty esimerkki puurunkoisen talon arkkitehti- ja rakennesuunnitelmista.

Rakennushanke jaetaan yleensä eri suunnittelu-, rakentamis- ja kiinteistöpitovaiheisiin. Jokaisessa vaiheessa on tavoitteena tuottaa suunnittelua ja rakentamista ohjaavia asiakirjoja. Suunnittelu jakautuu hanke- ja esisuunnitteluun sekä rakennussuunnitteluun. Rakennustöistä pyydetään tarjouksia, tehdään sopimuksia, rakentamisen aikana valvotaan töiden etenemistä ja laatua, pidetään kokouksia ja katselmuksia. Työsuoritukset vastaanotetaan ja käytön aikana rakennusta huolletaan annettujen ohjeiden mukaisesti.



Kuva 2 Pientalon pääpiirustus /1/

Pientalon arkkitehtisuunnittelussa perehdytään talonrakennuksen käsitteisiin, rakennusosiin, Maankäyttölakiin- ja asetukseen, Rakentamismääräyksiin, kaavoitukseen, rakennushankkeen vaiheisiin, rakennuslupa-asiakirjoihin sekä tilojen ja toimintojen suunnitteluperusteisiin. Kohteen puitteissa perehdytään ARK-pääpiirustuksiin ja työpiirustuksiin.



Kuva 3 Puurungon aksonometria /1/

### **Rakennusosat ja rakennetyypit**

Rakennusosia ovat mm rakennuksen lattiat, seinät, katto, perustukset, runko, parvekkeet, portaat, vesikatto, ikkunat, ovet ja kalusteet. Pientalon rakennetyyppien tulee täyttää esim lämmöneristys-, kosteus-, ääni ja palovaatimukset

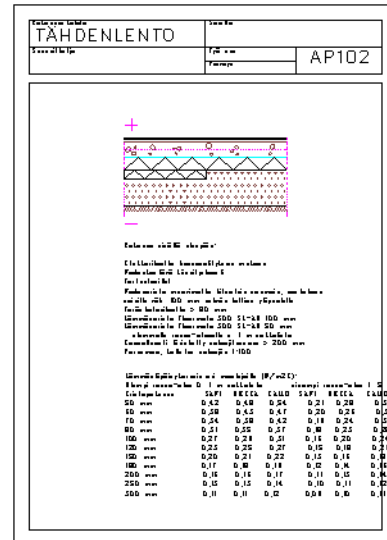
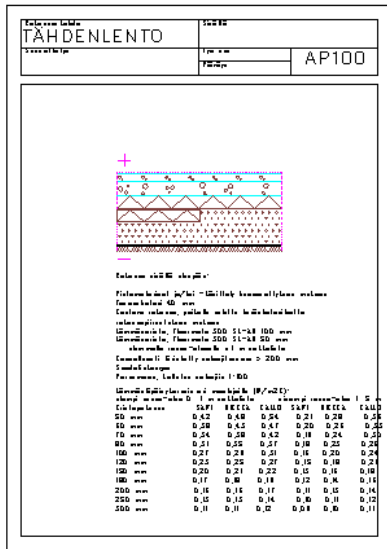
Huoneistopohjan pohjalta suunnitellaan kohteen kellarin tilat ja rakenteet. Rakennuksen kuormat viedään kantavilla rakenteilla perustuksille ja edelleen maahan. Maaperän laadun mukaan perustustapa on joko esim maanvarainen, paaluperustus tai suoraan kallion varaan.

Seinät, pilarit, palkit, laatat, portaat ja parvekkeet ovat rakennuksen runkorakennusosia. Pientalon runko voidaan tehdä esim puusta, tiilestä, betonista tai teräksestä. Rungon täytyy pystyä kantamaan sille kohdistuvat kuormat ja siirtää ne perustusten kautta maaperään. Rungolle asetetaan lisäksi vaatimuksia esim äänen-, kosteuden- ja lämmöneristyksen sekä palonkeston suhteen. Pientalon vaihtoehtoisia runkojärjestelmiä ovat esim : kantavat ulkoseinä- tai sydänseinäjärjestelmä. Rakennus voidaan toteuttaa esim paikalla tai elementtirakenteisena.

Vesikatolle asetetaan vaatimuksia mm kestävyuden, ulkonäön ja taloudellisuuden osalta. Vesikattoja voidaan muotonsa puolesta jakaa esim harjakattoihin, aumakattoihin, lapekattoihin tai sisäpuolisin syöksytorvin varustetuiksi tasakattoihin. Vesikaton kantavana rakenteena voi olla puuristikko, liimapuupalkki tai sahatavaravasa. Vesikatemateriaal voi olla esim huopa-, tiili- tai peltikatteet.

Ikkunoiden ja ovien puitteet ja voivat olla esim puuta, metallia tai muovia ja niille asetetaan lämmön- ja ääneneristysvaatimuksia.

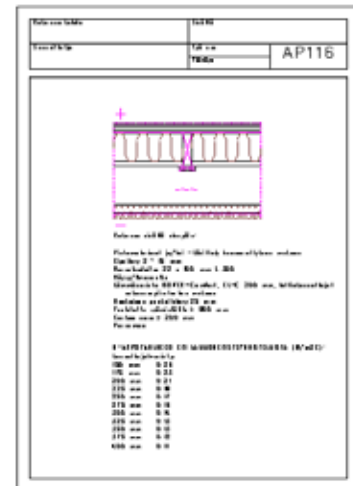
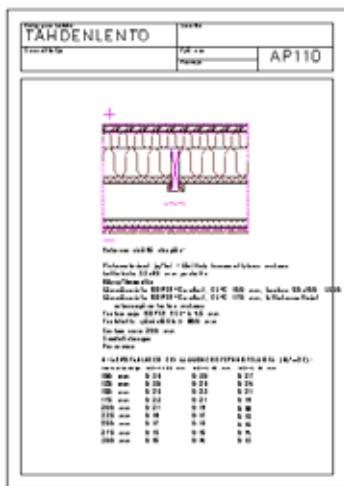
Pientalon kalusteita ovat mm kaapit, työtasot, hyllyt ja eri tilaryhmien esim saunan kalusteet. Kalusteet noudattavat usein 3M-modulimitoitusta.



Kuva 4 Rakennetyyppi /1/

## Rakennetyypit

Pääpiirustussarjassa rakennetyypit esitetään yleensä mk 1:10. Taso- ja leikkauspiirustuksista viitataan kohteessa käytettyihin rakennetyyppeihin. Pientalon rakennetyyppiä ovat mm alapohja, välipohja, yläpohja, ulkoseinä ja väliseinä.



Kuva 5 Alapohjatyyppejä /1/



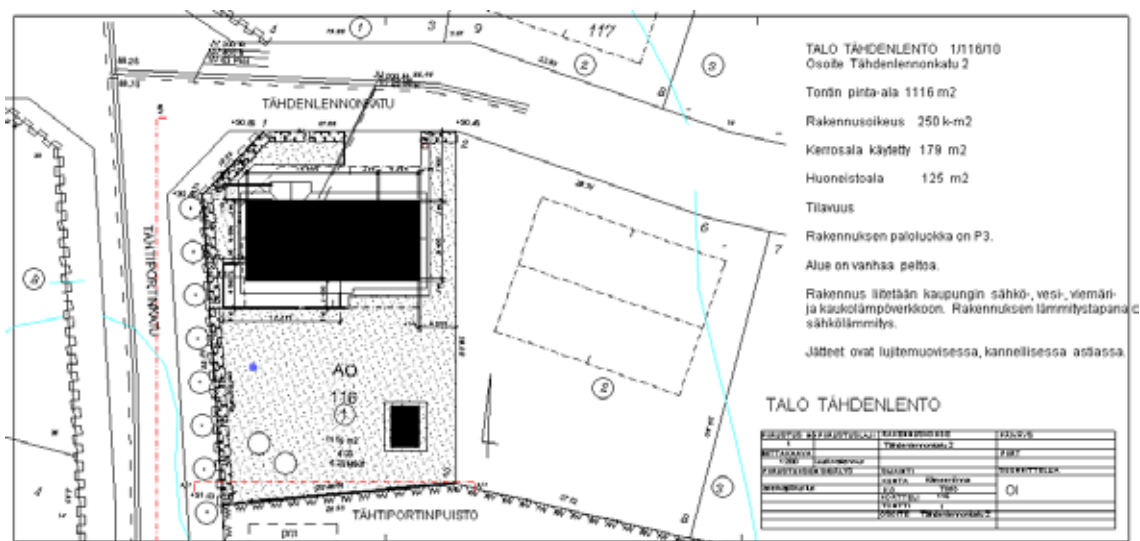


## 1.11 Pientalon rakennussuunnitelmat

Pientalon rakennussuunnitelmia ovat mm pääpiirustukset, työpiirustukset ja työselitykset. Pääpiirustuksia ovat asemapiirustus, pohja, leikkaus, julkisivut ja rakenneleikkaus. Työpiirustuksia ovat työpohjat, leikkaukset, ikkuna- ja ovikaaviot, kalustekuvat ja detaljikuvat. Seuraavassa on puurunkoisen pientalon rakennussuunnitelmia.

### Pientalon pääpiirustukset

Pääpiirustuksia ovat asemapiirustus, pohjapiirustukset, leikkaukset, julkisivut ja rakenneleikkaukset.

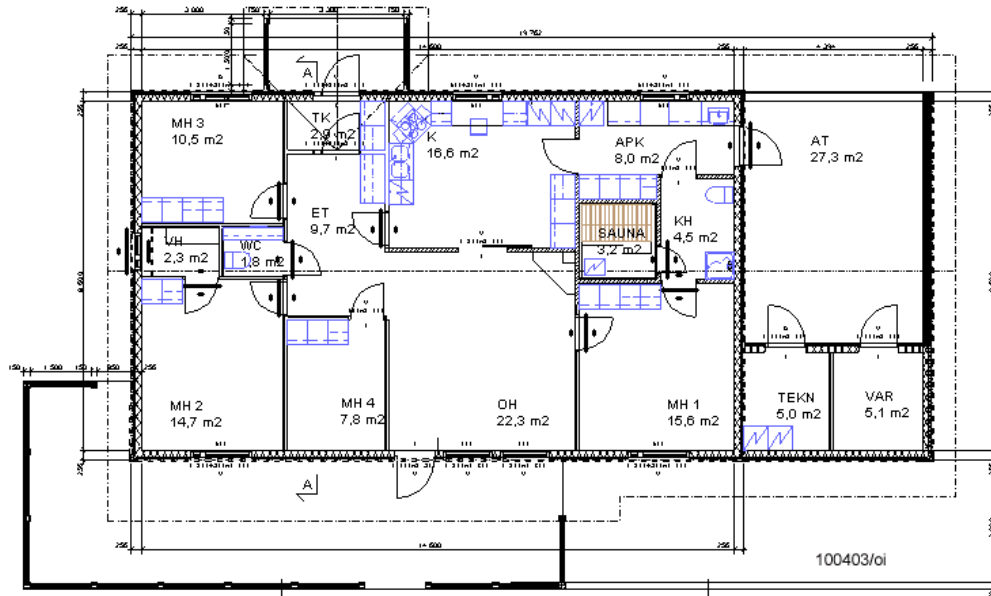


Kuva 9 Asemapiirustus /1/

### Asemapiirustus

Asemapiirustus laaditaan tavallisesti mk 1:200. Siinä esitetään mm rakennuspaikan rajat mittoineen, kiinteistön ja sitä rajoittavien alueiden tunnuksat ja korkeussuhteet riittävän laajasti rakennuspaikan ulkopuolella, rakennettavat sekä olevat ja/tai purettavat rakennukset ja rakennelmat, rakennuksen etäisyys rajoista, päämitat ulkoseinien ulkopinnoista mitattuina, kerrosluuku, rakennuksen etäisyys rantaviivasta tontin tai rakennuspaikan rajoittuessa rantaan, korkeusluvuin ja korkeuskäyrin rakennuspaikan kulmapisteiden, rajojen, rakennuksen nurkkapisteiden sekä piha-alueen eri kohtien suunnitellut korkeusasemat, alimman viemäroidyn tason korkeusasema sekä yleisen viemärin padotuskorkeus ja vesimittarin sijainti, vesijohdot ja viemärit kaivoineen, sadevesi- ja perusvesikaivot sekä pintavesien käsittely, pääsy piha-alueelle, autopaikkajärjestelyt, väestönsuojan uloskäynnit jäte- ym. huoltoon kuuluvat tilat ja rakennelmat sekä paikat piha-alueella, istutukset ja puusto, leikkipaikat, oleskelualueet ja autopaikat.

Asemapiirroksen merkitään nuolella pohjoinen ilmansuunta. Piirros sijoitetaan piirustuslehdelle siten, että pohjoinen on ylhäällä. Lähiympäristö ja rakennukset tontin tai rakennuspaikan rajojen ulkopuolella esitetään tarpeellisessa laajuudessa, kuitenkin vähintään kymmenen metrin etäisyydeltä. Tilanne piha-alueesta ennen rakentamista ja suunnitelma esitetään sekä lähtötilanteen että suunnitellun tilanteen mukaisin korkeusluvuin ja korkeuskäyrin, jos suunniteltu rakentaminen muuttaa olevia korkeussuhteita piha-alueella tai rajojen kulmapisteissä. Rakennuksen paloluokka ja kerrosalalaskelma ja autopaikkalaskelma esitetään tekstiosassa eri käyttötarkoitusten mukaan. Ulkoseinän 250 mm paksuuden ylittävä osuus ilmoitetaan eriteltynä.

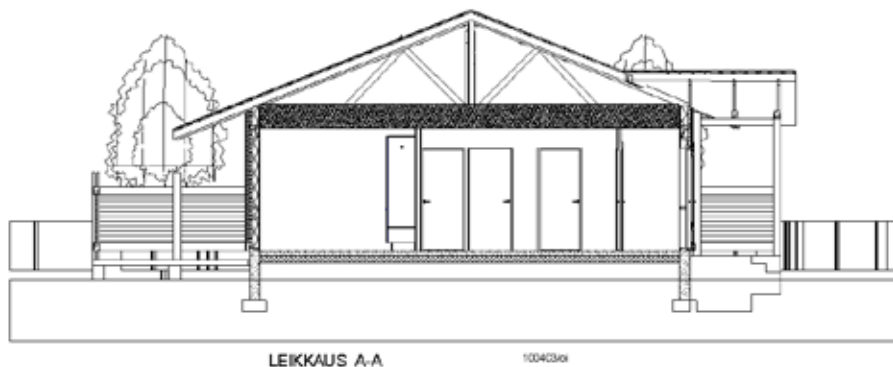


Kuva 10 Pientalon ARK-pohjapiirustus /1/

### Pohjapiirustus

Pääpiirustussarjassa pohjapiirustukset ovat yleensä mk 1:100-1:50. Pohjapiirroksessa esitetään yleensä rakenteet sekä niissä olevat aukot, kuilut ja roilot sekä tarvittaessa alakattojen alueet, ovien aukeamissuunta sekä tarvittavat kynnykset, pääasialliset kiinteät kalusteet ja varusteet, vesipisteet ja lattiakaivot, huoneiden ja tilojen käyttötarkoitus, palo-osastojen rajat/osastoivien rakennusosien paloluokat, rakennuksen ja osien päämitat, ulkoseinän etäisyys lähirakennuksista, kerroksien ja tasojen korkeusasemat, uloskäytävien leveydet, porrashuoneiden, porrassyöksyjen ja tasanteiden mitoitus, luiskien kaltevuus ja mitoitus, liikkumis- ja toimimisesteisille tarkoitettujen wc –ja pesutilojen mitoitus.

Ilmanvaihdon järjestäminen selostetaan piirustuksen tekstiosassa. Samoin selostetaan talousveden hankinta ja jäteveden käsittely sekä lämmityksen järjestämistapa. Rakennuksen/rakennuksen osan paloluokka selostetaan tarvittaessa tekstiosassa. Piirroksiin merkitään tarvittavien palopostien ja kuivanousujen paikat. Asuinhuoneen koko ja ikkunan koko esitetään tarvittaessa luonnonvalon vähimmäisvaatimuksen edellyttämän koon osoittamiseksi piirroksessa tai tekstiosassa. Ikkunakoot esitetään piirroksessa tai tekstillä energiatalouden edellyttämiltä osin. Ikkunoiden avattavuus selostetaan tekstillä.

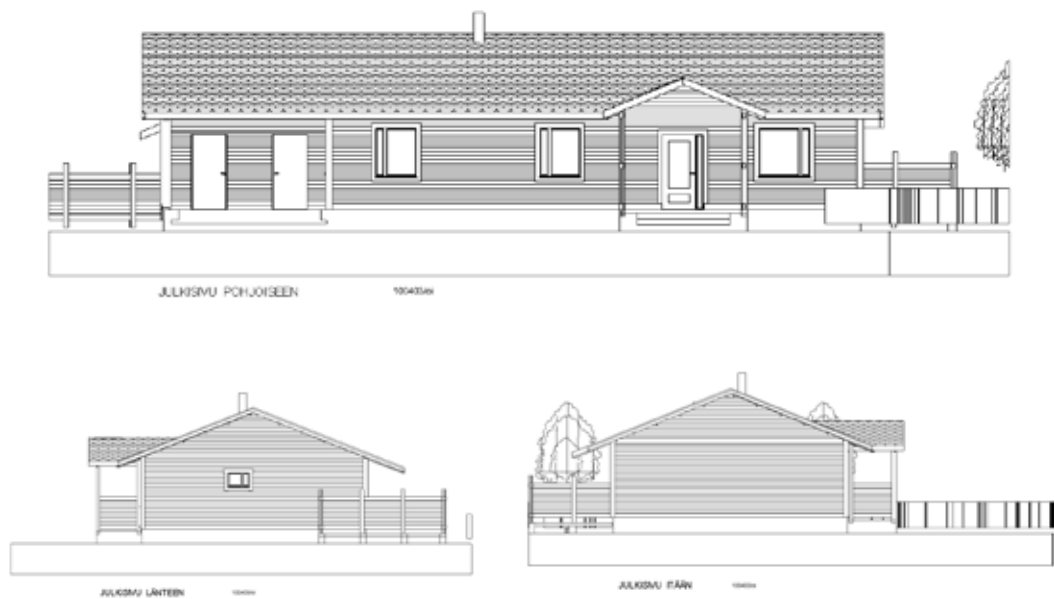


Kuva 11 ARK-leikkaus A-A /1/

## Leikkauspiirustukset

Pääpiirustussarjassa leikkauspiirustukset ovat yleensä mk 1:100. Leikkauspiirroksissa esitetään yleensä rakenteet ja rakennusosat, portaat, luiskat, hissi- ja muut kuilut sekä parvet, tarvittaessa alakatot, myös vaipan ulkopuoliset rakenteet ja rakennusosat kuten räystäät, aurinkokerääjät sekä alapohjan alaiset rakenteet, rakennuksen ja sen osien sekä rungosta ulkonevien osien pysty- ja vaaka suuntaiset päämitat, kerroskorkeudet ja tarvittavat kerrosten ja tasojen korkeusasemat, vapaa korkeus ulkonemien alla sekä ajo- ja kulkuaukkojen

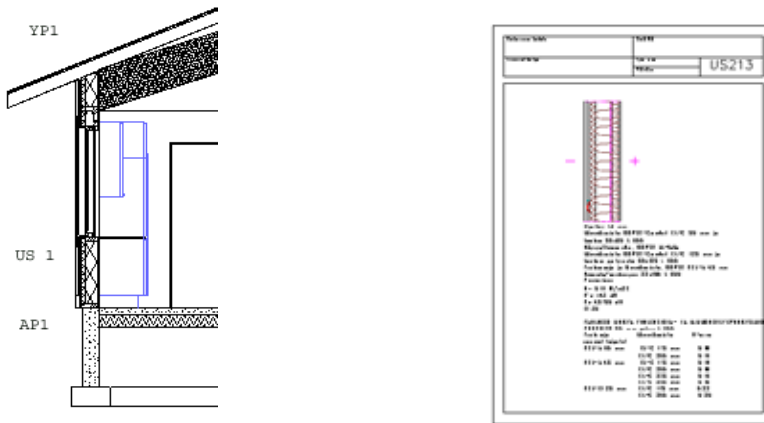
vapaa korkeus, huoneiden, tilojen ja kulkuväylien vapaa korkeus, ylä-, väli- ja alapohjien rakenteiden kokonaismittat, ikkunapenkkinen ja suojakaiteiden korkeudet korkeusmittoina piirroksissa tai mitoitus selostetaan piirustuksen tekstiosassa, maanpinnan ja julkisivupinnan leikkauskohdan, julkisivupinnan ja vesikaton pinnan leikkauskohdan, sokkelin, räystään, vesikaton harjan tai muun ylimmän osan korkeusasemat korkeuslukuina tai tarvittaessa korkeusmittoina maanpinnasta, lisäksi vesikaton kaltevuus, olemassaoleva maanpinta ja suunniteltu maanpinta sekä rakenteet kuten ulkonemat, kuilut ja tukimuurit sekä salaajien sijainti rakennuksen välittömässä läheisyydessä tarvittavassa laajuudessa, piha-alueen pinta korkeusasemineen ja tarvittaessa vietto riittävän pitkälle myös naapurin puolelle, jotta voidaan osoittaa tontin pintavesien poisjohtaminen ja esittää mahdolliset täytöt ja leikkaukset.



Kuva 12 ARK-julkisivu etelään /1/

## Julkisivupiiirustukset

Pääpiirustussarjassa julkisivupiiirustukset ovat yleensä mk 1:100. Julkisivupiiirroksien tulee osoittaa, että suunniteltu rakentaminen arkkitehtuuriltaan täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset huomioon ottaen rakennus sellaisenaan sekä sen suhde ympäröiviin rakennuksiin ja maisemaan. Julkisivupiiirroksia laaditaan rakennuksen kaikista sivuista vesikaton näkyvine osineen. Rakennetussa ympäristössä liittyminen viereisiin rakennuksiin on esitettävä riittävän laajasti. Julkisivupiiirroksissa esitetään maanpinnan ja julkisivun leikkauksen, räystään, vesikaton harjan tai muun ylimmän osan korkeusasemat korkeuslukuina tai korkeusmittoina maanpinnasta, vesikattopinnat ja kattokaltevuudet, ulkoseinän näkyvät rakennusosat ja pinnat kaikkine kiinteine laitteineen, pintojen, rakennusosien ja laitteiden materiaali, pintakäsittely ja väri sekä rakennuksen ulkopuolella näkyvät rakennuksen toimintaan ja ulkoasuun ja tyyliin vaikuttavat suunnitteluratkaisut.



Kuva 13 Leikkauksia /1/

## Rakenneleikkaus

Pääpiirustussarjassa rakenneleikkauspiirustus on yleensä mk 1:20. Rakenneleikkauksesta viitataan rakennetyyppeihin ja detaljeihin, jotka ovat yleensä mk 1:10.



Kuva 14 Aksonometria puurungosta /1/

## 1.12 Pientalon rakennesuunnittelu

Rakennepiirustuksissa ja rakennelaskelmissa tulee osoittaa kantavien rakenteiden lujuus ja vakaus sekä mitat työn suoritusta varten. Rakennepiirustuksista tulee selvittää rakenteiden lämmön, kosteuden, veden ja vedenpaineen sekä äänen eristyksen ratkaisut. Pientalon rakennesuunnittelussa tarkastellaan vaihtoehtoisia runkojärjestelmiä, laaditaan kuormitus- ja rakennelaskelmia, suunnitellaan perustuksia, rakennusosia, vesikattorakenteita ja laaditaan työselityksiä yhteistyössä muiden osapuolten kanssa. Pientalo voidaan toteuttaa mm paikallarakentaa, elementtirakenteisina, puu-, tiili-, betoni- tai teräsrunkoisena. Seuraavassa pientalon rakennesuunnitelmissa esitettävistä asioista:

11.40 Kohdetiedot

11.41 Rakennelaskelmat

11.42 Rakennetyypit

11.43 Runko

11.430 Tasopiirustukset

11.431 Leikkauspiirustukset

11.432 Detaljit

11.433

11.434 Luettelot, selosteet

11.44 Julkisivusuunnitelmat

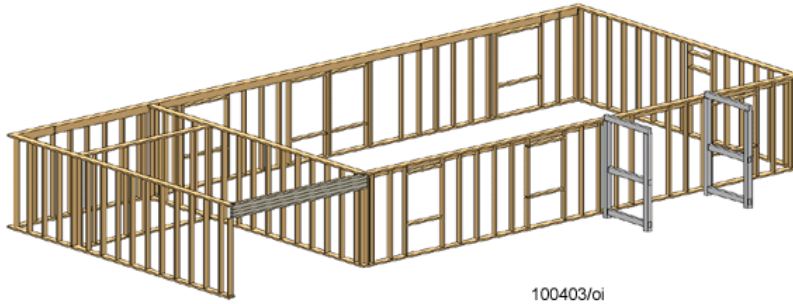
11.45 Perustamissuunnitelmat

11.46 Runkorakennusosat

11.461 Portaat

11.47 Vesikatto- ja täydentävät rakenteet

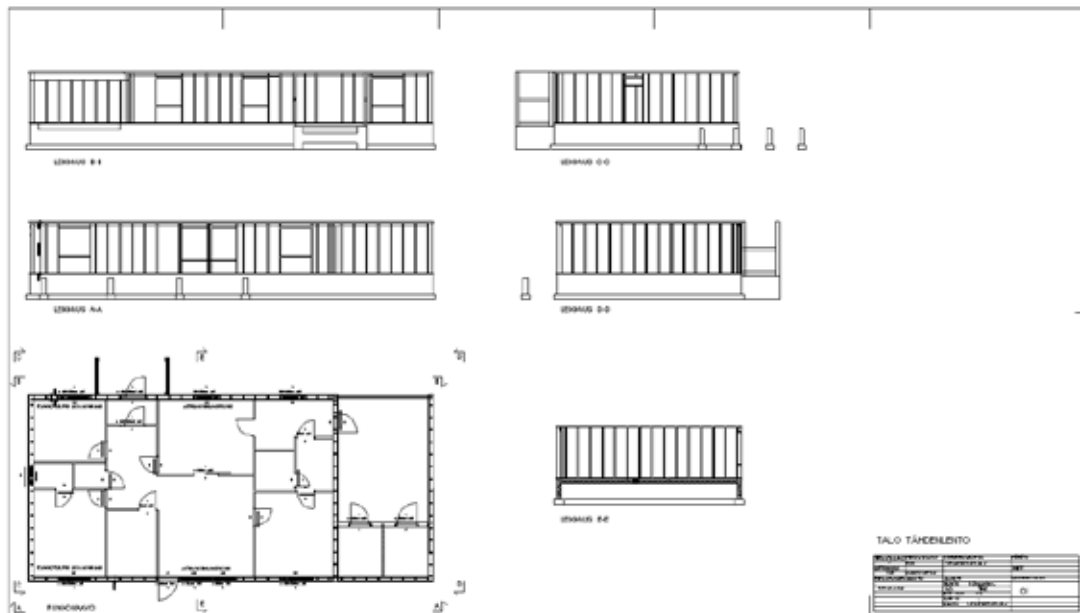
11.48 Työselitykset



Kuva 15 Pientalon seinärunko /1/

### Tasopiirustukset

Puurungosta esitetään pohjapiirustus ja projektiot.



Kuva 16 Pientalon runkokaavio /1/

## Perustukset

Huoneistopohjan pohjalta suunnitellaan kohteen kellarin tilat ja rakenteet. Rakennuksen kuormat viedään kantavilla rakenteilla perustuksille ja edelleen maahan. Maaperän laadun mukaan perustustapa on joko esim maanvarainen, paaluperustus tai suoraan kallion varaan.

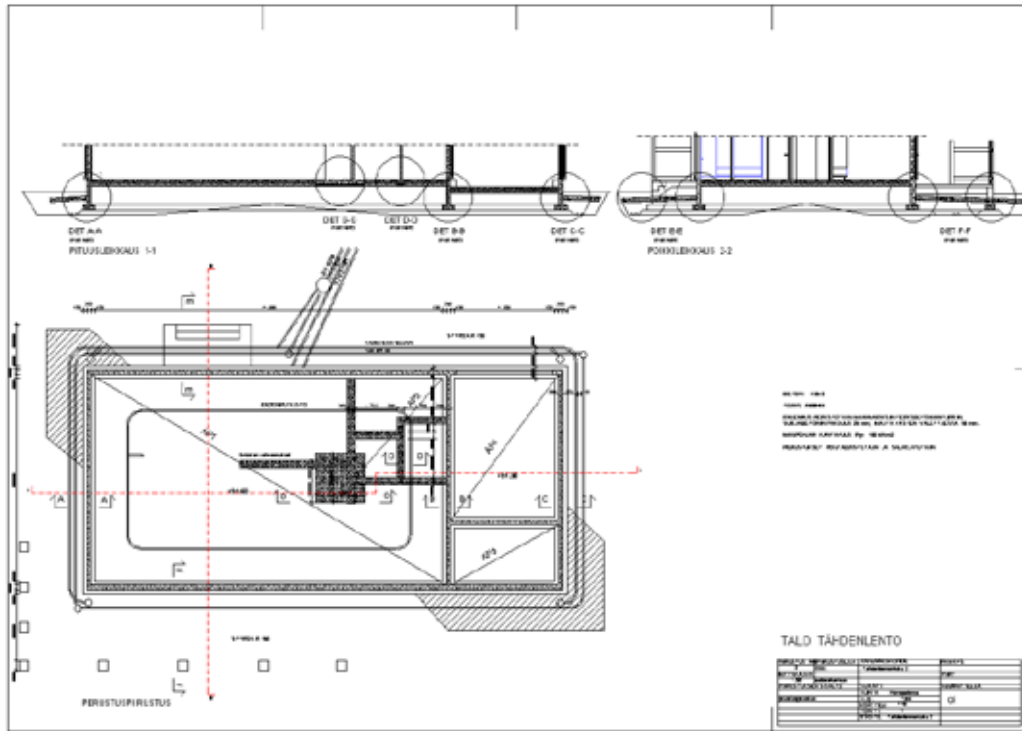
Rakennesuunnitelmaan kuuluu yleensä pohjarakennesuunnitelma. Suunnitelmassa tulee osoittaa myös pohjarakennustyön ja valmiiden rakenteiden vaikutus rakennuspaikan ympäristöön sekä vaara- ja haittavaikutusten estäminen. Pohjarakennesuunnitelman yksityiskohtaisuuden tulee vastata kohteen pohjasuhteiden, rakenteiden ja käytettävien työmenetelmien vaatimuksia.

Pohjarakennesuunnitelmassa esitetään yleensä perustan käsittely, perustusrakenteet, muut pysyvät pohjarakenteet ja tarvittaessa lähirakenteiden suojaamis- ja vahvistamistavat, maarakenteet, routasuojaus, kuivapano, kaivannot, rakennuksen liittyminen putkijohtoihin ja pihaan sekä putkijohtojen ja pihan rakentaminen.

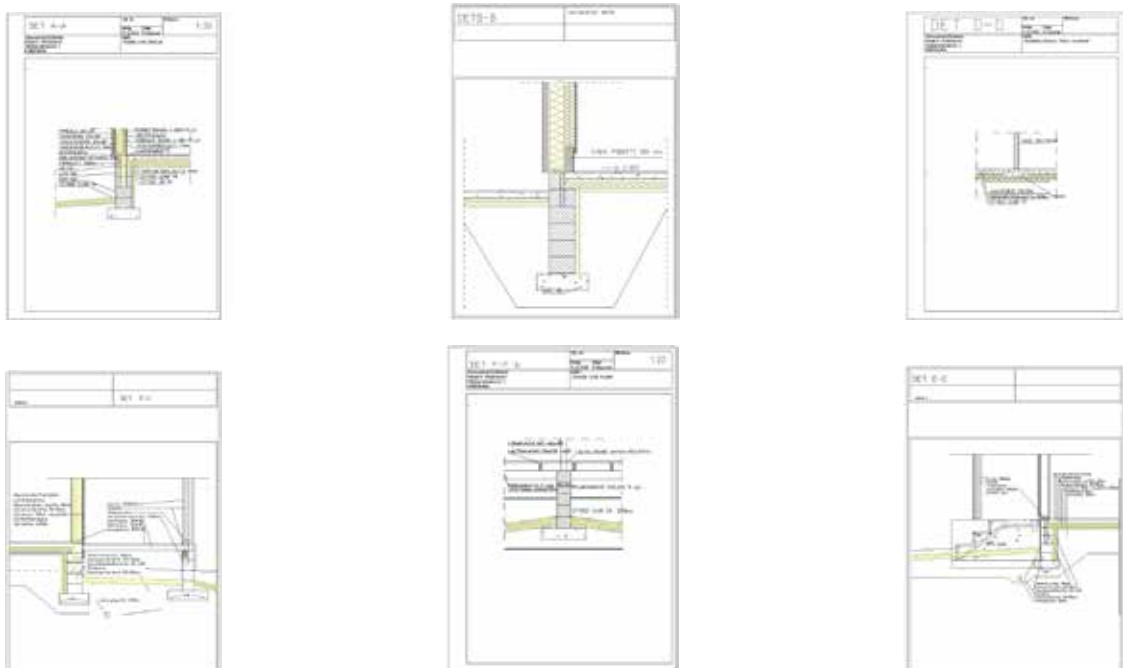


Kuva 17 Maanvarainen anturaperustus /1/

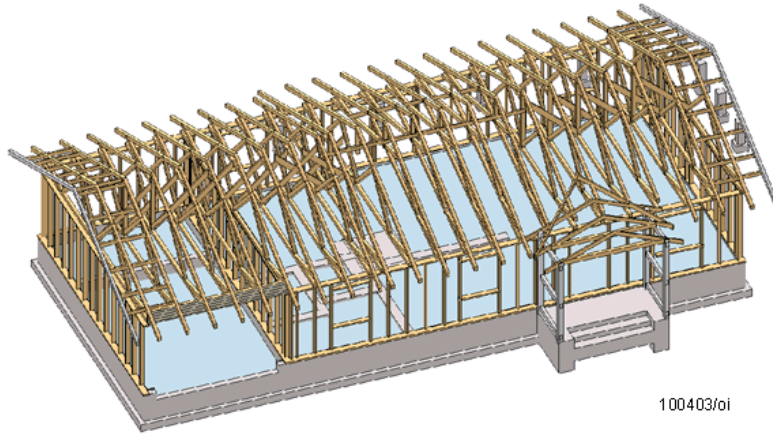




Kuva 18 Pientalon perustussuunnitelma /1/



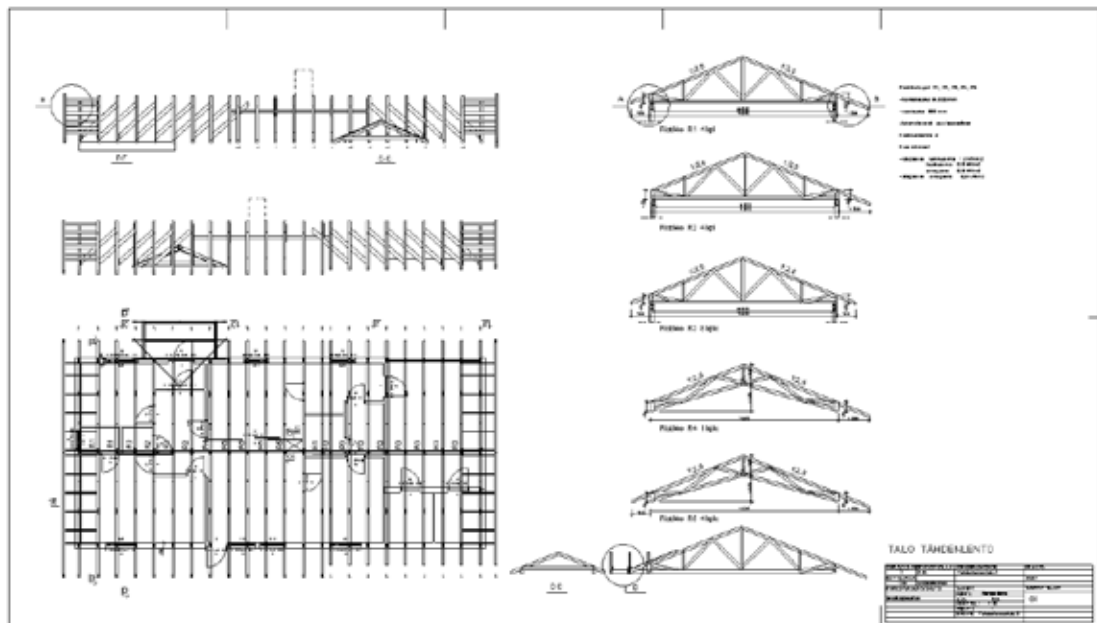
Kuva 19 Perustusleikkauksia /1/



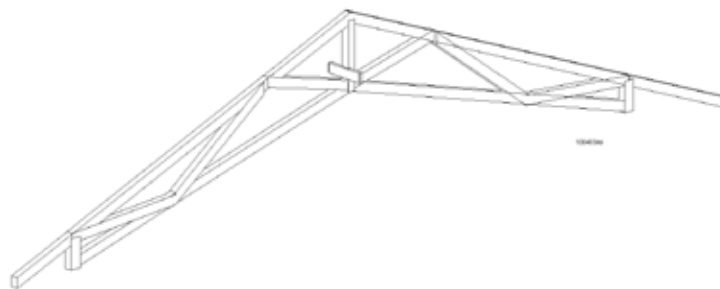
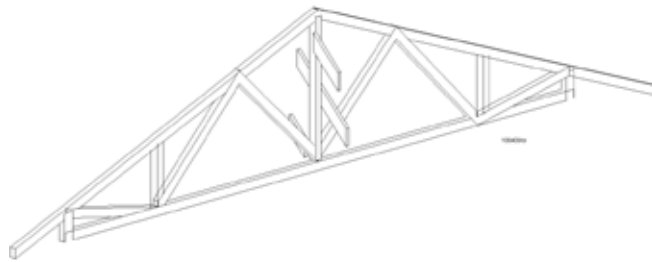
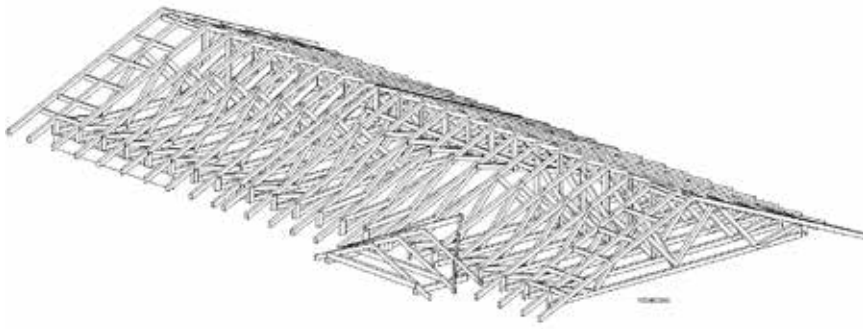
Kuva 20 Pientalon vesikattokaavio /1/

### Vesikattosuunnitelmat

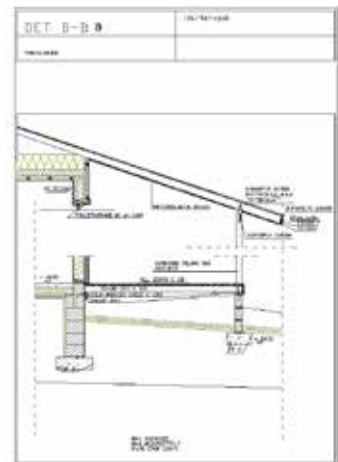
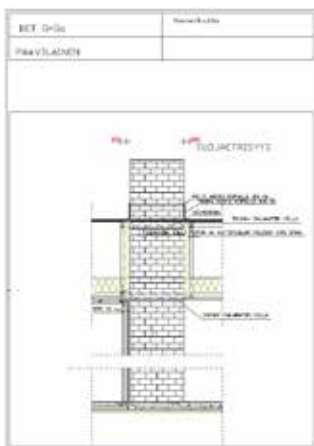
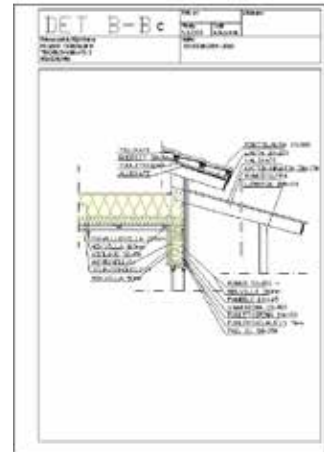
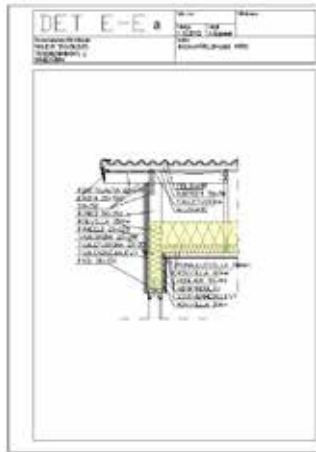
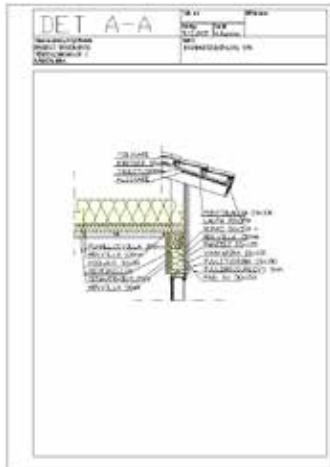
Vesikatosta esitetään esim ristikkokaavio, räystäisleikkaukset ja ristikkotyypit.



Kuva 21 Vesikattosuunnitelmia /1/



Kuva 22 Vesikattorakenteita /1/



Kuva 23 Räystääleikkauksia /1/

## 1.13 Tietomallinnus

/18/

Rakennusprojektien mallinnuksen tavoitteena on suunnitelmien kolmiulotteisen tarkastelun avulla tapahtuva laadun ja osapuolten välisen tiedonsiirron parantaminen ja suunnitteluvirheiden vähentäminen sekä suunnitteluprosessin tehostaminen ja tavoitteiden mukaisen lopputuloksen varmistaminen. Arkkitehtisuunnittelussa mallinnusta käytetään läpi koko prosessin alkaen tilamallipohjaisesta vaihtoehtojen esittämisestä päätyen urakkavaiheen tarjousasiakirjoihin. Mallinnuksen painopiste on suunnittelun tehostamisessa ja investointipäätöksen tukemisessa vertailemalla erityisesti vaihtoehtojen toimivuutta ja laajuutta sekä mahdollisuuksien mukaan kustannuksia ja elinkaariominaisuuksia. Kohteiden energiatalous pyritään varmistamaan simuloimalla rakennuksen energiankulutusta ennen oleellisia päätöksiä ja hyödyntämällä näitä tuloksia rakennuksen käytönaikaisen energiankulutuksen seurannassa. Myös rakenne- ja taloteknisten järjestelmien mallintamiseen pyritään mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mutta näiden mallien vaatimisesta päätetään tapauskohtaisesti. Mallien käyttöön liittyy oleellisena osana laadunvarmistus, jonka keskeisenä tavoitteena on suunnitelmien laadun sekä osapuolien välisen tiedonsiirron parantaminen ja sitä kautta suunnitteluprosessin tehostaminen. Tämä vaatii suunnittelijoiden, projektin johdon ja tilaajan yhteistyötä.

Suomessa yleisiä mallinnusohjelmia ovat esim Graphisoftin ArchiCad ja AutoDeskin REVIT-ohjelmat. Graphisoft tarjoaa linkin Estimator- määrä-/kustannuslaskentaohjelmaan ja Control – aikatauluohjelmaan. Vastaavasti rakenteiden määrätiedot voidaan viedä TocoManin TCMPPro- määrä-/kustannuslaskentaohjelmaan ja edelleen TCMPPlanner- ohjelmaan.



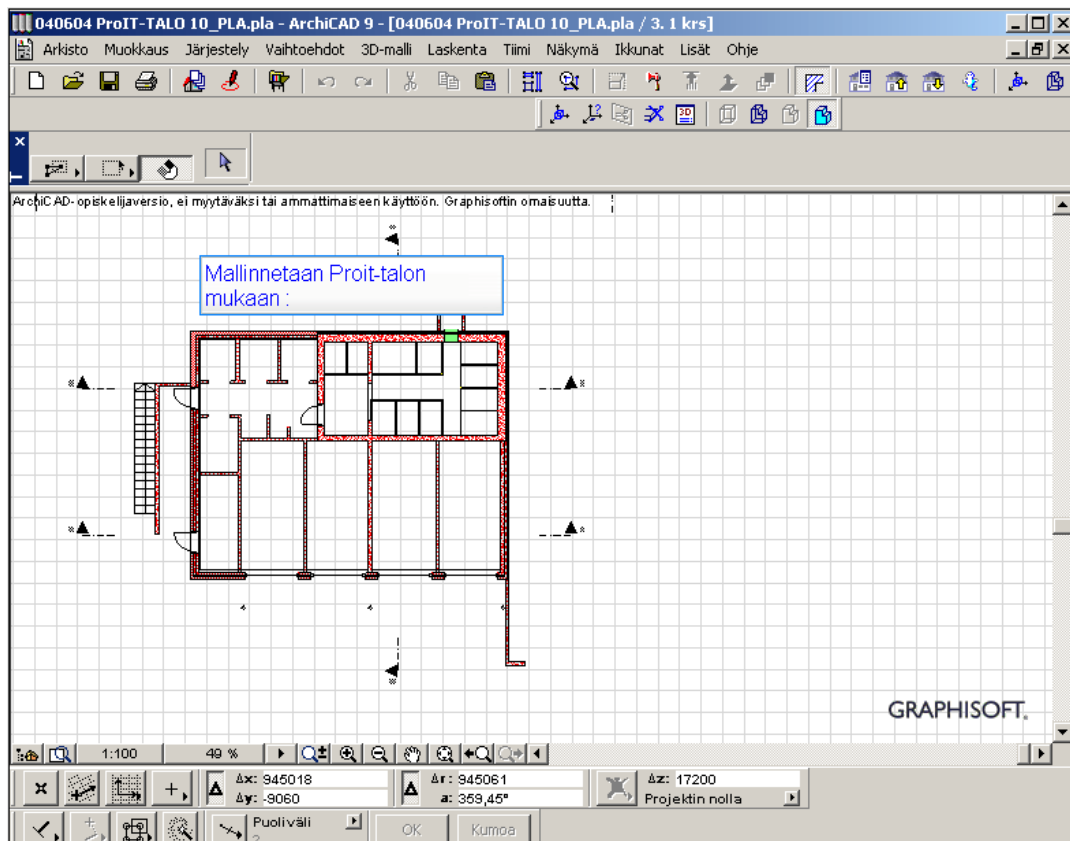
Kuva 24 ProIT- ohjelman esitys tietomallirakentamisesta

## 1.14 Case : ArchiCad- mallinnus

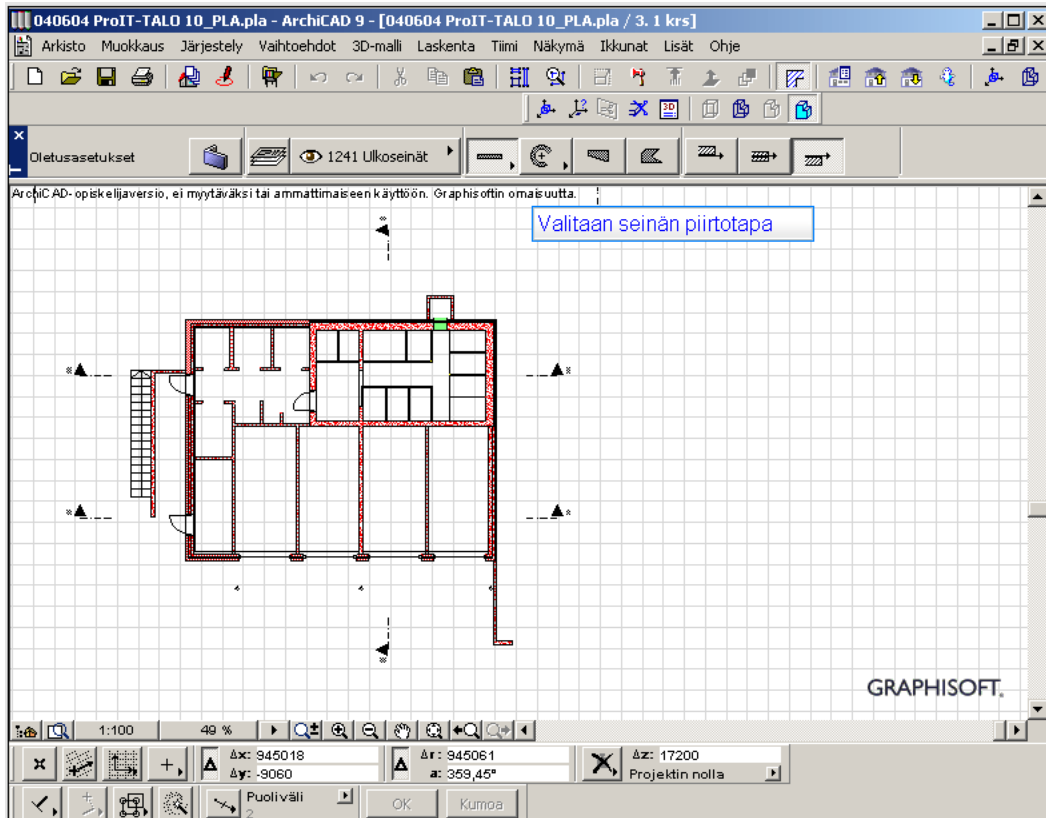
Harjoitellaan Proit-talon mallinnusta ArchiCad-ohjelmalla.



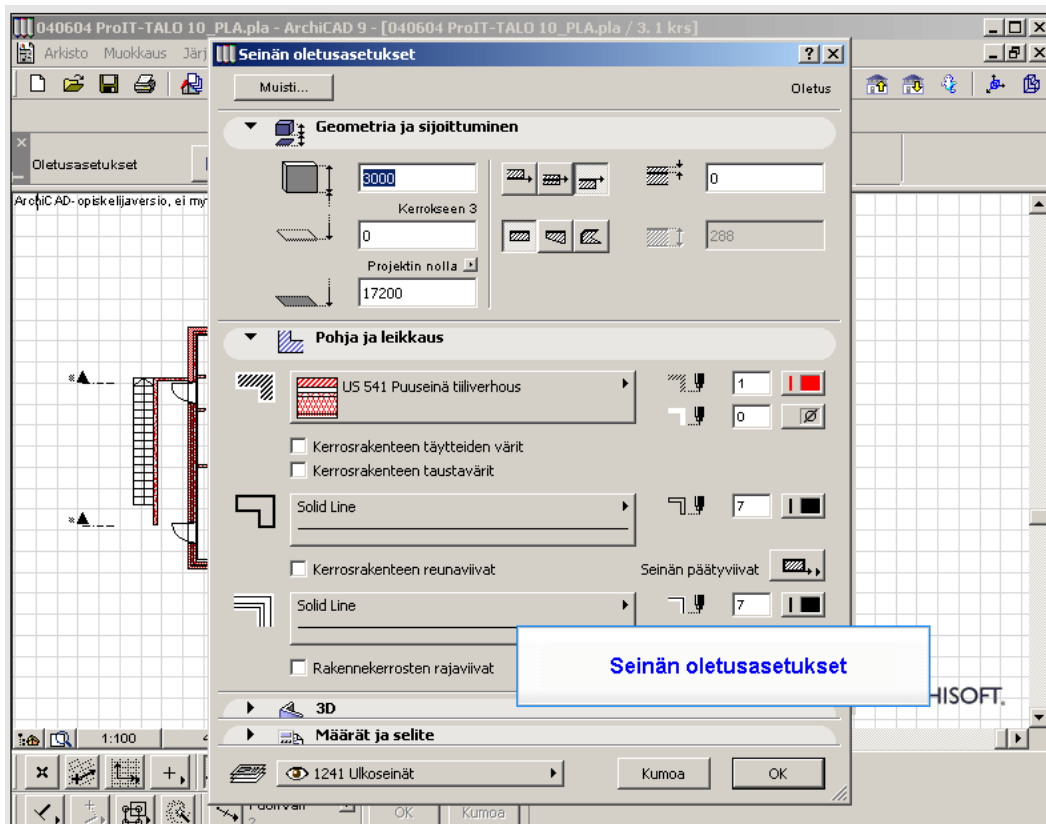
Kuva 34 Proit- talon mallinnus /1/



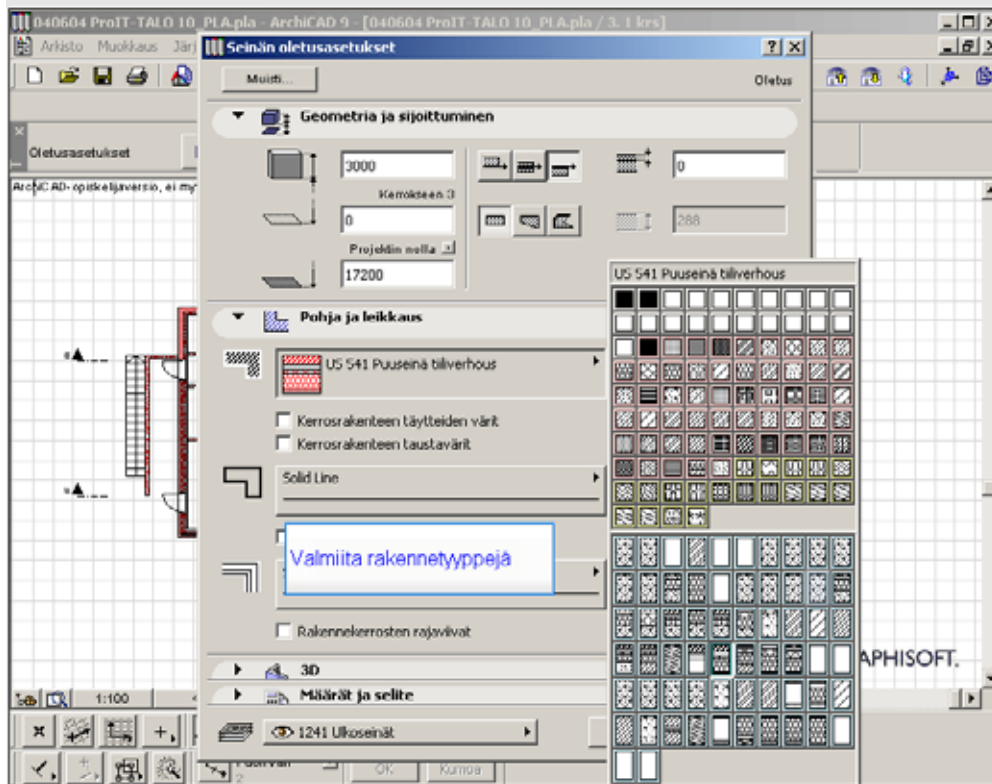
Kuva 35 Proit- talon mallinnus /1/



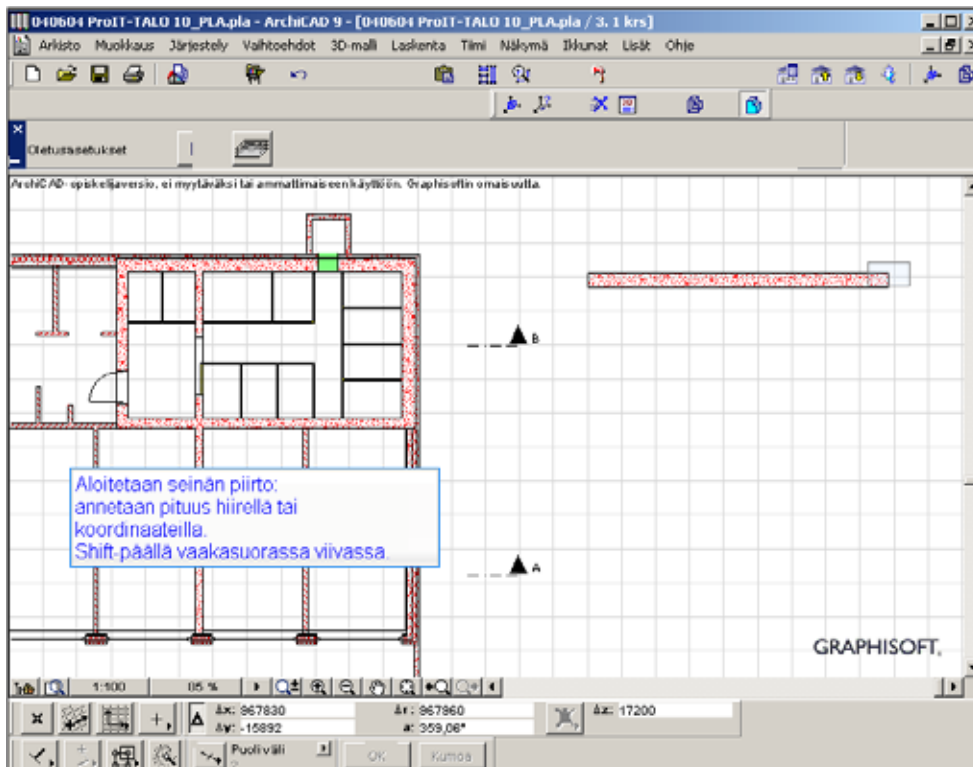
Kuva 36 Aloitetaan seinän mallinnus /1/



Kuva 37 Määritetään seinän asetukset /1/

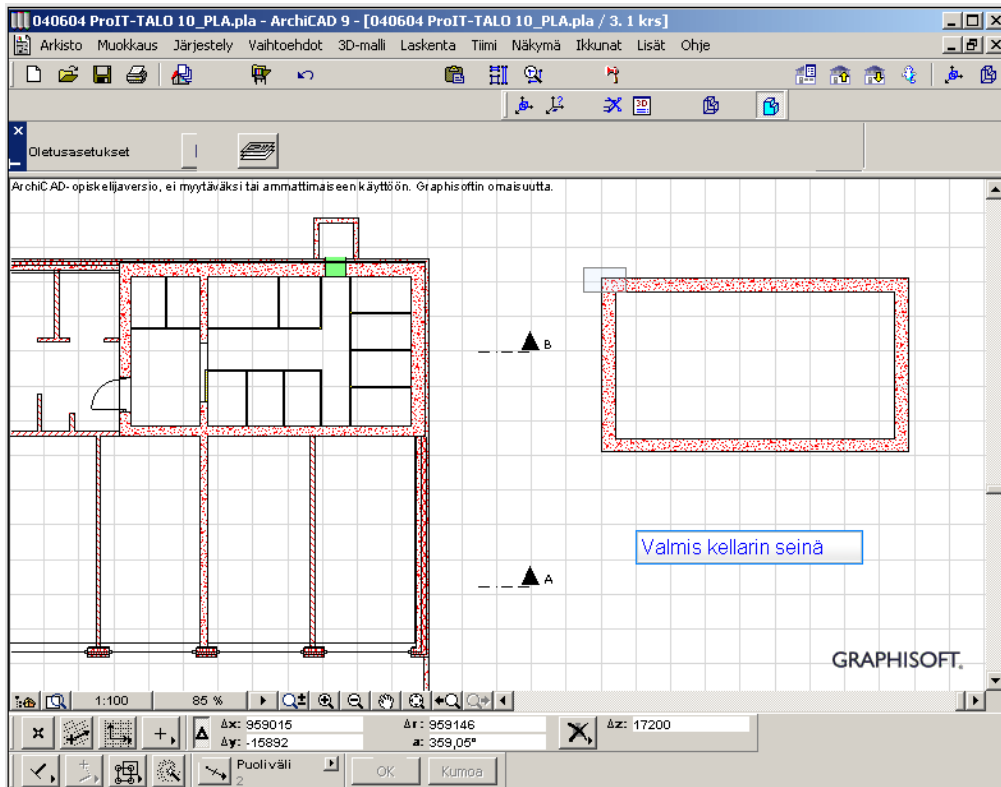


Kuva 38 Seinätyypin valinta /1/

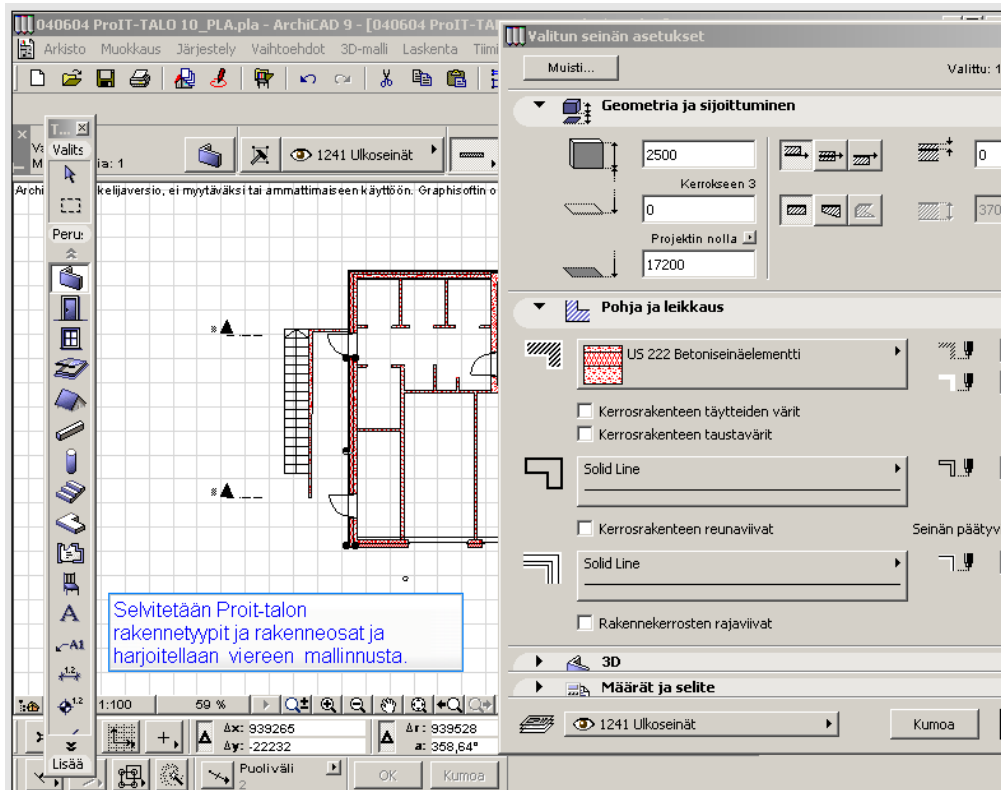


Kuva 39 Aloitetaan kellarin seinän piirto /1/

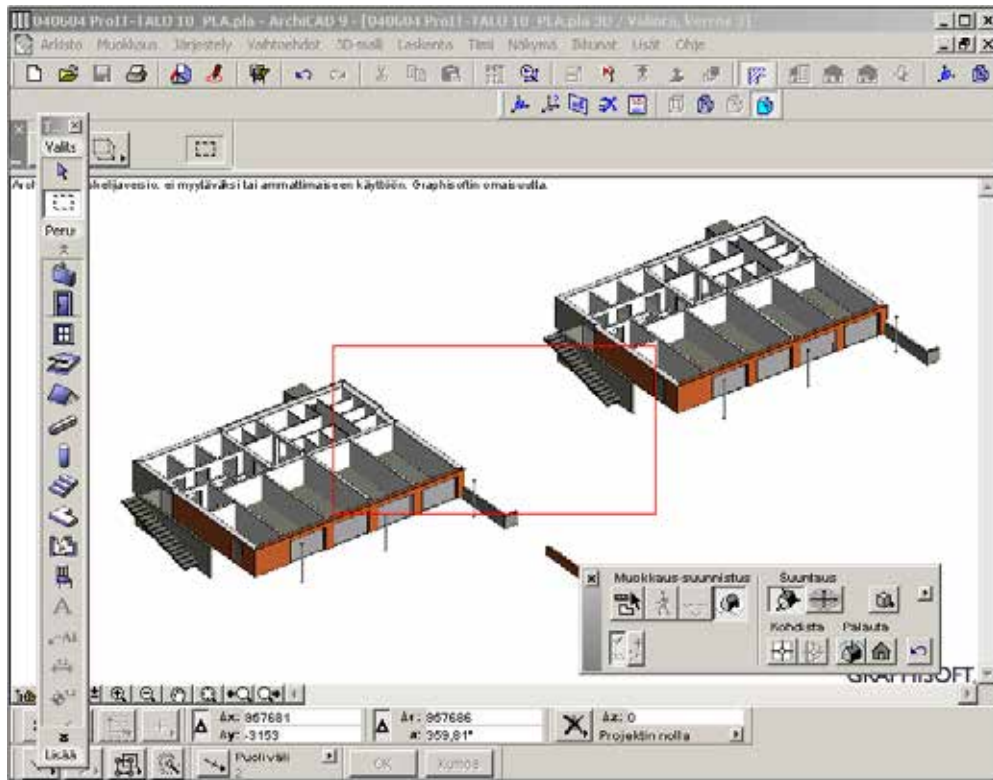




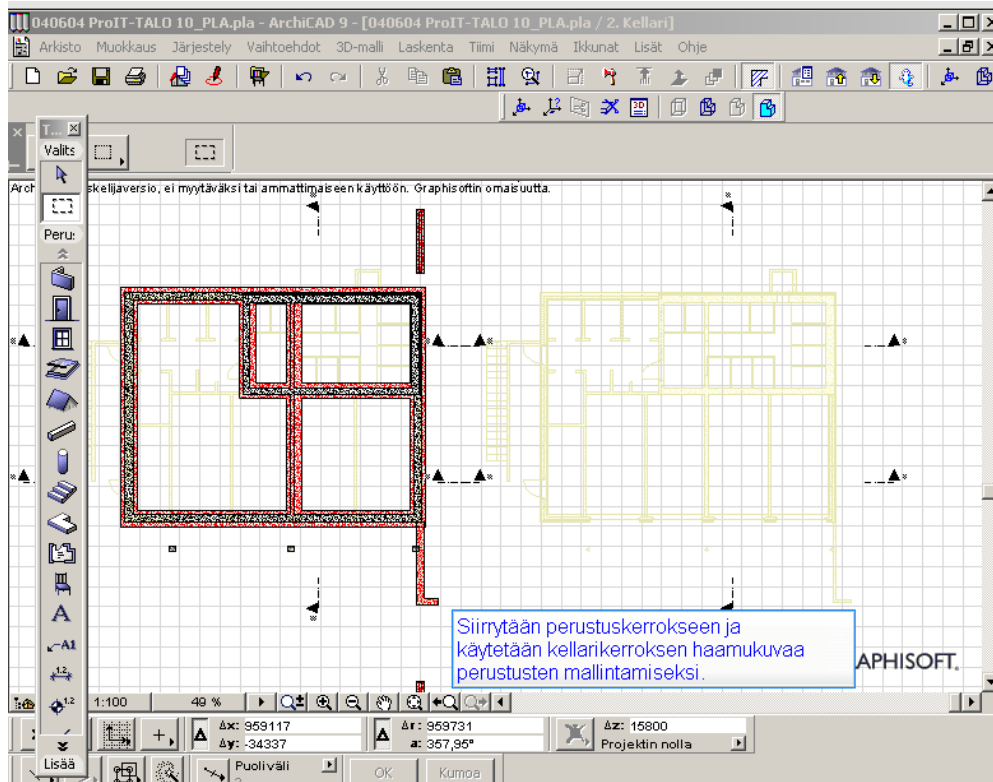
Kuva 40 Jatketaan seinän piirtoa /1/



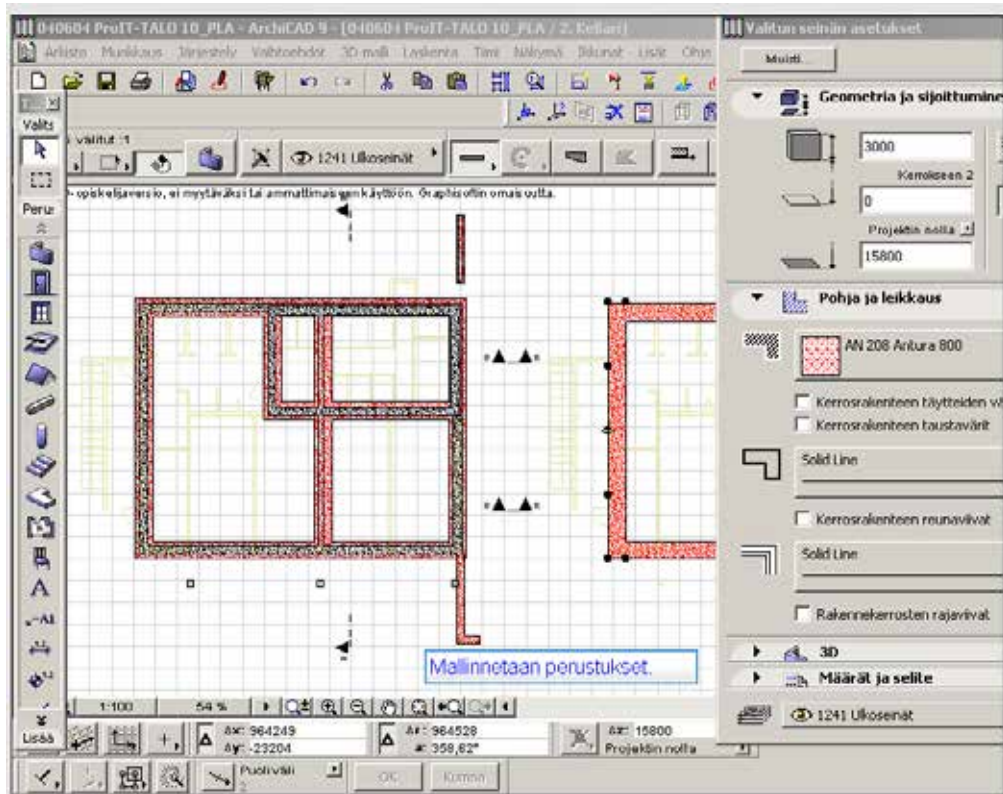
Kuva 41 Piirretään muut rakennusosat mallin ominaisuuksilla /1/



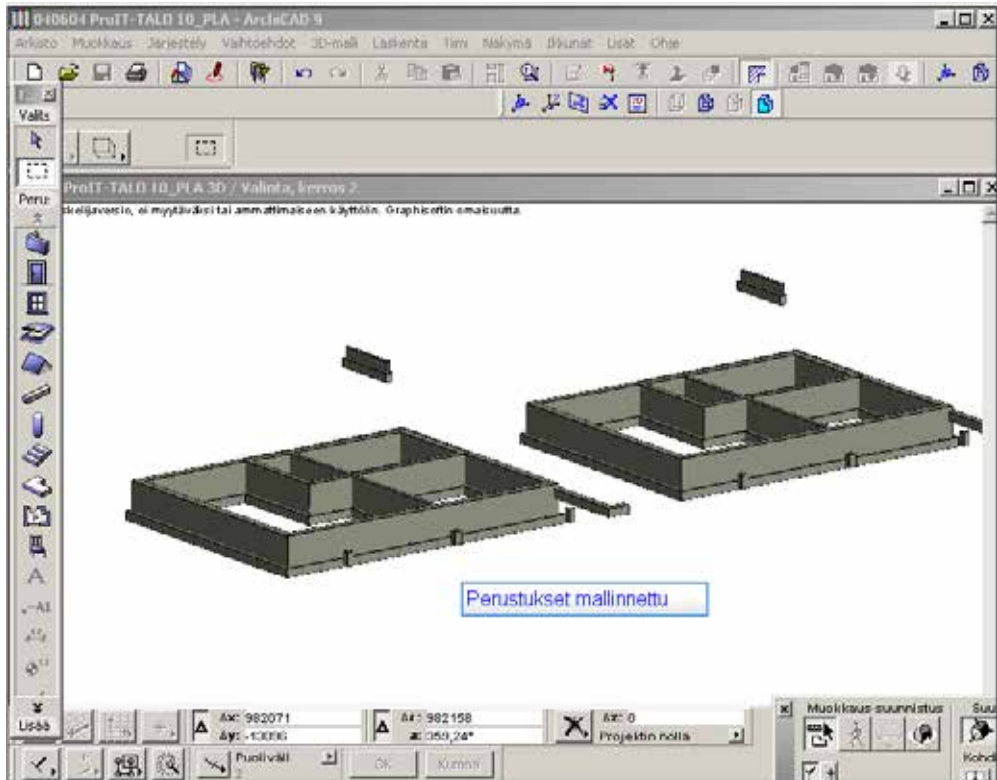
Kuva 42 Mallinnetaan muut rakennusosat Proit-talon ominaisuuksilla /1/



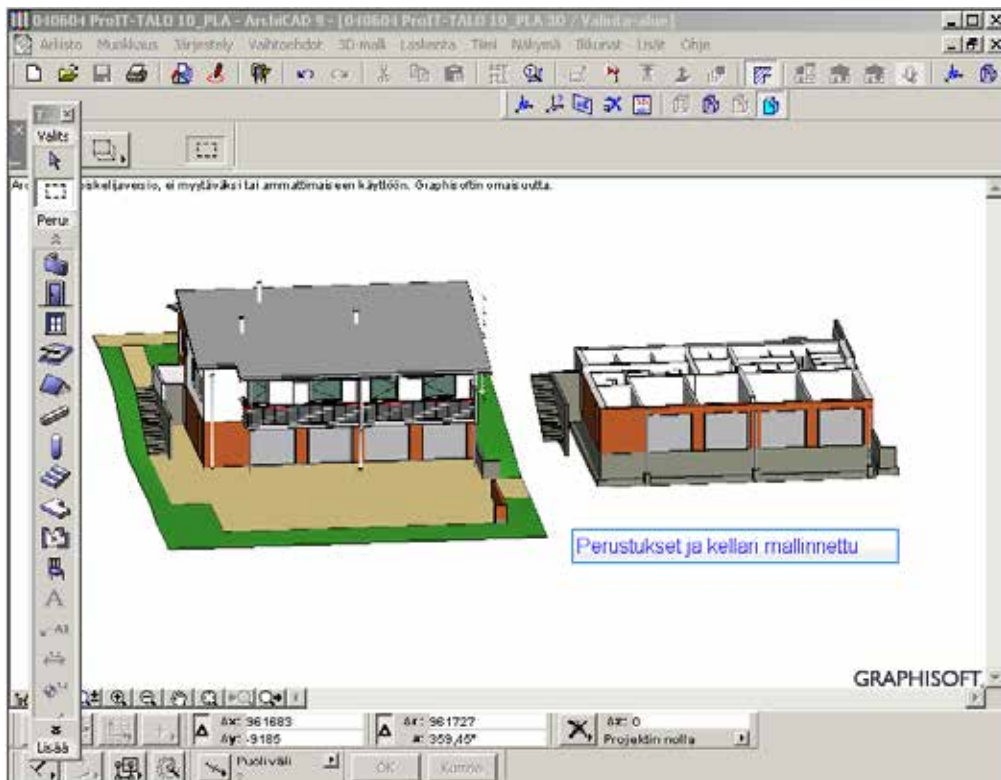
Kuva 43 Mallinnetaan perustukset /1/



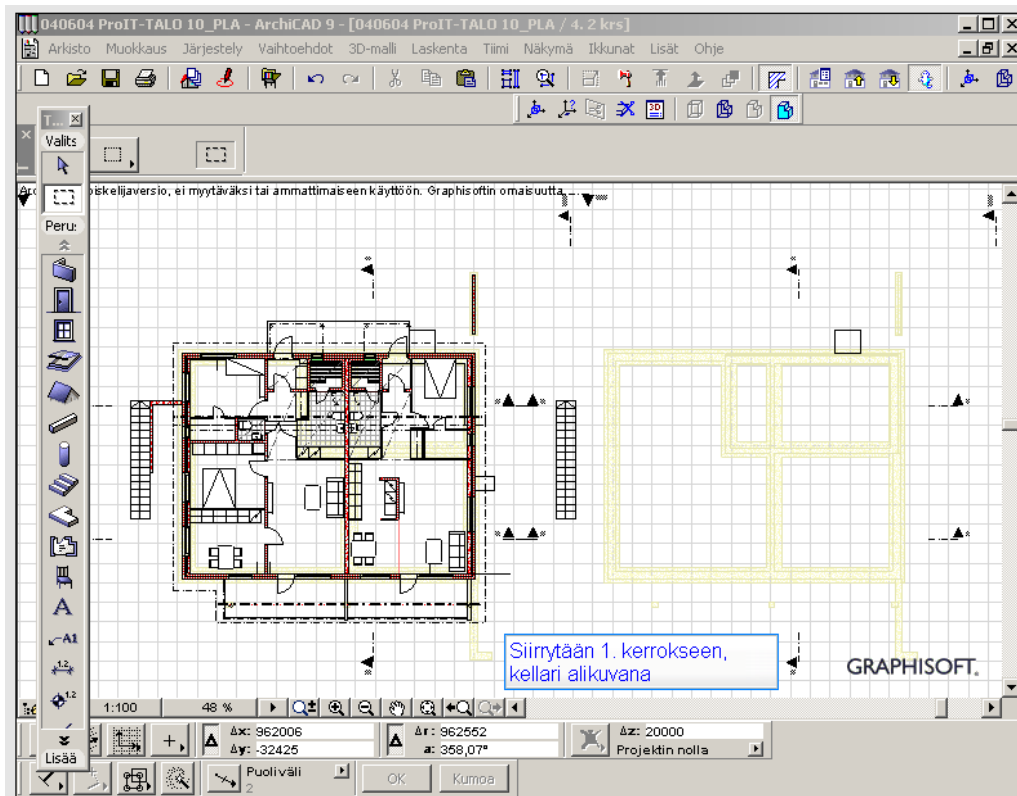
Kuva 44 Perustusten mallinnusta /1/



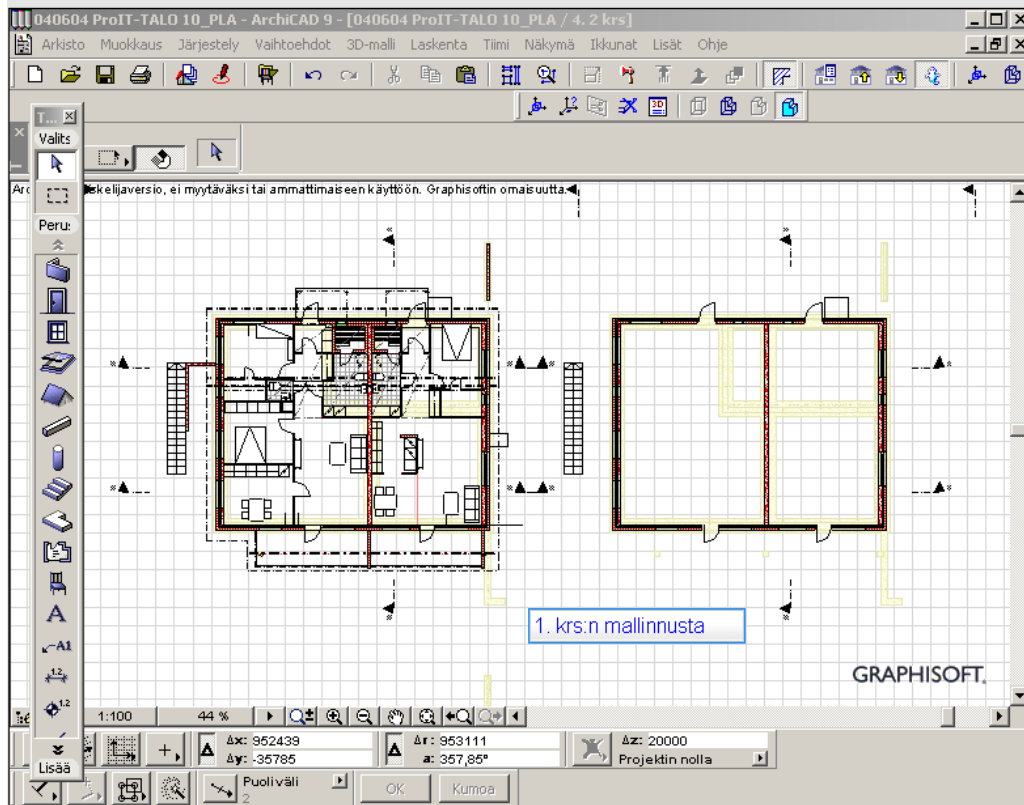
Kuva 45 Perustusten mallinnusta /1/



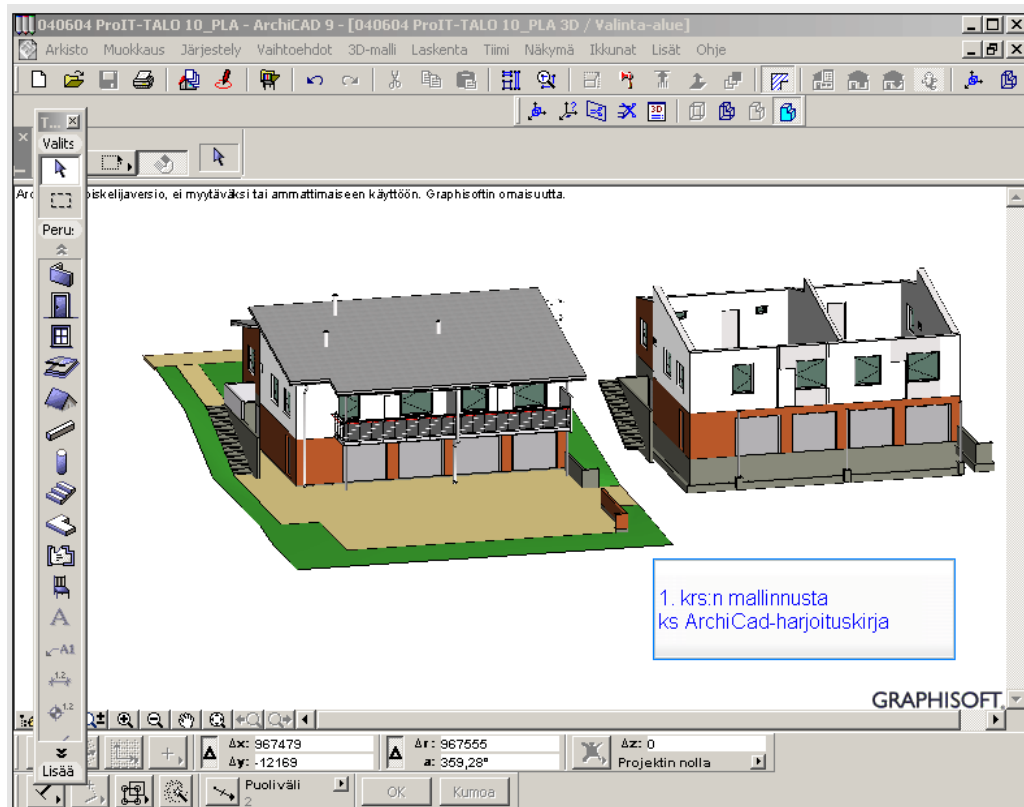
Kuva 46 Perustusten mallinnusta /1/



Kuva 47 Mallinnetaan 1. kerros /1/



Kuva 48 1. kerroksen mallinnusta /1/



Kuva 49 1. kerroksen mallinnusta /1/

## Kellarillisen pientalon rakennussuunnitelmat

Suunnitelmat sisältävät mm seuraavanlaisia dokumentteja:

Esisuunnitelmat

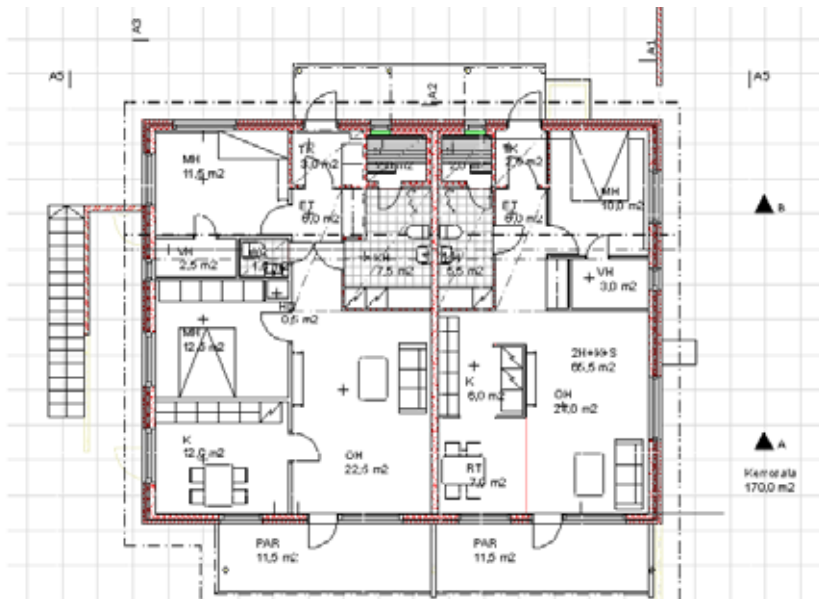
Luonnokset

Pääpiirustukset

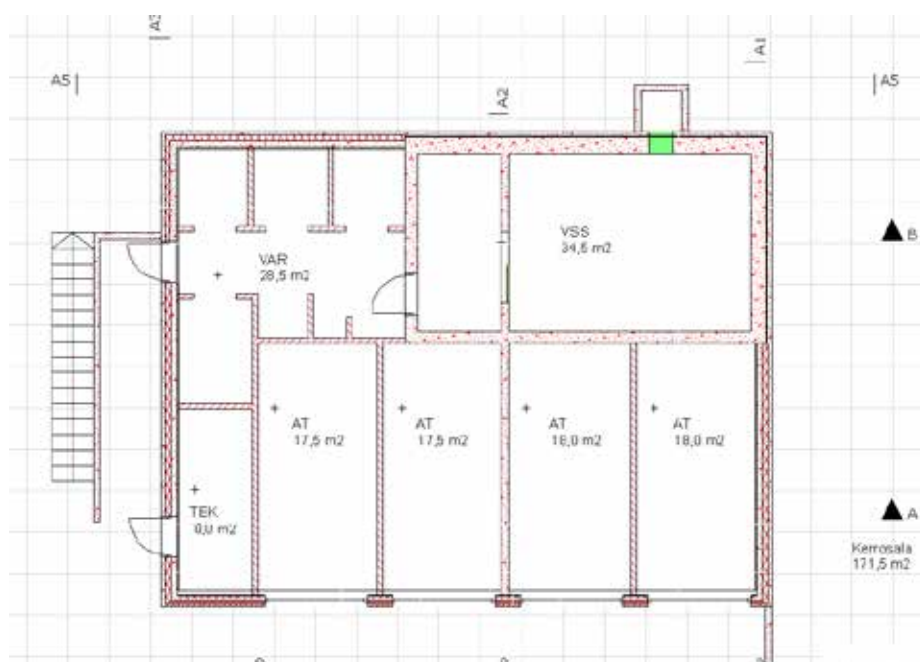
Työpiirustukset

Työselitykset

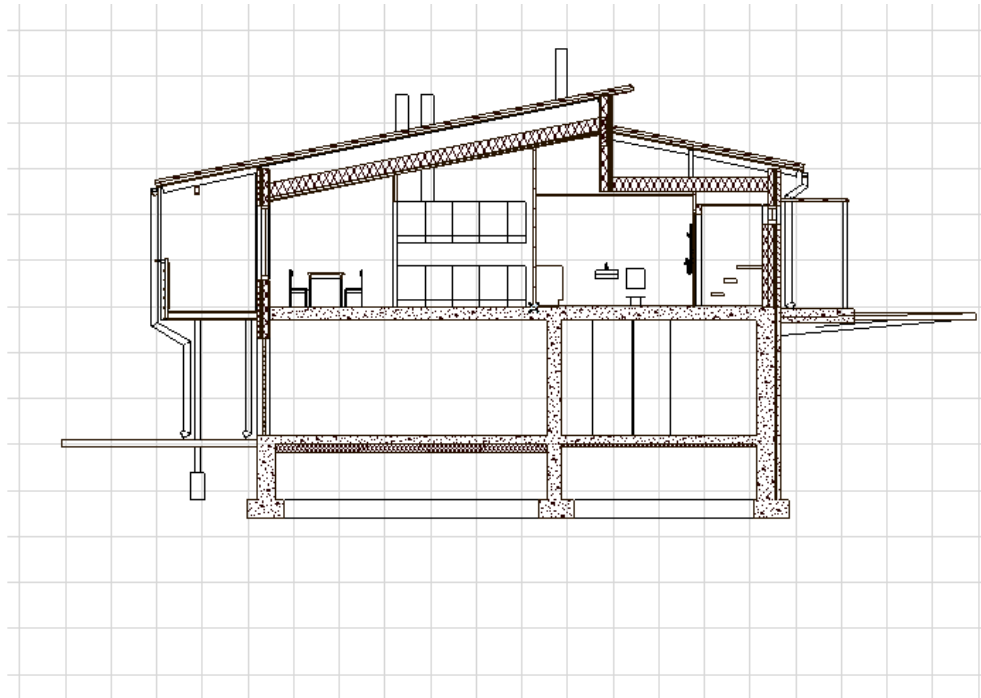
Seuraavassa otteita puurunkoisen pientalon rakennussuunnitelmista. Kohteena on kellarillinen PROIT- pientalo, jota on edellä mallinnettu. Mallia voidaan hyödyntää eri takoituksiin : piirustukset, määrät, kustannukset, aikataulut.



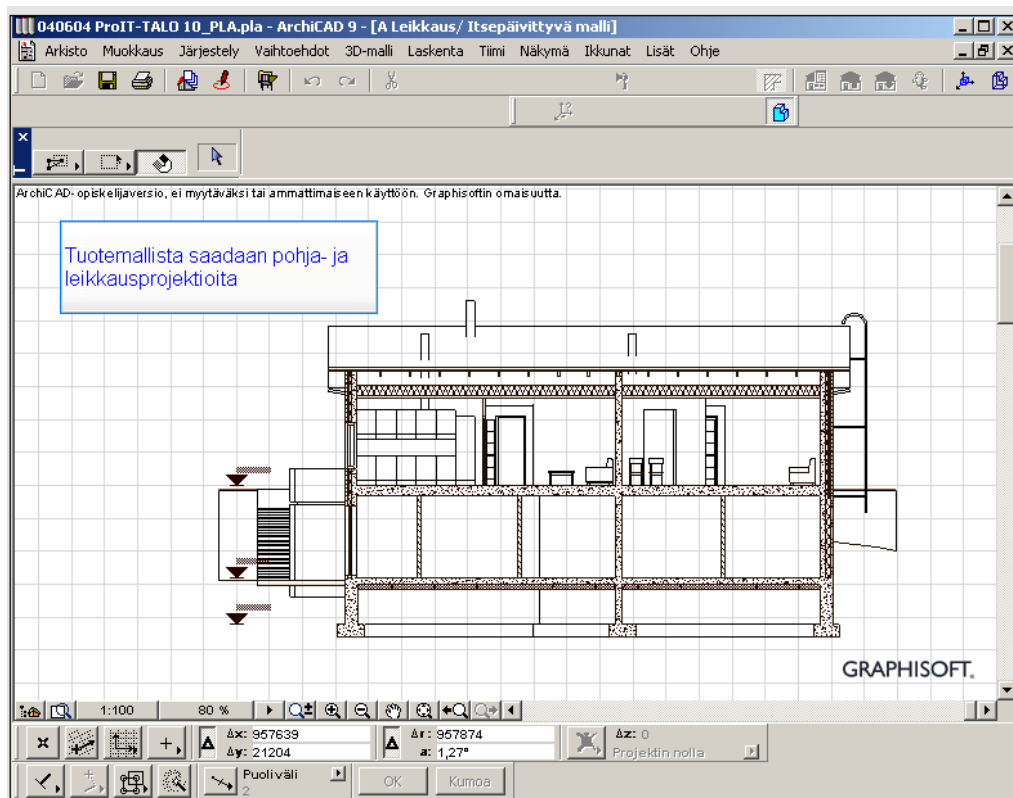
Kuva 50 Tuotemallista tuotettu 1. kerros /1/



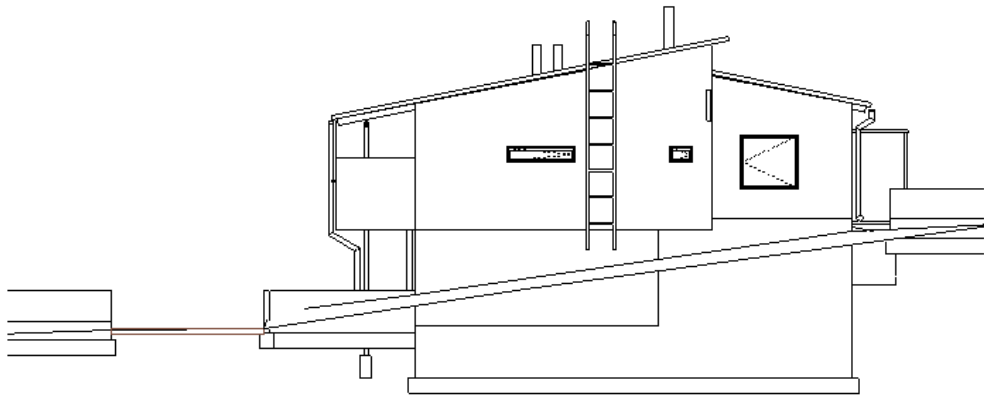
Kuva 51 Tuotemallista tuotettu kellari /1/



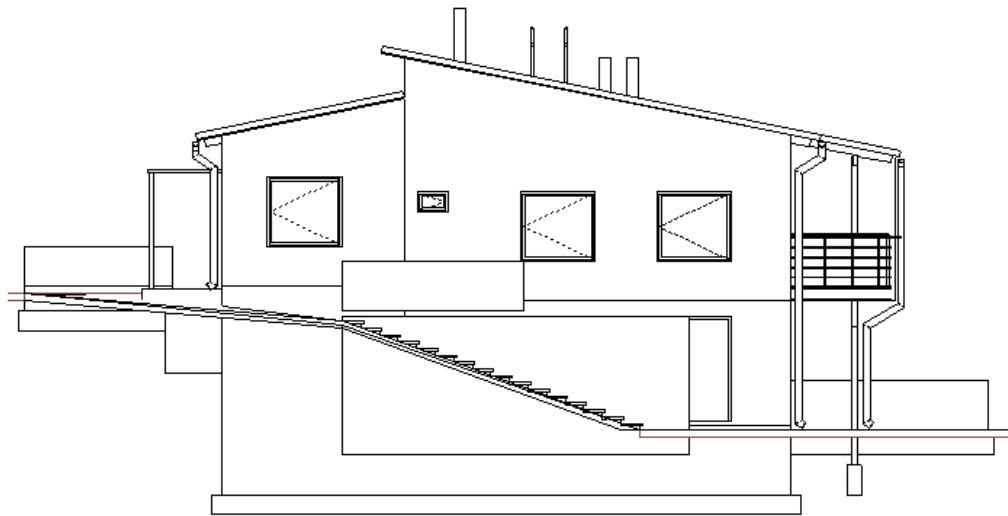
Kuva 52 Tuotemallista tuotettu leikkaus A-A /1/



Kuva 53 Tuotemallista tuotettu leikkaus B-B /1/

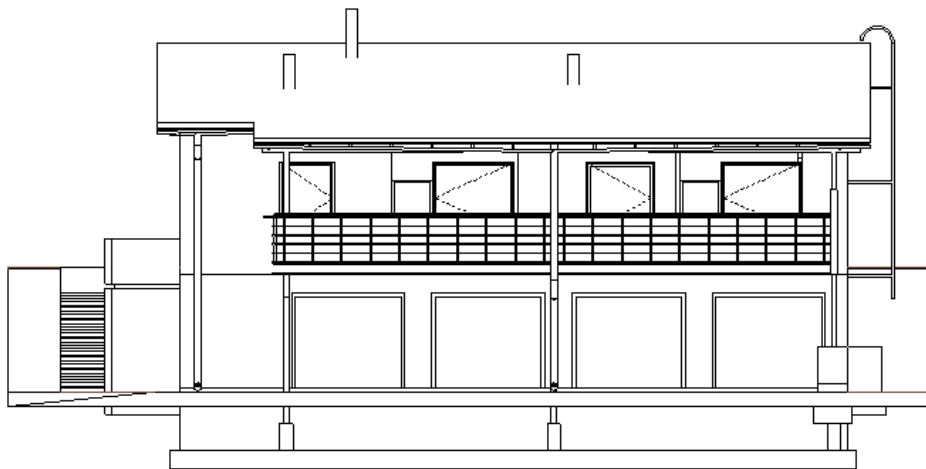


Kuva 54 Tuotemallista tuotettu leikkaus B-B /1/



Kuva 55 Tuotemallista tuotettu leikkaus B-B /1/





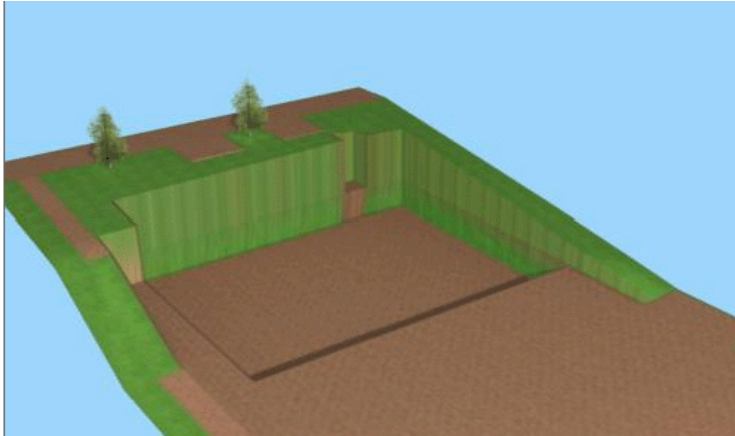
Kuva 56 Tuotemallista tuotettu leikkaus B-B /1/

### **Kellarillisen pientalon rakennesuunnitelmat**

Suunnitelmat sisältävät mm seuraavanlaisia dokumenttejä:

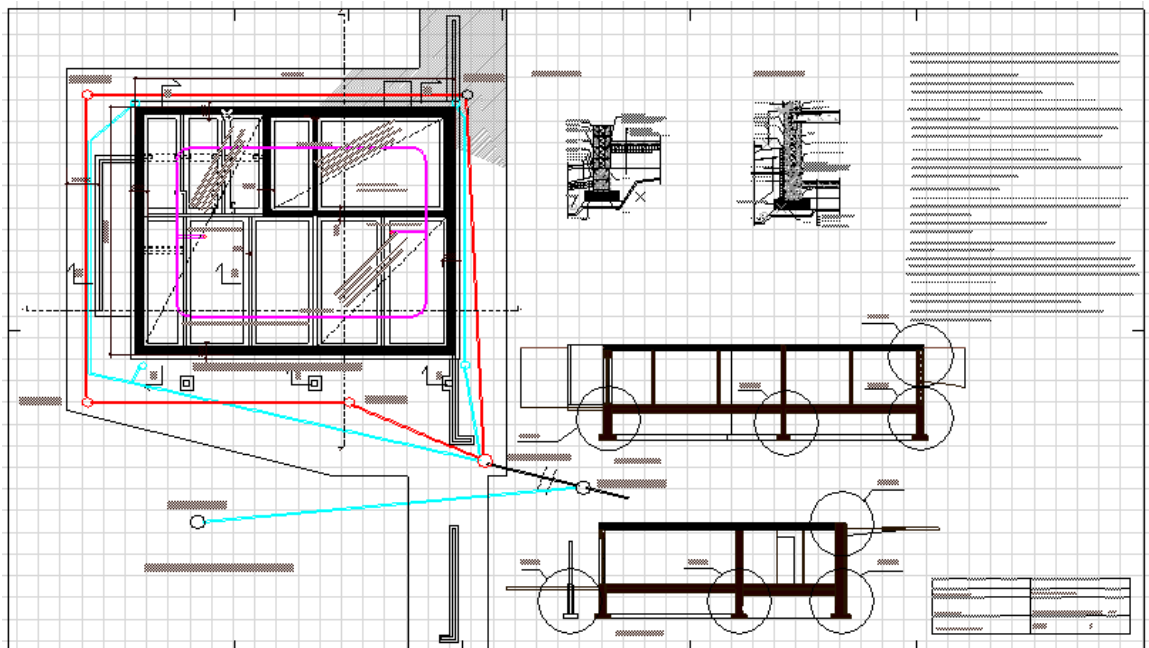
- Kohdetiedot
- Rakennelaskelmat
- Rakennetyypit
- Runko
- Tasopiirustukset
- Runkokaaviot
- Vesikattokaaviot
- Detaljit
- Leikkauspiirustukset
- Eristystyöt
- Perustamissuunnitelmat
- Runkorakennusosat
- Portaat
- Vesikatto- ja täydentävät rakenteet
- Työselitykset

## Kellarillisen pientalon perustukset

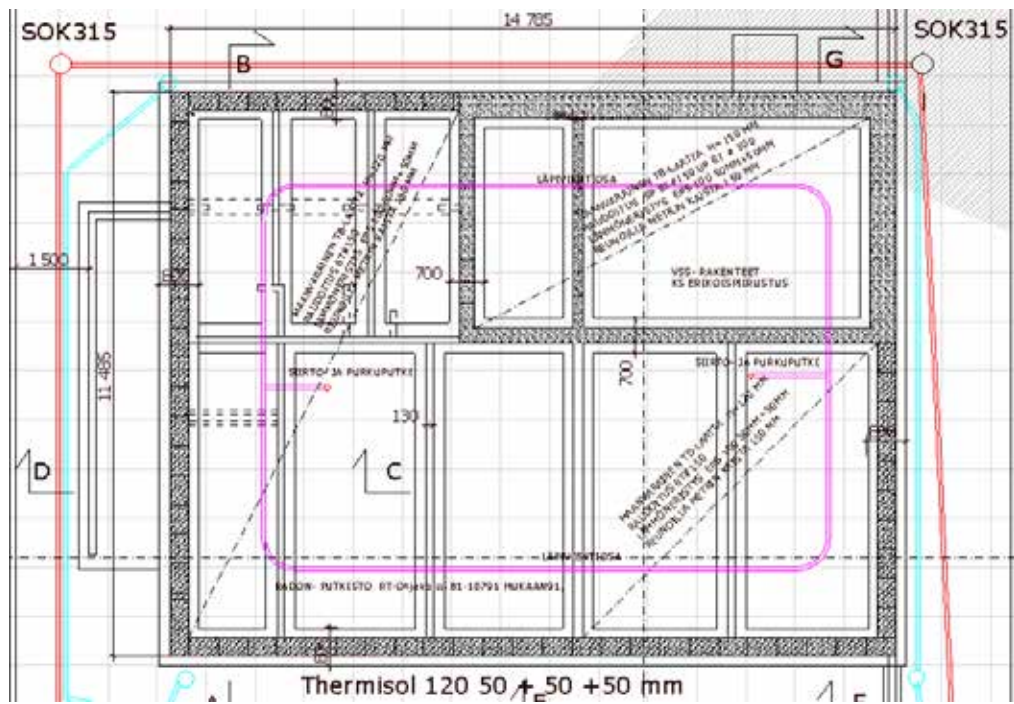


Kuva 58 Pientalon maarakennustyöt /1/

Pientalon maarakennustyöt sisältävät raivaus-, maankaivu-, salaojat ja putkijohto-,täyttö ja tiivistystyöt.



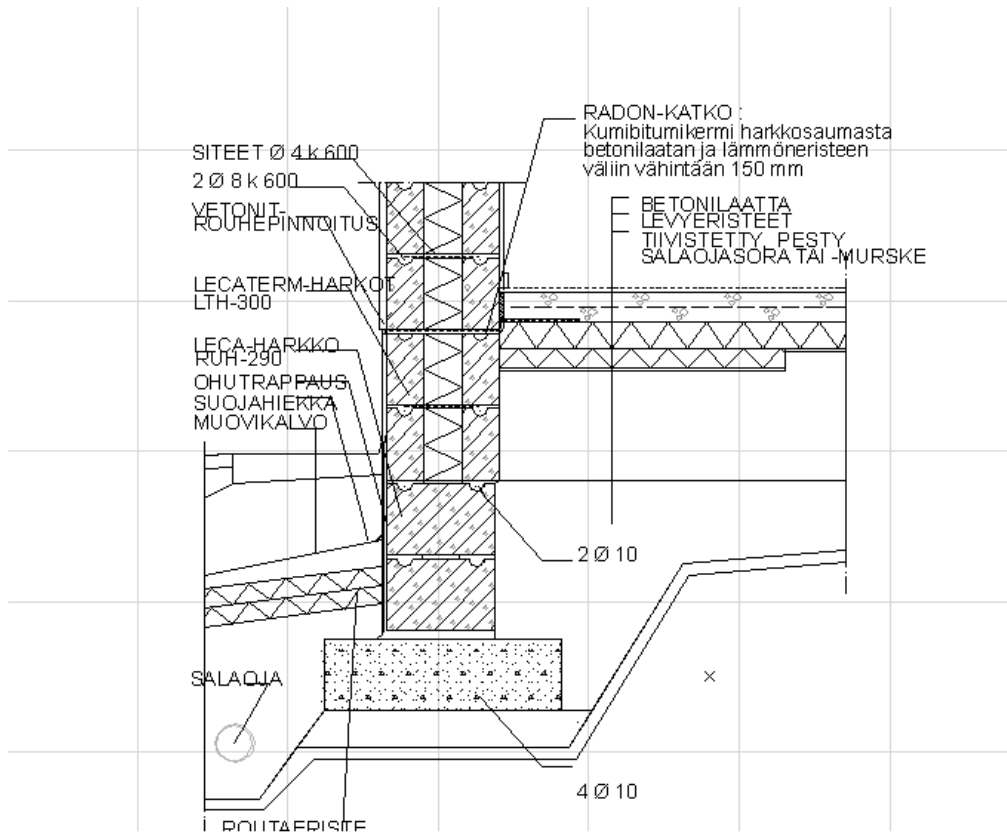
Kuva 59 Pientalon perustukset /1/



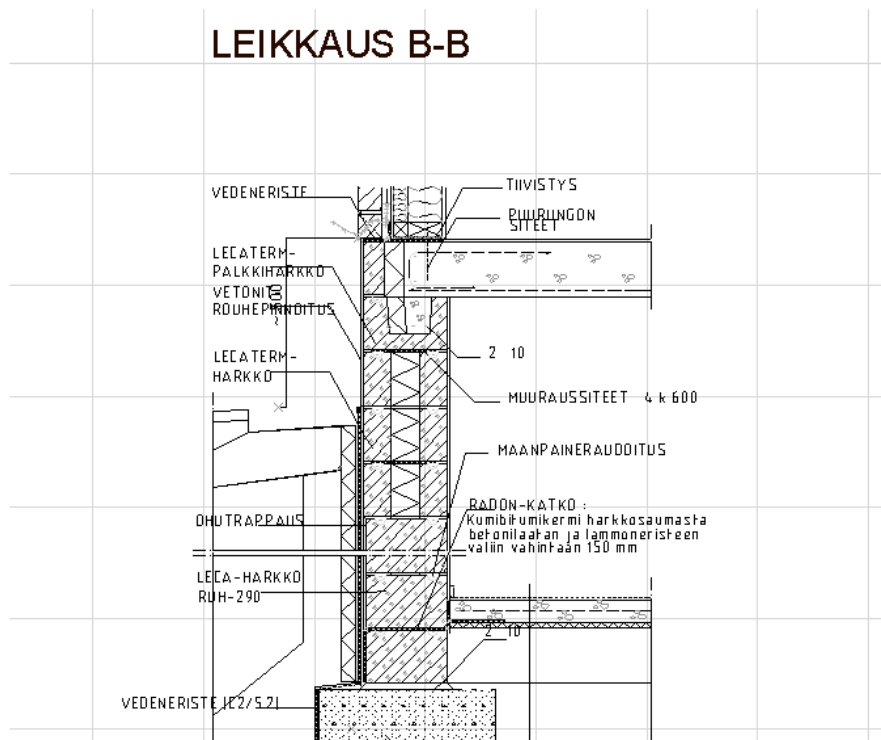
Kuva 60 Pientalon perustukset /1/



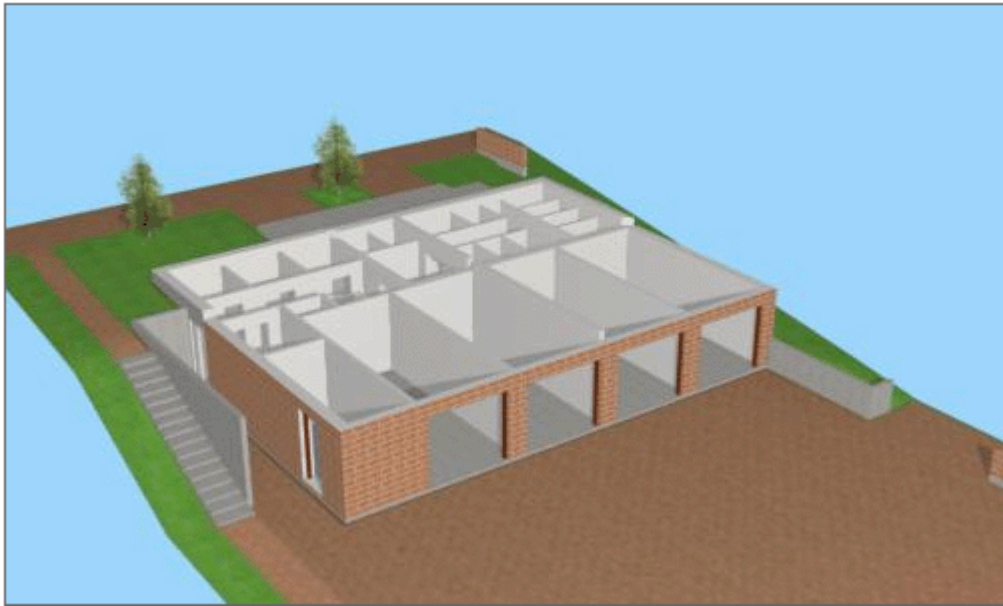
Kuva 61 Pientalon perusmuurit, 1. krs:n kantavat rakenteet /1/



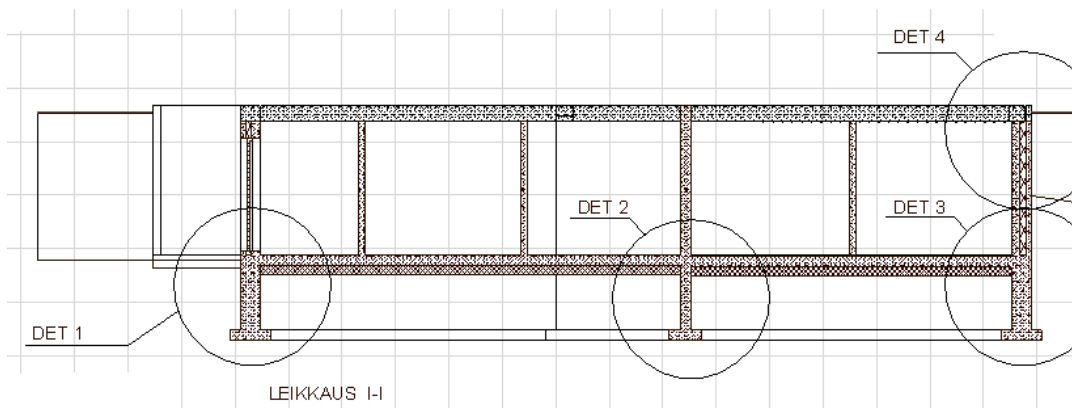
Kuva 61 Perustusleikkaus A-A /19/



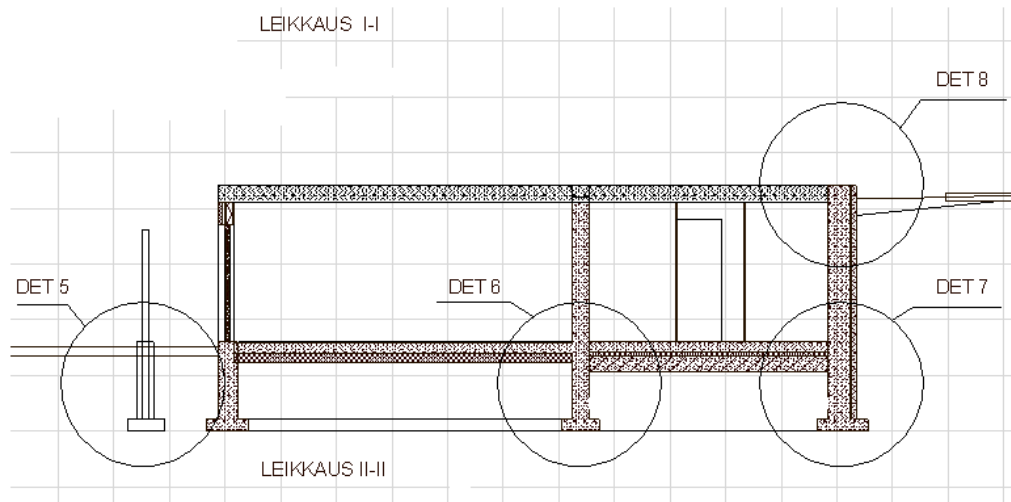
Kuva 62 Perustusleikkaus A-A /19/



Kuva 63 Kellariin rakennettu myös kevyet väliseinät /1/



Kuva 64 Kellarin pituusleikkaus /1/



Kuva 65 Kellarin poikkileikkaus /1/

Pientalon kellarin perustukset tehdään yleensä paikallavaletuilla betonianturoilla. Perustusten toteutuksessa huomioidaan kantavuuden lisäksi mm routaeristys, lämmöneristys, kosteuden-/vedeneristys ja radon.

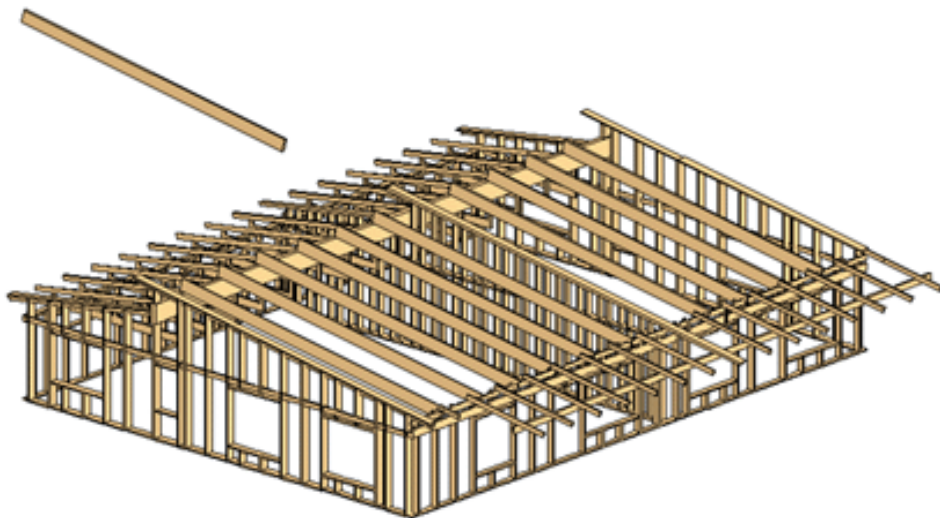
## Pientalon puurunko ja jäykistys



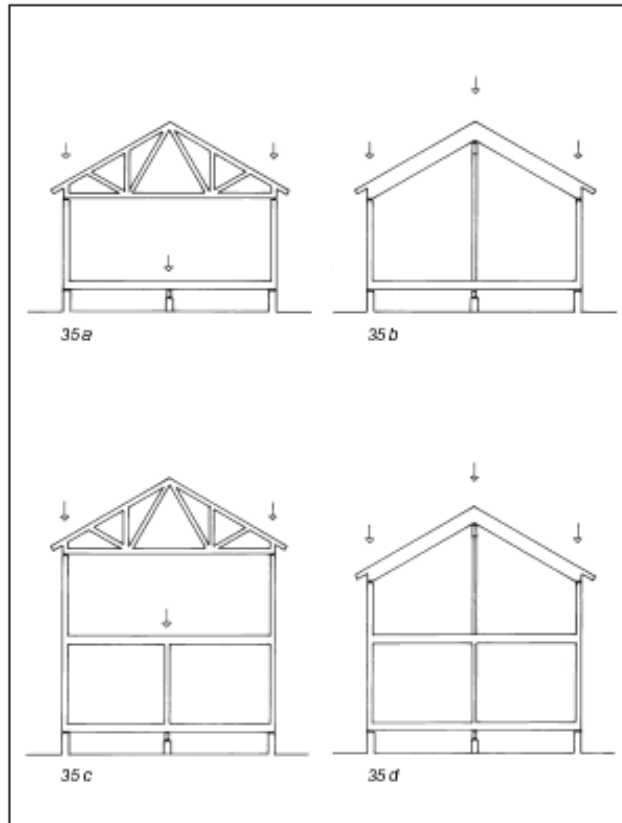
Kuva 66 Aksonometria /1/

Kohteena on PROIT-tuotemallitalo, mitä on mallinnettu muissa opintojaksoissa. Mallia käytetään hyväksi esim kohteen määrä- ja kustannuslaskennassa mutta myös rakennesuunnittelussa. Rungosta piirretään kaavioita, projektioita ja detaljeja. Rungon osat: palkit, pilarit ja ristikot mitoitetaan ja huolehditaan rakennuksen jäykistyksestä.

### Puuseinärungot ja -järjestelmät:



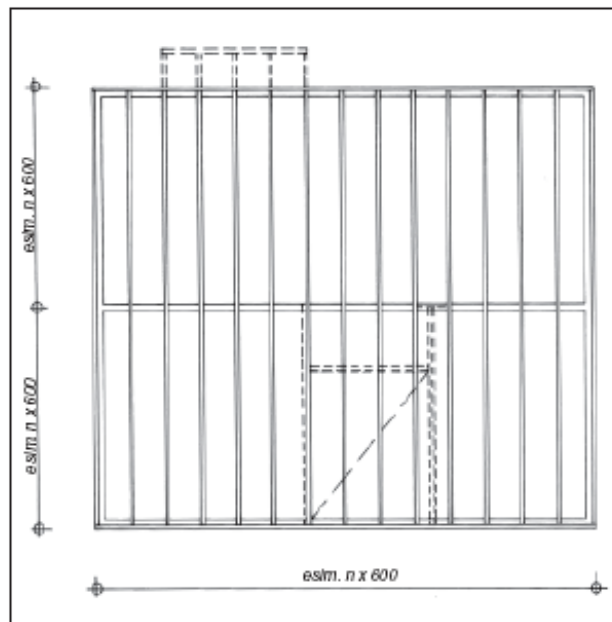
Kuva 69 Pientalon mallinnettu puurunko: yläpohjapalkki /1/



Kuvat 35 a - d Kantavien linjojen tarve ja sijainti yksi- ja kaksikerroksisissa taloissa

- yksikerroksinen talo, jossa ristikkorakenteinen yläpohja. Rakennuksen keskellä ei tarvita kantavia seiniä. Alapohjapalkiston välituki voidaan sijoittaa palkiston kannalta taroituksenmukaisesti.
- yksikerroksinen talo, jossa palkkirakenteinen yläpohja. Harjapalkin kohdalla tarvitaan kantava linja. Alapohjapalkiston välituki sijoitetaan samalle kohdalle kuin harjapalkki ja sen kantavat rakenteet.
- kaksikerroksinen talo, jossa ristikkorakenteinen yläpohja. Yläkerrassa rakennuksen keskellä ei tarvita kantavia seiniä. Alakerassa tarvitaan kantava linja välipohjapalkistolle. Alapohjapalkiston välituki sijoitetaan samalle kohdalle kuin alakerran kantava linja.
- puolitoista- tai kaksikerroksinen talo, jossa palkkirakenteinen yläpohja. Yläkerrassa harjapalkin kohdalla tarvitaan kantava linja. Alakerassa tarvitaan kantava linja välipohjapalkistolle. Se sijoitetaan samaan linjaan yläkerran kantavan rakenteen kanssa. Myös alapohjapalkiston välituki sijoitetaan tähän linjaan.

Kuva 70 Pientalon puurungon kuormitukset Avoin Puurakennejärjestelmä /2/

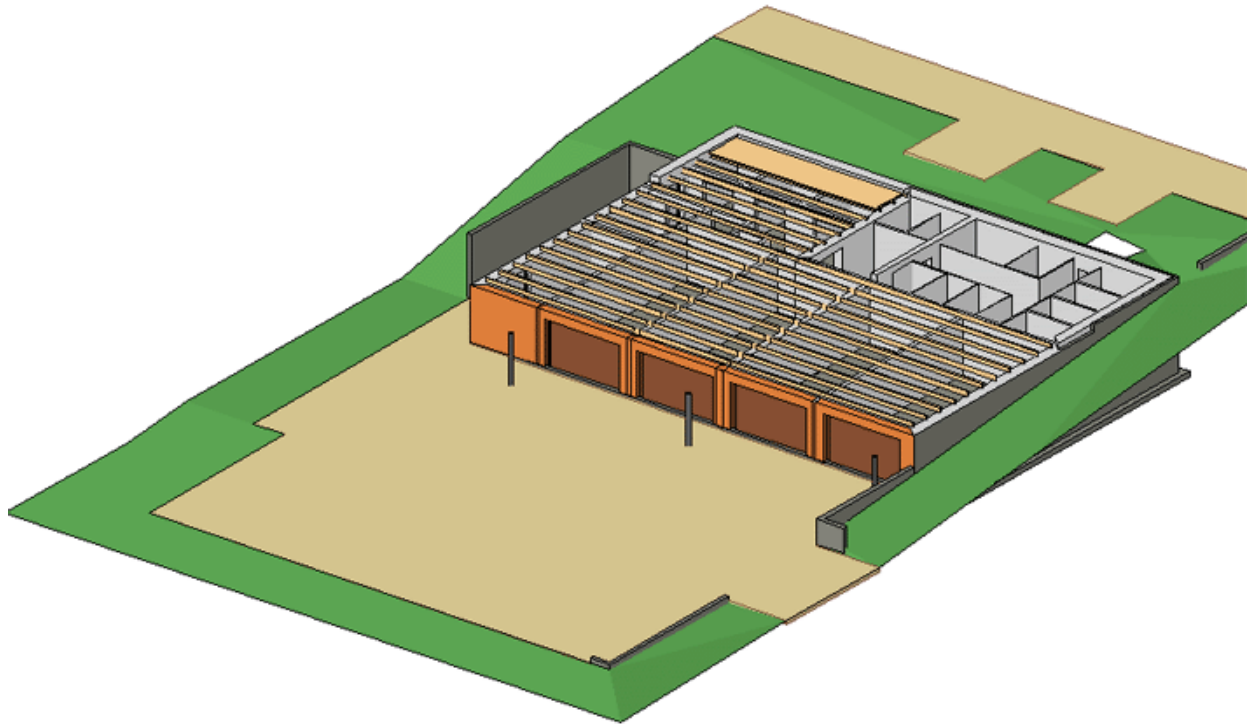


Kuva 36. Pientalon tyypillinen palkistoratkaisu. Rakennuksen pitkät ulkoseinät ovat kantavia, ja rakennuksen keskellä on palkiston välituki. Palkit jatkuvat kantavan välituen yli yhdenmittaisina.

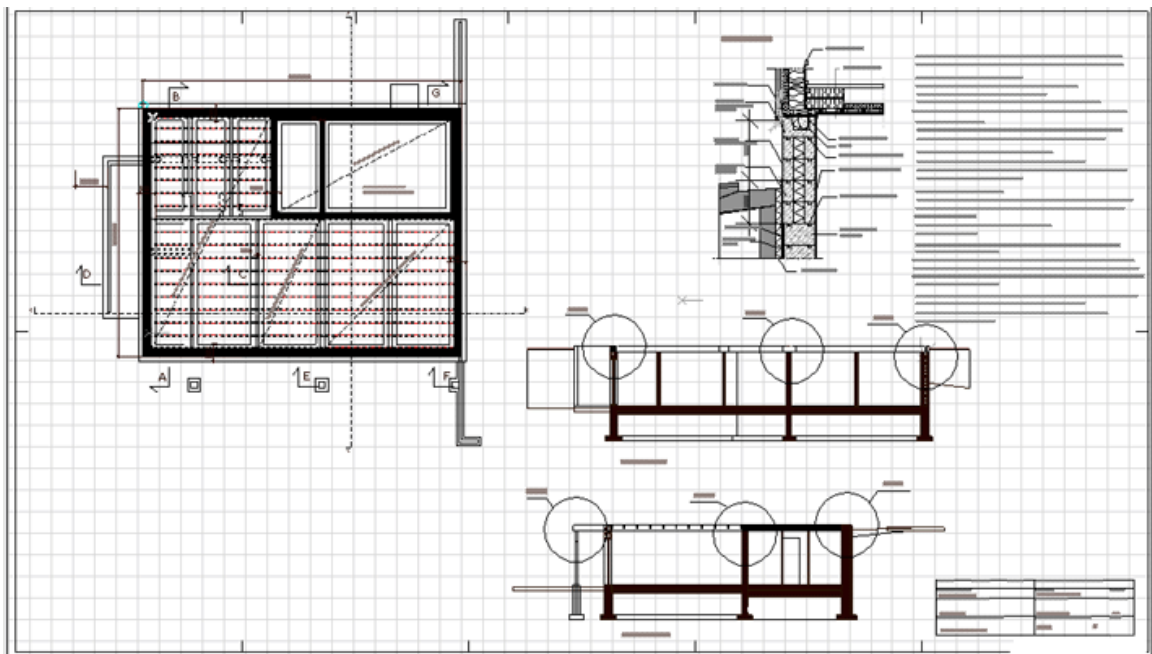
Jos mitoitus halutaan tehdä täysille levymitoille, tulee huomata, että mitoitus aloitetaan rungon (kehäpalkin) ulkopinnasta, ja että reunimmainen palkkiväli on puoli palkin leveyttä kapeampi kuin muut palkkivälit.

Kuva 71 Välipohjapalkiston alustava valinta Avoin Puurakennejärjestelmä /2/

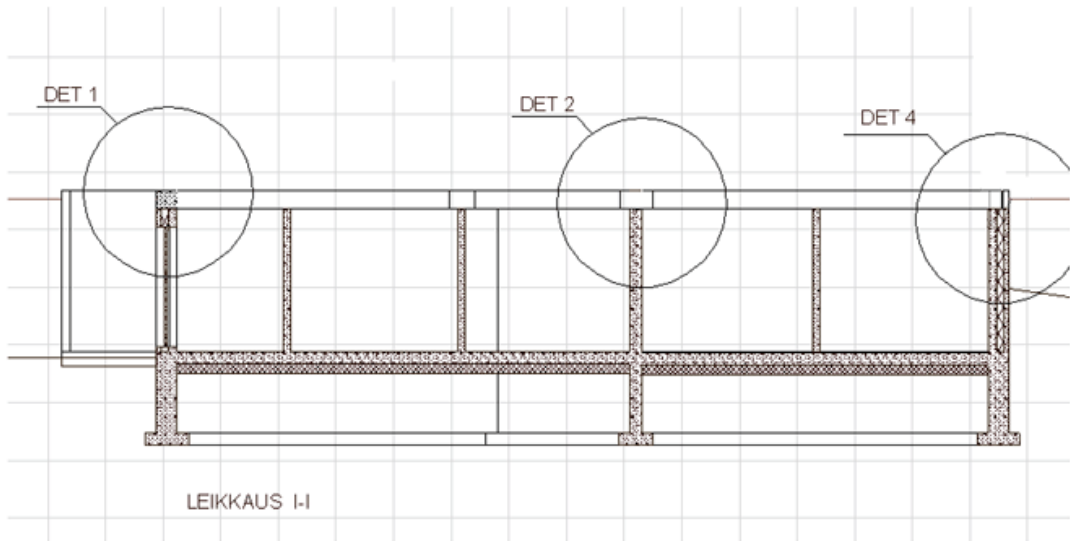




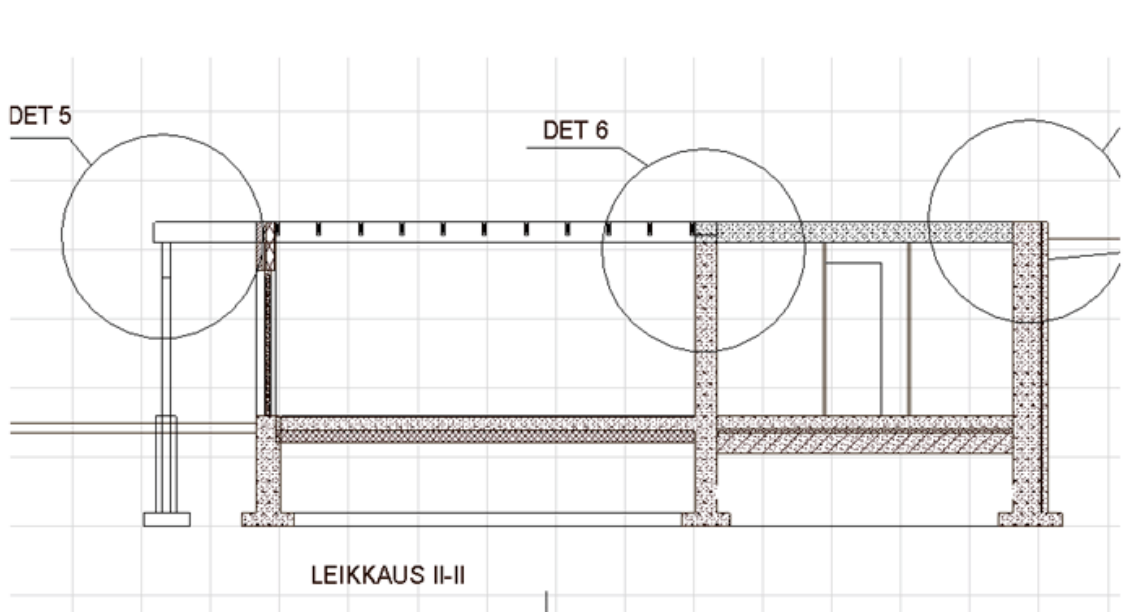
Kuva72 Pientalon mallinnettu puurunko: puiset välipohjapalkit /1/



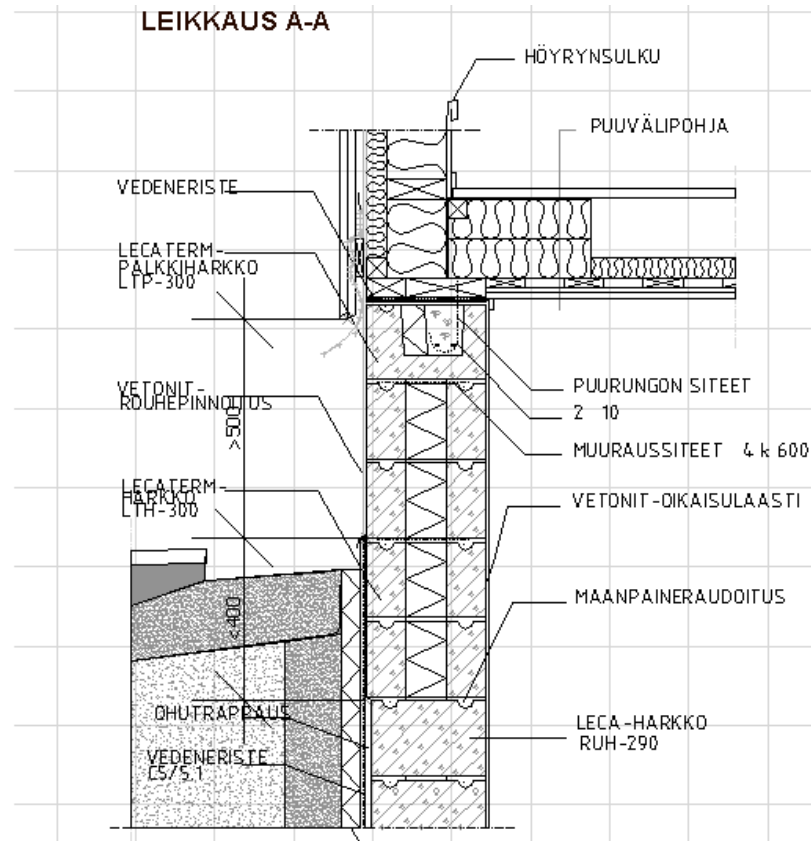
Kuva 73 Pientalon puuvälipohjan taso- ja leikkauspiirustuksia /1/



Kuva74 Pientalon puuvälipohjan tuotemalliprojektio /1/



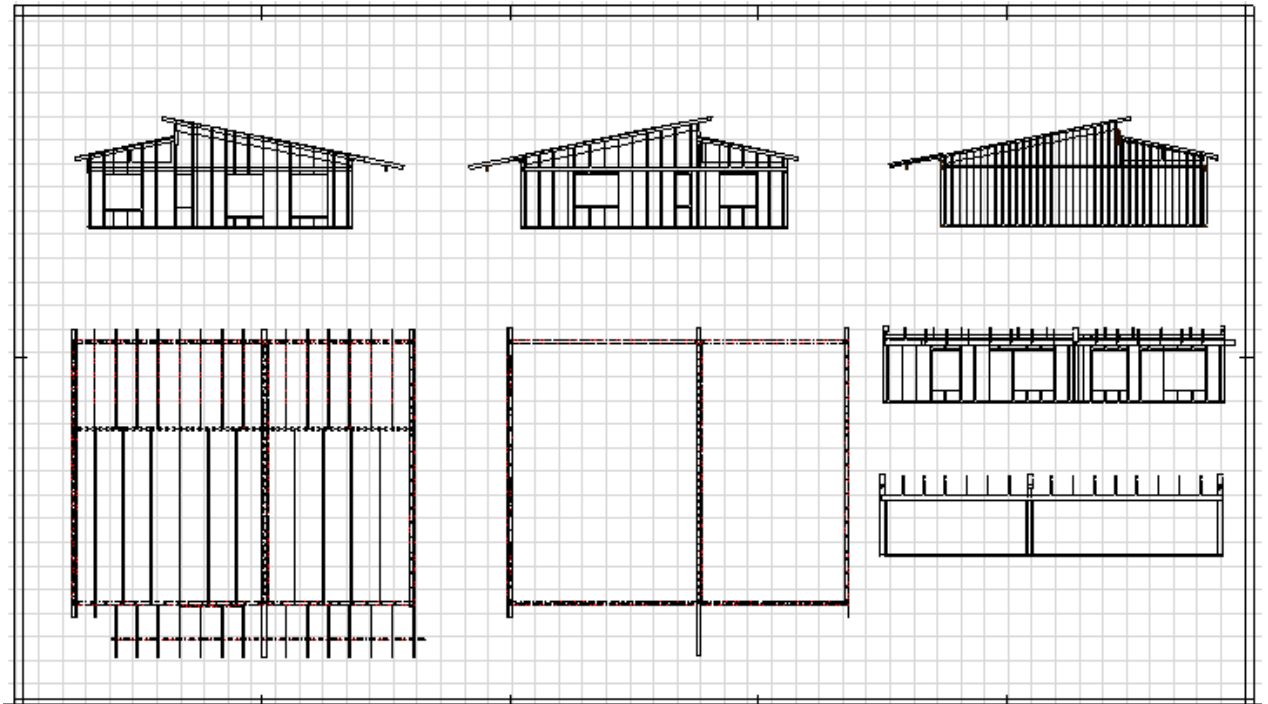
Kuva75 Pientalon puuvälipohjan tuotemallileikkaus /1/



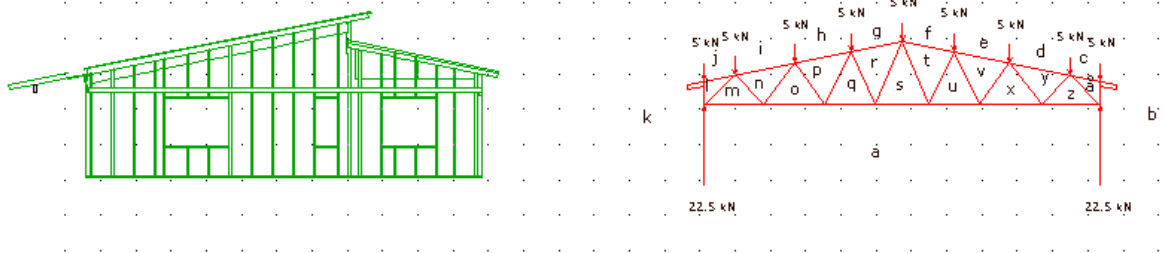
Kuva76 Pientalon puuvälipohjan leikkauspiirustuksia /19/



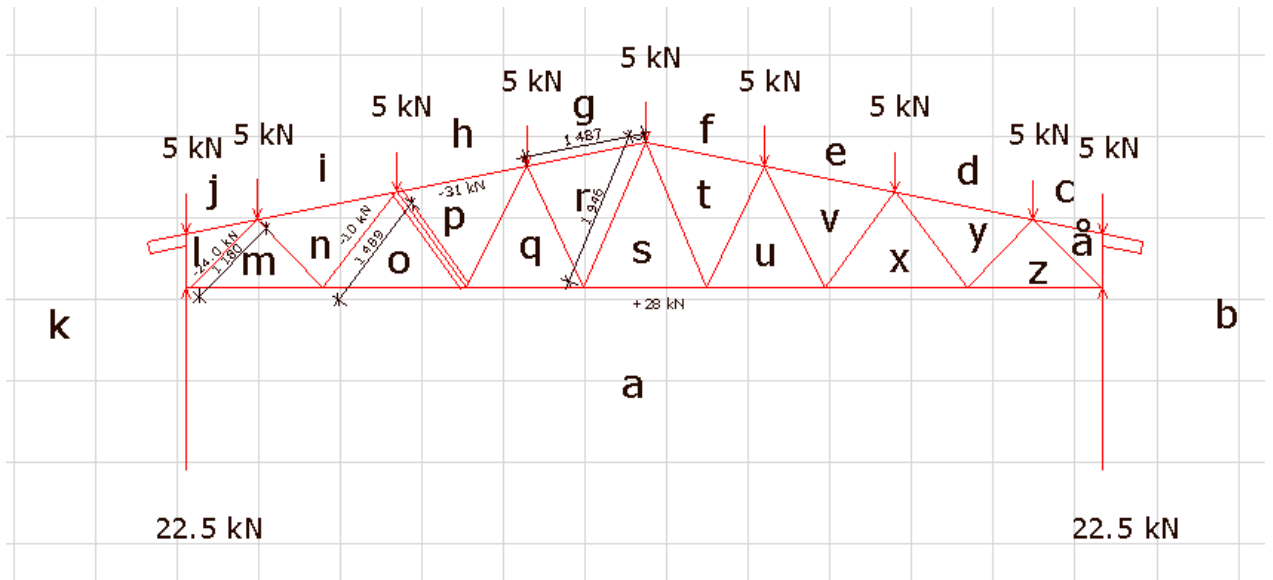
Kuva77 Pientalon puurunko: suunnitellaan ristikkokannattaja palkkirakenteen vaihtoehdoksi /1/



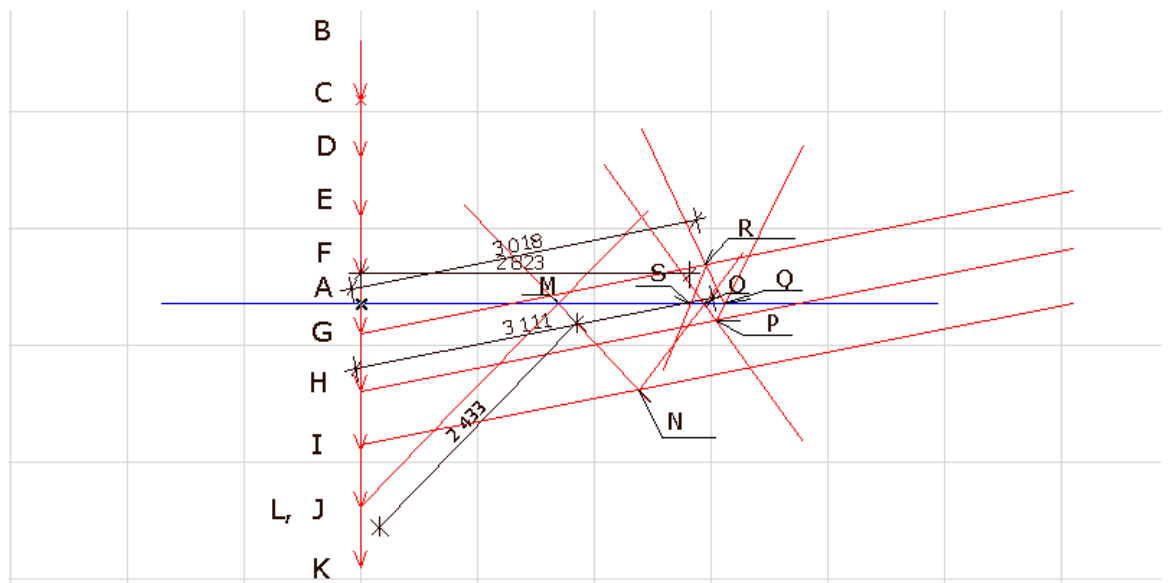
Kuva78 Pientalon tuotemalliprojektioita /1/



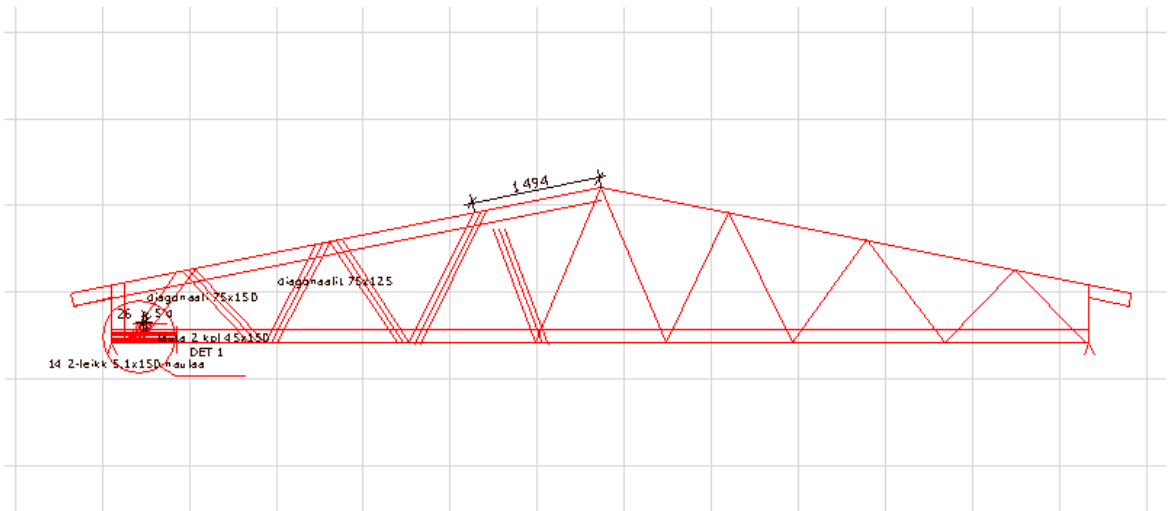
Kuva79 Vaihtoehtoinen harjaristikko /1/



Kuva 80 Ristikon suunnittelua /1/

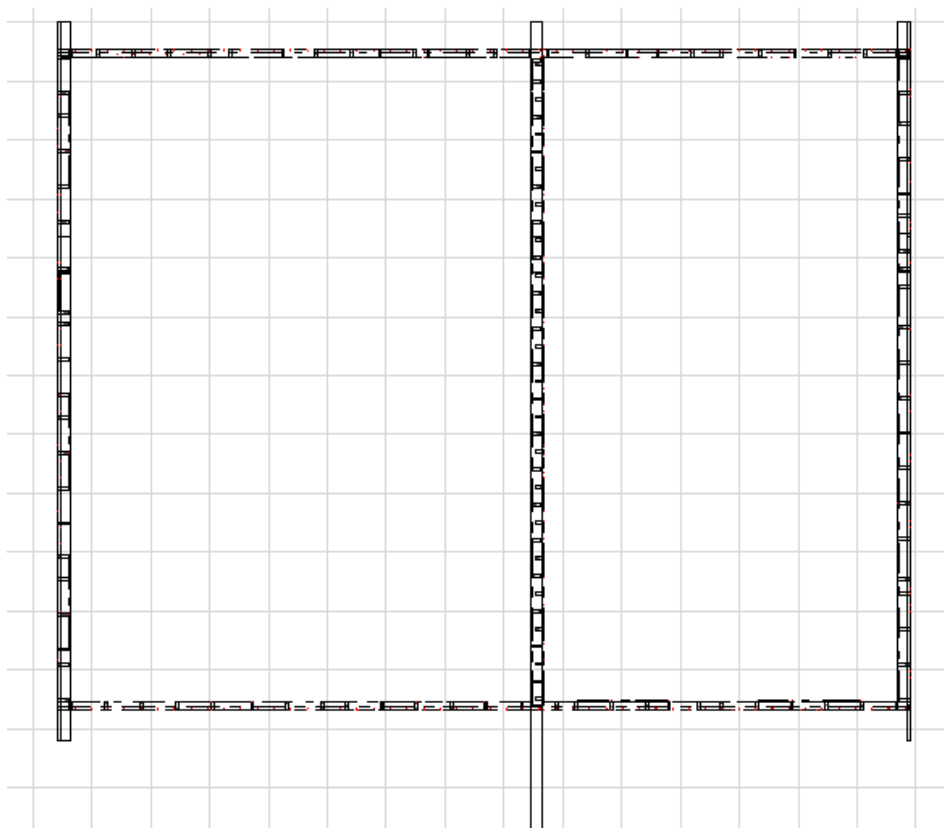


Kuva 81 Ristikon suunnittelua : sauvojen voimasuureet /1/

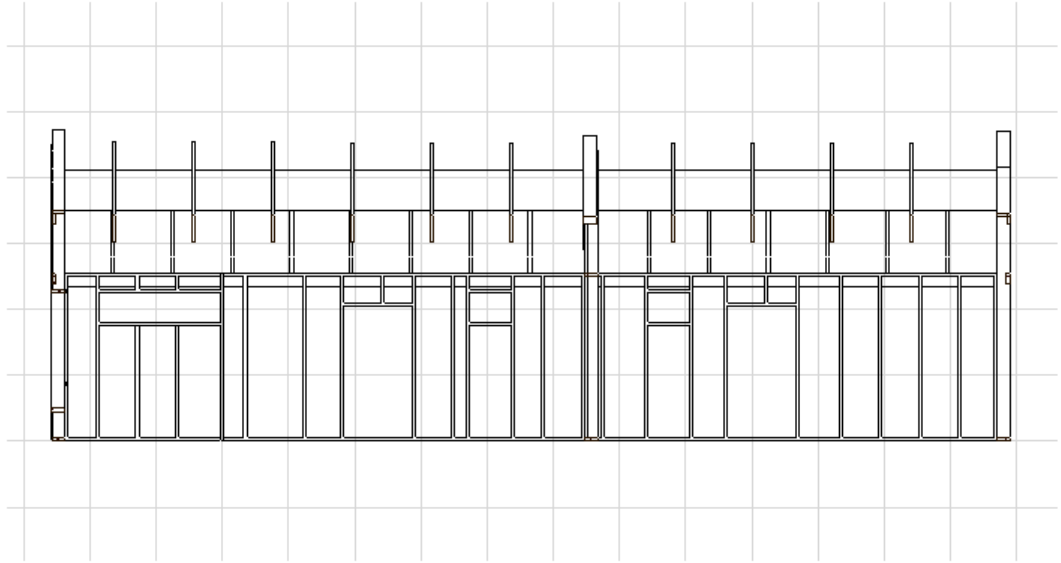


Kuva 82 Naulaliitosten suunnittelua /1/

**Runkokaaviot, detaljit**



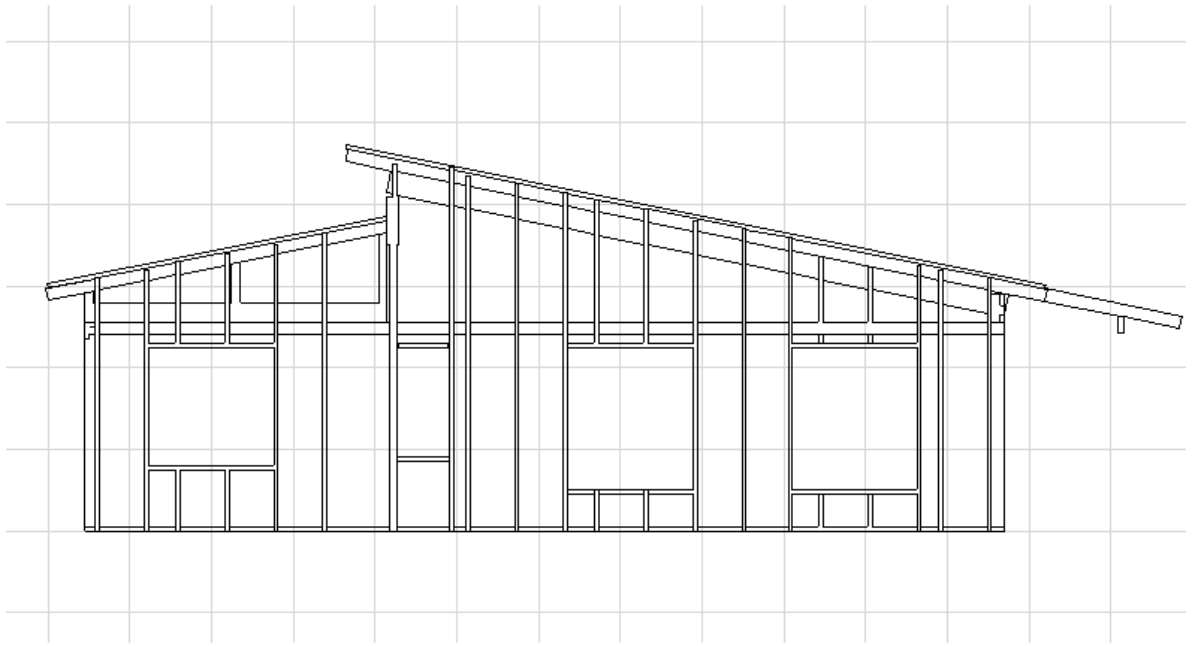
Kuva 83 Tuotemallista tuotettu seinärunkokaavio /1/



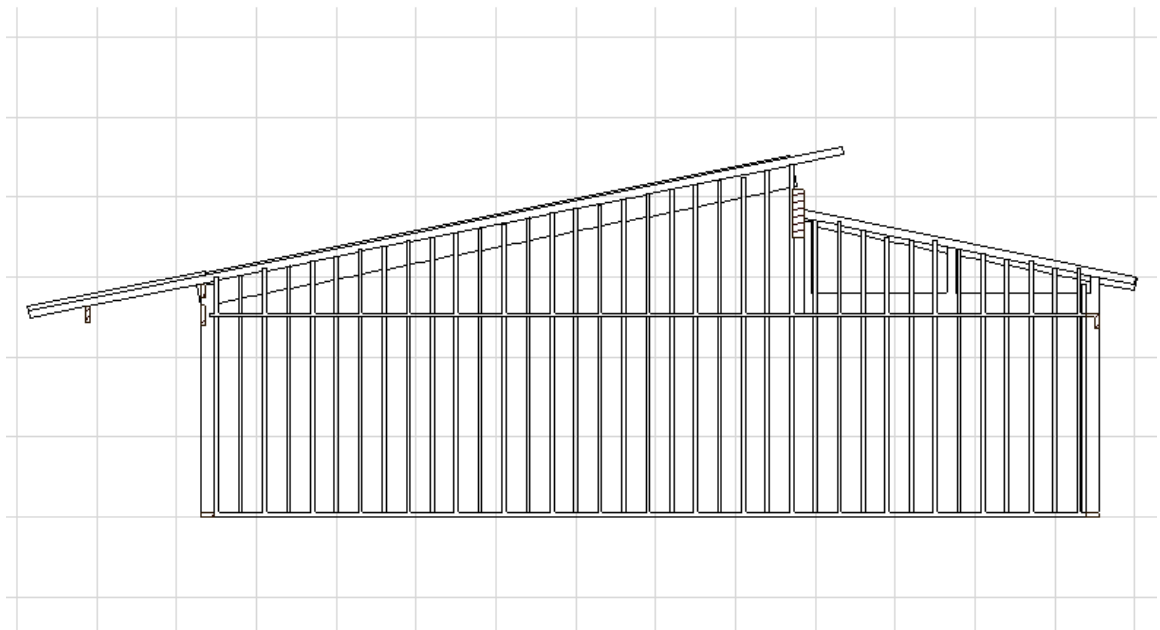
Kuva 84 Tuotemallista tuotettu seinärunkokaavio /1/



Kuva 85 Tuotemallista tuotettu seinäprojektio /1/

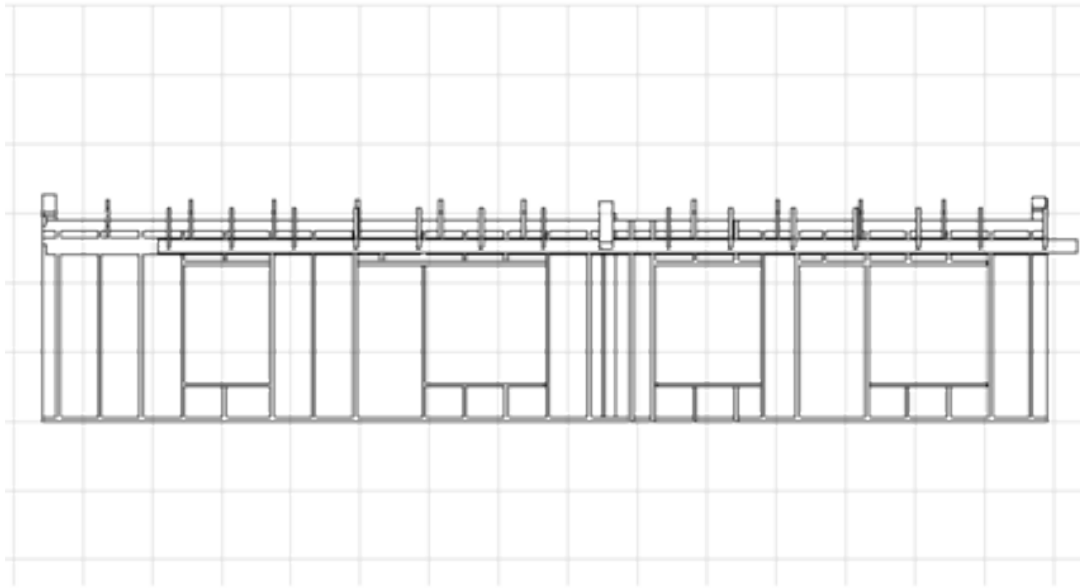


Kuva 86 Tuotemallista tuotettu seinäprojektio /1/



Kuva 87 Tuotemallista tuotettu seinäprojektio /1/





Kuva 88 Tuotemallista tuotettu seinäprojektio /1/

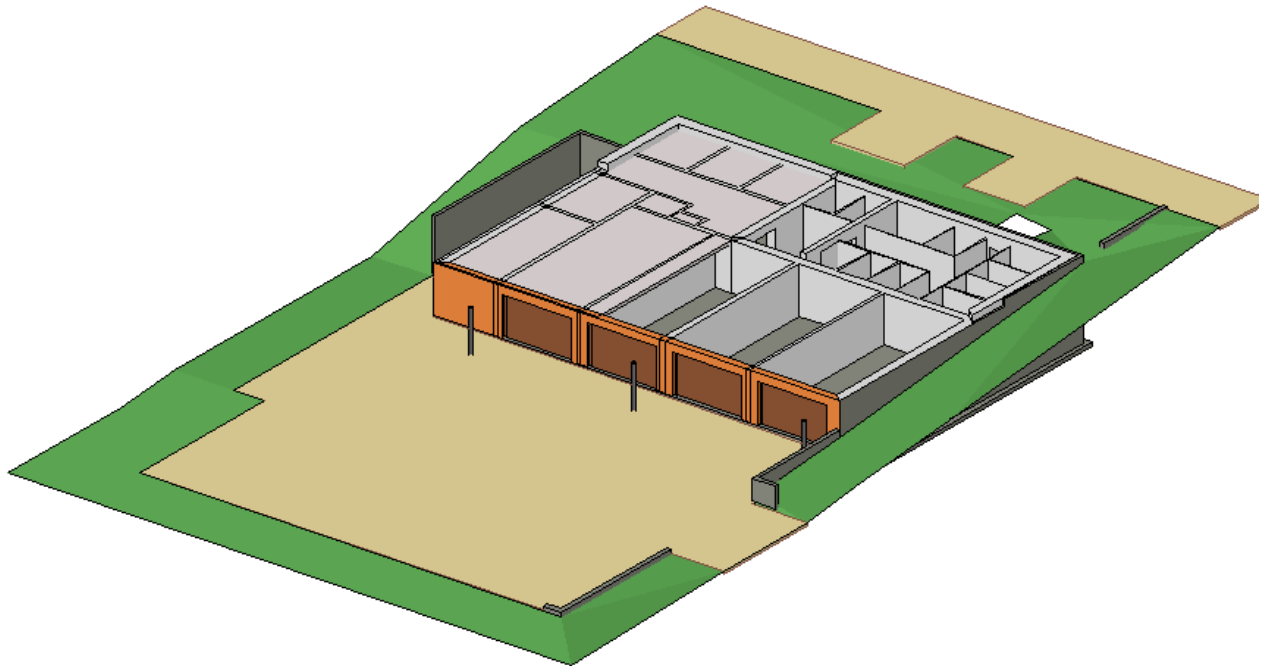
### **Pientalon levyjäykistys**



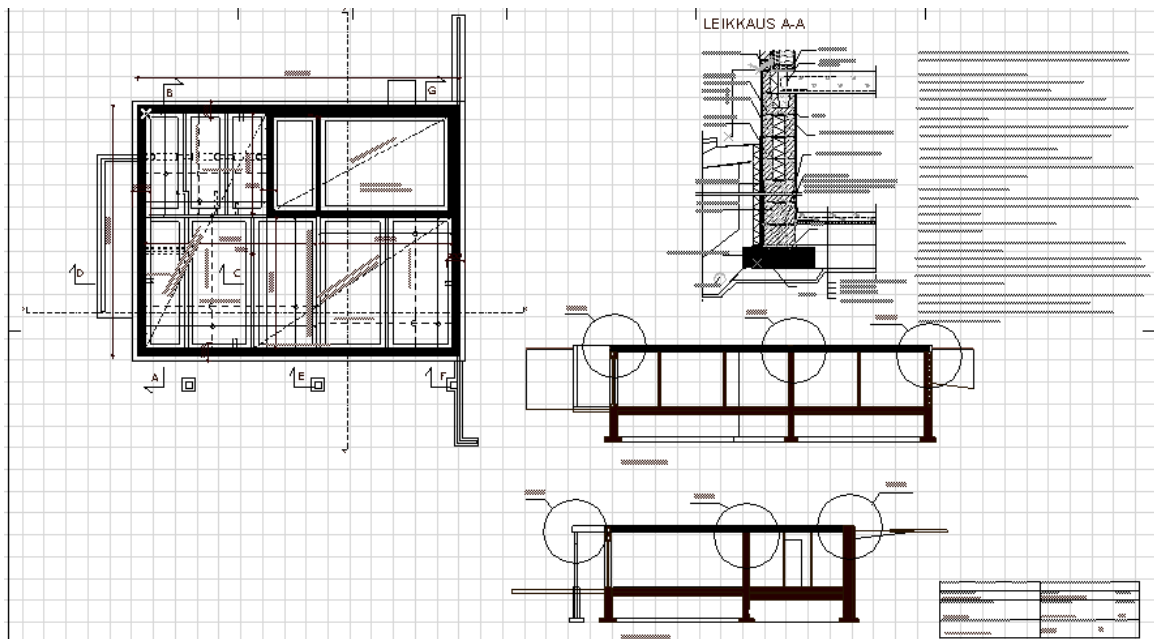
Kuva 89 Rungon ja vesikaton jäykistys /1/

## Kellarin teräsbetonirakenteet

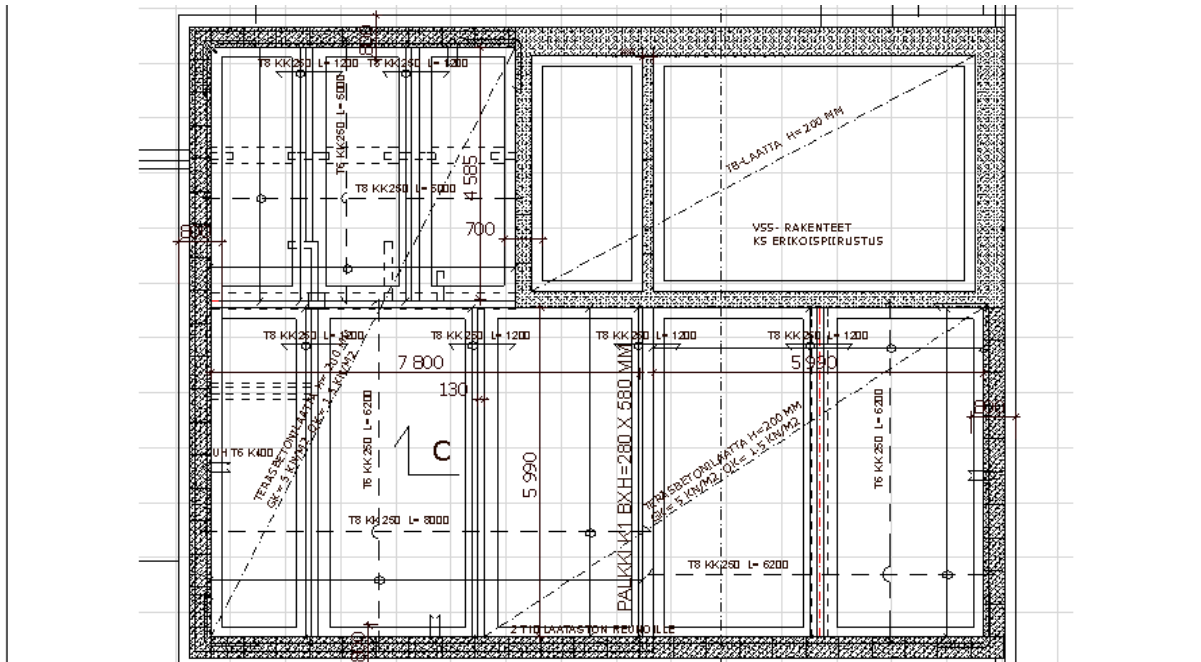
Pientalon kellarin ulkoseinät, maanvastaiset seinät ja kantavat väliseinät voidaan tehdä esim paikallavaletusta betonista tai betoniharkoista. Kellarin välipohja voi olla esim massiivi betonilaatta, liittolaatta tai ontelolaatta.



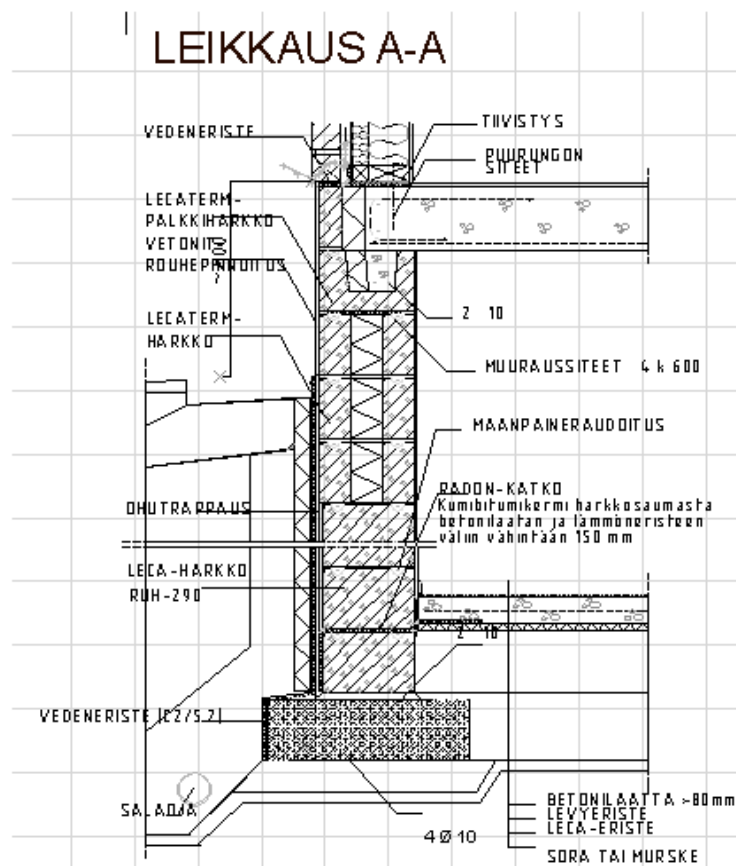
Kuva 90 Pientalon kellarin runko: paikallavalettu teräsbetonilaatta /1/



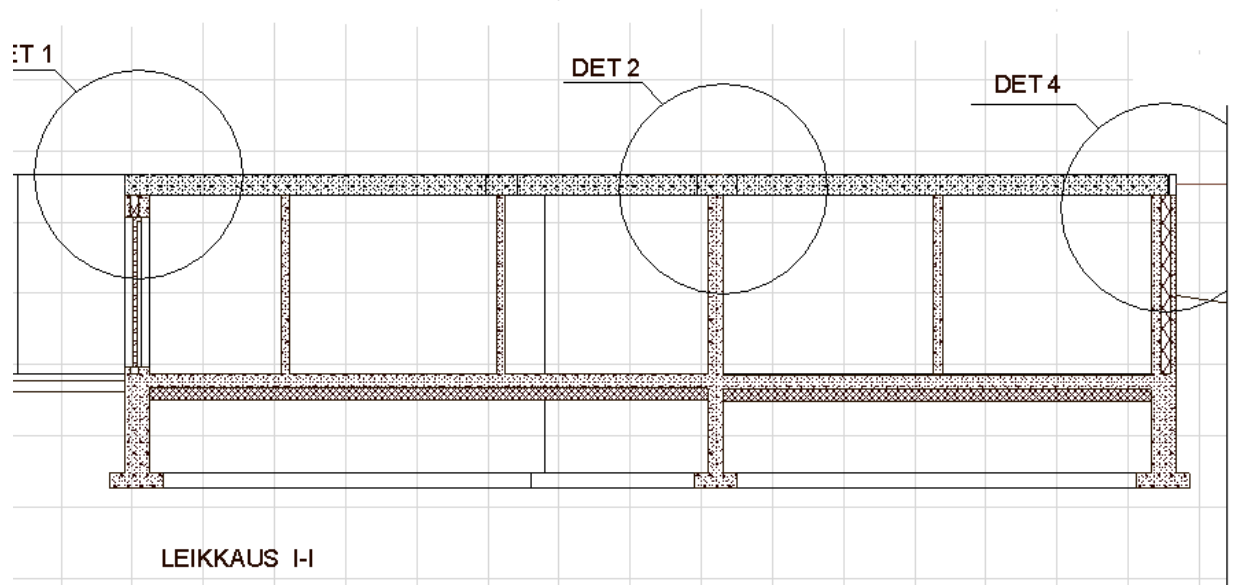
Kuva 91 Pientalon paikallavaletun teräsbetonilaatan tuotemalliprojektioita /1/



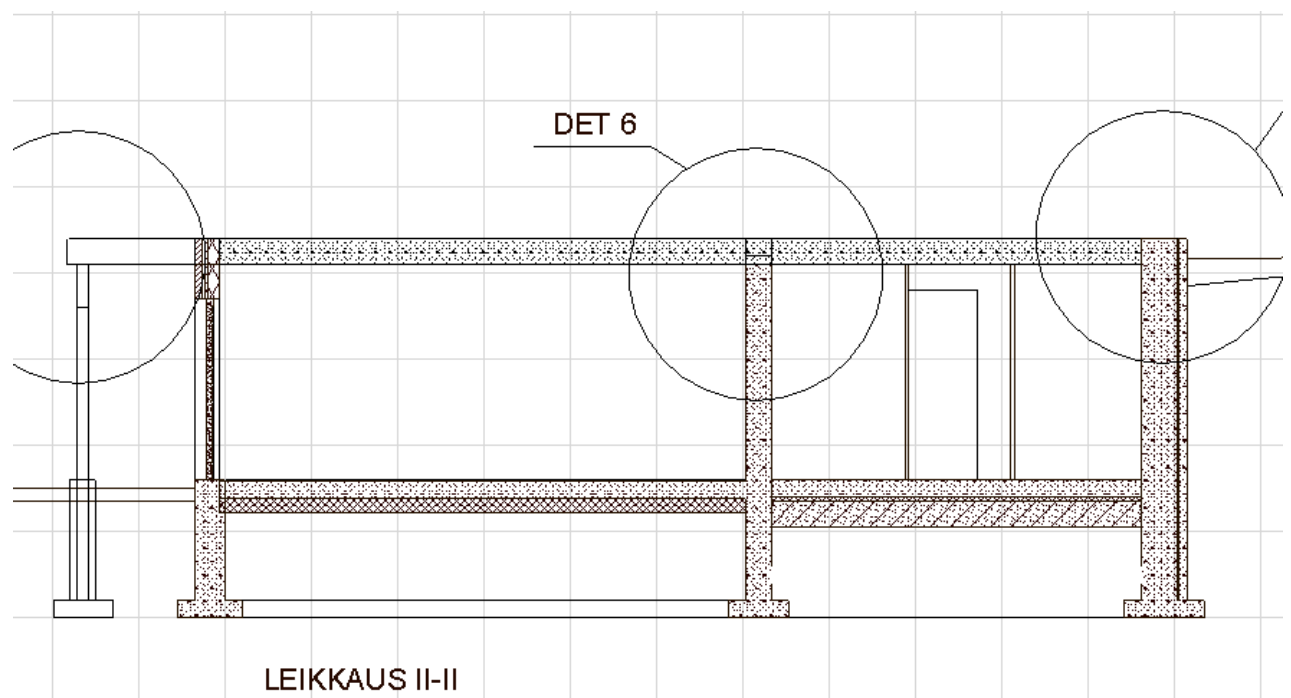
Kuva 92 Pientalon paikallavaletun teräsbetonilaatan alapinnan raudoitus /1/



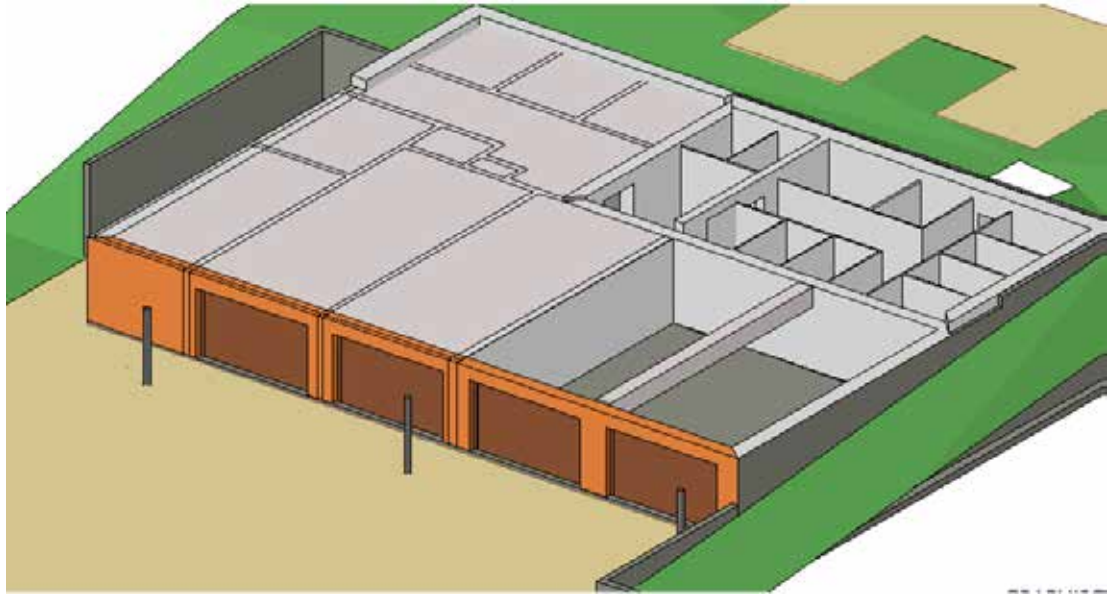
Kuva 93 Perustusdet A-A /19/



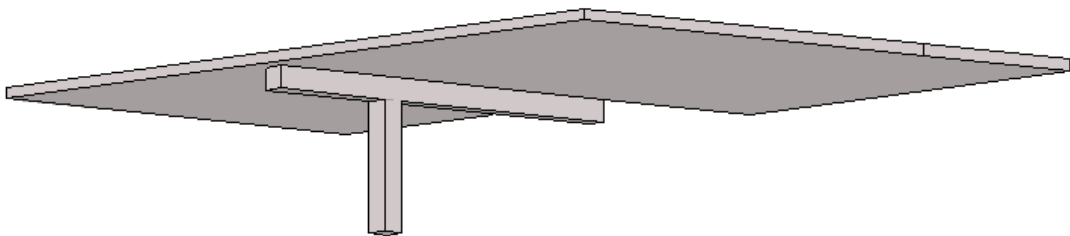
Kuva 94 Perustustusten tuotemalli-pituusleikkaus /1/



Kuva 95 Perustustusten tuotemalli- pituusleikkaus /1/



Kuva 96 Pientalon kellarin kantavia seiniä ja paikallavalulaatta /1/



Kuva 97 Pientalon kellarin kantava paikallavalulaatta ja teräsbetonipalkki /1/

## 1.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki

/3/

Suomen kaavoitusta ja rakentamista koskeva lainsäädäntö uudistettiin kokonaisuudessaan vuonna 2000. Uusi maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL) korostaa aiempaa enemmän kuntien päätösvaltaa kaavoituksessa, kansalaisten oikeutta osallistua kaavoitusprosessiin, suunnittelun ja rakentamisen laatua sekä kestäväen kehityksen periaatteiden noudattamista niin kaavoituksessa kuin rakentamisessakin.

### **Kaavajärjestelmä**

Suomen maankäytön suunnittelujärjestelmä sisältää kolme kaavatasoa: maakuntakaavan, yleiskaavan ja asemakaavan.

Maakuntakaavassa esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet koko maakunnan osalta. Sen tärkeä tehtävä on sovittaa yhteen valtakunnalliset tavoitteet maakunnan omien tarpeiden kanssa. Maakuntakaavan laatimisesta huolehtii alueen kuntien muodostama maakunnan liitto ja kaava tulee voimaan vasta, kun ympäristöministeriö on vahvistanut sen. Maakunnan liittoja on yhteensä 19 ja niiden alueet kattavat koko maan.

Yleiskaavalla ohjataan yhden kunnan tai kaupunkiseudun yhdyskuntarakennetta ja maankäyttöä. Siinä esitetään tavoitteena olevan kehityksen periaatteet ja osoitetaan alueet eri tarkoituksiin asemakaavoituksen pohjaksi. Maakuntakaava ohjaa yleiskaavoitusta ja se puolestaan asemakaavoitusta. Yleiskaavan laatii ja hyväksyy kunta. Valtion ympäristöhallinto osallistuu yleiskaavoituksen ohjaukseen ja voi tehdä kaavasta valituksen tuomioistuimelle, jos se on lainvastainen.

Asemakaavalla suunnitellaan taajamien tai lomarakentamiseen tarkoitettun ranta-alueen maankäyttö mm. käyttötarkoituksen, rakentamisen määrän ja kaupunkikuvan kannalta. Sen laatii ja hyväksyy kunta.

Maaseudulla taajamien ja ranta-alueiden ulkopuolella ei tarvita kaavaa rakentamisen edellytyksenä, mutta kunnalla voi olla määräyksiä esimerkiksi rakennuspaikan minimikoosta tai rakennuksen minimietäisyydestä naapurin rajaan. Jos rakentamishanke sijaitsee taajaman lieve-alueella, jonne ei vielä ole laadittu kaavaa, rakennuslupa voidaan myöntää vain, jos rakentaminen ei aiheuta haittaa tulevalle kaavoitukselle.

Kaavaan tai kaavoitusprosessiin tyytymätön kuntalainen, maanomistaja tai muu intressiosapuoli voi tehdä kaavapäätöksestä valituksen alueensa hallintotuomioistuimeen. Jos tuomioistuimen ratkaisu ei tyydytä, siitä on mahdollisuus valittaa edelleen korkeimpaan hallinto-oikeuteen.

### **Rakentamisen ohjausjärjestelmä**

Maankäyttö- ja rakennuslaki korostaa rakentamisen ohjauksessa laadun turvaamista, ympäristöarvoja, elinkaariajattelua ja korjausrakentamisen edistämistä.

Rakentamisen ohjauksesta yleisen edun kannalta vastaa alueellaan kunta. Sitä varten jokaisessa kunnassa on oltava rakennustarkastaja. Pienissä kunnissa rakennustarkastajalla voi olla myös muita tehtäviä esimerkiksi ympäristönsuojeluasioita. Laissa korostetaan aiempaa selkeämmin rakennuttajan vastuuta rakentamisen laadusta ja virheettömyydestä. Rakennuttajan on huolehdittava siitä, että rakentamista koskevia määräyksiä noudatetaan ja siksi hänellä pitää lain mukaan olla käytettävissään ammattitaitoiset suunnittelijat ja rakennustyön valvoja.

Rakentamiseen tarvitaan lupa, jonka myöntää kunta. Rakennuksen suunnitelmien on perustuttava alueen asemakaavaan ja muihin kunnan antamiin rakentamismääräyksiin. Suunnitelmien on tietysti täytettävä myös maankäyttö- ja rakennuslain ja siihen perustuvien valtion rakentamismääräysten vaatimukset.

Jos rakennushankkeessa joudutaan poikkeamaan asemakaavasta tai se sijaitsee kaava-alueen ulkopuolella, luvan myöntämisen edellytyksiin kuuluu naapureiden mielipiteen kuuleminen. Myös rakennuksen purkamiseen kaava-alueella tarvitaan lupa, jossa on esitetty mm. miten purkujätteestä huolehditaan. Rakentamisen laatua varmistavia maankäyttö- ja rakennuslain uusia toimenpiteitä ovat rakennustyön aloituskokous, laadunvarmistusselvitys ja rakennuksen huolto- ja käyttöohje.

Rakennustyön aloituskokouksessa todetaan mahdolliset rakennusluvan ehdot, varmistetaan hankkeen eri osapuolten pätevydestä ja sovitaan, miten rakennustyön laadusta huolehditaan. Rakennuslupaviranomainen voi edellyttää aloituskokouksessa sovitun lisäksi erityistä laadunvarmistusselvitystä toimenpiteistä rakentamisen laadun varmistamiseksi. Rakennuksen huolto- ja käyttöohje on asiakirja, jossa rakennuksen käyttäjille kerrotaan mm., miten eri laitteita huolletaan, milloin eri rakennusosien ja laitteiden kunto on syytä tarkistaa ja miten rakennuksessa käytettyjä materiaaleja hoidetaan. Suunnittelun tavoitteet ja kaavatasojen sisältövaatimukset lain laaturaameina.

Kuntien päätösvalan lisäämisen vastapainona lakia valmisteltaessa pidettiin tärkeänä korostaa kaavoitusprosessin vuorovaikutteisuuksia sekä täsmentää, millaista ympäristöä tai rakentamista tavoitellaan.

Rakennuslupahakemuksessa tarvitaan mm seuraavia lomakkeita:

- Lupahakemus, rakennuslupa, toimenpidelupa, maisematyölupa
- Vastaavan työnjohtajan hakemus tai ilmoitus
- Suunnittelijat, selvitys rakennuksen suunnittelusta ja suunnittelijoista
- Selvitys naapurin kuulemisesta, käytetään lupahakemuksen vireilletulon, poikkeamismenettelyn, suunnittelutarveratkaisun ja vähäisen poikkeamisen yhteydessä
- Asuinhuoneistojen korjausilmoitus RH2 ja Rakennushanketietojen korjausilmoitus RH1
- Rakennuksen purkaminen, purkamislupa, purkamisilmoitus
- Ilmavirtojen mitoitus Lomakkeen sisältämien mitoituslaskelmien avulla iv-suunnittelija antaa selvityksen asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteista ja ilmanvaihtomääräistä huoneistotyypeittäin.
- Ilmoitus väestönsuojasta
- KVV-laitteistoselvitys
- Rakennuvaiheiden tarkastusten vastuuhenkilöt sekä vaihetarkastusten suorittajat
- Selvitys: Rakennuksen suunnittelutaratkaisun lämmöneritysmääräysten määräystenmukaisuuden täyttäminen
- Tarkastusasiakirjan yhteenvetolomake

### 1.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma

/3/

Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) saatettiin aikanaan voimaan sisäasianministeriön antamalla päätöksellä 12.11.1975 silloisen rakennusasetuksen (266/59) nojalla. Tuosta ajankohdasta rakentamismääräykset ovat täydentyneet nykyiseen laajuuteensa. Ne täsmentävät laissa ja asetuksessa rakentamiselle asetettuja vaatimuksia. Määräykset koskevat talonrakentamista ja niitä on soveltuvin osin noudatettava myös korjaus- ja muutostöissä.

RakMK sisältää teknisiä määräyksiä ja ohjeita, joiden tarkoituksena on mm. varmistaa, että rakennukset täyttävät riittävät lujuuden, paloturvallisuuden, terveellisyyden ja hyvän energiatalouden vaatimukset. Rakentamismääräyksiä koskevasta ohjauksesta ja neuvonnasta huolehtii kunnan rakennusvalvontaviranomainen. Määräykset ovat sitovia. Ratkaisu, jossa poiketaan määräyksistä, ei siten yleisesti ottaen ole hyväksyttävä, ellei siihen myönnetä erillistä poikkeusta.

RakMK:n osa A1 käsittelee Rakentamisen valvontaa ja teknistä tarkastusta ja osassa A2 on määräyksiä koskien Rakennusten suunnittelijat ja suunnitelmat.

4.2.3.2 RUNKORAKENTEET	AA (1)	A (2)	B (3)
Betonirakenteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennus on yli 8-kerroksinen;</li> <li>• rakenteen kantavuus mitoitetaan betonin lujuudelle yli K40;</li> <li>• rakenne on esivalmistettu ja jänneväliltään yli 25 m; tai</li> <li>• rakenne on jännitetty.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakenteen kantavuus mitoitetaan betonin lujuudelle korkeintaan K40;</li> <li>• rakennuksen kellari-tiloissa on harkko-rakenteiset maan-paineseinät.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakenteen kantavuus mitoitetaan betonin lujuudelle korkeintaan K 20.</li> </ul>
Puurakenteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennus on 3–4-kerroksinen asuinkerrostalo; tai</li> <li>• rakenne on esivalmistettu ja jänneväliltään yli 25 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakenne suunnitellaan naulalevyristikoita käyttäen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennus on tavanomainen enintään 2-kerroksinen pientalo, jonka lujuuslaskelmissa käytettävän sahatavaran lujuus on enintään T24 (C24).</li> </ul>
Teräsrakenteet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennus on yli 8-kerroksinen; tai</li> <li>• rakenne on esivalmistettu ja jänneväliltään yli 36 m; tai</li> <li>• rakenne, jonka kantavuus mitoitetaan korkeammalle teräksen myötölujuudelle kuin 355 N/mm<sup>2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennus on enintään 2-kerroksinen, tarkoitettu pysyvään asumiseen tai työntekoon ja rungon teräksiset rakenneosat ja niiden liitokset eivät ole käyttöön vakiintuneita ratkaisuja; tai</li> <li>• rakennus on 3–8-kerroksinen käyttötarkoituksesta riippumatta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rakennus on enintään 2-kerroksinen ja tarkoitettu muuhun kuin pysyvään asumiseen tai työntekoon; tai</li> <li>• rakennus on enintään 2-kerroksinen, tarkoitettu pysyvään asumiseen tai työntekoon ja rungon teräksiset rakenneosat ja niiden liitokset ovat käyttöön vakiintuneita ratkaisuja.</li> </ul>

Kuva 98 RAK-Rakennesuunnittelutehtävän vaativuus /3/



## 4.2 Suunnittelutehtävien vaativuus ja suunnittelijoiden pätevydet

### 4.2.1 Ohje: ARK-rakennussuunnittelutehtävän vaativuus/vaativuusluokat

AA (MRA 48 § 1 mom.) ERITYISVAATIMUS	A (MRA 48 § 1 mom.) PERUSVAATIMUS	B (MRA 48 § 2 mom.) PIENEHKÖ tai teknisiltä ominaisuuksiltaan TAVAN-OMAINEN rakennus tai tekninen järjestelmä	C (MRA 48 § 3 mom.) VÄHÄINEN
<p>Suunnittelutehtävä erittäin vaativaan ympäristöön tai rakennuspaikalle, kuten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• kulttuuri-alueeseen</li> <li>• keskusta-alueelle</li> <li>• suojeltuun rakennukseen tai miljööseen</li> <li>• historiallisesti, rakennustaiteellisesti tai maisemallisesti merkittävään kohteeseen.</li> </ul> <p>Erittäin vaativa toiminnallinen ja arkkitehtoninen tavoitetaso.</p> <p>Korjaamisessa esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vaativa restaurointi</li> <li>• käyttötarkoituksen muutos oleellisesti vaativampaan suuntaan.</li> </ul>	<p>Suunnittelutehtävä normaalin vaatavuustason ympäristöön tai rakennuspaikalle.</p> <p>Toiminnallisesti ja arkkitehtonisesti normaali tavoitetaso.</p> <p>Korjaamisessa esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vanhojen pintojen, rakenteiden tai teknisten järjestelmien uusiminen tai muuttaminen entisestä poikkeavaksi</li> <li>• käyttötarkoituksen muutos.</li> </ul>	<p>Suunnittelutehtävä, jonka ympäristövaatimukset ovat pienet.</p> <p>Yksinkertainen ja vaatimaton toiminnallinen ja arkkitehtoninen tavoitetaso.</p> <p>Rakennushanke on esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• enintään kaksikerroksinen</li> <li>• pienehkö tai teknisiltä ominaisuuksiltaan tavanomainen.</li> </ul> <p>Korjaamisessa esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ylläpitokorjaus entiseen tyyliin käyttötarkoitusta vaihtamatta</li> <li>• pienehkö muutostyö.</li> </ul>	<p>Rakennushanke on esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pieni, enintään yksi-kerroksinen rakennus tai rakennelma, joka ei ole tarkoitettu pysyvään asumiseen</li> </ul> <p>Korjaamisessa esimerkiksi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• helppo, pienehkö ylläpitokorjaus.</li> </ul>

### 4.2.2 Ohje: ARK-rakennussuunnittelijan pätevyys

kohdan 4.2.1 vaativuusluokkien mukaisiin rakennussuunnittelutehtäviin

AA (MRA 48 § 1 mom.)	A (MRA 48 § 1 mom.)	B (MRA 48 § 2 mom.)	C (MRA 48 § 3 mom.)
<p>Suorittanut arkkitehdin tutkinnon teknillisessä korkeakoulussa tai yliopistossa ja on toiminut rakennussuunnittelijana vaativuusluokan A suunnittelutehtävissä vähintään viiden vuoden ajan ja osallistunut vaativuusluokan AA hankkeiden rakennussuunnitteluun.</p> <p>A-luokan pätevyyden täyttävä rakennussuunnittelija, jolla on edellämainittu kokemus ja jolla voidaan katsoa olevan tehtävän vaatimat edellytykset.</p>	<p>Suorittanut arkkitehdin tutkinnon teknillisessä korkeakoulussa tai yliopistossa tai on suorittanut rakennusarkkitehti (AMK) -tutkinnon tai rakennusarkkitehdin tutkinnon ammattikorkeakoulussa tai teknillisessä oppilaitoksessa tai on suorittanut vastaavan rakennussuunnittelun oppimäärän (30 ov) sisältävän rakennusalan muun tutkinnon ja on osallistunut vaativuusluokan A hankkeiden rakennussuunnitteluun vähintään kolmen vuoden ajan.</p>	<p>Suorittanut vähintään teknillisen oppilaitoksen teknikon (rakennusmestarin) tai tätä korkeamman tutkinnon, johon sisältyvät riittävät rakennussuunnittelua käsittelevät opinnot ja on hankkinut riittävästi kokemusta rakennussuunnittelusta.</p>	<p>Näyttöä asianomaiseen suunnittelutehtävään riittäväksi katsottavasta kokemuksesta.</p>
<p><b>Selostus</b></p> <p><i>Euroopan talousalueen valtiossa suoritettujen arkkitehdin tutkinnon vastaavuudesta on säädetty erikseen. Muussa valtiossa suoritettujen tutkinnon vastaavuudesta lausunnon antaa opetusministeriö.</i></p> <p><i>Rakennusalan muuta tutkintoa A-luokassa koskevan viittauksen tarkoituksena on kattaa ennen rakennusarkkitehtikoulutuksen aloittamista vastaavan insinöritutkinnon suorittaneet sekä mahdollistaa alalla jo toimivien insinöritutkinnon täydentämisen vähimmäistasolle, ei uusien koulutusväylien avaaminen arkkitehtitutkinnon rinnalle.</i></p>			

Kuva 99 Suunnittelijan pätevyys /3/

## 1.4 Kuormien luokitus ja ominaisarvot

/6/

Kuormien luokitus ja ominaisarvot perustuvat niiden ajasta riippuvaan vaihteluun:

- pysyviä kuormia (G) ovat esim. rakenteiden ja laitteiden oma paino, kutistumisen ja epätasaisen painuman aiheuttama kuormitus sekä rakenteen esijännitys
- muuttuvia kuormia (Q) ovat esim. hyötykuormat, tuulikuormat ja lumikuormat
- onnettomuuskuormia (A) ovat esim. räjähdykset ja ajoneuvojen törmäykset
- pakkosiirtymistä aiheutuva kuorma voi olla joko pysyvää (viruma) tai muuttuvaa (lämpötilavaihtelu)
- väsyttävät kuormat aiheuttavat rakenteeseen väsytystä esim. korkeat ja hoikat tuulelle alttiit rakenteet ja kylmän ja lämpimän rakenteen liitokset, joissa lämpöliike pääsee tapahtumaan kuten parvekeliitokset jne.  
HUOM. Standardeissa EN 1992...EN 1999 esitetään materiaalien ja tuotteiden ominaisuudet sekä niiden mittatiedot, mm miten rakenneosia mitoitettaessa otetaan huomioon epätarkkuudet ja materiaaliikohtaiset vaikutukset (esimerkiksi keskimääräisen jännityksen vaikutuksen tai epälineaaristen vaikutusten huomioon ottaminen).
- dynaamiset kuormat huomioidaan tavallisesti siten, että staattiset ominaiskuormat kerrotaan dynaamisella suurennuskertoimella ja mitoitus suoritetaan näin saadulla kuormalla

### Muuttuvien kuormien yhdistelykertoimet

Muuttuvan kuorman edustavana arvona käytetään arvoa  $F_k = \psi Q$ , jossa  $\psi$  on muuttuvan kuorman yhdistelykerroin. Yhdistelykertoimena käytetään jotakin seuraavista:

- a)  $\psi_0$  = muuttuvan kuorman yhdistelykerroin mm. ominaisyhdistelmässä (murtorajatila ja palautumaton käyttörajatila)
- b)  $\psi_1$  = muuttuvan kuorman yhdistelykerroin (onnettomuuskuormia sisältävä murtorajatila ja palautuva käyttörajatila)
- c)  $\psi_2$  = muuttuvan kuorman pitkäaikaisarvon yhdistelykerroin (onnettomuuskuormia sisältävä murtorajatila ja palautuva käyttörajatila)

Taulukko /6/

Kuorma	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (katso EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,3
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30$ kN $\leq$ ajoneuvon paino $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso EN 1991-1-3)*, kun			
$s_k < 2,75$ kN/m <sup>2</sup>	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75$ kN/m <sup>2</sup>	0,7	0,5	0,2
Jääkuorma (jään painosta johtuva)**)	0,7	0,3	0
Rakennusten tuulikuormat (katso EN 1991-1-14)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (katso EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

\*) Ulkotasoilla ja parvekkeilla  $\psi_0 = 0$  luokkien A, B, F ja G yhteydessä.

Huom: Mikäli rakennuksessa on eri kuormaluokkia, joita ei voi erotella selviin ryhmiinsä, käytetään  $\psi$ -arvoja, jotka antavat epäedullisimman vaikutuksen.

\*\*\*) Lisätty Suomen kansalliseen liitteeseen.

#### Kuormien yhdistely

Yhdistelykaavassa käytetyt merkinnät kuormille:

$G_{k,j}$  pysyvät kuormat (epäedullisen tai edullisen vaikutuksen aiheuttava)

$Q_{k,1}$  määräävä muuttuva kuorma

$Q_{k,j}$  muut muuttuvat kuormat

$\psi$  yhdistelykerroin taulukon mukaisesti

P esijännitysvoima

Murtorajatilan kuormayhdistelmä

Rakenteen tai rakenneosan kestävyyttä laskettaessa kuormitusyhdistelmä on:

$$\left. \begin{matrix} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_p P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Kuitenkin vähintään

$$\left. \begin{matrix} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$$

- Selostus: seuraamusluokka (ja kuormakerroin) huomioiden yhdistetään
- epädullisen vaikutuksen aiheuttavat pysyvät kuormat (G<sub>k</sub>) kerrottuna kertoimella 1,15 KFI
  - edullisen vaikutuksen aiheuttavat pysyvät kuormat (G<sub>k</sub>) kerrottuna kertoimella 0,9 (huom. ei kerrointa KFI)
  - esijännitysvoimat P kerrottuna osavarmuuskertoimella γ<sub>P</sub> (ks. EN 1992...EN 1996 ja EN 1998...EN 1999)
  - määräävä muuttuva kuorma Q<sub>k,1</sub> kerrottuna kertoimella 1,5KFI
  - muiden samanaikaisten muuttuvien kuormien Q<sub>k,j</sub> yhdistelyarvot (ψ<sub>0,i</sub>Q<sub>k,i</sub>) kerrottuna kertoimella 1,5KFI
  - käytetään rakenteiden mitoituksessa
  - yhdistelmää käytetään myös mitoittaessa rakenneosien kestävyyttä, kun mitoitukseen vaikuttavat geotekniset kuormat ja maapohjan kantavuus.

### Käyttörajojen kuormayhdistelmät /6/

Kuormitusyhdistelmät valitaan siten, että ne ovat tarkoituksenmukaisia tarkasteltavien käyttökelpoisuusvaatimusten ja toimivuuskriteerien kannalta.

Kuormitusyhdistelmät ovat:

#### a) Ominaisyhdistelmä

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Selostus:

- tätä ominaisyhdistelmää käytetään tavallisesti palautumattomille rajatiloille
- palautumaton rajatila = rajatila, jossa kaikki käyttökelpoisuusvaatimuksen ylittävät kuormien vaikutukset eivät palaudu, kun kuormat poistetaan (esim. halkeillut poikkileikkaus, muurattujen seinien halkeilu).

#### b) Tavallinen yhdistelmä

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Selostus:

- tavallista kuormayhdistelmää käytetään tavallisesti palautuville rajatiloille
- palautuva rajatila = käyttörajatila, jossa jokainen käyttökelpoisuusvaatimuksen ylittävä kuormien vaikutus palautuu, kun kuormat poistetaan.

c) Pitkäaikaisyhdistelmä

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Selostus:

- pitkäaikaisyhdistelmää käytetään tavallisesti pitkäaikaisvaikutuksille ja rakenteen ulkonäön kannalta.

**Kuormat**

Suunnittelussa käytettävät kuormat saadaan standardista SFS-EN 1991 ja sen kansallisista liitteistä, RIL 201-1-2008:sta tai puurakenteille yksinkertaistettuna RIL 205-1-2009 ohjeen kohdasta 2.3.1.4S. Kuormitusmääräykset sijoitetaan RakMK:n kohtaan B1.

**Omapaino**

Rakennuskohteen omapainon ominaisarvo lasketaan nimellismittojen ja nimellisten tilavuuspainojen perusteella. Tehdasvalmisteisille rakennusosille ja laitteille käytetään valmistajan ilmoittamia arvoja. Kuivalle havupuutavaralle ja siitä liimaamalla valmistetuille rakennusmateriaaleille (mm. liimapuu, LVL ja vaneri) käytetään tilavuuspainoa 5,0 kN/m<sup>3</sup>. Rakennuskohteen omaan painoon kuuluvat kantavat ja ei-kantavat rakennusosat, kiinteät laitteet sekä maakerrosten ja sepellysten painot. Rakenteisiin kiinnitettyjen kantamattomien keveiden väliseinien omapaino voidaan käsitellä tasaisena lattiakuormana, jolle ei saa kuitenkaan käyttää pienempää arvoa kuin  $g_k = 0,3 \text{ kN/m}^2$ . Vapaasti liikuteltavien seinämien, kuten sermien, omapaino lisätään hyötykuormaan.

## Taulukko

Käyttötarkoitukseluokka ja tila	tasainen kuorma $q_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	pistekuorma $Q_k$ (kN)	vaakakuorma $q_k$ (kN/m)
<b>Luokka A: Asuintilat</b>			
- Lattiat	2,0	2,0	0,5
- Portaat	2,0	2,0	0,5
- Parvekkeet	2,5	2,0	0,5
<b>Luokka B: Toimistotilat</b>	2,5	2,0	0,5
<b>Luokka C: Kokoontumistilat</b>			
-C1: Pöytäalueet	2,5	3,0	0,5
-C2: Kiinteiden istuimien alueet	3,0	3,0	1,0
-C3: Esteettömät alueet	4,0	4,0	1,0
-C4: Liikuntatilat ja näyttämöt	5,0	4,0	1,0
-C5: Tungokselle alttiit alueet	6,0	4,0	3,0

Taulukko 2.1 - Tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot.

/9/

## Hyötykuorma

/21/

Rakennusten hyötykuormat aiheutuvat tilojen käytöstä. Hyötykuormina käytetään tilan käyttötarkoituksesta riippuvia tasan jakautuneita kuormia, pistekuormia ja vaakasuuntaisia viivakuormia. Taulukossa 2.1 on esitetty tavallisimpien hyötykuormien ominaisarvot. Hyötykuorma oletetaan liikkuvaksi kuormaksi, joka vaikuttaa tarkasteltavan rakenteen kannalta epäedullisimmassa osassa. Paikallisia vaikutuksia tarkasteltaessa otetaan huomioon pistekuorma  $Q_k$ , jota ei yhdistetä tasaiseen kuormaan tai muihin muuttuviin kuormiin. Pistekuorman kuormitusalueksi oletetaan  $50 \times 50 \text{ mm}^2$ , kun  $Q_k < 2,0 \text{ kN}$ , muutoin  $100 \times 100 \text{ mm}^2$ . Kaiteena toimiviin väliseiniin ja kaiteisiin kohdistuvan vaakasuuntaisen viivakuorman  $q_k$  oletetaan vaikuttavan käsijohteen tai kaiteen korkeudella, mutta ei ylempänä kuin 1,2 m.

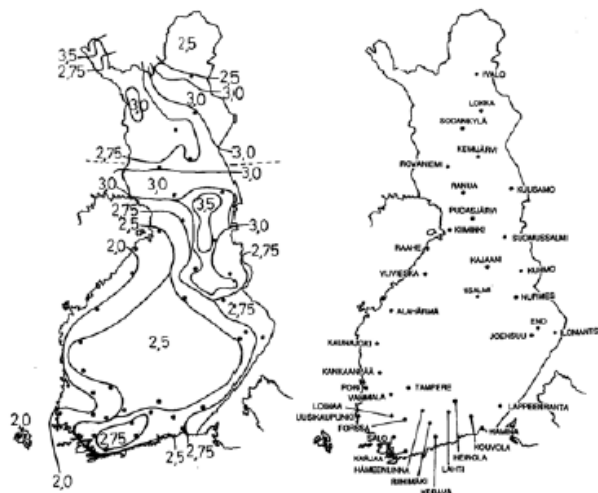
## Lumikuorma

/21/

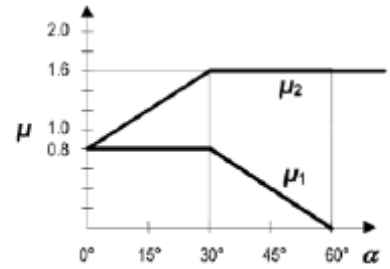
Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot  $s_k$  on esitetty kuvassa 2.1. Kattojen ominaislumikuormat  $q_k$  saadaan kertomalla maanpinnan lumikuorma kuvien 2.2 ja 2.3 mukaan määritetyllä muotokertoimella  $\mu_i$ :

$$q_k = \mu_i s_k \quad (2.9)$$

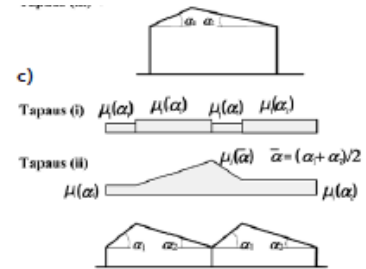
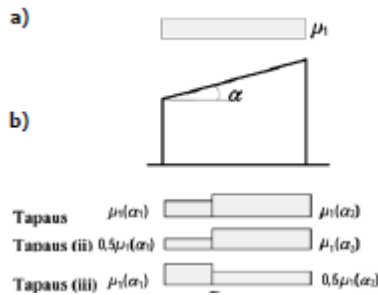
Katot tarkistetaan kuvassa 2.3 esitetyille lumenkuormitustapauksille. Lumikuorma on kiinteä muuttuva kuorma ts. lumikuorman ”liikkuvuutta” ei tarkastella esim. moniaukkoisten kattoelementtien mitoituksessa.



Kuva 2.1 - Maanpinnan lumikuorman ominaisarvot  $s_k$ .



Kuva 2.2 - Lumikuorman muotokertoimet.



Kuva 2.3 - Kattojen lumikuorman muotokertoimet: a) pulpetti, b) harja- ja c) sahakatto.

Kuva Lumikuorma /9/

Kuvissa esitetyt muotokertoimien arvot ovat voimassa, kun lunta ei estetä liukumasta katolla. Jos katolla on lumieste tai muu liukumiseste tai jos katon alaräystäällä on kaide, niin lumikuorman muotokertoimelle käytetään vähintään arvoa 0,8.

Tuulen kinostama lumi on otettava huomioon katolla olevien taserojen, ulkonemien ja esteiden kohdalla. Monitasoisten kattojen ja korkeampaa rakennuskohdetta vasten olevien kattojen yhteydessä on otettava huomioon myös ylemmältä katolta liukuvan lumen kasautuminen (ks. RIL 201-1-2008 tai RIL 205-1-2009 kohta 2.3.1.4S).

Taulukko

Luokka	Maaston rosoisuuden ja pinnanmuodon kuvaus.
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko.
I	Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä.
II	Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta ja erillisiä puita tai rakennuksia, joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus. Esim. maatalousmaa.
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet ja kylät.
IV	Yhtenäiset laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15% on rakennettu ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m.

Taulukko 2.2 - Maastoluokat.

/9/

## Tuulikuorma /21/

Seuraavassa annetaan tuulikuorman laskemiseksi yksinkertaistettu menettely, jota voidaan käyttää tavanomaisten rakennusten yhteydessä. Tuulikuorman suuruuteen vaikuttaa taulukon mukainen maastoluokka. Tasaista maastoa vastaava nopeuspaineen ominaisarvo  $q_k(h)$  esitetään kuvassa . Rakennuksen kaikissa tuulikuormatarkasteluissa käytetään samaa nopeuspaineen ominaisarvoa, joka määritetään rakennuksen korkeuden  $h$  mukaan.

Mitoitettaessa rakenteita tuulikuormalle erotetaan mitoitus tapaukset A ja B:

A) rakennuksen tuulta jäykistävien rakenteiden mitoitus kokonaistuulikuormalle (rakennuksen kokonaisstabiliteetti)

B) rakennuksen tai rakenteen osapintojen ja niiden kiinnitysten mitoitus paikalliselle tuulenpaineelle.

Muiden kuin tuulta vastaan jäykistävien kantavien puurakenteiden mitoituksessa ei yleensä tarvitse tarkastella tuulikuormaa yhdessä muiden muuttuvien kuormien kanssa; hetkellinen aikaluokka ei tule mitoittavaksi esimerkiksi lumi- ja tuulikuormalla rasitetuissa kattorakenteissa.

Kattorakenteiden kiinnitykset tuulen imulle tulee kuitenkin tarkistaa käyttäen osapintojen paikallista tuulenpainetta. Kaltevien kattojen kannatteiden kiinnitykset tulee tarkistaa myös jäykistävillä rakenteilla johdettavalle vaakakuormalle, joka määritetään kannatteen kuormitusalan pystyprojektiota vastaavana osuutena rakennuksen kokonaistuulikuormasta. Rakennuksen tai erillisen seinämän vaakasuuntainen kokonaistuulikuorman ominaisarvo saadaan tavallisissa tapauksissa kaavasta

$$F_{w,k} = c_f q_k(h) A_{ref} \quad (2.10)$$

missä

$c_f$  on rakenteen voimakkeroin

$q_k(h)$  on rakennuksen korkeutta  $h$  vastaava nopeuspaine ja

$A_{ref}$  on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala

Kokonaistuulikuorman resultantin  $F_{w,k}$  oletetaan vaikuttavan 0,6h korkeudella maasta.

Rakenteen osapinnoille kohdistuvaa paikallista tuulenpainetta käytetään rakenteiden kiinnitysten mitoituksessa sekä rakenneosien ja verhousten taivutustarkasteluissa. Osapinnan tuulenpaine kohdistuu aina kohtisuorasti pintaa vastaa. Tässä ohjeessa paikallinen tuulenpaine määritetään rakennuksen ulkoisen ja sisäisen tuulenpaineen sisältävänä nettopaineena. Tuulen aiheuttama osapinnan nettopaine

$$q_{w,k} = c_{p,net} q_k(h) \quad (2.11)$$

missä

$c_{p,net}$  on osapinnan nettotuulenpaine kerroin ja

$q_k(h)$  on rakennuksen korkeutta  $h$  vastaava nopeuspaine



Taulukko /21/

Ulkoseinät	suurin imu nurkka-alueilla <sup>1)</sup>		suurin imu keskialueilla		suurin paine sisäänpäin	
	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
tarkasteltava pinta-ala	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$	$A \geq 10$	$A \leq 1 \text{ m}^2$
$C_{p,net}$	-1,5	-1,7	-1,1	-1,4	+1,1	+1,3

**Taulukko 2.4** - Ulkoseinien paikallisen tuulenpaineen nettopaine kertoimia.

<sup>1)</sup> Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle  $e/5$ , jossa  $e = \min(b; 2h)$ , kun  $h$  on rakennuksen korkeus ja  $b$  on rakennuksen suurempi sivumitta. Muualla tuulen imulle voidaan käyttää keskialueen nettopaine kerrointa.

kattotyyppi	katon kaltevuus <sup>1)</sup>	nurkka-alueet <sup>2)</sup>			reuna-alueet <sup>3)</sup>			muu alue <sup>4)</sup>	
		$A \geq 10$	$A \leq 1$	räys-täs	$A \geq 10$	$A \leq 1$	räys-täs	$A \geq 10$	$A \leq 1$
Tasakatto	$< 5^\circ$	-2,1	-2,8	-3,5	-1,5	-2,3	-3,0	-1,0	-1,5
Pulpettikatto	$5^\circ \dots 15^\circ$	-2,7	-3,2	-3,9	-2,2	-2,8	-3,5	-1,2	-1,5
	$\geq 30^\circ$	-2,4	-3,2	-3,9	-1,8	-2,3	-3,0	-1,3	-1,6
Harjakatto	$5^\circ \dots 15^\circ$	-2,0	-2,8	-3,5	-1,6	-2,3	-3,0	-1,0	-1,5
	$\geq 30^\circ$	-1,4	-1,8	-2,5	-1,7	-2,3	-3,0	-1,2	-1,5

**Taulukko 2.5** - Kattojen nettopaine kertoimia suurimmalle paikalliselle tuulen imulle. Kertoimet eivät päde avoimille katoksille.

<sup>1)</sup> Kaltevuuksilla  $15 - 30^\circ$  käytetään lineaarista interpolointia.

<sup>2)</sup> Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle  $e/4$ , kun  $e = \min(b; 2h)$ , jossa  $h$  on rakennuksen korkeus ja  $b$  on rakennuksen suurempi sivumitta.

<sup>3)</sup> Katon reuna-alue ulottuu etäisyydelle  $e/10$  ulkoseinälinjalta - ei kuitenkaan nurkka-alueille.

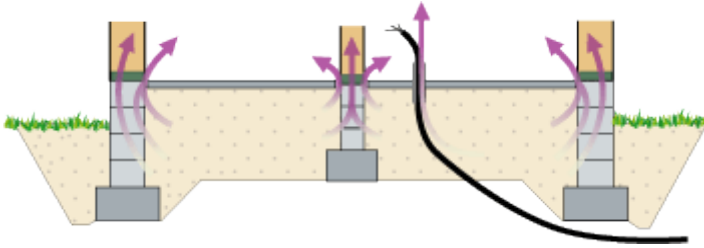
<sup>4)</sup> Muut kuin nurkka- ja reuna-alueet. Tarkasteltaessa koko rakennuksen levyisen kattokannatteen kiinnitystä tuulen imulle, voidaan tuulenpaine laskea käyttäen pelkästään tämän sarakkeen nettopaine kerrointa.

/9/

Taulukoissa esitetyt nettopaine kertoimet on annettu tarkasteltavan osapinnan pinta-alan mukaan. Alle  $1 \text{ m}^2$  pinta-aloille tarkoitettua arvoa käytetään katteiden ja julkisivuverhousten kiinnitysten mitoituksessa ja yli  $10 \text{ m}^2$  arvoa käytetään esimerkiksi kattokannatteen ja sen kiinnityksen mitoituksessa tuulen imulle. Kun tarkasteltavan pinnan ala on  $1 \dots 10 \text{ m}^2$ , nettopaine voidaan interpoloida lineaarisesti. Mikäli osittain avoimen rakennuksen yhdellä sivulla olevien aukkojen pinta-ala on yli kaksinkertainen rakennuksen muilla seinillä olevien aukkojen kokonaisalaan verrattuna, tulee taulukoissa esitetyt nettopaine kertoimet kertoa luvulla 1,4.

## 1.5 Radon uudisrakentamisessa

/4/



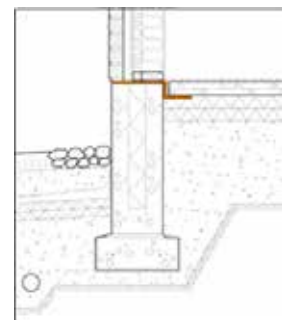
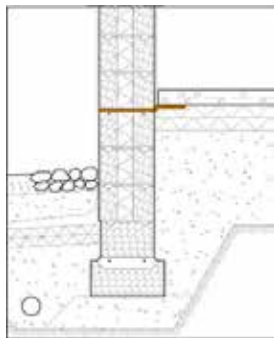
Kuva 100 Radonpitoisen ilman vuotoreittejä maanvaraisen laatan perustuksissa. /4/

Sisäilma on lämpimämpää kuin ilma talon ulkopuolella. Sisäilman ja ulkoilman välinen lämpötilaero synnyttää alipaineen, joka pakottaa maaperässä olevan radonpitoisen ilman virtaamaan sisätiloihin. Radonin torjunnan avainkysymys on maaperästä tulevien radonpitoisten ilmavirtausten estäminen tai vähentäminen.

Uudisrakentamisen tavoitearvon  $200 \text{ Bq/m}^3$  ylitykset ovat niin yleisiä että radonturvallinen rakentaminen on pääsääntöisesti perusteltua koko maassa. Uudisrakentamisen tavoitteena on päästä mahdollisimman alhaiseen radonpitoisuuteen. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto sekä sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen perusteella uudet rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa siten, että sisäilman radonpitoisuus on alle 200 becquereliä kuutiometrissä ( $\text{Bq/m}^3$ ).

Vuonna 2004 voimaan tullut Suomen rakentamismääräyskokoelman osan B3, Pohjarakenteet, määräysten mukaan rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa.

Radonturvallisia perustapoja ovat tuulettuva alapohja (ryömintätilainen perustus), yhtenäinen saumaton laattaperustus ja maanvarainen laatta, jossa laatta valetaan erillisenä perusmuurin sisään - jos laatan ja sokkelin liitoksen tiiveydestä huolehditaan.



Kuva Kaksi esimerkkiä radontiviistä perusmuurin ja maanvaraisen laatan liitoksesta. Kuvat RT-ohjekortti RT 81-10791. /4/

Läpiviennit voivat muodostaa merkittävän vuotoreitin maaperän radonpitoiselle ilmalle. Alapohjarakenteen alapuolelta rakennukseen tulevien sähköjohtojen, lämmitys-, vesi- ja viemäriputkien läpiviennit tai niiden suojaputket voivat toimia radonin vuotoreittinä asuintiloihin. Laatassa olevien luukkurakenteiden tiivistäminen on myös tärkeää. RT-ohjekortissa on esitetty tiivistämisesimerkkejä yksittäisille putkille ja putkiryhmille. Tiivistäminen suoritetaan elastisella saumaussmassalla sen jälkeen kun tiivistettävä kohta on rajattu sopivalla pohjanauhalla tai täyteaineella.

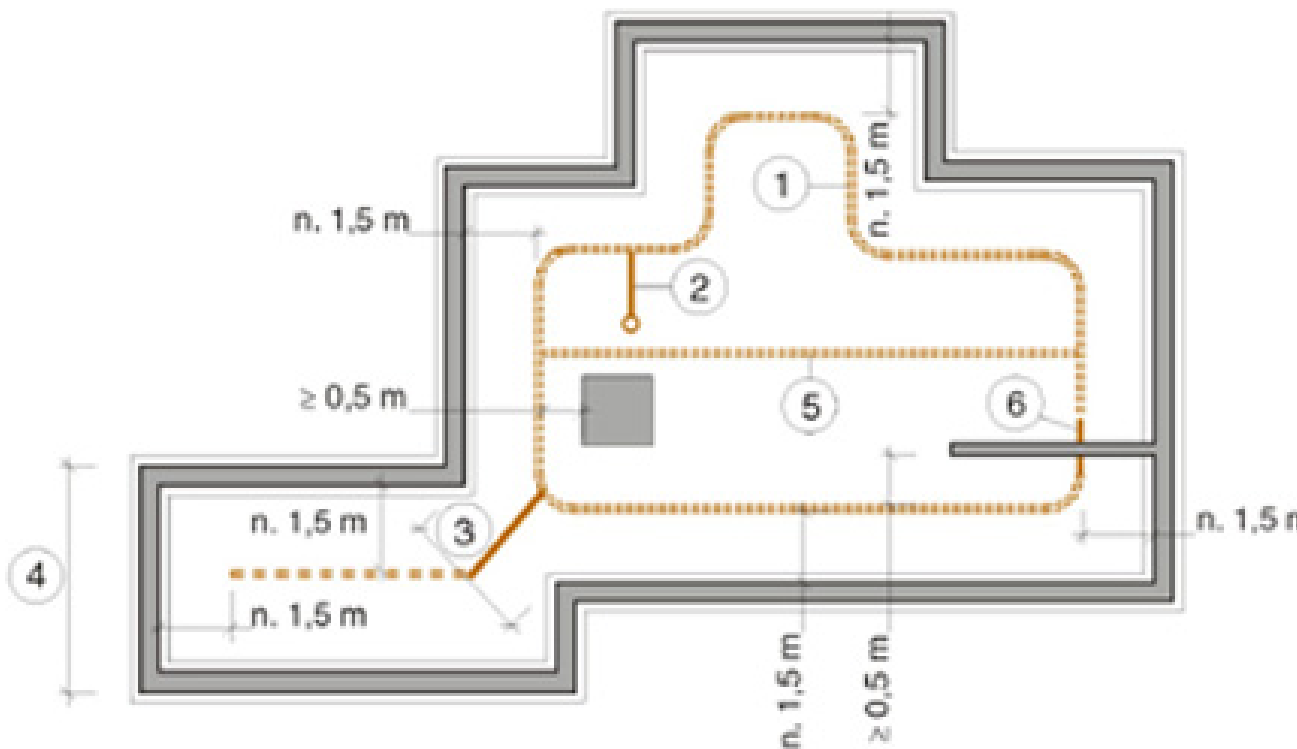
Rakennuspohjan tuuletusjärjestelmällä varmistetaan sisäilman radonpitoisuuden hallinta, jos perusrakenteisiin jää ilmavuotoja. Tuuletusjärjestelmän tarkoituksena on salaokerroksen huokosilman tuulettaminen ja rakennuspohjan alipaineistaminen.

Radonputkisto asennetaan laatan alle varmuustoimenpiteenä ja otetaan käyttöön vasta tarkistusmittauksen jälkeen, mikäli radonpitoisuus ylittää enimmäisarvon  $200 \text{ Bq/m}^3$ .

Putkistoon kytketään tällöin puhallin, joka alentaa tehokkaasti radonpitoisuutta.

Tiivistämistyöt ovat kuitenkin ensisijainen toimenpide, jolla yksin jo pyritään alhaiseen radonpitoisuuteen.

Imukanavista suunnitellaan joko rengasmalliseksi tai monihaaraiseksi. RT-ohjekortti antaa mitoituksen eripituisille putkistoille. Putkisto sijoitetaan vähintään 200 mm lämmöneristeen alapuolelle. Kanavistoon saavutetaan näin suurempi alipaine eikä radonpitoista ilmaa imetä lämmöneristeen kautta imukanavaan. Tuuletusjärjestelmä voidaan toteuttaa saatavilla olevilla rakennus- ja ilmanvaihtotarvikkeilla. Markkinoilla on myös pientaloon sopiva radonputkistopaketti, johon on koottu kaikki putket, liitoskappaleet ja tarvikkeet.



Kuva 101 Radonputkiston asentaminen maanvaraisen lattialaatan alle. Kuva RT-ohjekortista RT 81-10791. /4/

## 1.6 Ääneneristys

/5/

Peruskäsitteitä:

### Äänenpaine

Ääni, jonka ihminen havaitsee on ilmanpaineen nopeaa vaihtelua. Painealue, jonka ihminen tajuaa äänenä on hyvin suuri (10 mPa - 100 Pa, kun staattinen ilmanpaine on noin  $10^5$  Pa), on siirrytty käyttämään logaritmista asteikkoa, jossa referenssitasoksi on valittu  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa. Tällöin käytetään äänen voimakkuudesta yksikköä desibeli [dB]. Ihminen havaitsee alueen 0 - 140 dB.

### Nopeus

Äänen nopeus ilmassa on 340 m/s (20° C) taajuudesta riippumatta. Kiinteissä rakenteissa äänen nopeus vaihtelee materiaalista riippuen 3400 m/s - 5400 m/s. Levymäisillä rakenteilla äänen nopeus riippuu taajuudesta.

### Äänen taajuus

Ihminen erottaa myös äänen taajuuden eli korkeuden. Taajuusalue, jonka korva tunnistaa on 16 - 16000 Hz (=1/s). Alle 16 Hz ääni tunnetaan tärinänä, jos se on riittävän voimakasta. Ihmisen havaitseman äänen aallonpituus vaihtelee välillä 20 m - 2 cm. Tästä johtuen kaikki rakennusosat (seinät, katot, ikkunat, ovet jne) ovat taajuudesta riippuen joko suuria tai pieniä, jolloin kaikkien osien ääneneristysarvot ovat taajuudesta riippuvia.

### Kuulon ominaisuudet

Ihmisen kuulo havaitsee herkimmin 1 - 4 kHz taajuiset äänet ja matalille äänille kuulo on erittäin epäherkkä. Kuulon toimintaa jäljittelemään on tehty erilaisia painotus suodattimia A, B ja C- suodattimet. A-painotusta käytettiin alunperin äänenpainetasoilla 0 - 55 dB. A-painotettu äänenpainetaso merkitään esim. 50 dB(A). Nykyisin on vakiintunut A-painotuksen käyttö äänenpainetasosta riippumatta.

### Ilmaääni / askelääni

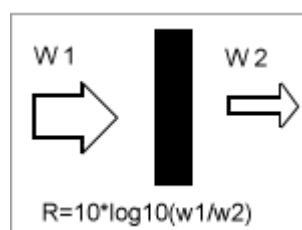
Ilmaäänellä tarkoitetaan ääntä, joka aiheutetaan ilmaan (vastakohtana runkoon aiheutettu ääni = runkoääni). Tyypillistä rakennuksessa esiintyvää ilmaääntä on ihmisten puhe, kotieläinten äänet jne. Piano aiheuttaa huoneeseen ilmaääntä ja jalkojensa kautta runkoääntä.

### Ääneneristys

Ilmaääneneristys kertoo kuinka paljon rakenne eristää rakenteen läpi kulkenutta ääntä. Rakenteen ilmaääneneristys on rakenteeseen kohdistuneen ja sen läpäisseen äänitehon suhde desibeleissä. Jos ääneneristävyys on 50 dB rakenteen läpi pääsee yksi sadastuhannesosa rakenteeseen kohdistuneesta äänitehosta. Rakenteen ääneneristävyys riippuu pääasiassa rakenteen massasta ja taajuudesta. Yksinkertaisilla massiivisilla rakenteilla ääneneristävyys saadaan ns. massalain mukaisesti:

$R = 20 \cdot \log(m \cdot f) - 49$  [dB], jossa

R - eristävyys [dB], m - massa/neliometri [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ], f - taajuus [Hz]



Massan tai taajuuden kaksinkertaistuksessa eristävyys kasvaa 6 dB. Massalain mukaisesti painavammalla rakenteella saadaan parempi ääneneristävyys, joten rakenteet, joissa on suuri massa, ovat ääniteknisesti hyvin käyttökelpoisia. Pyrittäessä mahdollisimman hyviin ääneneristysarvoihin käytetään betonirakenteita. Matalien taajuuksien ääneneristävyyttä on mahdollista saada aikaan vain raskailta rakenteilla.

Ääneneristävyys, R [dB]	W1/W2
10	10
20	100
30	1000
40	10000
50	100000
60	1000000
70	10000000
80	100000000

## Äänen eristäminen

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa C1 "Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksissa" on uusittu ja se tuli voimaan 1.10.1998. Asuinrakennusten osalta ääneneristysmääräykset ovat tiukentuneet, etenkin askelääneneristävyyden osalta. Ääntä asuinrakennuksessa tulee muista asunnoista ilmaääninä ja askelääninä, lisäksi rakennusten tekniset laitteet aiheuttavat ääntä. Ulkoa kuuluva tieliikennemelu, joissain paikoissa raideliikennemelu tai lentoliikennemelu tai jopa kaikki nämä aiheuttavat asuntoihin melua. Asunnon sisälle on annettu RakMK C1:ssä vaatimuksia ilmaääneneristävyydelle ja askeläänitasoluvulle sekä LVIS-laitteiden sallituille äänitasoille rakennuksen sisällä ja ulkona. Ympäristöstä aiheutuvat ulkomelutasot ovat paikasta riippuvia ja rakennuksen ulkokuoren ääneneristysmääräykset on annettu kaavamääräyksinä.

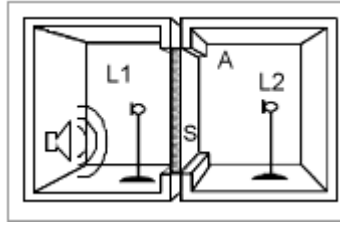
### Ilmaääneneristävyys

Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun  $R'w$  arvot (uudet määräykset) ovat asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä 55 dB (aikaisempi oli 52/53 dB) ja asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi 39 dB. Silti määräysten täyttäminen ei merkitse, ettei naapurista kuuluisi mitään.

### Mittaustapa

Rakenteiden ääneneristystä mitataan laboratoriossa, jossa kahden irti toisistaan olevan huoneen välissä on aukko, johon tutkittava rakenne asennetaan. Ääni pääsee huoneesta toiseen vain tähän aukkoon tehdyn rakenteen läpi. Toiseen huoneeseen ajetaan kaiuttimella voimakasta kohinaääntä ja äänenpainetaso lähetyshuoneessa mitataan (L1). Rakenteen toisella puolella (vastaanottohuoneessa) mitataan äänenpainetaso (L2). Rakenteen ääneneristävyys saadaan kaavasta.

$R = L1 - L2 + 10 \cdot \log_{10}(S/A)$ , jossa R - ääneneristävyys, L1 - äänenpainetaso lähetyshuoneessa, L2 - äänenpainetaso vast.ottohuoneessa, S - rakenteen ala, A - vastaanottohuoneen absorptioala  $m^2$  (määritetään jälkikäiunta-ajasta).



Ilmaääneneristys on kaikilla rakenteilla taajuudesta riippuva suure. Rakenteiden eristävyysä mitattaessa on päädytty käyttämään taajuusalueita 100 - 3150 Hz. Mittaukset tehdään 1/3 oktaaveilla ja mitattavia kaistoja on 16 kpl. Mittaustuloksien vertailun helpottamiseksi on määritetty ilmaääneneristysluku  $R_w$ , jolla yhdellä luvulla voidaan asettaa rakenteet paremmuusjärjestykseen. Ilmaääneneristysluku  $R_w$  on määritelty standardissa ISO 717. Mittaustulos esitetään taulukkona ja käyränä, johon sovitetaan tiettyjen sääntöjen mukaan vertailukäyrä ja ilmaääneneristysluku luetaan vertailukäyrältä taajuudelta 500 Hz. Merkintä  $R_w$  tarkoittaa laboratoriossa mitattua ilmaääneneristyslukua, jota ei rakennuksissa koskaan saavuteta.

Sivutiesiirtymän vaikutuksesta ilmaääneneristysluku rakennuksessa  $R'_w$  on aina alempi kuin laboratoriossa saatu. Tavallisesti rakennuksessa saadaan 3-10 dB heikompia ilmaääneneristyslukuja kuin laboratoriossa (joskus jopa yli 25 dB).

Tämän päivän betonisissa asuinrakennuksissa ilmaääneneristävyys on luokkaa 58 dB, ellei ääneneristävyttä ole jollakin heikennetty. Tavallisesti patteriverkoston vaikutuksesta ääneneristävyys on pystysuunnassa kuitenkin 53-54 dB, mikä ei täytä uusia vaatimuksia. Massiiviselle 240 mm betonivälipohjalle on käytännössä mitattu 60 dB ja sitä parempia ilmaääneneristävyden arvoja.

Uudet ilmaääneneristysvaatimukset on täytettävissä mm:

180 mm betonisella väliseinällä

190 mm massiivisella betonilaatalla

265 mm ontelolaatalla

320 mm ontelolaatalla – olettaen, ettei sivutiesiirtymä huononna ääneneristävyttä liikaa.

Tavallisimmat virheet:

Ääneneristävyden toteuttamiseksi tulee rakenteiden olla ehdottoman tiiviitä. Tiiviysvaatimus koskee myös piiloon jääviä yksityiskohtia (esim. listojen ja kaappien taustat). Avoimen aukon ja raon ääneneristys on 0 dB eli kaikki aukkoon kohdistunut äänienergia menee seinästä läpi. Jos raossa on mineraalivillaa tai jotain muuta huokoista materiaalia, on korkeilla äänillä raon ääneneristys 10-20 dB. Rako tai aukko heikentää aina ääneneristystä. Kuten oheisesta taulukosta näkyy jo 0,5 mm rako (esim. kutistumishalkeama) heikentää alunperin 55 dB eristävän seinän vain 41 dB eristäväksi, joten rakenteet on tehtävä tiiviiksi.

Raon leveys	Raon pinta-ala	Kokonaiseristävyys	
mm	mm <sup>2</sup>	0 dB	30dB
		dB	dB
900	2,25	8,2	38,2
500	1,25	10,8	40,6
50	0,125	20,8	49,4
5	0,0125	30,8	54,0
0,5	0,00125	40,6	54,9
0,05	0,000125	49,4	55,0
0,005	0,0000125	54,0	55,0

## Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokanavissa asuntojen välillä tarvitaan äänenvaimentimet. Mikäli rakennuksessa on yhteiskanavapoisto -järjestelmä tarvitaan joka kanavahaaraan äänenvaimennin. Valitettavasti vaimentimet puuttuvat useimmista asunnoista, jolloin ilmaääneneristävyys on noin 47 dB asuntojen välillä. Vaimentimet tarvitaan liesituulettimen hormiin (vaihdettava/pestävä ja sijaittava paikassa, johon päästään käsiksi), kylpyhuoneiden, WC-tilojen ja saunojen kanaviin. Ilman äänenvaimentimia uudetkaan määräykset eivät täyty.

## Patteriverkosto

Patteriverkostossa tarvitaan asuntojen välillä joustavat putkenosat tai joustavat patteriventtiilit, jottei ääni kulje pattereiden kautta tilasta toiseen. Patteriventtiileillä päästään juuri vanhat määräykset täyttäviin tasoihin (53-54 dB), mutta uudet määräykset eivät täyty nykyisellä järjestelmällä.

## Askelääneneristävyys

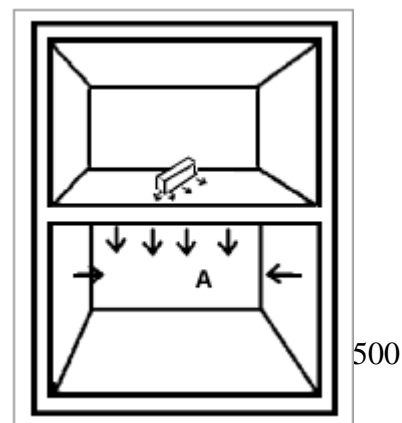
Asuinhuoneistojen välillä askeläänitasoluku  $L'_{n,w}$  saa olla enintään 53 dB. Porrashuoneesta asuinhuoneeseen askeläänitasoluku  $L'_{n,w}$  saa olla enintään 63 dB.

## Mittaustapa

Askeläänitasoluvun mittaaminen suoritetaan siten, että askeläänin lähtökohta asetetaan lattialle nakuttamaan ja (yleensä) alapuolisesta asunnosta mitataan äänenpainetaso 1/3 oktaaveittain taajuusalueella 100-3150 Hz. Mittaustuloksia korjataan jokaisella terssikaistalla huomioimalla vastaanottohuoneen huoneabsorptio ko. kaistalla.

$L_m = L_1 + 10 \cdot \log_{10}(A/10)$ , jossa  $L_m$  - askeläänitaso dB,  $L_1$  - äänenpainetaso huoneessa dB,  $A$  - huoneen absorptioala m<sup>2</sup>. Mittaustuloksiin sovitetaan standardisoitu vertailukäyrä standardeissa ISO 140 mukaisesti ja vertailukäyrän taajuudelta Hz luetaan askeläänitasoluku  $L'_{n,w}$  (yläpilkku tarkoittaa rakennuksessa tehtyä mittausta).

Askelääneneristys on sitä parempi mitä pienempi luku askeläänitasoluvuksi saadaan.



## Pinta-alan vaikutus

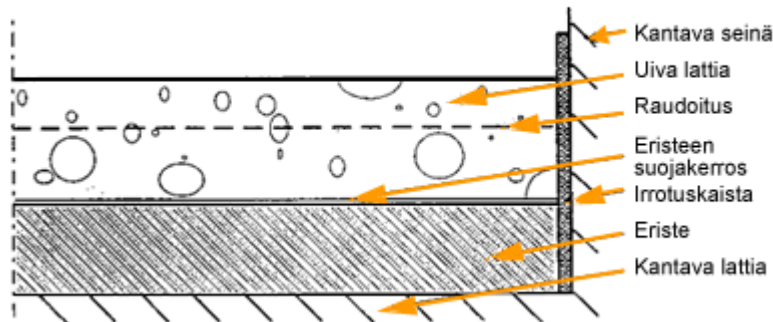
Askelääneneristävyyttä mitattaessa huomioidaan vastaanottotilan huonevaimennus (joka on suurissa tiloissa suurempi kuin pienissä). Mittauksessa ei kuitenkaan huomioida ääntä säteilevän pinnan (eli välipohjan) kokoa. Tästä syystä, jos rakenne on täysin sama suuremmissa ja pienemmissä tiloissa ja näissä lasketaan askeläänitasoluku, saadaan tulokseksi suuremmissa tiloissa huonompi askeläänitasoluku. Tästä johtuen tulee 10 m<sup>2</sup> suuremmissa huoneissa käyttää aina ratkaisua, jossa askeläänitasoluvuksi saadaan vähemmän kuin vaatimustaso on (suositus 1..2 dB).

## Vaatimukset täyttäviä rakenteita

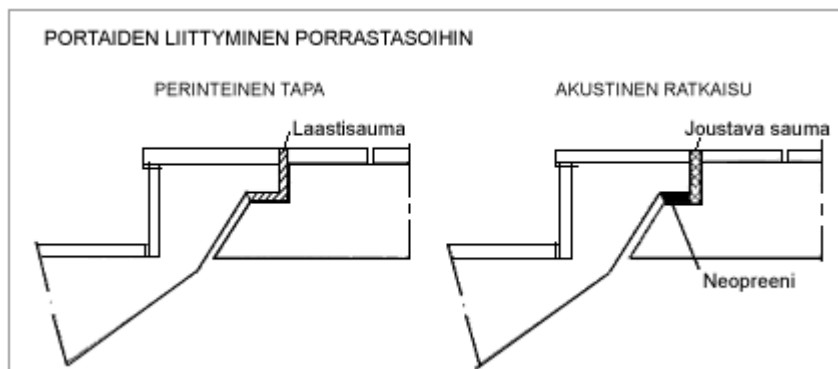
Aiemmin 58 dB askeläänitasoluku täytettiin käyttämällä sopivia muovimattoja tai korkkirahuopaa ja lautaparkettia ontelolaatan tai massiivibetonilaatan päällä. Uudet vaatimukset eivät täyty vanhoilla ratkaisuilla. Vaatimustaso 53 dB täyttyy mm parhailla muovimatoilla, kelluvilla lattiarakenteilla, asennuslattioilla, joissa on käytetty sopivia joustavia materiaaleja.

## Kelluvat lattiarakenteet

BETONINEN UIVA LATTIARAKENNE



Kuva 104 /5/



Kuva 105 /5/

Viemärijärjestelmä aiheuttaa usein melua asuinkerrostaloissa. Lähes kaikki mitatut asunnot eivät täytä vaatimuksia. Pahin äänen aiheuttaja viemärin alamutka, johon törmäys aiheuttaa iskun. Iskun voimasta värinä siirtyy putkea pitkin ylöspäin ja säteilee ääntä eri kerroksiin. Viemärin alamutka tulee valaa betoniin tai sijoittaa sorakerrokseen riippumatta viemärin materiaalista. Pystyviemärien vaakasiirtoja ei saa tehdä asuntojen alaslasketuissa katoissa. Viemärit tulee tukea vain betoniin välipohjiin ja betoniin väliseiniin.



Vesijohtoverkosto aiheuttaa myös jonkin verran meluhaittoja. Syynä on tavallisesti liian kova paine verkostossa. Painesäilytysvesijohtoputkistossa tulee saada paineenalennusventtiileillä riittävän alhaiseksi. Vesijohtoputket tulee tukea raskaisiin rakenteisiin, ei samoihin rakenteisiin kuin esim. kevyet väliseinät tai alaslasketut katot.

Pesukoneiden alle ei ilman erityissuunnittelua ja suurta betonimassaa saa asentaa tärinäneristimiä. Jos pesukoneen alle asennetaan tärinäneristimet ja/tai kelluva lattiarakenne muodostuu kahden massan värähtelysystemi, jossa tärinäneristys on helposti huonompi kuin pesukoneessa, joka on asennettu suoraan massiiviselle alustalle.

Runsaasti liikennöityjen teiden, katujen ja rautateiden sekä lentokenttien läheisyydessä yhä useammin on kaavassa annettu rakennuksen ulkokuoren eristysvaatimus ko. melutyypille.

Melutyyppejä on kaksi joko tieliikennemelulle tai muulle melulle. Tieliikennemelu sisältää enemmän matalataajuisia ääntä ja on siten vaikeampaa eristää.

Kaavassa esitetyt rakennuksen ulkokuoren eristysvaatimukset ovat paikasta riippuen luokkaa 30 - 40 dB. Eristysvaatimus koskee siis koko rakennuksen ulkokuorta, jolloin kaikkien rakennusosien eristävyys tulee olla huomattavasti parempia kuin vaatimus.

Betonista rakennetuissa asuinkerrostaloissa seinärakenteiden ääneneristävyys on niin hyvä, että ulkokuoren ääneneristävyys määräytyy ikkunoiden, ovien ja korvausilmaventtiilien perustella.

## Äänen tason laskenta

### Desibel-yksikkö

$$20 \log \frac{\frac{\rho}{C} \frac{0.2}{6} \frac{\ddot{u}}{\varnothing}}{\frac{\rho}{C} \frac{0.1}{6} \frac{\ddot{u}}{\varnothing}} = 80$$

$$20 \log \frac{\frac{\rho}{C} \frac{0.1}{6} \frac{\ddot{u}}{\varnothing}}{\frac{\rho}{C} \frac{0.1}{6} \frac{\ddot{u}}{\varnothing}} = 73.979$$

### Intensiteetti-yksikkö

$$10 \log \frac{\frac{\dot{e}}{\dot{e}} \frac{0.2^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \frac{\dot{u}}{\dot{u}}}{\frac{\dot{e}}{\dot{e}} \frac{0.1^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \frac{\dot{u}}{\dot{u}}} = 80$$

$$10 \log \frac{\frac{\dot{e}}{\dot{e}} \frac{0.1^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \frac{\dot{u}}{\dot{u}}}{\frac{\dot{e}}{\dot{e}} \frac{0.1^2}{(20 \times 10^{-6})^2} \frac{\dot{u}}{\dot{u}}} = 73.979$$

### Äänilähteiden yhteenlasku

$$L_{tot} := 10 \log \frac{\frac{\rho}{C} \frac{60}{10} + \frac{50}{10} + \frac{70}{10} + \frac{80}{10} \frac{\ddot{u}}{\varnothing}}{\frac{\rho}{C} \frac{60}{10} + \frac{50}{10} + \frac{70}{10} + \frac{80}{10} \frac{\ddot{u}}{\varnothing}}$$

$$L_{tot} = 80.457$$

### Massa Laki

#### Esimerkki 1: 200 mm vahva betoniseinä

$$0.1 \times 2500 = 250$$

$$R_{500} := 20 \log(250 \times 500) - 49$$

$$R_{500} = 52.938$$

$$r := 2500$$

$$V := 0.2$$

$$f := 500 \quad m := V \times r$$

$$R_{500} := 20 \log(m \times f) - 49 = 59$$

#### Esimerkki 2: Kevytbetoniseinä = Siporex

$$r := 600 \quad V := 0.2$$

$$f := 500 \quad m := V \times r$$

$$R_{500} := 20 \log(m \times f) - 49$$

$$R_{500} = 46.6$$

## Suunnittele luokkahuoneesi jälkikaiunta-aika

Luokan tilavuus  $V := 6 \times 10 \times 3$

Lattia  $A_f := 6 \times 10$   $a_f := 0.05$

Seina  $A_w := 22 \times 3$   $a_w := 0.1$

Katto  $A_r := 6 \times 10$   $a_r := 0.8$

$A := A_f \times a_f + A_w \times a_w + A_r \times a_r$   $A = 57.6$

Sabineen kaava: Jälkikaiunta-ajan pitäisi olla  $< 0.5$  s

$$T := 0.16 \times \frac{V}{A} \quad T = 0.5 \quad \text{s}$$

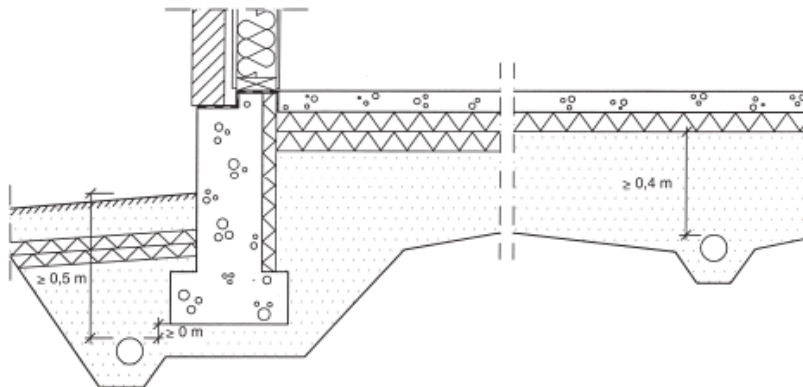
## 1.7 RakMK C2 Kosteus ja vedeneristys

/20/

Suomen rakentamismääräyskokoelman uusitut määräykset ja ohjeet C2 Kosteus tulivat voimaan vuoden 1999 alusta. Määräys edellyttää, että tuuletusvälin tulee olla kokonaisuudessaan tuuletusilmavirran reittinä. Ohjeen mukaan tuuletusaukkojen tulee sijaita niin, ettei tuuletusväliin jää vain yhdeltä reunalta avoimia heikosti tuulettuvia soppialueita. Tuuletusilmavirran aiheuttava paine-ero johtuu tuulenpaineesta ja ilman tiheyseroista, minkä vuoksi tuuletusaukot tulee sijoittaa kohtiin, joihin tuuli aiheuttaa paine-eron ja eri korkeuksille, jolloin voidaan hyödyntää ilmanlämpötilaeroja.

### Rakennuspohjan kuivatus

Rakennuspohja on salaojitettava veden kapillaarivirtauksen katkaisemiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittävällä etäisyydellä lattiasta tai ryömintätilan maanpinnasta. Ohjeessa edellytetään, että salaojaputkien korkeimman kohdan tulee olla vähintään 0,4m lattian alapinnan alapuolella. Salaojaputken korkeimmalla kohdalla tarkoitetaan putken yläreunan korkeusasemaa missä tahansa kohdassa putkilinjalla. Lattian alapinnalla puolestaan tarkoitetaan lattiarakenteen alla olevan salaojituserroksen ja itse rakenteen rajakerrosta.

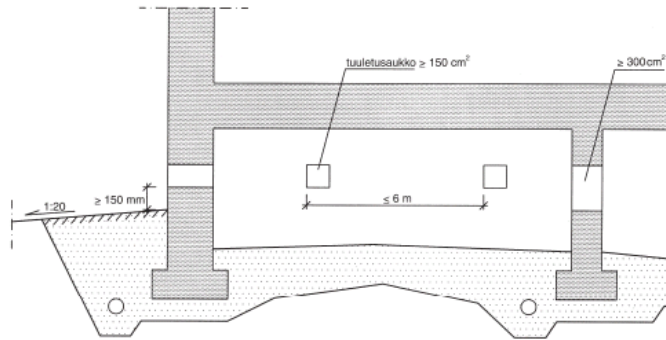


Kuva 106 Salaojaputkien korkeustasot matalaperustuksen ympärillä sekä maanvastaisen alapohjan alla. /20/

Kuvassa esiintyvät mitat ovat vähimmäismittoja, joten esimerkiksi salaojaputken etäisyyslattiarakenteen alapinnasta määräytyy käytettävän salaojituserroksen materiaalin mukaan.

### Rakennuksen alapohja

Maanvastaisen alapohjan yhteydessä mahdollisesti käytettävän höyrynsulun tarve ja sijoitus suunnitellaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon betonilaatan kuivumismahdollisuus. Ryömintätilan tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla ainakin 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. Edelleen aukkojen vähimmäiskoon on oltava 150 cm<sup>2</sup> sekä enimmäisvälin 6 m.

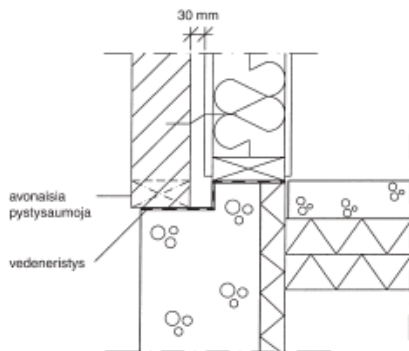


Kuva 107. Kosteuden haihtumista vähentävä ryömintätilan salaojituskerros sekä pintavesien johtaminen pois rakennuksen vierestä, sekä alapohjan tuuletusaukkojen sijoitus. /20/

Yhteispinta-alan ohjearvon perusteena ovat erittäin hankalat alapohjan olosuhteet, joissa maapohjan kosteustuotto on runsas ja rakennuksen ympäristön maasto-olosuhteet tuuletuksen kannalta vaikeat. Jos rakennuksen sijainti on tuulelle altis ja tuuletustilaan pääsevän kosteuden määrä on vähäinen, suunnittelija voi kokemuksensa mukaan poiketa annetuista ohjearvoista. Tuuletusaukkojen pinta-ala  $150 \text{ cm}^2$  ja etäisyys 6 m johtaa  $100 \text{ m}^2$ :n ryömintätalassa noin yhden promillen yhteispinta-alaan. Aukkomittojen kaksinkertaistaminen tästä johtaa taas 4 promillen määrään.

#### Ulkoilman vastaiset seinärakenteet

Tiilestä muuratun ulkoseinäulkoverhouksen taakse joutuva vesi johdetaan esim. bitumikermikaistojen ja avosaumojen avulla tuuletusvälistä ulos niin, ettei seinärakenteen alareunan kuivuminen tuuletusväliin esty. Bitumikermikaistat eivät saa estää niiden takana olevan seinärakenteen kuivumista.



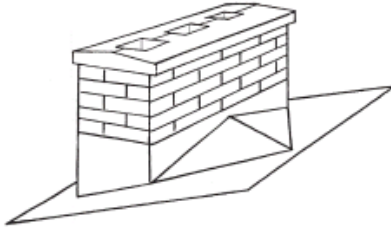
Kuva 108. Vedenpoisto tiiliverhouksen takana olevasta tuuletusvälistä. /20/

#### Seinärakenteet maata vasten ja seinien liittyminen maanvastaiseen rakenteeseen

Puurunkoisen seinän aluspuun tulee olla kokonaan sen ulkopuolella olevan toimivan tuuletusvälin kohdalla niin, ettei mikään rakenneosa estä aluspuun kuivumista tuuletusilmaan. Aluspuun on oltava tällä toimivalla alueella, eikä vedenpoistojärjestely saa estää aluspuun kuivumista. Sokkelin päällä olevan puurunkoisen seinän aluspuu erotetaan esim. bitumikermillä alapuolisesta kivirakenteesta sekä tarvittaessa viereisestä lattialaatasta. Aluspuu voi olla maanvastaisen lattialaatan vieressä. Eli aluspuuta ei tarvitse nostaa laatan yläpuolelle. Edellytyksenä on, että kosteuden pääsy laatasta aluspuuhun on estetty, eikä aluspuun kuivumismahdollisuutta toimivaan tuuletusväliin ole estetty.

## Vesikatto ja yläpohja

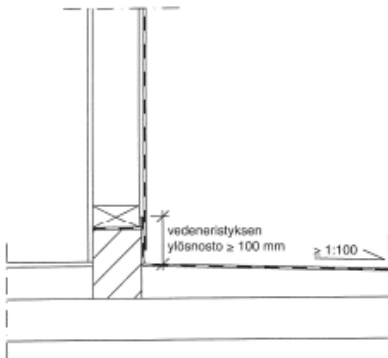
Vesikatolla on oltava katteelle sopiva riittävä kaltevuus ja tiiviys veden poisjohtamiseksi. Lävistyksset on pyrittävä sijoittamaan lähelle katon harjaa ja liittymien katteeseen on oltava tiiviit. Opastekstissä katon lappeella olevien läpivientien harjanpuoleiselle sivulle suositellaan tehtäväksi ns. apuharja, joka ohjaa lappeelle valuvan veden läpiviennin ohi ja estää lammikoitumisen läpiviennin viereen.



Kuva 109. Katon lappeella olevan läpiviennin apuharja. /20/

## Märkätila

Betonilaatan päälle rakennettavan puurunkoisen seinän aluspuu nostetaan laatan yläpuolelle niin, ettei puuta jää betonivalun sisään. Opastekstin mukaan seinän alaosan korkeusasemaa määriteltäessä on otettava huomioon märkätilojen lattioiden pintavalut. Aluspuu on syytä nostaa riittävästi valupintaa korkeammalle

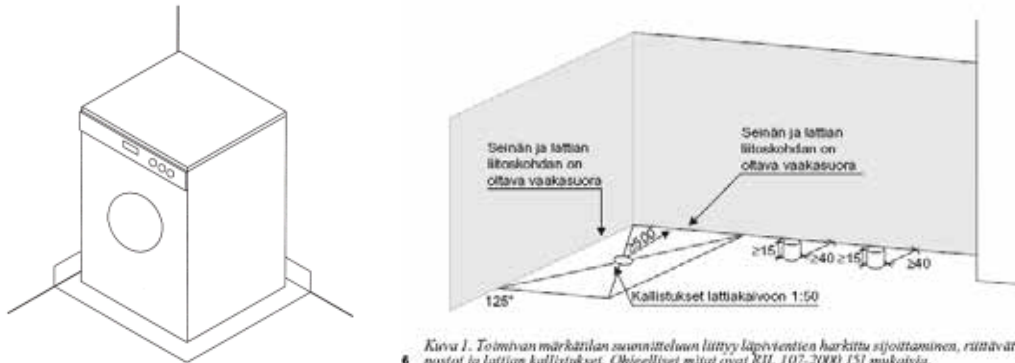


Kuva 110 Märkätilan puurakenteisen seinän aluspuun sijainti ja lattian vedeneristyksen ylösnosto seinän ja lattian liittymässä. /20/

Märkätilan lattianpäällysteen ja seinäpinnoitteen on toimittava vedeneristyksenä tai päällysteen alle tai pinnoitteen taakse on tehtävä erillinen vedeneristys. Lattia- ja seinärakenteiden tulee täyttää vedeneristyksen toiminnalliset vaatimukset. Ratkaisu voi olla perinteinen vedeneristys, mutta toiminnallisen vaatimuksen täyttävä vedeneristys voi olla muukin ratkaisu. Esimerkkinä tällaisesta ilman vedeneristystä toteutetusta ratkaisusta on tavanomainen löylyhuoneen seinärakenne, jossa on yleensä sisäverhouspaneeli, ilmarako ja alumiinipintainen paperi. Ilmarako estää verhouksen pintaan roiskuvan veden tunkeutumisen syvemmälle rakenteeseen. Toinen esimerkki ilman vedeneristystä tehdystä ratkaisusta on hirsisaunan seinä, joka sellaisenaan käytännössä estää veden haitallisen tunkeutumisen, jos se pääsee kostumiskertojen välillä riittävästi kuivumaan.

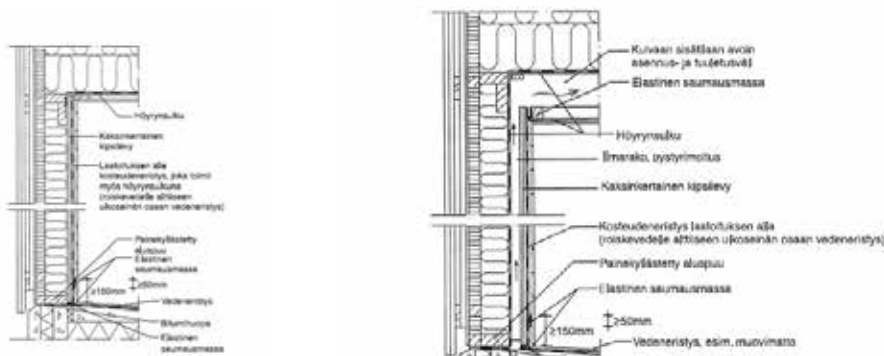
## Laitteet ja putket

Vesi- ja viemärlaitteistot niihin liittyvine laitteineen on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita niin aikaisin, ettei se ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa. Tilassa, missä ei ole lattiakaivoa, vesijohtoverkoston kytketyn laitteen alle sijoitetaan vesitiivis, viemäriin johtavalla ylijouksuputkella varustettu kaukalo tai laitteen alusta tehdään vesitiiviiksi niin, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita. Opastekstin mukaan tavallisimpia vesijohtoverkoston kytkettäviä laitteita ovat astian- ja pyykinpesukoneet. Jos laitteet sijaitsevat märkätilassa, missä lattiassa on jo vedeneristys, ei erityistoimenpiteitä yleensä tarvita. Sen sijaan esim. keittiöön sijoitettaessa vesivuodon mahdollisuuden on hyvä varautua.



Kuva 1. Toimivan märkätilan suunnittelun liittyvä läpiviennin tarkkattu sijoittaminen, riittävät ylä-  
nostot ja lattian kallistukset. Ohjeelliset mitat ovat RIL 107:2000 [5] mukaisia.

Kuva 111. Vesitiivis vesijohtoverkkoon liitetyn laitteen alusta /20/



Kuva 2. Vedeneristysten leveyksien taakse ei jätetä höyrynsulkuväliä. Esimerkkipöytäkuva [13] esittämä lattian vedeneristys on suoritettu suositusten laite C2:n ja RIL 107:n ohjeiden, joihin se on välittömästi [10] mm.

Kuva 3. Esimerkki kaksiosisesta rakenteesta, jossa vedeneristeen ja höyrynsulun välisestä tilasta on ulakuitotiilan avoin ilmaväli. [13]

Kuva 112 Höyrynsulku /20/

## 1.8 Lämmöneristys

/3/

Rakennusosien ja rakenteiden ilmanpitävyyden, rakennuksen vaipan lämmöneristystyksen sekä rakennuksen erilaisten tilojen välistä lämmöneristystä koskevat määräykset ja ohjeet siirretään 1.7.2012 rakentamismääräyskokoelman osaan D3. Koska C3:n sisältö siirretään rakentamismääräyskokoelman osaan D3, osa C3 esitetään kumottavaksi. Rakentamismääräyskokoelman osasta D2 on siirretty energiatehokkuutta koskevat vaatimukset ja ohjeet osaan D3.

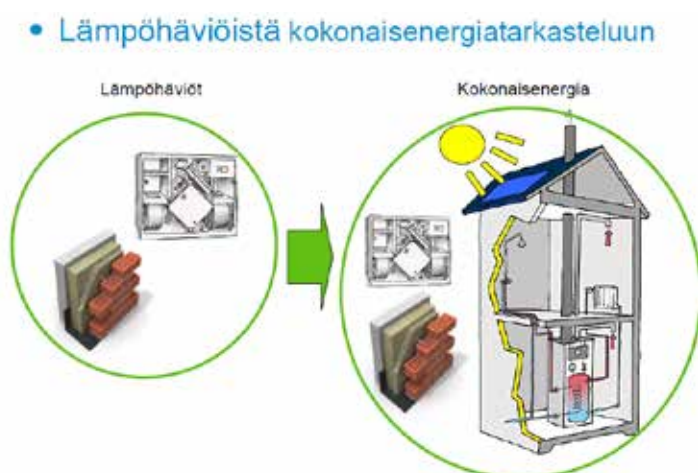
Lämmönläpäisykertoimien laskemiseksi on annettu ohjeet C4:ssä, jossa uutena laskennassa otetaan huomioon rakenteissa olevat säännölliset ja epäsäännölliset kylmäsilat. Toinen muutos on lämmönjohtavuuden laskemisessa siirtyminen normaalista lämmönjohtavuudesta ( $\lambda_n$ ) EN-standardien mukaan määritettyyn lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoon ( $\lambda_U$ ). Koska epäideaalisen asennuksen ja eristeen sisällä tapahtuvien ilmavirtausten vaikutusta ei ole otettu huomioon uudessa lämmönjohtavuuden suunnitteluarvossa ( $\lambda_U$ ), ne otetaan huomioon lämmönläpäisykertoimen U-arvossa erillisillä korjaustermeillä  $\lambda_{Ug}$  ja  $\lambda_{Ua}$ .

### Määräystenmukaisuuden osoittaminen

Energiaselvitys sisältää yleensä seuraavat tarkastelut:

- rakennuksen energialuku
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset
- kesäaikainen huonelämpötila ja tarvittaessa jäähdytysteho
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus
- rakennuksen lämmitysteho mitoitusilanteessa
- uusiutuvien energialähteiden osuus rakennuksen tilojen ja ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeesta rakennuksen energiatodistus

Kokonaisenergiatarkasteluun siirryttäessä on rakentamismääräyskokoelman osaa D5 muutettu tarkastelun vaatimusten mukaiseksi eli muualle viety energia voidaan ottaa laskennassa huomioon ja eri energiamuotojen kertoimen avulla voidaan laskea rakennuksen E-luku. Kokonaisenergiavaatimuksessa otetaan huomioon lämmitystavat energiamuotojen kertoimilla, joilla yhteismitallistetaan lämpö- ja sähköenergiat yhdeksi kokonaisenergiavaatimuksen energialuvuksi.



ENERGIATODISTUS			
<b>Seloste</b>	<b>Erillinen osasto</b>	<b>Vuonna 2007</b>	<b>2007</b>
Kokonaistyyppi:	Kotitalo	Käyttötarkoitus:	Asuinrakennus
Ohje:	BS 501	Asuinrakennus:	Asuinrakennus
		Asuinrakennus:	Asuinrakennus
Energiatodistus perustuu laskennalliseen laskeluun ja on arvio.			
<input type="checkbox"/> Lämpöenergian ja sähkön yhteismitallistettu			
<input type="checkbox"/> Ilman lämpötilan vaihtelut			
ET-luku:	Välitilasto	Kokonaistilasto	ET-luku
-100	A		
101-150	B		
151-180	C		
181-230	D		D
231-270	E		
271-330	F		
331-500	G		
501+	H		
Kokonaistilasto: 222			
Energiatodistuksen laskennan lähtötiedot: Pöytä- ja seinälämmitykset			
Energiatodistuksen perusteella laskennassa käytettyjen energiamuotojen kertoimet:			
Tarkastelun laajuus: Asuinrakennus			
Todistuksen antaja:	Paavo Pääkkönen	Todistuksen tilaaja:	Matti Mäkelä
Todistuksen antamispäivä:	11.12.2007	Välitilaston antamispäivä:	31.12.2007

Kuva 113



## Rakennuksen kokonaisenergiakulutus

/3/

E-luku on energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen netto-ostoenergiankulutus rakennustyyppin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden. E-luku saadaan laskemalla yhteen netto-ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain.

Energiamuotojen kertoimet ovat seuraavat:

Sähkö	2,0
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja:

Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, $A_{\text{netto}}$	kWh/m <sup>2</sup> vuodessa
	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaikaiset rakennukset		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

## Rakennusvaipan ilmanpitävyys

/3/

Rakennusvaipan ilmanvuotoluku saa olla enintään  $4 \text{ (m}^3/(\text{h m}^2))$ . Parempi ilmanpitävyys on osoitettava mittaamalla.

## Rakennuksen lämpöhäviöt

/3/

Rakennuksen vaipan lämpöhäviö lasketaan yhtälön (1) mukaan

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \Sigma (U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma (U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma (U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \Sigma (U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (1)$$

jossa

$\Sigma H_{\text{joht}}$  rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K

U rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m<sup>2</sup>K)

A rakennusosan pinta-ala, m<sup>2</sup>.

Lämpimän, erityisen lämpimän tai jäähdytettävän kylmän tilan rakennusosien lämmönläpäisykerroimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa:

seinä 0,17 W/(m<sup>2</sup> K)

hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)

0,40

W/(m<sup>2</sup> K)

yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja

0,09 W/(m<sup>2</sup> K)

ryömintätilaan rajoittuva alapohja

(tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)

0,17 W/(m<sup>2</sup> K)

maata vasten oleva rakennusosa

0,16 W/(m<sup>2</sup> K)

ikkuna, kattoikkuna, ovi

1,0 W/(m<sup>2</sup> K)

Puolilämpimän tilan rakennusosien lämmönläpäisykerroimina U käytetään seuraavia vertailuarvoja laskettaessa rakennuksen vaipan lämpöhäviön vertailuarvoa:

seinä 0,26 W/(m<sup>2</sup> K)

hirsiseinä (hirsirakenteen keskimääräinen paksuus vähintään 180 mm)

0,60 W/(m<sup>2</sup> K)

yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja

0,14 W/(m<sup>2</sup> K)

ryömintätilaan rajoittuva alapohja

(tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)

0,26 W/(m<sup>2</sup> K)

maata vasten oleva rakennusosa

0,24 W/(m<sup>2</sup> K)

ikkuna, kattoikkuna, ovi

1,4 W/(m<sup>2</sup> K)

Rakennuksen yhteenlasketun ikkunapinta-alan vertailuarvo on 15 % rakennuksen kokonaan tai osittain maanpäällisten kerrosten kerrostasoalojen summasta, mutta kuitenkin enintään 50 % rakennuksen julkisivupinta-alasta. Ikkunan pinta-ala lasketaan kehän ulkomittojen mukaan.

Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviö lasketaan yhtälön (2) mukaan

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}} \quad (2)$$

jossa

$H_{\text{vuotoilma}}$  vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

$\rho_i$  ilman tiheys, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c_{pi}$  ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v, \text{vuotoilma}}$  vuotoilmavirta, m<sup>3</sup>/s.

Rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan yhtälön (3) mukaan

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{poisto}} t_d t_r (1 - \eta_a) \quad (3)$$

Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Vastaava lämpöenergiatarpeen pienentäminen voidaan toteuttaa

- 1) rakennuksen vaipan lämmöneristystä parantamalla;
- 2) rakennuksen vaipan ilmanpitävyyttä parantamalla; tai
- 3) vähentämällä ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää muulla tavalla kuin poistoilman lämmöntalteenotolla.

### Lämmönläpäisykerroimen laskenta

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan käyttäen materiaaleille lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoja ( $\lambda_U$ ).

Lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan kaavalla (1).

$$U = 1 / R_T \quad (1)$$

jossa

$R_T$  rakennusosan kokonaislämmönvastus ympäristöstä ympäristöön.

Kun rakennusosan ainekerrokset ovat tasapaksuja ja tasa-aineisia ja lämpö siirtyy ainekerrokseen nähden kohtisuoraan, lasketaan rakennusosan kokonaislämmönvastus  $R_T$  kaavalla (2).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se} \quad (2)$$

jossa

$$R_1 = d_1 / \lambda_1, R_2 = d_2 / \lambda_2 \dots R_n = d_n / \lambda_n$$

$d_1, d_2, \dots, d_n$  ainekerroksen 1, 2, ... n paksuus, m

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  ainekerroksen 1, 2, ... n lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ( $\lambda_U$ ), W/(m K)

$R_{si}$  sisäpuolen pintavastus, m<sup>2</sup> K/W

$R_{se}$  ulkopuolen pintavastus, m<sup>2</sup> K/W

Kun rakennusosa on epätasa-aineinen niin, että siinä on pintojen suuntaisia ainekerroksia, joissa on rinnakkain lämmönvastukseltaan erilaisia osa-alueita, määritetään rakennusosan kokonaislämmönvastukselle ala- ja yläikiarvot. Kokonaislämmönvastus  $R_T$  saadaan näiden arvojen keskiarvona.

Kokonaislämmönvastuksen yläikiarvon laskenta:

Epätasa-aineisen ainekerroksen  $j$  lämmönvastus  $R_j$  lasketaan kaavalla (3).

$$1 / R_j = f_a / R_{aj} + f_b / R_{bj} + \dots + f_n / R_{nj} \quad (3)$$

Kokonaislämmönvastuksen alalikiarvon laskenta:

Epätasa-aineisia ainekerroksia sisältävän rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläikiarvo  $R_T'$  lasketaan kaavalla (4).

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \Sigma R + R_{se} \quad (4)$$

Korjatun lämmönläpäisykertoimen laskenta

Rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin ( $U_c$ ) saadaan lisäämällä lämmönläpäisykertoimen arvoon lämmönläpäisykertoimen korjaustermi  $\Delta U$  kaavalla (6).

$$U_c = U + \Delta U \quad (6)$$

jossa

$U_c$  rakennusosan korjattu lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 K)$

$U$  rakennusosan (korjaamaton) lämmönläpäisykerroin,  $W/(m^2 K)$

$\Delta U$   $U$ -arvon korjaustermi,  $W/(m^2 K)$

$U$ -arvon korjaustermi ( $\Delta U$ ) lasketaan kaavalla

$$\Delta U = \Delta U_{\Psi} + \Delta U_f + \Delta U_g + \Delta U_a + \Delta U_r \quad (7)$$

jossa

$\Delta U_{\Psi}$  viivamaisten kylmäsiltojen korjaustekijä,  $W/(m^2 K)$ , kaava (8)

$\Delta U_f$  pistemäisten kylmäsiltojen korjaustekijä,  $W/(m^2 K)$ , kaava (9)

$\Delta U_g$  lämmöneristeen ilmarakojen korjaustekijä,  $W/(m^2 K)$ , kaava (12)

$\Delta U_a$  lämmöneristeen ilmanläpäisevyyden korjaustekijä,  $W/(m^2 K)$

$\Delta U_r$  käännettyjen kattojen korjaustekijä,  $W/(m^2 K)$ , kaava (14)

## C4

### 2.2.3 Rakennesosat tasapaksuja ja -aineisia

#### sisäpinnan lämmönvastus

$$R_{si} := 0.13$$

<b>kipsilevy</b>	$l_1 := 0.23$	$d_1 := 0.013$	$R_1 := \frac{d_1}{l_1}$	$R_1 = 0.057$
höyrynsulku				$R_2 := 0.02$
lasivillaeriste	$l_3 := 0.041$	$d_3 := 0.2$	$R_3 := \frac{d_3}{l_3}$	$R_3 = 4.878$
puukuitulevy	$l_4 := 0.07$	$d_4 := 0.025$	$R_4 := \frac{d_4}{l_4}$	$R_4 = 0.357$

#### ulkopinnan lämmönvastus

$$R_{se} := 0.13$$

$$R_T := R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se} \quad R_T = 5.572$$

$$U_1 := \frac{1}{(R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_{se})} \quad U_1 = 0.179$$

### 2.2.6 Epätasa-aineisia kerroksia sisältävän rakennusosan kokonaislämmönvastus = pystypuurunko, jolloin lämmönjohtavuudet poikkeavat < 5 x

<b>pystyrunko</b>	$l_5 := 0.12$	$d_5 := 0.2$
	$f_a := \frac{5}{60}$	$R_{aj} := \frac{d_5}{l_5}$

lasivillaeriste	$l_3 := 0.041$	$d_3 := 0.2$
	$f_b := \frac{55}{60}$	$R_{bj} := \frac{d_3}{l_3}$

#### 2.2.4 erilaisia osa-alueita

$$R_j := \frac{1}{\frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}}} \quad R_j = 4.203$$

$$R_T := R_{si} + R_1 + R_2 + R_j + R_4 + R_{se} \quad R_T = 4.897$$

$$U_2 := \frac{1}{R_T} \quad U_2 = 0.204$$

2.2.6 Epätasa-aineisia kerroksia sisältävän rakennusosan kokonaislämmönvastus  
= pystyvuorokko, jolloin lämmönjohtavuudet poikkeavat < 5 x

**pystyvuorokko**

$$l_5 := 0.12 \quad d_6 := 0.15$$

$$f_c := \frac{5}{60} \quad R_{c,j} := \frac{d_6}{15}$$

lasivillaeriste

$$l_3 := 0.041 \quad d_7 := 0.15$$

$$f_d := \frac{55}{60} \quad R_{d,j} := \frac{d_7}{13}$$

2.2.4 erilaisia osa-alueita

$$R_{j1} := \frac{1}{\frac{f_c}{R_{c,j}} + \frac{f_d}{R_{d,j}}} \quad R_{j1} = 3.152$$

**vaakarunko**

$$l_5 := 0.12 \quad d_7 := 0.05$$

$$f_c := \frac{5}{60} \quad R_{c,j} := \frac{d_7}{15}$$

lasivillaeriste

$$l_3 := 0.041 \quad d_8 := 0.05$$

$$f_e := \frac{55}{60} \quad R_{d,j} := \frac{d_8}{13}$$

2.2.4 erilaisia osa-alueita

$$R_{j2} := \frac{1}{\frac{f_c}{R_{c,j}} + \frac{f_e}{R_{d,j}}} \quad R_{j2} = 1.051$$

$$R_T := R_{si} + R_1 + R_2 + R_{j1} + R_{j2} + R_4 + R_{se} \quad R_T = 4.897$$

$$U_2 := \frac{1}{R_T} \quad U_2 = 0.204$$

## 1.9 Palomääräykset

/3/

Rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan: P1, P2 ja P3.

Rakennusosien ja rakennustarvikkeiden luokituksessa käytetään EN-standardeja. Standardit on kuvattu opastavissa tiedoissa. Kantavat ja osastoivat rakennusosat jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne kestävät paloa. Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan seuraavilla merkinnöillä R kantavuus, E tiiviys, EI tiiviys ja eristävyys, EI1 tai EI2 tiiviys ja eristävyys.

Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen ja sen leviämiseen sekä savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. Rakennustarvikkeiden luokat lukuun ottamatta lattiapäällysteitä kuvataan merkinnöillä: A1, A2, B, C, D, E, F.

Savun tuotto ja palava pisarointi ilmaistaan lisämääreillä s ja d. Savun tuoton luokitus on s1, s2, s3 ja palavan pisaroinnin d0, d1, d2.

A1 Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.

A2 Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.

B Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.

C Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.

D Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä.

E Tarvikkeet, joiden käyttäytyminen palossa on hyväksyttävissä.

F Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.

s1 Savuntuotto on erittäin vähäistä.

s2 Savuntuotto on vähäistä.

s3 Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia.

d0 Palavia pisaroita tai osia ei esiinny.

d1 Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti.

d2 Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia.

### Palokuormaryhmät

Eri käyttötavat sijoitetaan palokuormaryhmiin palokuorman tiheyden mukaan. Palokuormaryhmät ovat seuraavat:

yli 1200 MJ/m<sup>2</sup>;

- Varastot, jotka ovat erillisiä palo-osastoja. Tuotanto- ja varastotilojen palokuorma määritellään tai arvioidaan kohdekohtaisesti.

vähintään 600 MJ/m<sup>2</sup> ja enintään 1200 MJ/m<sup>2</sup>;

- Osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot; - asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja; - moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.

alle 600 MJ/m<sup>2</sup>;

- Asunnot, majoitustilat ja hoitolaitokset; - osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten ravintolat, enintään 300 h-m<sup>2</sup>:n myymälät, toimistot, koulut, urheiluhallit, teatterit, kirkot ja päivähoitolaitokset; - autosuojat.

Yleensä tähän ryhmään saa sijoittaa myös muihin palo-kuormaryhmiin kuuluvia tiloja, mikäli nämä tilat varustetaan tarkoitukseen sopivalla automaattisella sammutuslaitteistolla. Tämä ei koske 3–8-kerroksisia P2-luokan rakennuksia.

## Rakennuksen koon ja henkilömäärän rajoitukset

/3/

TAULUKKO 3.2.1		RAKENNUKSEN KOKOA KOSKEVAT RAJOITUKSET		
Rakennuksen ominaisuus		Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
<b>KERROSLUKU</b>				
- yleensä		ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
- asuinrakennus, työpaikkarakennus		ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja		ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
<b>KORKEUS</b>				
- yleensä		ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.		ei rajoitusta	enintään 14 m	<i>ei sallittu</i>
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.		ei rajoitusta	enintään 26 m	<i>ei sallittu</i>
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus		ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
<b>KERROSALA</b>				
Kerrosala yleensä				
- yksikerroksinen		ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m <sup>2</sup>
- kaksikerroksinen		ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m <sup>2</sup>
- yli kaksikerroksinen		ei rajoitusta	enintään 12 000 m <sup>2</sup>	<i>ei sallittu</i>
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa				
- yksikerroksinen		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
- kaksikerroksinen		ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>
<i>Selostus</i>		<i>Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikaton leikkausviivan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen murkkapisteidien korkeuksien keskiarvo.</i>		

### 3.2.2

Enintään kaksikerroksisen rakennuksen henkilömäärää koskevat rajoitukset on esitetty taulukossa 3.2.2.

TAULUKKO 3.2.2		RAKENNUKSEN SUURIN SALLITTU HENKILÖMÄÄRÄ		
Käyttötapa	Kerroksia	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	<i>ei sallittu</i>
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	<i>ei sallittu</i>



## Palon rajoittaminen palo-osastoon

/3/

Rakennus tulee yleensä jakaa palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustoimien helpottamiseksi sekä omaisuusvahinkojen rajoittamiseksi. Rakennuksen eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko on yleensä muodostettava eri palo-osastoiksi (kerrososastointi). Palo-osaston koko tulee rajoittaa siten, että osastossa syttyvä palo ei aiheuta kohtuuttoman suuria omaisuusvahinkoja (pinta-alaosastointi). Käyttötavaltaan tai palokuormaltaan oleellisesti toisistaan poikkeavat tilat on muodostettava eri palo-osastoiksi, jos se on tarpeellista henkilöiden tai omaisuuden suojaamiseksi (käyttötapaosastointi).

Käyttötapa	PALO-OSASTON ENIMMÄISALA		
	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
<b>KERROKSET</b>			
Asuinrakennukset	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain	osastointi huoneistoittain
Majoitustilat ja hoitolaitokset			
- yöpymistilat	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
- muut tilat	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Kokoontumis- ja liiketilat sekä työpaikkatilat	2400 m <sup>2</sup>	2400 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>
Tuotanto- ja varastotilat sekä autosuojat	harkinnan mukaan <sup>1)</sup>	harkinnan mukaan <sup>1)</sup>	harkinnan mukaan <sup>1)</sup>
ULLAKOT JA YLÄPOHJAN ONTELOT	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>	alapuolisten osastojen mukaan <sup>2)</sup>
<b>KELLARIT</b>	800 m <sup>2</sup>	800 m <sup>2</sup>	400 m <sup>2</sup>

## Rakenteiden kantavuuden säilyttäminen

/3/

Rakennus ja sen rakennusosat eivät palon vaikutuksesta saa sortumalla aiheuttaa vaaraa määrättyinä aikana palon alkamisesta. Mikäli henkilöturvallisuuden takia tai vahinkojen suuruuteen nähden on tarpeellista, rakennuksen on kestävä sortumatta koko palokuorman palaminen ja jäähtyminen. Kantavan rakenteen mitoitus voi perustua joko standardoituun lämpötila-aikakäyrään perustuvaan luokitukseen tai oletetun palonkehityksen mukaisiin rasituksiin.

TAULUKKO 6.2.1

KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET

Sarake	Rakennuksen paloluokka						P3
	P1			P2			
	Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			
	yli 1200	600-1200	alle 600	yli 1200	600-1200	alle 600	
	1	2	3	4	5	6	7
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä	R 120 *	R 90 *	R 60 *	R 30	R 30	R 30	-
- jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
- hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
3–8-kerroksinen rakennus yleensä	R 180	R 120	R 60	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
3–8-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus							
- kerrokset	R 180	R 120	R 60	R 180 *	R 120 *	R 60 *	ei mahd.
- kellarikerrokset	R 180	R 120	R 60	R 180	R 120	R 60	ei mahd.
Yli 8-kerroksinen rakennus	R 240	R 180	R 120	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	R 240	R 180	R 120	R 240	R 180	R 120	R 60

## Osastoivien rakenteiden luokkavaatimus

TAULUKKO 7.2.1

OSASTOIVIEN RAKENNUSOSIEN LUOKKAVAATIMUKSET

Sarake	Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku				
	P1 ja P2 3–8 kerrosta			P2 1–2 kerrosta	P3
	Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>				
	yli 1200	600–1200	alle 600		
	1	2	3	4	5
Osastoivat rakennusosat kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 30	EI 30
Osastoivat rakennusosat kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30
<b>Taulukon huomautus:</b>	Tuotanto- ja varastorakennuksen pinta-alaosastointia toteuttavien rakennusosien luokkavaatimukset Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaan, autosuojan ohjeiden E4 mukaan ja kattilahuoneen sekä polttoainevaraston osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset ohjeiden E9 mukaan.				

Osastoivassa rakennusosassa olevan oven, ikkunan ja muuta pienehköä aukkoa suojaavan rakennusosan palonkestävyysajan tulee yleensä olla vähintään puolet osastoivalle rakennusosalle vaaditusta palonkestävyydestä.

## Sisäpuoliset pinnat

/3/

TAULUKKO 8.2.2		SISÄPUOLISTEN PINTOJEN LUOKKAVAATIMUKSET		
Käyttötapa	Kohde	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 <sup>1)</sup> -	B-s1, d0 <sup>2)</sup> -	D-s2, d2 <sup>1)</sup> -
Majoitustilat	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 -	B-s1, d0 -	D-s2, d2 -
Hoitolaitokset	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 -
Kokoontumis- ja liiketilat				
- palokuorma alle 600 MJ/m <sup>2</sup> ja - pinta-ala on ≤ 300 m <sup>2</sup>	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 -	D-s2, d2 -	D-s2, d2 -
- pinta-ala on yli 300 m <sup>2</sup>	seinät ja katot lattiat	C-s2, d1 -	C-s2, d1 -	D-s2, d2 -
- palokuorma ≥ 600 MJ/m <sup>2</sup>	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 -
Työpaikkatilat	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 <sup>1)</sup> -	B-s1, d0 <sup>2)</sup> -	D-s2, d2 <sup>1)</sup> -
Tuotanto- ja varastotilat				
- palovaarallisuusluokka 1	seinät katot lattiat	D-s2, d2 D-s2, d2 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 D-s2, d2 -
- palovaarallisuusluokka 2	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A <sub>2FL</sub> -s1	B-s1, d0 A <sub>2FL</sub> -s1	B-s1, d0 A <sub>2FL</sub> -s1
Autokorjaamot ja -huoltamot, autosuojat (autosuojissa on lie- vennysmahdollisuus RakMK osan E4 mukaisesti)	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 A <sub>2FL</sub> -s1	B-s1, d0 A <sub>2FL</sub> -s1	B-s1, d0 A <sub>2FL</sub> -s1
Ullakot ja kellarit				
- käyttöullakot	lattiat	A <sub>2FL</sub> -s1	D <sub>FL</sub> -s1	D <sub>FL</sub> -s1
- käyttämättömät ullakot sekä matalat ullakkotilat ja ontelot	yläpohjan yläpinta	B-s1, d0	B-s1, d0	-
- kellaritilat yleensä	seinät ja katot lattiat	C-s2, d1 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	D-s2, d2 D <sub>FL</sub> -s1
- teknisen huollon tilat	seinät ja katot lattiat kattilahuoneen lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1 A <sub>2FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1 A <sub>2FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1 A <sub>2FL</sub> -s1
Uloskäytävät	seinät ja katot lattiat	A <sub>2</sub> -s1, d0 <sup>3)</sup> D <sub>FL</sub> -s1	A <sub>2</sub> -s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1
Sisäiset käytävät majoitus- ja työpaikkatiloissa	seinät ja katot lattiat	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 D <sub>FL</sub> -s1	B-s1, d0 -
Saunat	seinät ja katot lattiat	D-s2, d2 -	D-s2, d2 -	D-s2, d2 -

**Taulukon merkinnät:** - = ei vaatimusta

**Taulukon huomautukset:** <sup>1)</sup> Vähäisiä osia seinäpinoista voidaan verhota luokkiin kuulumattomilla tarvikkeilla.

## **Uloskäytävien lukumäärä**

/3/

Rakennuksen jokaiselta poistumisalueelta, jossa muutoin kuin tilapäisesti oleskelee tai työskentelee henkilöitä, tulee yleensä olla vähintään kaksi erillistä, tarkoituksenmukaisesti sijoitettua uloskäytävää. Yksi uloskäytävä sallitaan enintään 8-kerroksisessa rakennuksessa, kun poistumisalueen käyttötapana on asunto, alle 300 h-m<sup>2</sup>:n työpaikka-tila tai alle 300 h-m<sup>2</sup>:n tuotanto- tai varastotila. Tällöin poistumisalueilta on lisäksi oltava varatie, jonka kautta pelastautuminen on mahdollista omatoimisesti tai palokunnan toimenpitein.

Ks [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi) RakMK E1 ja E2

## 2. Elementtirakentaminen

/ 6 / (Elementtisuunnittelu.fi/)

### 2.1 Betonin ensiaskeleet

Rooman Pantheon on tunnetuin varhainen betonirakenne. Uudelleen betonia ryhdyttiin käyttämään 1800-luvulla Portland - sementin keksimisen jälkeen ja käyttö levisi nopeasti 1900 - luvulla. Suomessa betonin vanhimpia käyttökohteita ovat taidokkaasti valetut portaikot, jotka ovat edelleenkin käytössä lähes kaikissa vuosisadan vaihteen kivitaloissa.

Tieto betonin käytöstä rungon rakentamiseen levisi maailmanlaajuisesti Pariisin maailmannäyttelyssä vuonna 1900. Helsinkiin nousi nopeasti aikansa uutta betoniarkkitehtuuria ja -tekniikkaa edustavia julkisia rakennuksia, mm. Rautatieasema, Eduskuntatalo, Stockmann ja Taidehalli.

#### Teollistumisen aika 1920-50

Vuosisadan alkupuolen teollistuminen ja kaupungistuminen Suomessa edellyttivät rakentamista, mikä toteutettiin nuoren betonitekniikan avulla.

Betoni otettiin käyttöön kaikilla rakentamisen osa-alueilla. Arvostetusta betonirunkorakentamisesta on esimerkkinä 30-luvun Töölö taloineen ja stadioneineen. Arkkitehtonisesti betonin muovailtavuus tarjosi uusia mahdollisuuksia, joita esimerkiksi Alvar Aalto hyödynsi funktionalistisissa töissään 30-luvulta lähtien.

#### Ensimmäiset elementtikohteet 50-luvun alussa

Elementtitekniikkaa tutkittiin maailmalla jo ennen toista maailmansotaa. Sodan tuhojen korjaaminen lisäsi kysyntää ja koska talous eri maissa oli huonossa kunnossa, etsittiin mahdollisimman tehokasta ja taloudellista rakennustapaa. Ratkaisuksi löytyi elementtirakentaminen. Suomessa betoniteollisuutta alettiin kehittää elementtiteknologian avulla 1940- ja 50-lukujen vaihteessa. Ensimmäiset julkisivuelementit kiinnitettiin Viljo Revellin suunnittelemaan Palace- taloon. Tunnetuimpia varhaisia täyselementtirakennuksia on arkkitehti Aarne Ervin suunnittelema Helsingin Yliopiston Porthania-rakennus.



Kuva 114 /6/

Hotelli Palacen julkisivuissa Helsingin Eteläranta 10:ssä käytettiin ensimmäisen kerran tehdasvalmisteisia elementtejä.

Helsingin yliopiston Porthania- instituuttia pidetään maamme ensimmäisenä täyselementtirakennuksena. Runkoelementit asennettiin vuonna 1952.

## **Asuntorakentaminen ja betoni**

Asuntorakentamisen linjanvetäjinä olivat arava-rahoitusjärjestelmä, pankit, rakennuttajayhteisöt ja rakennusliikkeet. Tässä tilanteessa rakennusteollisuus kykeni vastaamaan nopeasti ajan haasteisiin. Urakoitsijat toivat betonirakentamiseen suur- ja pöytämuottitekniikan sekä kenttävalimot, joissa ensimmäiset sandwich- julkisivuelementit valmistettiin. Aluerakentamissopimusten turvin tuotantoa ryhdyttiin teollistamaan edelleen. Mallia otettiin Ranskasta, Tanskasta ja Ruotsista.

### **BES-rakentamista 70-luvulta lähtien**

Vuosina 1968-1970 kehitettiin Suomessa asuinrakentamista varten avoin BES- järjestelmä. Se perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich- ulkoseiniin ja välipohjina käytettäviin pitkälaattoihin. Parvekkeet olivat yleensä vapaasti perustuksilla seisovia torneja. Laattaelementteinä alettiin käyttää esijännitettyjä ontelo- ja kotelolaattoja. BES- järjestelmässä standardoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit siten, että urakoitsijat voivat hankkia valmirosia samaan rakennukseen useilta toimittajilta. Valittu runkojärjestelmä antoi lähes vapaat vaihtelumahdollisuudet asuntojen pohjaratkaisujen suunnittelulle.

80- ja 90- luku

80-luvulla elementtijärjestelmien standardointi jatkui toimitila- ja teollisuusrakentamisen puolelle, kun laadittiin Runko- BES- aineisto. Siinä pilari-palkkirungolle koottiin mittajärjestelmä, rakenneosien mitta- ja tyyppisuositukset sekä liitosdetaljit.

### **2000-luvulle**

Arkkitehtuuri, koko rakennuksen ominaisuudet, elinkaarikustannukset, ympäristövaikutukset suuntasivat kehitystä jo 1990-luvulla. Rakentamisen asenteet ovat muuttuneet ja betoni tarjoaa väri vaihtoehtojen ja säilyvyyden kannalta monipuolisia variaatiomahdollisuuksia. Julkisivuissa rappaustekniikat ja graafinen betoni lisäävät suosiotaan. BES- ja Runko- BES- järjestelmät ovat edelleen runkojärjestelminä käytössä. harkko- ja betonielementitalot lisäävät osuuttaan pientalorakentamisessa. Betonielementtien ja teräksen yhdistelmärunkoratkaisut ovat yleisiä. Viime aikoina mallintava suunnittelu ja matalaenergiarakentaminen ovat yleistyneet.

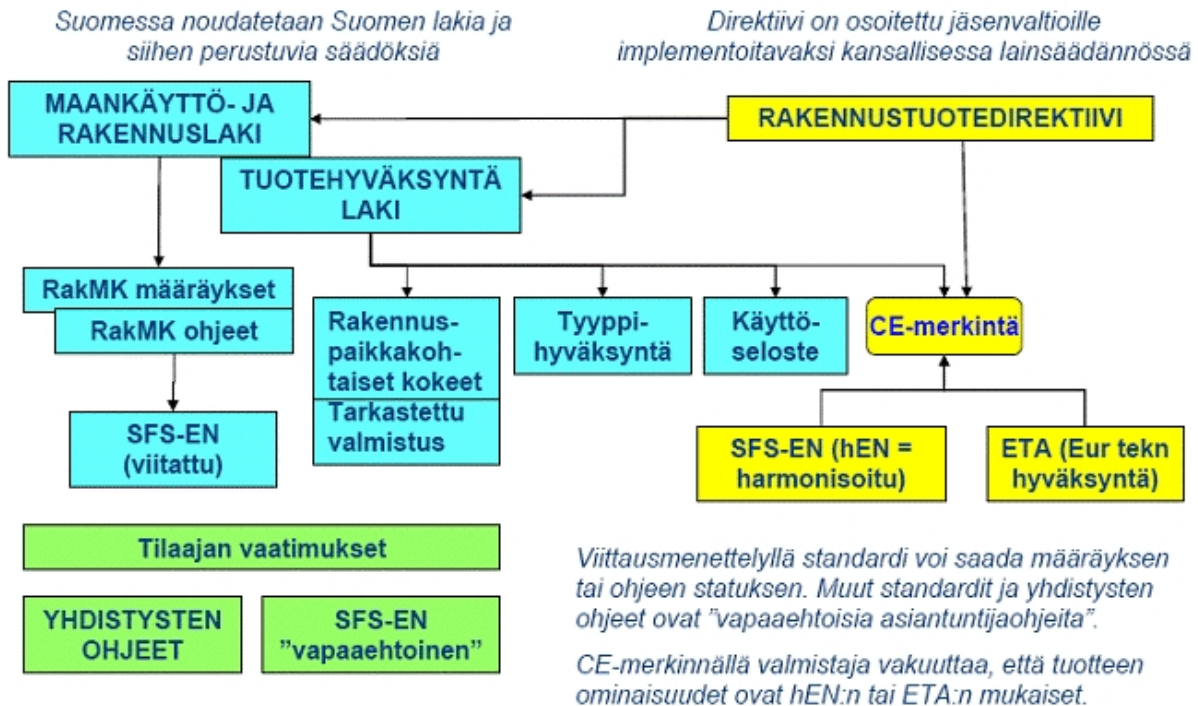
### **Talonrakentaminen**

Betonielementtejä käytetään kaikentyyppisessä talonrakentamisessa. Valmiista elementeistä kooten voidaan tehdä omakoti- ja rivitaloja, asuinkerrostaloja, toimisto- ,liike- ja julkisia rakennuksia sekä teollisuuden ja maatalouden halleja. Runkojärjestelmät ovat vakioituja ja yleisimmät niistä ovat pilarit-palkit-laatat- järjestelmä sekä kantavat seinät-laatat- järjestelmä

## 2.2 Suunnitteluprosessi

/6/

Normit ja standardit

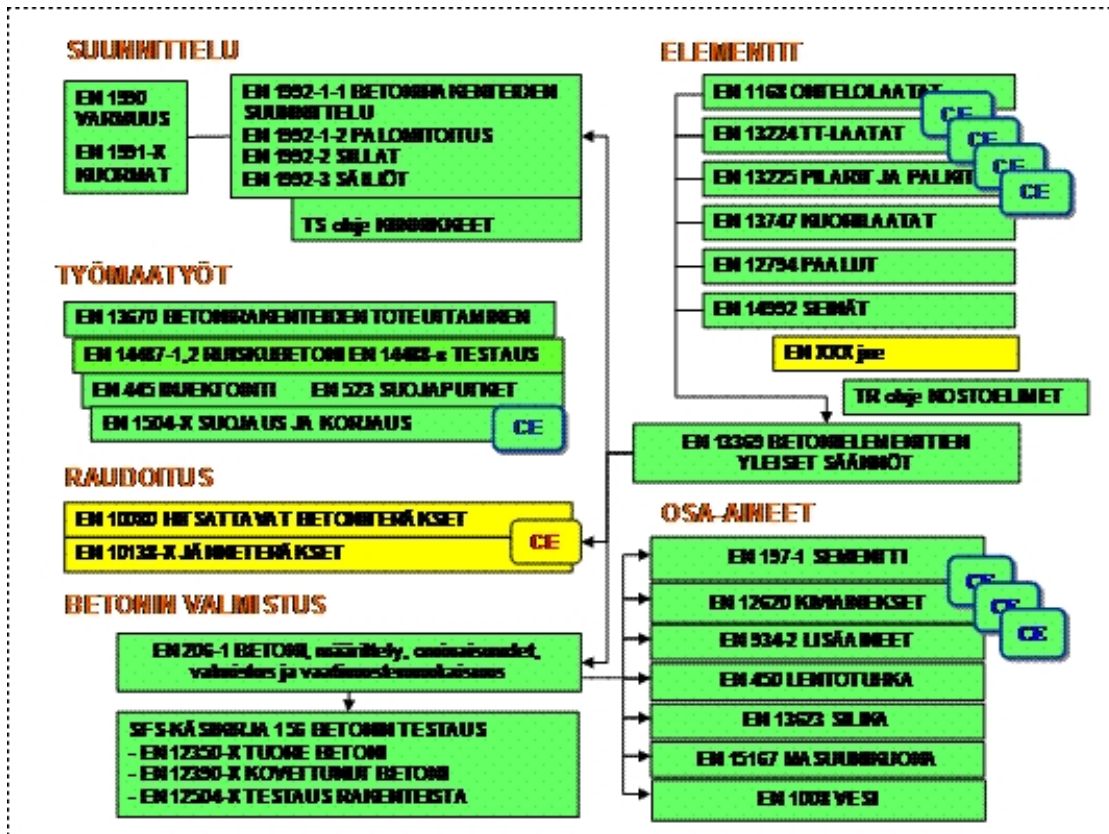


Kuva 115 Määräykset, standardit ja tuotehyväksyntä /6/

Betonivalmisosarakentamista koskeva viranomaissäännöstö muodostuu laeista, asetuksista ja niiden nojalla annetuista viranomaismääräyksistä ja ohjeista. Yksityiskohtainen teknillinen säännöstö sisältyy nykyisin pääosin standardeihin, mikä on seurausta eurooppalaisesta kehityksestä. Niitä täydentävinä käytännön työkaluina julkaistaan yhdistystason ohjeita.

Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) sisältää määräyksiä, jotka ovat velvoittavia ja ohjeita, jotka sisältävät hyväksytyjä ratkaisuja. RakMK:n B-osa kattaa rakenteiden lujuuden. Muissa osissa on mm. paloturvallisuus, äänen-, lämmön- ja kosteudeneristys sekä käyttö- ja huoltoturvallisuus. RakMK:n osat annetaan ympäristöministeriön asetuksilla maankäyttö- ja rakennuslain nojalla. Ne koskevat luvanvaraista rakentamista, siis pääosin talonrakentamista. Liikennevirastolle kuuluu väylärakentamisen määräykset. Soveltuvien osin noudatetaan talonrakentamisen ohjeita täydennettynä mm. sillanrakentamista koskevilla määräyksillä.

Tuotehyväksyntälakiin on otettu EU:n Rakennustuotedirektiivin periaatteet. Ensisijainen hyväksyntämenettely on CE-merkintä. Se perustuu joko eurooppalaiseen harmonisoituun standardiin tai eurooppalaiseen teknilliseen hyväksyntään (ETA). Tyypin hyväksyntä voidaan myöntää vain tuotteille, joille ympäristöministeriö on antanut tyypin hyväksyntäasetuksen. Tuotteita, jotka voidaan CE-merkitä, ei voi tyypin hyväksyä eikä niiltä voi vaatia käyttöselostetta. Tuotehyväksyntälaki tuntee vielä rakennuspaikkakohtaiset kokeet, jotka voidaan korvata tarkastetulla valmistuksella. Tarkastettu valmistus on pakollinen betonivalmisosille, ellei niitä ole CE-merkitty.



Kuva 116 On kaavio keskeisistä betonistandardeista. CE tarkoittaa harmonisoitua tuotestandardia ja keltainen pohjaa kuvaa keskeneräistä työtä /6/

Muusta viranomaissäädännöstä mainittakoon valtioneuvoston asetus elementtirakentamisen työturvallisuudesta. Seuraavassa käsitellään kuitenkin vain betonivalmistosia koskevia standardeja ja tuotehyväksyntää.

Standardit ovat periaatteessa vapaaehtoisia. Viranomaisen voi tehdä ne viittausmenettelyllä pakollisiksi tai hyväksytyiksi ratkaisuksi. Esimerkki hyväksytyistä ratkaisuksista on eurokoodit käytettynä ympäristöministeriön asetuksella vahvistettujen kansallisten liitteiden mukaan.

Harmonisoidulla standardilla on oma vahva statuksensa. CE-merkinnän tiedot ovat voimassa koko Euroopan talousalueella. Valmistuksen valvonta ja testaukset on suoritettu standardin mukaan, samoin kolmannen osapuolen valvonta- ja tarkastustehtävät, jos niitä edellytetään.

Eurooppalaiset standardit valmistellaan eurooppalaisen standardisointijärjestön CENin teknillisissä komiteoissa. Suomessa SFS on antanut laadintaan osallistumisen toimialayhteisöille.

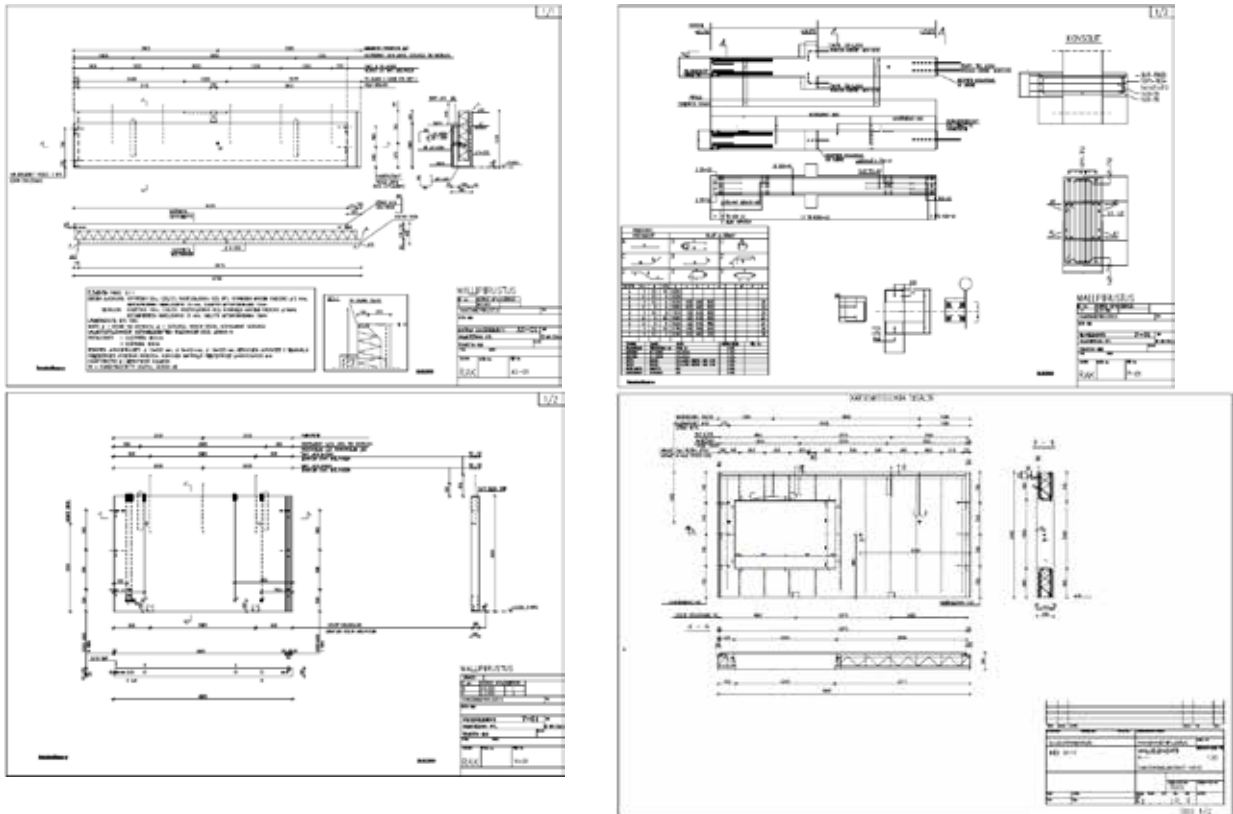
Betonistandardisointia ja pääosaa rakennusalan standardisoinnista hoitaa Rakennustuoteteollisuus RTT. Suomen kannanottoja varten on muodostettu aihepiireittäin eri tahoja edustavia tukiryhmiä.



## 2.3 Mallipiirustukset

/6/

Ks elementtisuunnittelu.fi



Kuva 117 /6/

## Elementtityöselostus

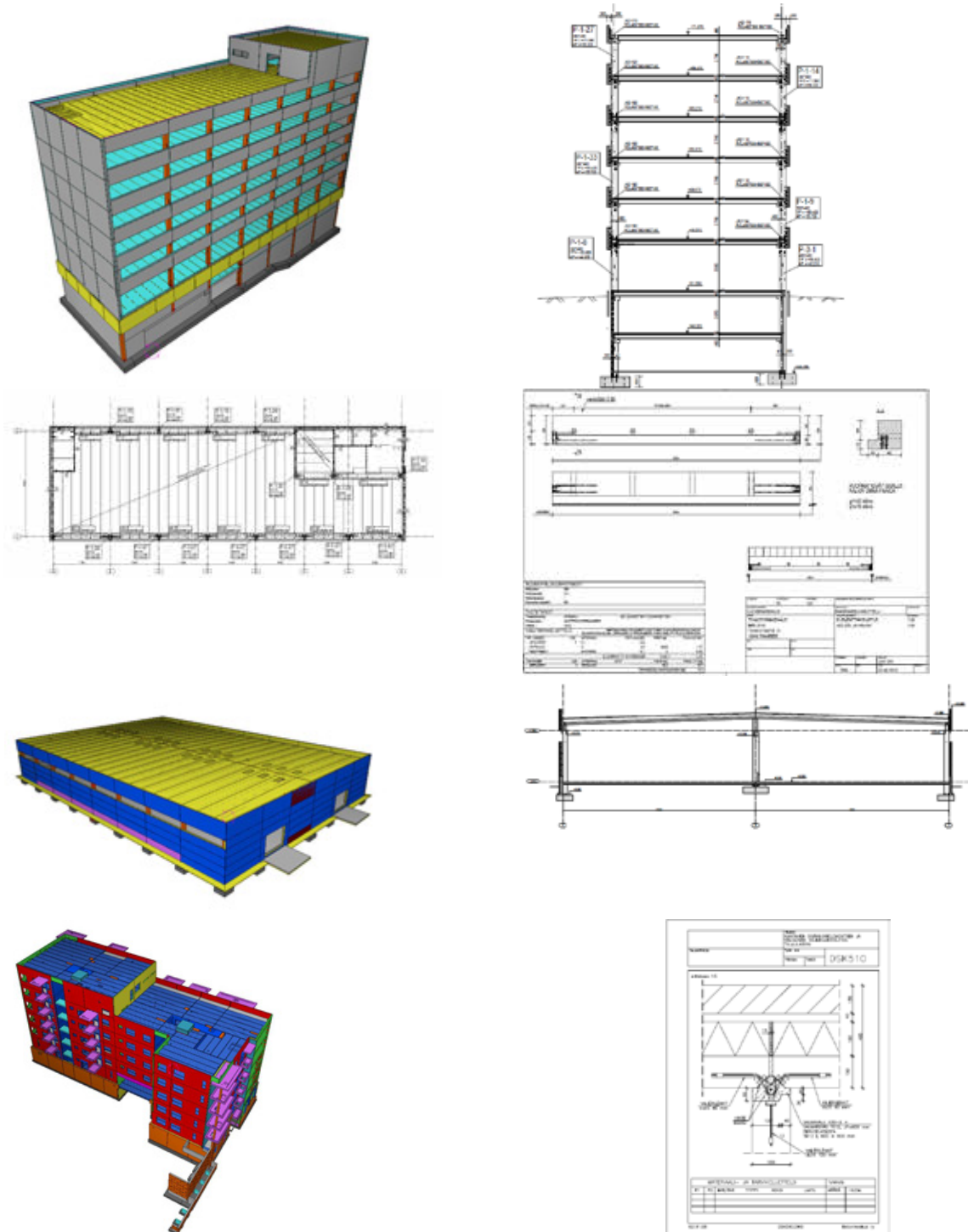
/6/

Betonivalmisosarakentaminen on pitkälti teknisiltä ratkaisuiltaan vakioitu. Tämän vuoksi on myös työselostuksen laadinnassa hyvä käyttää vakioitua mallia. Se löytyy ohesta word- dokumenttina, jota voi täydentää ja muuttaa projektikohtaisesti. Mallissa on otettu huomioon eurokoodipohjainen suunnittelu.

## 2.4 Suunnitteluohjelmat

/6/ ks elementtisuunnittelu.fi

Suunnittelussa ja tuotannossa hyödynnetään yhä enemmän tietomallinnusohjelmia.



Kuva 118 TeklaStructure – tietomalleja

## 2.5 Asuinrakennukset

/6/

### 1. Mittajärjestelmä



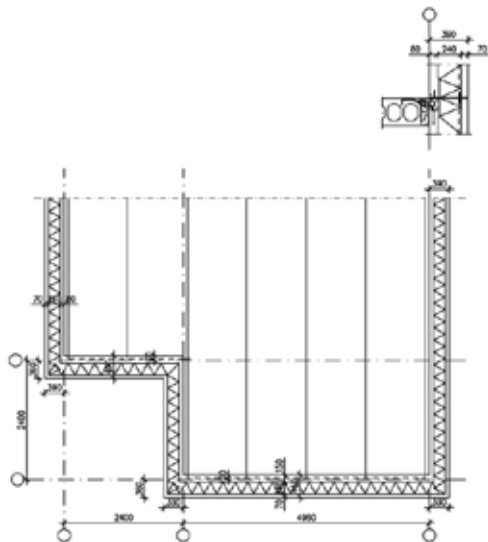
Kuva 119 Asuinkerrostalo /6/

Asuinkerrostalon mittajärjestelmä koostuu

- liittymismoitoista
- mittapoikkeamista
- moduuliverkoista
- mittasuosituksista

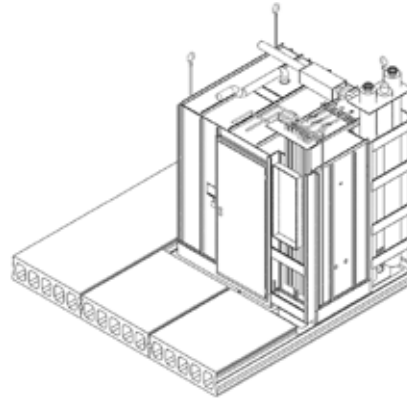
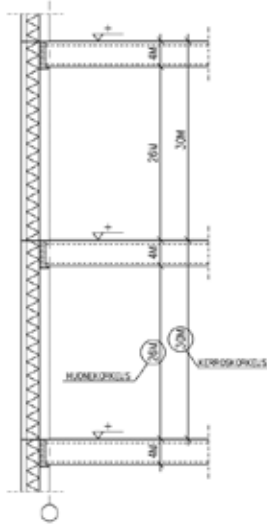
### Moduuliverkot

Moduulimitoitusta käytettäessä kantamoduuli on 100 mm ja sitä merkitään kirjaimella M. Kertomoduulit ovat kantamoduulin kerrannaisia 3M, 6M, 12M jne. ks. myös RT 03-10525.



Kuva 120 Moduliverkko /6/

## Runkojärjestelmät



Kuva 121 Asuinkerrostalon runko /6/

Asuinkerrostalojen minimi kerroskorkeus on RakMk:n asunosuunnittelua koskevan osan G1 mukaan 3000 mm ja minimi huonekorkeus on 2500 mm.

Asuntojen väliset seinät tehdään betonista, jolloin ne täyttävät ääni- ja palotekniset vaatimukset. Kantavat väliseinät ovat yleensä raudoittamattomia betonielementtejä,  $b=180$  tai  $200$  mm. Ulkoseinien sisäkuorta käytetään päädyissä kuormia kantavana, jolloin sisäkuoren paksuus  $b=150$  mm. Porrashuoneiden asuntojen vastaiset seinät ovat  $200$  mm paksuja betonielementtejä.

Asuntojen sisäiset seinät ovat ei-kantavia kevyitä seiniä, jolloin huonetilojen muutokset on helppo toteuttaa.

Märkätilat pyritään sijoittamaan päällekkäin, jolloin etuna on LVI-laitteiden melun vähäinen määrä asunnoissa. Märkätilat rakennetaan paikalla kiviaineisina tai levyrakenteisina tai tilat tehdään esivalmisteisista ns. kylpyhuone-elementeistä.

Kantavien ja jäykistävien rakenteiden palonkestovaatimus on 3-8 kerroksisessa rakennuksessa yleensä R60 ja yli 8 kerroksisessa R120. Talousirtaimiston säilytystilat mitoitetaan P1-luokan rakennuksissa  $600-1200$  MJ/m<sup>2</sup> palokuormalle, jolloin kantavien rakenteiden luokkavaatimus on 3-8 kerroksisessa rakennuksessa R120 ja yli 8-kerroksisessa R180. Irtaimistovarastot sijoitetaan yleensä väestönsuojiiin tai kellaritiloihin, jolloin luokkavaatimukset ja osastoinnit ovat helpommin toteutettavissa.

Alapohjat tehdään joko maanvaraisina paikalla valaen tai tuuletettuina lämmöneristetyistä ontelolaatoista.

### Jäykistys

Rakennuksen vakavuutta arvioitaessa on tunnettava kaikki siihen kohdistuvat kuormat.

### Pystysuuntaisia kuormia ovat

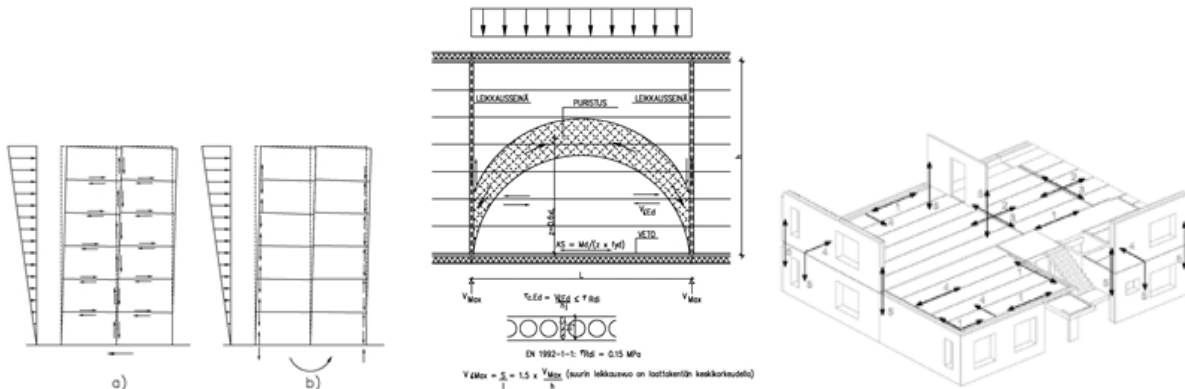
- rakennusosien massa
- maan massa
- lumikuormat
- henkilö- ja tavarakuormat
- liikennekuormat.

## Merkittävimmät runkoon vaikuttavat vaakakuormat ovat

- tuulikuorma
- rakenteiden vinoudesta, kaltevuuksista ja epäkeskisyyksistä aiheutuvat lisävaakavoimat
- maanpaine kuormat
- liikennekuormiin kuuluvat jarrukuormat
- työkonekuormat

Lisäksi rakenteita voivat rasittaa pakkovoimat, jotka syntyvät rakenteiden tukien painumista, jännevoimista, virumisesta ja kutistumisesta.

Asuinkerrostalon rakennusrunko jäykistetään pystysuunnassa perustuksiin ulokkeena tukeutuvilla betonisilla väli- ja ulkoseinillä. Suuret rakennukset jaetaan liikuntasaumoilla osiin, joita tarkastellaan omina erillisinä kokonaisuuksinaan. Jäykistävät betoniseinät koostuvat yleensä erillisistä betonielementeistä, jotka yhdistetään liitoksilla yhtenäisiksi levyiksi.



Kuva 122 Elementeistä kootun jäykistysseinän liitoksissa vaikuttavia voimia. /6/

Rakennuksen runkoon kohdistuvat vaakavoimat siirretään jäykistysosille jäykkien välipohjalevyjen välityksellä. Elementeistä tehdyt laatastot yhdistetään rengas- ja saumaraudoituksella sekä saumavaluilla jäykiksi levyiksi. Levyä tarkastellaan vaakasuorassa tasossa olevana seinämäisenä kannattajana, jonka sisään muodostuu puristuskaari ja vetotanko. Kannattajan tukina toimivat leikkausseinät ja jäykistystornit. Laatastot tehdään tavallisesti ontelolaatoista tai valetaan paikalla. Laatat tukeutuvat suoraan kantavien seinien päälle. Ontelolaattoja  $h_l=370$  käytettäessä päästään kylpyhuoneidenkin kohdalla n. 8500-12000 mm jänneväliin riippuen kylpyhuonesyvennyksen sijainnista laatan jänteellä. Hormeja varten tehtävät aukot saattavat rajoittaa jänneväliä.

Ei-kantavat ulkoseinät ovat joko sandwich-elementtejä tai yhdistelmäjulkisivuja käytettäessä sisäkuorielementtejä, jolloin niiden paksuus tulee ääniteknisistä syistä olla 150 mm.

## Onnettomuuskuormat

EN 1991-1-7 ja EN 1992-1-1 mukaan rakennuksissa, joita ei ole monoliittisesti suunniteltu kestäämään onnettomuuskuormia, tulee olla jatkuvan sortumisen estämiseen soveltuva sidejärjestelmä, joka mahdollistaa kuormien siirtymisen toista kautta paikallisen vaurion jälkeen. Tällöin rakennus varustetaan seuraavilla siteillä:

- laataston ympäri kiertävät siteet (rengasraudoitus)
- laataston sisäiset, toisiaan vastaan kohtisuorat siteet (saumaraudoitus)
- laataston sisäiset, toisiaan vastaan kohtisuorat siteet (saumaraudoitus). Sama kuin edeltävä.
- vaakasuuntaiset pilari- tai seinäsiteet
- pystysiteet yli 4-kerroksisissa rakennuksissa

Siteitä suunniteltaessa raudoituksen lujuutena voidaan käyttää ominaisarvoa

## Liikuntasaumat

Asuinkerrostalon runko jaetaan liikuntasaumoilla osiin, jolloin lämpötilan ja kutistumisen vaikutukset voidaan jättää huomiotta. Liikuntasaumajaon suositusarvo on EN 1992-1-1 mukaan 30 m.

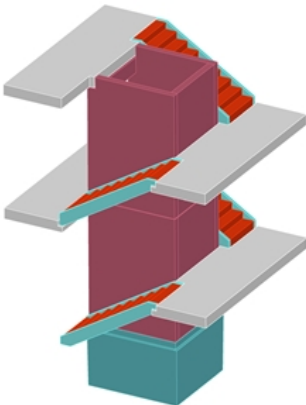
## Julkisivut

Asuinkerrostalojen julkisivut tehdään elementtitaloissa seuraavilla vaihtoehtoisilla tavoilla:

- kantavat ja ei-kantavat ruutu- sw-elementit
- nauhamaiset sw-elementit
- eriytetyt ja yhdistelmäjulkisivut, esim. sisäkuorielementit + rappaus

## Porrashuoneet

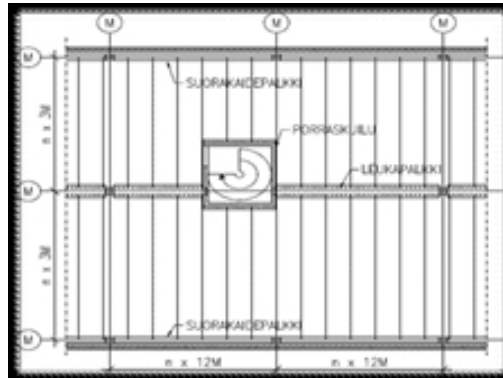
Yleisin porrastyyppeä asuinkerrostalossa on 2-syösyinen porrashuone hissillä tai matalissa rakennuksissa 2-syöksyinen porttas ilman hissii. Portaan minimileveys on 1200 mm.



Kuva 123 2-syöksyinen porttas, hissi keskellä /6/

Suurin sallittu askeläänitasoluku  $L'_{n,w}$  porrashuoneesta asuntoon on RakMk C1 mukaan 63 dB.

## 2.6 Toimisto- ja liikerakennukset

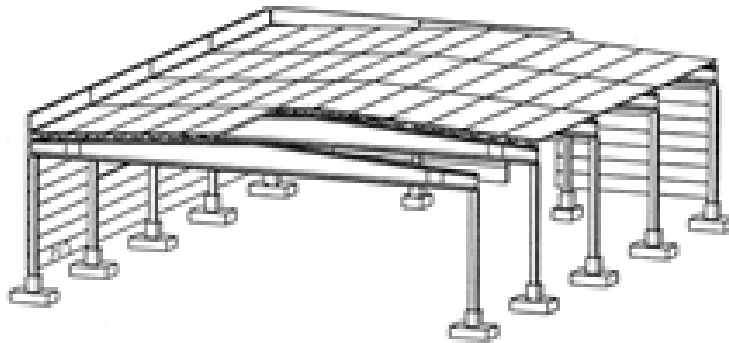


Kuva 124 /6/

Rakennuksen rungon moduuliverkkona käytetään pilareihin nähden keskistä moduuliverkkoa. Moduulijako valitaan yleensä toimistohuoneen koon kerrannaiseksi, jotta julkisivulinjojen pilarit pystytään sijoittamaan toimistohuoneiden väliseinälinjoille. Tyypillinen moduulijako 2400 mm leveissä toimistohuone ratkaisuihin on 7200 mm tai 8400 mm ja vastaavasti 2700 mm leveissä huoneratkaisuissa 5400 mm tai 8100 mm.

Toimisto- ja liikerakennuksissa pilari-palkki järjestelmä, jossa palkkilinjat ovat rakennuksen pituussuunnassa, on Suomessa yleisin runkotyyppe. Vaakarakenteena käytetään suorakaide- ja leukapalkkeja sekä ontelo- tai kuorilaattoja ja pystyrakenteina betoni tai liittopilareita.

## Teollisuus- ja varastorakennukset



Kuva 125 /6/

Rungon moduuliverkkona käytetään pilareihin nähden keskeistä moduuliverkkoa keskipilareille ja tarvittaessa moduuliverkko sijoitetaan ulkoseinälinjoilla pilareiden ulkopintaan

Teollisuus- ja varastorakennuksissa kantava runko on yleensä pilari-palkkirunko. Rakennukset ovat usein yksikerroksisia halleja, joihin saattaa liittyä useampikerroksisia toimisto- ja aputiloja. Pilarilinjojen lukumäärä riippuu hallin koosta ja tarvittavasta vapaasta jännevälisestä.

Palkit ovat jännitettyjä tai teräsbetonipalkkeja jännevälisestä ja kuormituksista riippuen. Pitkillä jänneväleillä käytetään jännebetonisia I- tai HI – palkkeja. HI- palkkeja käytettäessä saadaan vesikatolle harjainen muoto ilman tilaa vievää keskipilarilinjaa. HI-palkkien yläpinnan kallistus on 1:16.

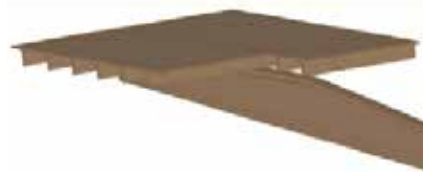
## Suositusjännevälit

Eräiden betonielementtirakenteiden suositusjännevälialueita. Ks elementtisuunnittelu.fi

Taulukko 4

HI-palkki, 8=480 mm Harjakorkeus taulukosta, kalt. 1/16.  
 TT-3000/120 laatta  
 Kuormitus  $B_k=0.5 \text{ kN/m}^2$   
 $s=0.8 \cdot 2.75=2.2 \text{ kN/m}^2$  lumikuorma

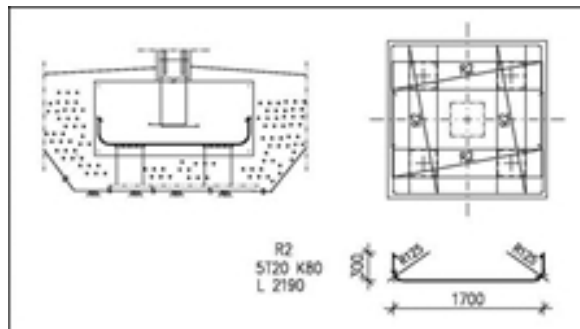
Laatan jänneväli	Laatan paksuus	Palkin jänneväli					
		15 000	18 000	21 000	24 000	27 000	30 000
9 000	400	1200	1350	1500	1800	2100	2400
10 000	400	1200	1350	1650	1950	2100	2550
12 000	500	1350	1500	1800	2100	2550	-
14 000	500	1350	1650	1950	2250	2700	-
16 000	600	1500	1800	2100	2550	-	-
18 000	600	1650	1950	2250	2700	-	-
20 000	700	1800	2100	2550	-	-	-
22 000	800	1800	2250	2700	-	-	-
24 000	800	1950	2400	-	-	-	-



## Perustukset ja väestönsuojat



Kuva 126 /6/



Kaikki perustusrakenteet voidaan tehdä myös elementeistä. Markkinoilta löytyy antura- ja holkkielementtejä, sokkelipalkkeja, kellarin seiniä, paaluja ja paaluhattuja sekä väestönsuojan seiniä ja kattolaattoja.

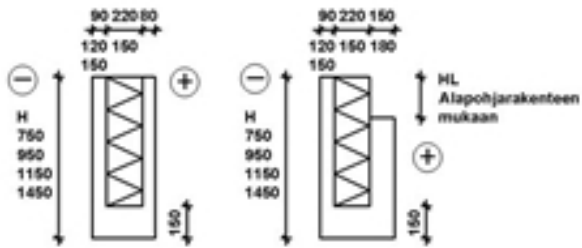
## Paalut

Teräsbetonipaaluja käytetään perustuksissa, joissa pohjaolosuhteet vaativat kuormien viemisen syvemmällä sijaitsevaan kantavaan maakerrokseen. Yleisimmin Suomessa käytettävä paalutyyppi on teräsbetoninen lyöntipaalu. Suomen maaperäolosuhteissa paalut ovat lähes aina tukipaaluja, ts. paalujen pää ulotetaan aina kallioon tai kantavaan maakerrokseen asti. Kitka- ja koheesiopaaluja käytetään melko vähän. Paaluperustuksen yhteydessä käytetään yleensä paikallavalettua anturaa.

## Sokkelielementit

Sokkelielementtejä valmistetaan sandwich-elementteinä, eristämättöminä sokkelipalkkeina tai ontelolaattoina. Ks elementtisuunnittelu.fi





Kuva 127 Sokkelielementti /6/

## Väestönsuojaelementit

Teräsbetonirakenteiset väestönsuojat jaetaan normaalisti S3-, S1- ja K-luokan suojiin. Väestönsuojan rakentamisvelvoitteeseen vaikuttaa, sijaitseeko rakennus suojelukohdealueella vai valvonta-alueella. Sisäasiainministeriö on RT-kortissa RT SM-20861 määrittellyt Suomeen 50 suojelukohdekuntaa ja muu osa Suomea käsittää valvonta-alueen.

Uudisrakentamisen yhteydessä väestönsuoja on rakennettava kerrosalaltaan vähintään 600m<sup>2</sup>:n rakennuksiin, joissa työskennellään tai asutaan pysyvästi. Väestönsuojan rakentamisvelvollisuutta ei ole tilapäisissä rakennuksissa, joita käytetään alle 5 vuotta. Muutos- ja korjausrakentamisen yhteydessä väestönsuoja on rakennettava suojelukohdealueella rakennuksiin, joissa korjaustyön laajuus on vähintään 1000m<sup>2</sup>. Rakentamisvelvollisuus pätee korjauskohteissa, mikäli se on kohtuullisin kustannuksin sekä ilman suuria vaikeuksia mahdollista. Valvonta-alueella rakentamisvelvollisuutta ei ole korjaustyön yhteydessä. Väestönsuojan suojatilan tulee olla vähintään 2 % yhteenlasketusta kerrosalasta. Teollisuus-, tuotanto- ja kokoontumisrakennusten sekä varastorakennusten väestönsuojan suojatila tulee olla vähintään 1 % yhteenlasketusta kerrosalasta. Väestönsuojan tyyppi määritellään suojatilan koon ja henkilömäärän mukaan. Taulukossa 3.3 on esitetty suojatyypit, niiden sallitut suojatilan koot, maksimi henkilömäärät sekä kuormitukset, jotka väestönsuoja kestää (RT 92-10771).

Suojelukohteissa			
Suojaluokka	Varsinainen suojatila enintään (m <sup>2</sup> ) (0,75 m <sup>2</sup> /henkilö)	Laskennallinen henkilömäärä enintään	Kuormitus, jonka väestönsuoja kestää (bar)
K-luokan väestönsuoja 1)	20	26	0,25
K-luokan väestönsuoja peruskorjattavissa rakennuksissa	180	240	0,25
S1 teräsbetoniväestönsuoja	90	120	1
S1 kalliosuoja	900	1200	1
S3 teräsbetoniväestönsuoja	450	600	3
S3 kalliosuoja	1800	2400	3
S6 kalliosuoja	3600	4800	6
Muulla alueella (valvonta-alueella)			
K-luokan väestönsuoja	180	240	0,25
S1 teräsbetoniväestönsuoja	360	480	1
S3 teräsbetoniväestönsuoja	450	600	3
S1 kalliosuoja	1800	2400	1
S3 kalliosuoja	3600	4800	3
S6 kalliosuoja	3600	4800	6

1) Muutos- tai korjaustyön yhteydessä suojelukohteessa valmiiseen rakennukseen rakennettavan K-luokan väestönsuojan suojatila saa olla enintään 180 m<sup>2</sup>.

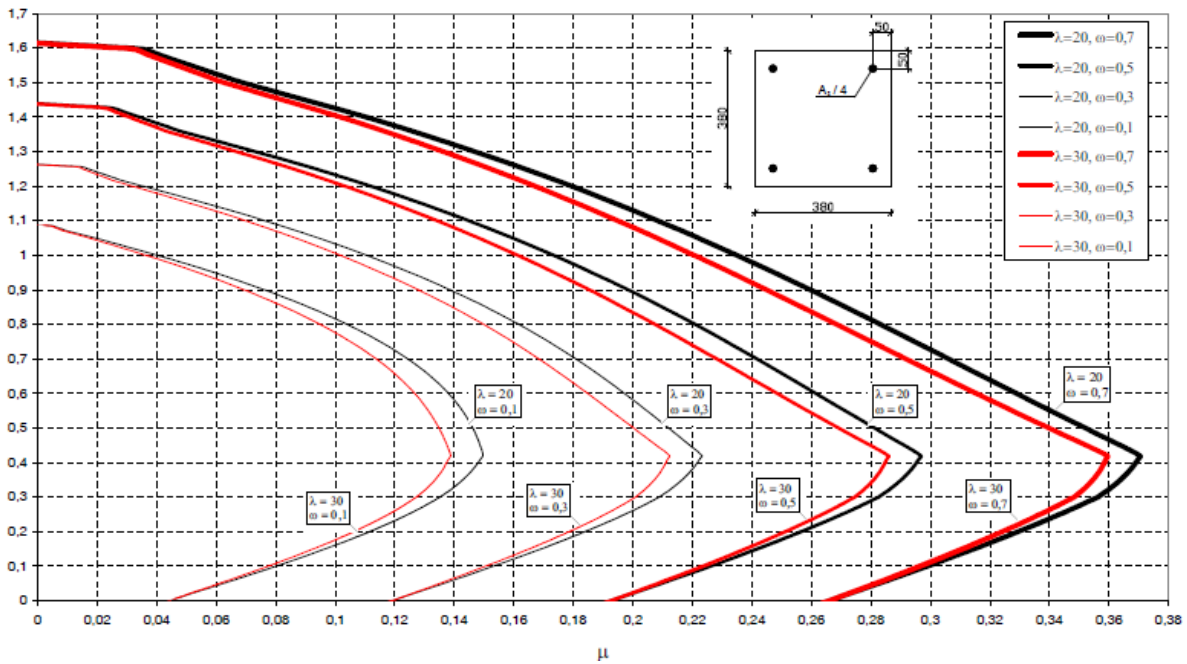
Taulukko 3.3 Väestönsuojien suojatyytit, suojatila, henkilömäärä ja kuormituskestävyys /6/

Väestönsuojien rakenteet määritellään erillisten väestönsuojia koskevien teknisten ohjeiden mukaan. Määriteltäessä rakenteita, tulee huomioida, että suoja on riittävän tiivis ja luja kriisitilanteessa. Väestönsuojien rakennejärjestelmät on kehitetty sellaisiksi, että lopullisessa tilanteessa suoja on mahdollisimman monoliittinen ja vaadittava tiiveys säilyy kriisitilanteessa. Tästä syystä rakenneosien liittymät tehdään jäykiksi tai osittain jäykiksi. Elementtirakenteiset väestönsuojat ovat pääosin yhdistelmärakenteita, joissa elementit ja paikallavalu muodostavat yhdessä lopullisen suojarakenteen.

## Pilarit

Elementtipilarit ovat poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisia tai pyöreitä. Suositeltava minimipaksuus pilareille on yleensä 280 mm. Betonipilarin valmistusmitta on  $n * M$  (liittymismitta) - 20 mm (esim. 380 \* 380). Pilarien kulmissa käytetään ensisijaisesti vakioviistettä 15 \* 15 mm<sup>2</sup>.

380x380 mm<sup>2</sup> λ=20-30



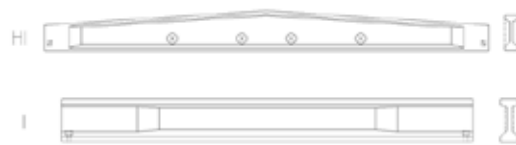
Kuva 128 Teräsbetonipilarin yhteisvaikutusdiagrammi /6/

## Palkit

Elementtipalkit voivat olla tavallisia teräsbetonipalkkeja tai jännitettyjä jännebetonipalkkeja. Erilaisia palkkityyppejä muodon perusteella ovat  
 Suorakaidepalkki (Teräsbetoni tai jännitetty)  
 Leukapalkki (Teräsbetoni tai jännitetty)  
 Ristipalkki (Teräsbetoni tai jännitetty)  
 HI- ja I-palkki (Jännitetty)

		PALKKILEIUS				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
PALKKILEIUS	0,1	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]
	0,2	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]
	0,3	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]
	0,4	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]
	0,5	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]	[Symbol]

Legend:   
 ■ SUORAKAIDEPALKKI   
 □ SUORAKAIDEPALKKI



Kuva 129 Teräsbetonipalkkien suositusmittoja ks elementtisuunnittelu.fi /6/

## Seinät

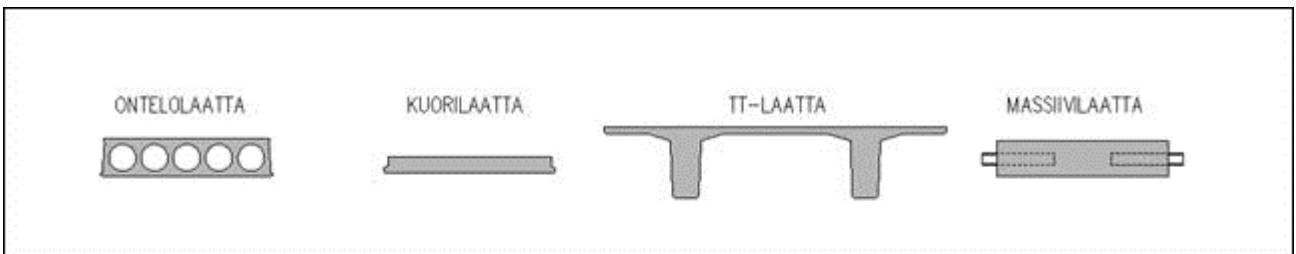


Kuva 130 /6/

Seinäelementtejä käytetään ulkoseinän sisäkuoressa, väliseininä sekä kellarin maanpaineseininä. Seinät ovat pääasiassa puristettuja rakenteita. Jäykistävillä seinillä ja maanpaineseinillä on lisäksi rasituksena vaakakuormituksia. Seinien leveys  $b$  tulee olla suurempi kuin 4 kertaa seinän paksuus  $h$ . Muuten rakennetta tulee käsitellä pilarina (EN 1992-1-1 kohdat 9.5.1 ja 9.6.1).

Elementtiseinät tehdään joko raudoittamattomina tai raudoitettuna. Raudoittamattomien elementtien reunaan sijoitetaan reunan suuntainen pieliraudotus, jonka halkaisija  $> 10\text{mm}$ . Elementtirakenteiset teräsbetoniseinät ovat molemmista pinnoistaan raudoitettuja. Seinän tulee sisältää vähintään minimiraudotusta vastaava teräsmäärä, jotta sitä voidaan pitää teräsbetoniseinänä. Asuinrakennuksissa rasitukset ovat usein niin pieniä, että seinät voidaan toteuttaa raudoittamattomina. Toimisto- ja liikerakennuksissa jäykistävät betoniseinät joudutaan usein raudoittamaan.

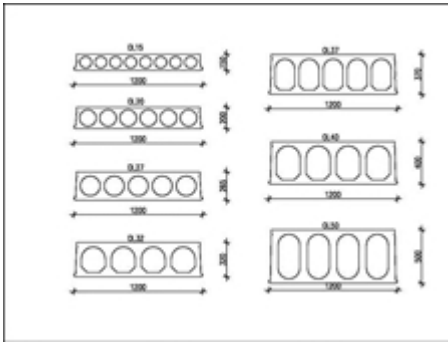
## Laattarakenteet



Kuva 131 Elementtilaattatyypit /6/

Elementtilaattojen käytöllä saavutetaan monia etuja perinteiseen paikallavalettuun laatastoon verrattuna. Tärkeimpiä etuja ovat muotti- ja tuentatyön vähäisyys, rakentamisen nopeus ja työskentelytason aikaan saaminen varhaisessa vaiheessa. Yleisimpiä laattaelementtityyppejä ovat :

- Ontelolaatat
- Kuorilaatat
- TT- laatat
- Massiivilaatat
- Ontelolaatat



Kuva 132 Ontelolaattojen perustyyppit /6/

Ontelolaatta on yleisin elementtilaattatyyppi, jota käytetään betonirunkoisissa rakennuksissa. Niitä käytetään asuin-, liike- ja teollisuusrakennusten ala-, väli- ja yläpohjissa. Ontelolaattojen tuotestandardi on SFS-EN 1168.

Ontelolaatat ovat esijännitetyjä laattaelementtejä, joita on kevennetty laatan pituussuunnassa kulkevilla onteloilla. Ontelolaattojen valmistukseen käytetään C40-C70 lujisuuden omaavaa betonia. Laatat valetaan liukuvaluna pitkien teräksisten valupetien päälle. Valussa käytettävä massa on niin jäykkää, että valukoneen muotoilema ja tiivistämä laatta säilyttää alustalla muotonsa ilman erillisiä muottilaitoja. Onteloiden korkeus, määrä ja muoto vaihtelevat ontelolaatan korkeuden mukaan. Ontelolaattojen valmistuspaksuudet ovat 150, 200, 265, 320, 370, 400 ja 500mm (Kuva 7.2). Ontelolaattojen vakioleveys on 1200mm. Ontelolaattoja käyttämällä on mahdollista päästä aina 20 metrin jänneväleihin asti.

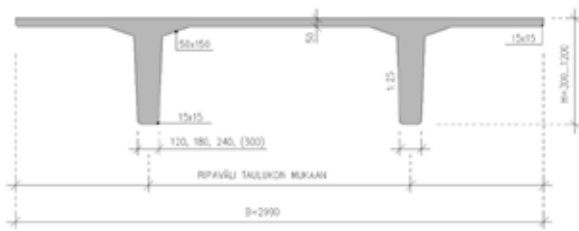
Taulukossa 7.1 on esitetty ontelolaattojen painot sekä maksimijännevälit. /6/

LAATTATYYPPI	LAATAN ELEMENTINPAINO		VÄHIMMÄISTUKIPINTA MAKSIMIJÄNNEVÄLI	
	KORKEUS [mm]	PAINO [kg/m <sup>2</sup> ]	SAUMATTUNA [mm]	[m]
O15	150	205	215	7,0
O20	200	245	260	11,0
O27	265	360	380	13,5
O32	320	380	400	16,0
O37	370	485	510	14,0
O40	400	435	465	18,5
O50	500	560	600	20,0

### TT- laatat

TT-laatat ovat esijännitetyjä teräsbetonelementtejä, joilla päästään pitkiin jänneväleihin. Laatat valmistetaan 50-100m pitkien jännitysalustojen päällä. Tavallisesti laattojen valmistukseen käytetään C40 lujisuuden omaavaa betonia. Palonkesto aika vaihtelee käytettävien laattatyyppien mukaan R30-R180.

Kuvassa 7.11 on esitetty TT-laatan vakiopoikkileikkausten mittasuositus. TT-laattojen vakioleveys on 2990mm (nimellisleveys 3000mm) ja korkeus 300-1200mm. Korkeus kasvaa 100mm:n välein. Laataston korkeus ja ripaleveys valitaan palonkestoajan sekä kuormitusten perusteella. Rivan vakioleveydet ovat 120, 180 tai 240mm. Ripojen väli muuttuu korkeuden ja ripaleveyden mukaan. Taulukossa 7.5 on esitetty TT-laattojen painot ja ripajako. Ripaväli ja mitoitus saattaa poiketa hiukan valmistajasta riippuen.



Kuva 133 TT-laattojen vakiopoikkileikkausten mittasuositus /6/

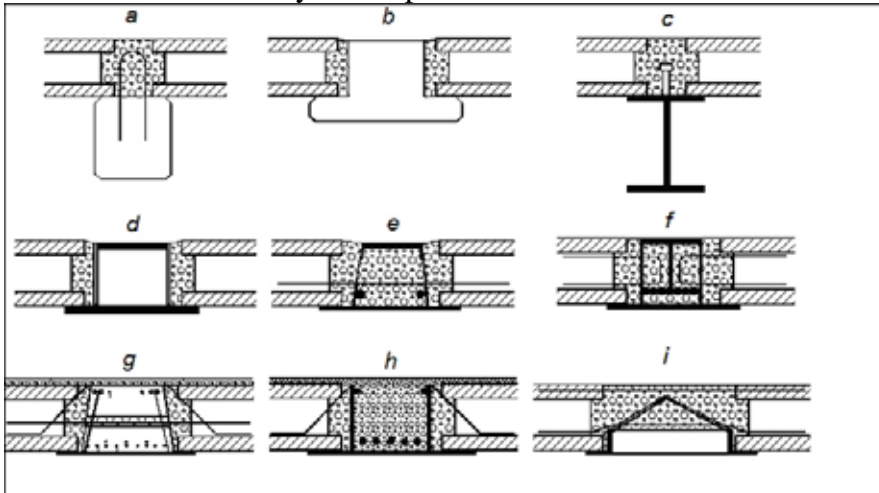
Korkeus Rivan leveys 120mm Rivan leveys 180mm Rivan leveys 240mm

H [mm]	Ripaväli [mm]	Paino [kg/m <sup>2</sup> ]	Ripaväli [mm]	Paino [kg/m <sup>2</sup> ]	Ripaväli [mm]	Paino [kg/m <sup>2</sup> ]
300	1460	195	1520	225	1580	240
400	1468	220	1528	250	1588	285
500	1476	240	1536	285	1596	330
600	1484	270	1544	325	1604	375
700	1492	295	1552	360	1612	425
800	1500	325	1560	400	1620	475
900	1508	355	1568	440	1628	525
1000	1516	390	1576	480	1636	580
1100	1524	420	1584	525	1644	630
1200	1532	455	1592	570	1652	685

Taulukko 7.5 TT-laattojen painot ja ripajako. Suositeltavimmat ripaleveydet ja laattakorkeudet on esitetty tummennettuina. /6/

## Liittorakenteet

Liittorakenteella tarkoitetaan tässä yhteydessä rakennetta, jossa esivalmisteinen osa, kuten betonielementti toimii yhdessä paikallavalun tai toisen betoni- tai teräselementin kanssa.



Kuva 134 Liittvälipohjia /6/

## **Portaat**

Porrashuoneiden tilojen mitoitusta säädelään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osissa E1 ja F2. Osa E1 käsittelee rakennusten paloturvallisuutta ja siellä määritellään:

- Kulkutien minimileveys ja korkeus (leveys suhteessa käyttäjämäärään)
- Portaan maksiminousu ja minimietenemä
- Savunpoisto ja pääsy kellarikerrokseen

Osa F2 käsittelee rakennusten käyttöturvallisuutta ja siellä määritellään:

- Huoneiston oven etäisyys porrasaskelmista
- Kaiteen mitoitus

Asuinrakennuksissa yleisin porrastyyppi on 2-kaistainen porrashuone hissillä tai matalissa rakennuksissa 2-kaistainen porttas ilman hissiä. Kaksikaistaisen portaan minimileveys on 1200mm.

## Hormit ja kylpyhuoneet

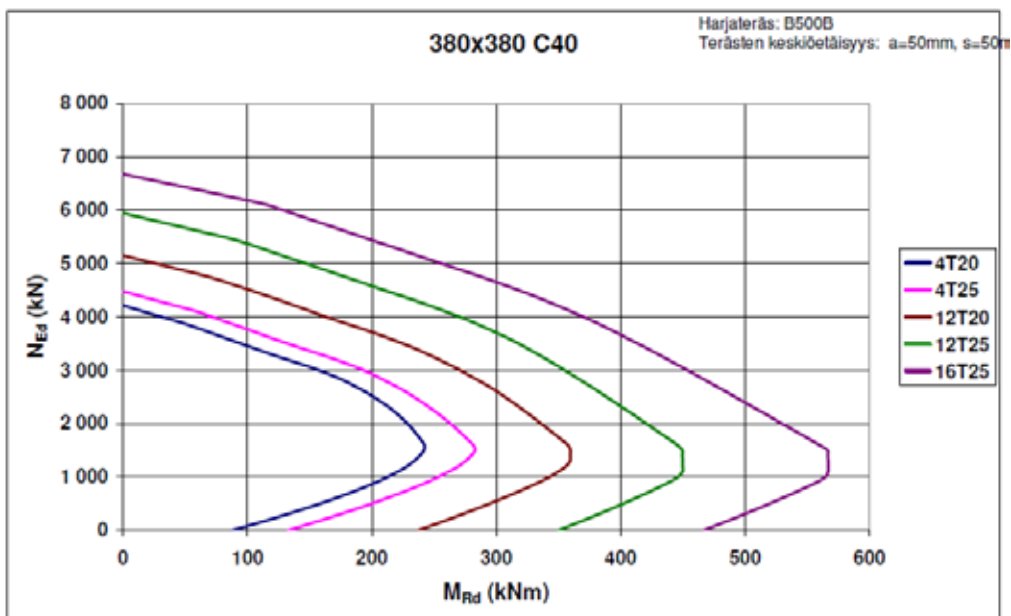


Kuva 135 /6/

Suomessa valmistetaan erilaisia erikoiselementtejä, joiden avulla rakennuksista saadaan yhä enenevässä määrin täysin elementoituja. Tällä tavoin työmaalla tapahtuvaa rakentamisaikaa voidaan lyhentää entisestään ja sääolosuhteilla on vielä vähemmän vaikutuksia talvirakentamisessa. Seuraavissa kappaleissa on esitetty kyseisiä elementtejä ja niiden ominaisuuksia.

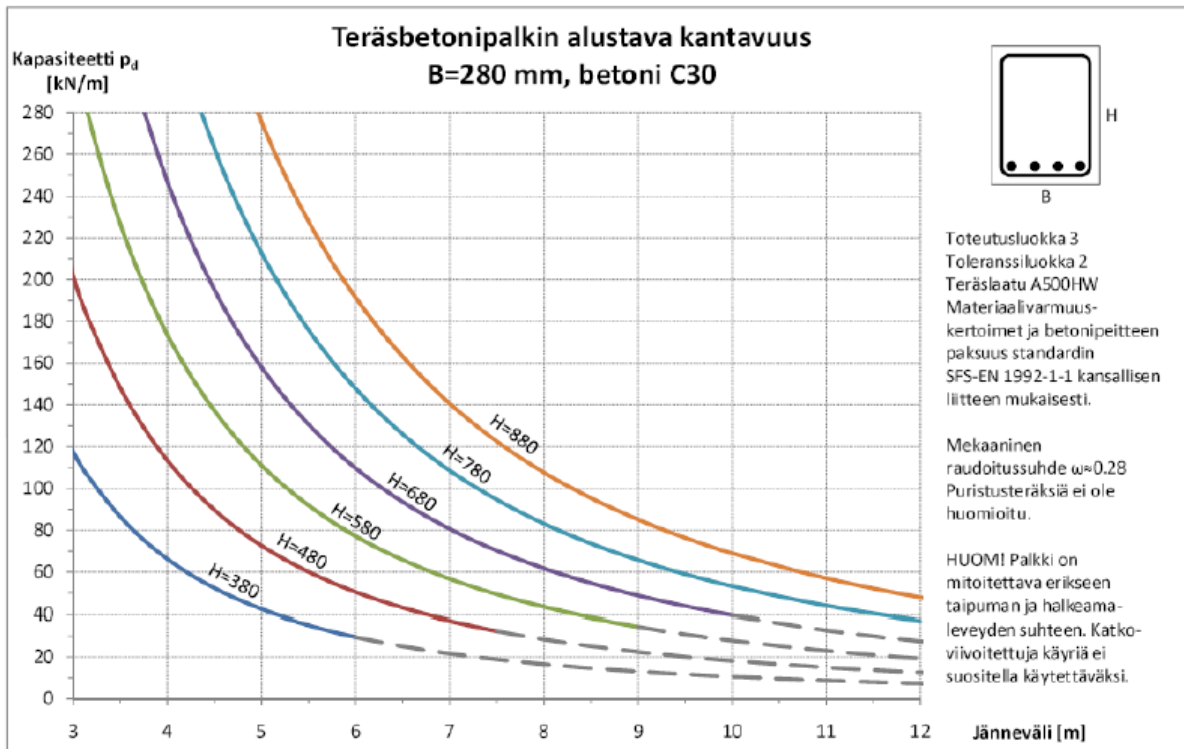
## Kantokykykäyrät

/6/ Ks elementtisuunnittelu.fi

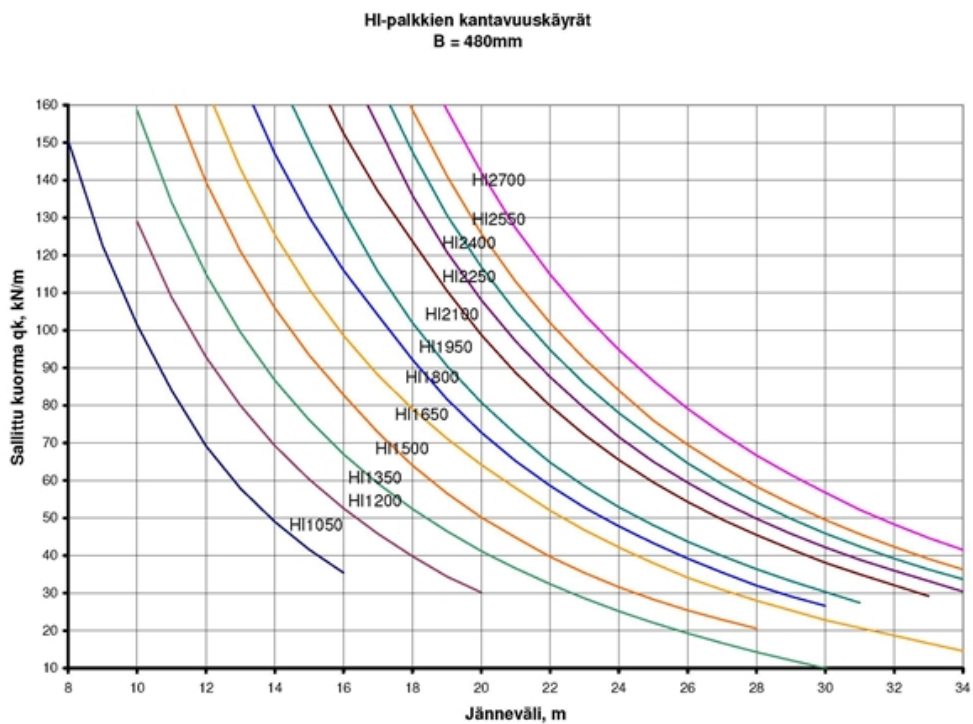


Kuva136 Pilarin kantokyky





Kuva 137 Teräsbetonipalkin kantokyky /6/

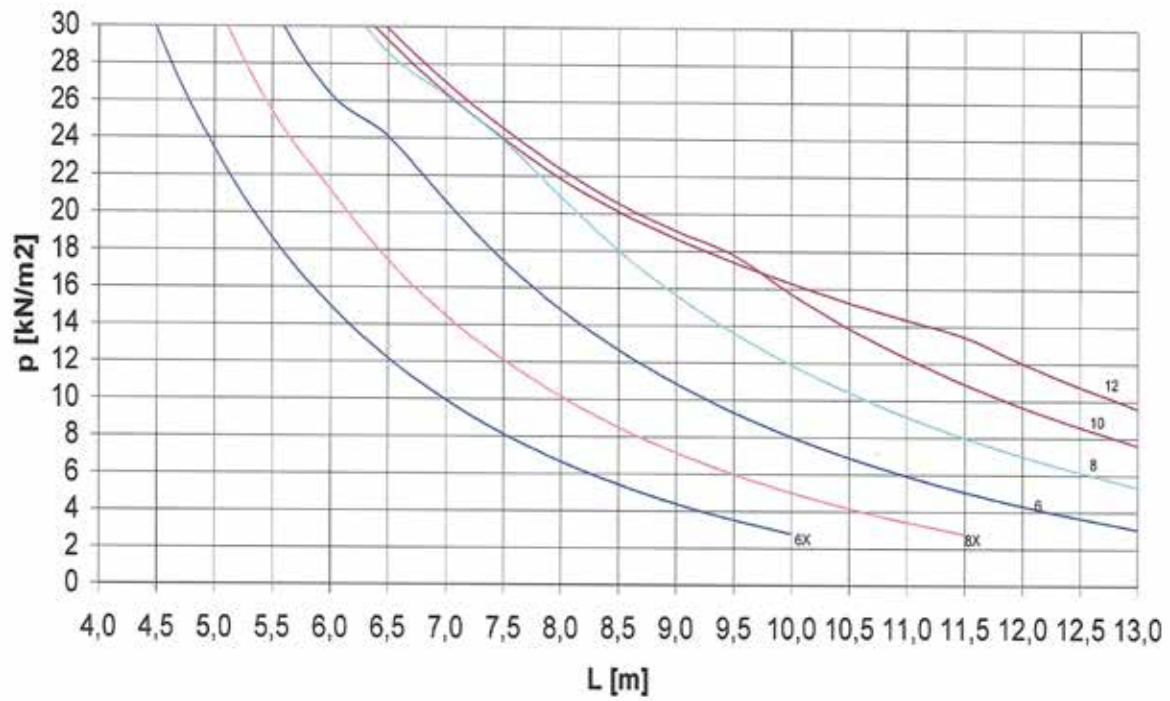


Kuva 138 HI-palkkien kantavuuskäyrä /6/

Betoni C50  
Teräs st.1630/1860  
Alkujänn. 1000 MN/m<sup>2</sup>

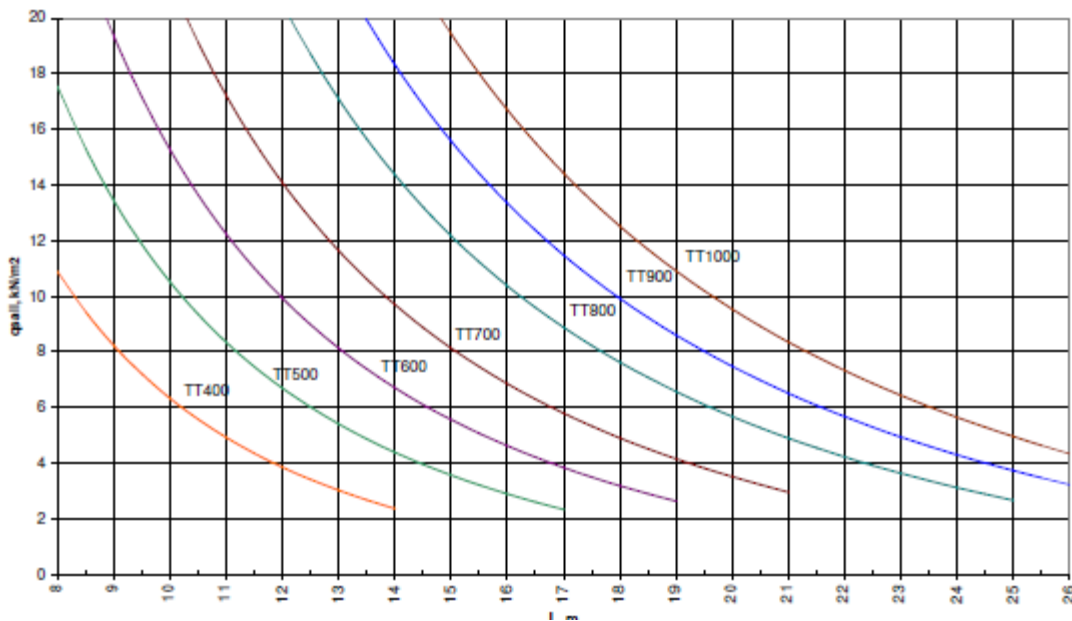
### KANTOKYKY P37 asunnot, toimistot

HI 16.7.2009



Kuva 139 Ontelolaatan P37 kantokyky /6/

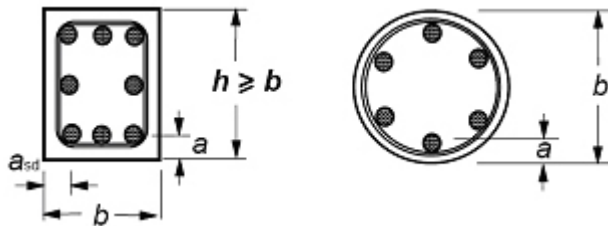
### TT-120, tasainen kuorma



Kuva 140 TT-laatan kantokyky /6/

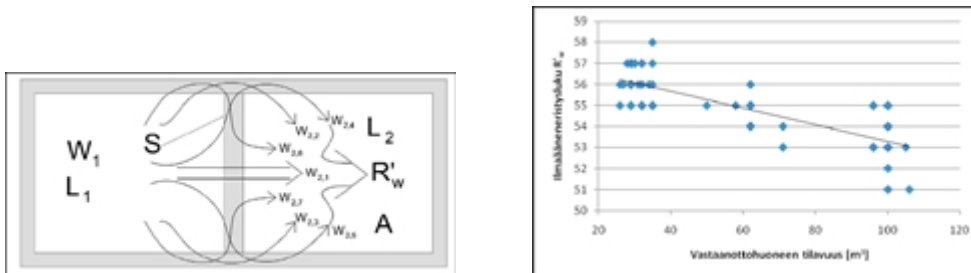
## Palonkesto

Palonkestävyys suunnitellaan yleensä käyttäen taulukkomitoitusta tai tekemällä laskennallinen tarkastelu



Kuva 141 Taulukkomitoitus /6/

## Äänieristys

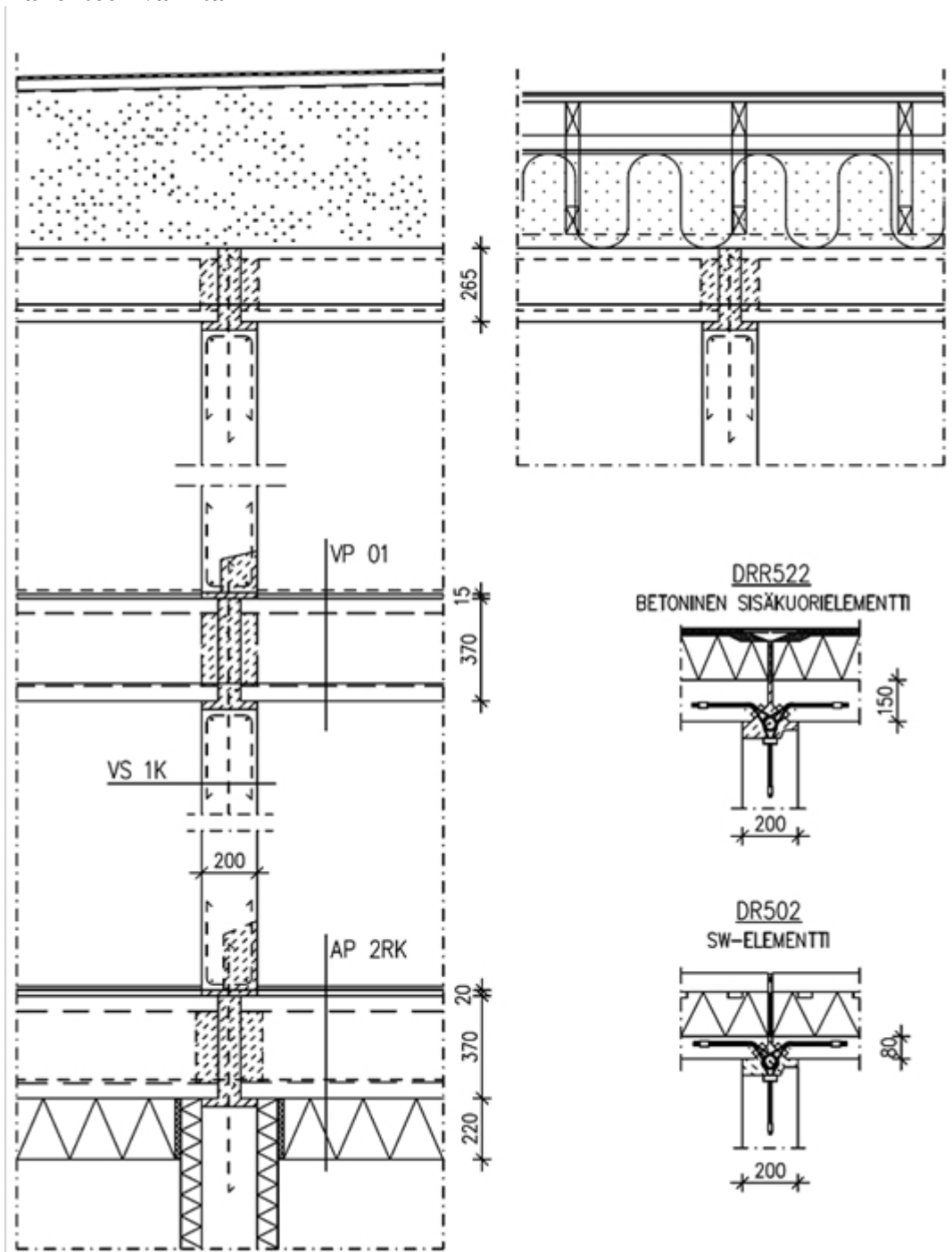


Kuva 142 /6/

Teoriaosassa tarkastellaan ilma- ja askelääneneristävyys sekä rakenteiden värähtelyt. Rakennjärjestelmät- kohdassa esitetään rivi- ja kerrostalojen suositeltavat rakenneyhdistelmät, hyväksyttävät lattiarakenteet sekä ulkoseinien ilmaääneneristävyys. Liitteissä rakenteet on esitetty tarkemmin rakennekortein, leikkauksin ja liitosdetaljein. Rakennuksen ääneneristävyys muodostuu ilma- ja askelääneneristävyydestä.

Ks elementtisuunnittelu.fi

# Rakenteen valinta



Kuva 143 Rakennekokonaisuus, ontelolaatat (KT1) /6/

## **Rakennekokonaisuus, ontelolaatat (KT1)**

Kerrostaloasuntojen rakenteet:

Ala- ja välipohjat:

- Ontelolaatta O37 (VP01, paino saumattuna ja tasoitettuna > 500 kg/m<sup>2</sup>) tai
- Ontelolaatta O32 tai O27 + vähintään 50 mm betonivalu (VP03, paino > 500 kg/m<sup>2</sup>)
- Pintarakenteena lautaparketti + Tuplex tai parempi

Yläpohjat

- Ontelolaatta O27, O32 tai O37
- Asuntojen väliset seinät sekä porrashuoneiden ja asuntojen väliset seinät
- 200 mm betoniseinä

Ulkoseinät

- Sandwich-elementit
- Betoniset sisäkuorielementit (betonin paksuus 150 mm) ja ulkopinnassa joko rappaus tai tiili.

Asuinhuoneessa suositellaan sivutiesiirtymän vähentämiseksi, että vähintään yksi sivuva seinä olisi levyrakenteinen (tämä vaikuttaa vaakasuuntaiseen ilmastäneristävyyteen)

Välipohjien pintamateriaalina on suositeltavaa käyttää parempia vaihtoehtoja kuin lautaparketti + Tuplex

**Käytettävät rakennetyypit (KT1):** VP01, VP03, VP04, VP05, VP06, VP07, VP08, VP09, VP10, VP11, VP12, VP13, VP14, VP15, VP16, AP2RK, AP3RK, US1RK, US2RK, US5RK, US7RK, US8RK, VS1K, DR502, DRR522, DSR531.

HUOM. Kerrostaloissa saadaan edellä esitetyillä ratkaisuilla laskennallisesti määräysten taso täytettyä mutta ilman varmuusmarginaalia tilanteissa, joissa tilojen kaikki seinät ovat betonirakenteisia. Jos tilojen yksikin sivuva seinä (esim. ei-kantava väliseinä) on kevytrakenteinen, ääneneristävyys paranee. Ääneneristys on laskennallisesti lähimpänä vaatimusten tasoa, kun tilavuudet ovat 40-80 m<sup>3</sup>, jolloin suositellun tilavuusrajoituksen vaikutus on pieni.

Rakennuskohta	Sisätilä BETONISEINÄ KANTAVA / OSASTOVA ASUINHUONEISTOJEN VÄLINEN SEINÄ, KERROSTALOT		
Suunnittelija	työ nro	Pöytä	Touku
			<b>VS 1K</b>

mittakaava 1:10

**Rakenne**

- 1 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan
- 2 200 mm Teräsbetoni/betoni rakennepiustusten mukaan
- 3 Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

**Muuta**

- rakenteen ääneneristävyyttä:  $R_w \geq 55$  dB, (loppuiseen ääneneristävyyteen vaikuttavat myös sivuavat rakenteet)
- palonkestoluokka: SRMK B4; REI 180; 180 mm, REI 240; 240 mm

21.09.2009

KERROSTALOT	Sisätilä OHUELOKATTAVA LITTO, KANTAVAN VÄLISEINÄN 200 mm 1-B-KRS RAKENNUSKAT		
Numero	työ nro	Pöytä	Touku
			<b>D0501</b>

mittakaava 1:10

MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO					TUNNUS:		
SR	Q2	MA/TAI	TYYPPI	KOKO	LAUJ	MÄÄRÄ	HUOM.

21.09.2009 D001.DWG Betonikeskus ry

Kuva 144 Rakenne ja liitosdetalji

## Rakennusten ja rakenteiden luokittelu seuraamusluokkiin:

/6/

### Seuraamusluokka Kuvaus

CC3	Suuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia
CC2	Keskisuuret seuraamukset ihmishenkien menetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia
CC1	Vähäiset seuraamukset ihmishenkien menetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia

### Rakennuksia sekä rakenteita koskevia esimerkkejä

Rakennuksen kantava runko 1) jäykistävine rakennusosineen sellaisissa rakennuksissa, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten

- yli 8-kerroksiset 2) asuin-, konttori- ja liikerakennukset
- konserttisalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot
- raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset

Erikoisrakenteet kuten esim. suuret mastot ja tornit

Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet hienorakeisten maalajien alueilla siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä

Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1

1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esim. varastot

Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten

- matalalla olevat alapohjat ilman kellaritiloja
- ryömintätilaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne
- sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana
- standardin SFS-EN 1993-1-3 rakenneluokkien (structural class) II ja III muotolevyrakenteet.
- standardin SFS-EN 1993-1-3 rakenneluokan (structural class) I muotolevyrakenteet levyyn taivutusta aiheuttaville pintaa vasten kohtisuorille kuormille 3).

1) ylä- ja välipohjat kuuluvat kuitenkin luokkaan CC2 elleivät ne toimi koko rakennusta jäykistävänä rakenteena. Rakennuksen koostuessa erilaisista toisistaan riippumattomista rakennusosista määritetään kunkin osan seuraamusluokka erikseen.

2) kellarikerrokset mukaan luettuina.

3) ei koske kuormituksia, jotka syntyvät, kun muotolevyrakenteita käytetään siirtämään levytason suuntaisia leikkausvoimia (levyvaikutuksen hyväksikäyttö) tai normaalivoimia.

## Rakennuksen jäykistys

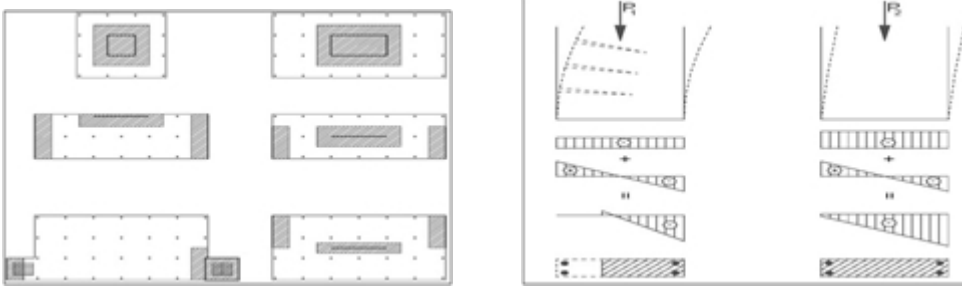
/6/ Ks elementtisuunnittelu.fi

Suunnitteluperusteet

Käytettävät rajatilat, kuormien varmuuskertoimet ja kuormien yhdistelyt on esitetty standardissa EN 1990. Rakenteet ja rakennukset luokitellaan vaurion seuraamusten perusteella kolmeen luokkaan. Suuren riskin tapauksissa edellytetään rakenteilta myös suurempaa luotettavuutta.

## Jäykistysjärjestelmät

/6/



Kuva 145 Jäykistysrakenteiden saamia pystykuormia erilaisilla jäykistysrakenteiden sijoituksilla

Rakennuksen jäykkyyden riittävyyttä voidaan arvioida esimerkiksi seuraavasti:

$$\sum EI \geq \frac{q^* h^3}{8} + \frac{Ph^2}{3}$$

$q^* = B \cdot q$

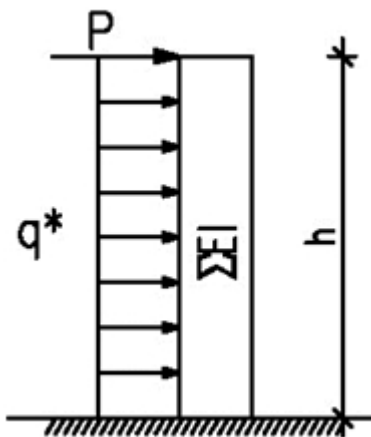
$h$  = rakennuksen korkeus (m)

$P$  = pistekuorma rakennuksen yläreunassa käyttötilassa (kN)

$B$  = rakennuksen leveys laskentasuuntaa vasten kohtisuorassa (m)

$q$  = rakennukseen vaakakuorma käyttötilassa, sisältäen tuulen ja lisävaakavoiman (kN/m<sup>2</sup>)

$\sum EI$  = tarkasteltavassa suunnassa toimivien jäykistysrakenteiden taivutusjäykkyyksien summa (MN/m<sup>2</sup>)



Kuva 146 Alustavan jäykistyslaskennan merkinnät /6/



## **Jäykistyksen mitoitus murtorajatilassa**

/6/

Jäykistysjärjestelmä mitoitetaan SFS-EN 1990 ja SFS-EN 1992 mukaisesti murtorajatilassa. Murtorajatilaksi luokitellaan kaikki rajatilat, jotka liittyvät ihmisten turvallisuuteen tai rakenteiden varmuuteen. Joissakin tapauksissa aineen tai tavaran suojaaminen luokitellaan murtorajatilaksi.

Tarkasteltavia murtorajatiloja jäykistysrakenteissa ovat:

- Jäykän kappaleen tai sen osan tasapainon menetys
- Liian suuri siirtymätila
- Rakenteen tai sen osan muuttuminen mekanismiksi
- Rakenteen tai sen osan stabiiliuden menetys
- Ajasta riippuva vaurioituminen kuten väsyminen tms.

Tarkistetaan rakennuksen staattinen tasapaino, joka saadaan rakennukseen kohdistuvien pystyssä pitävien ja sitä kaatavien momenttien osamääränä valitun pisteen (piste, jonka ympäri rakennuksen tai jäykistysrakenteen oletetaan kaatuvan) suhteen laskettuna.

## **Jäykistyksen mitoitus käyttörajatilassa**

/6/

Jäykistysjärjestelmä mitoitetaan SFS-EN 1990 ja SFS-EN 1992 mukaisesti käyttörajatilassa, jotka liittyvät rakenteen toimintaan normaalikäytössä, ihmisten mukavuuteen ja rakennuskohteen ulkonäköön. Käyttörajatiloja tarkasteltaessa käytetään seuraaviin seikkoihin perustuvia kriteerejä (SFS-EN 1990 kohta 3.4):

- Siirtymät, jotka vaikuttavat ulkonäköön, käyttäjien mukavuuteen, rakenteen toimivuuteen
- Värähtelyt, jotka saavat ihmiset tuntemaan olonsa epämukavaksi tai jotka rajoittavat rakenteen kelpoisuutta käyttötarkoitukseensa
- Vauriot, jotka todennäköisesti vaikuttavat kielteisesti ulkonäköön, säilyvyyteen tai rakenteen toimivuuteen

## **Jäykistysjärjestelmät**

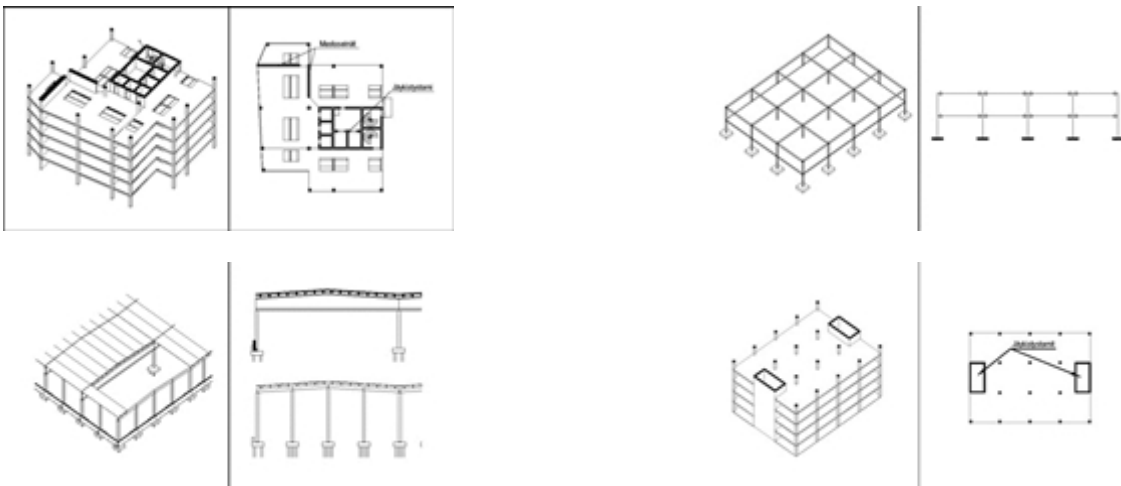
/6/

Rakennukset voidaan jäykistää useilla eri tavoilla ja käytettävän jäykistysjärjestelmän valintaan vaikuttaa useita eri tekijöitä, joiden avulla valitaan kuhunkin rakennukseen sopivin jäykistysjärjestelmä.

Jäykistystavan valintaan vaikuttavat esimerkiksi rakennuksen rakennejärjestelmä, mittasuhteet, kustannustehokkuus, vaatimukset rakennuksen muuntojoustavuudelle, arkkitehtuuri ja käyttötarkoitus. Kustannusten ohella jäykistystavan määrittelevät vaatimukset rakennuksen muunneltavuudelle ja käyttötarkoitukselle.

Erilaisia mahdollisia rakennusrungon jäykistystapoja ovat esimerkiksi:

- Mastojäykistys
- Mastopilarit
- Mastoseinät
- Jäykistystorni
- Kehäjäykistys
- Levyjäykistys
- Ristikkojäykistys
- Useiden jäykistystapojen yhdistelmä



Kuva 147 Jäykistysjärjestelmiä /6/

## Liitokset

/6/

Betonelementtirakenteiden liitoksia kuormittavat monet erilaiset kuormat. Suunnittelijan tehtävänä on selvittää kuormitusten suuruus ja se miten erilaiset vaaka- ja pystykuormat johdetaan liitosten kautta kantaville ja jäykistävälle rakenteille ja sieltä edelleen rakennuksen perustuksille ja maahan.

### Voimien siirto laatasta

Laatasta vaikuttavat voimat siirretään aina rakennuksen perustuksille ja perustuksilta kantavaan maahan tai kalliin. Laatasta kohdistuu omanpainon ja hyötykuormien lisäksi vaakakuormia tuulesta, toispuoleisesta maanpaineesta ja rakenteiden vinoudesta. Onnettomuustilanteet aiheuttavat myös omat kuormituksensa, jotka tulee suunnitella siirrettäviksi perustuksille siten, että yhden rakenteen rikkoutuminen ei johda koko rakennuksen sortumiseen ts. jatkuva sortuma tulee olla estetty.

### Laatasten levytoiminta (ontelolaatasto, TT- laatasto)

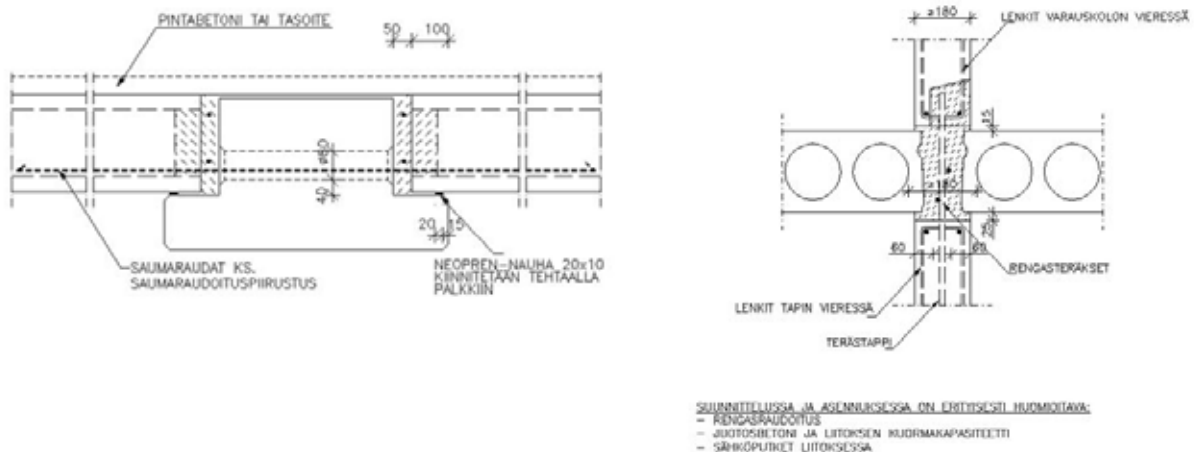
Erilliset ontelolaatat sidotaan toimimaan yhtenäisenä laatastona sauma- ja rengasraudoituksen avulla. Ontelolaattojen välisen pituussuuntaisen sauman leikkausjännitys tulee tarkastaa.

### Liitostyypit

Liitosten suunnittelun lähtökohtana on että liitos kestää kaikki sille tulevat rasitukset ja että se toimii suunnitellulla tavalla. Lisäksi liitoksen tulee täyttää tekniset, taloudelliset, esteettiset ja työturvallisuuteen liittyvät asiat.

### Juotosliitos

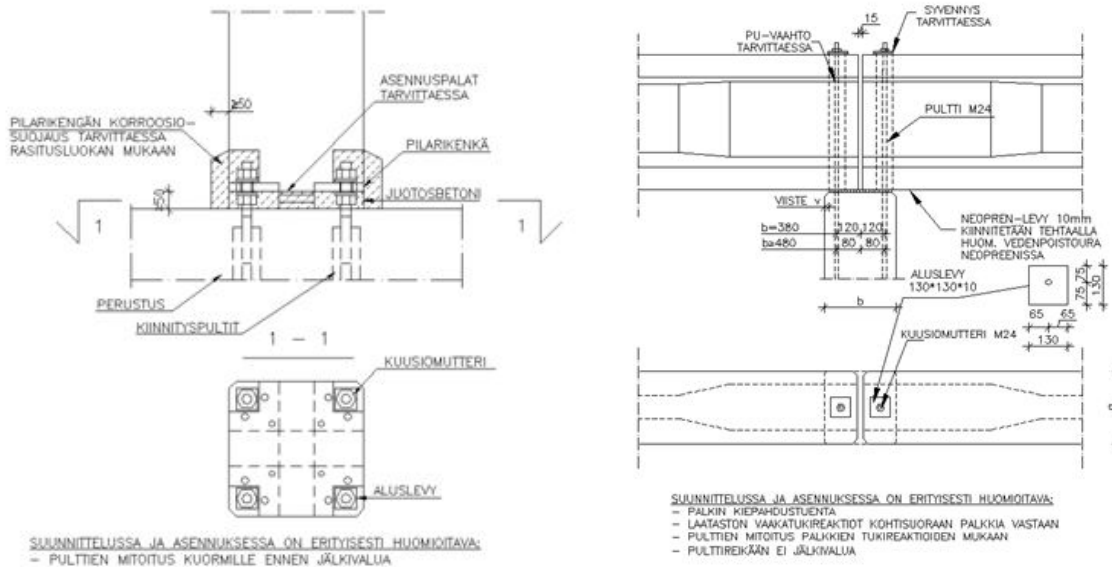
Juotosliitos on yleisin betonelementtien liitostapa. Useasti juotosliitoksessa on betonin lisäksi rauditus. Rauditusta käyttämällä saadaan elementtien juotossaumaliitoksista sitkeitä.



Kuva 148 Juotosliitoksia /6/

## Pulttiliitos

Pulttiliitoksia suositetaan betonielementtirakentamisessa. Ne ovat oikein suunniteltuina toimivia, nopeita asentaa ja edullisia käyttää. Pulttiliitoksia suunniteltaessa tulee erityisesti huomioida liittyvien rakenteiden toleranssit

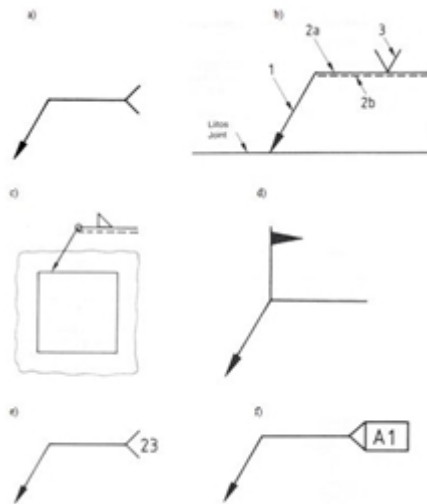


Kuva 149 Pulttiliitoksia /6/

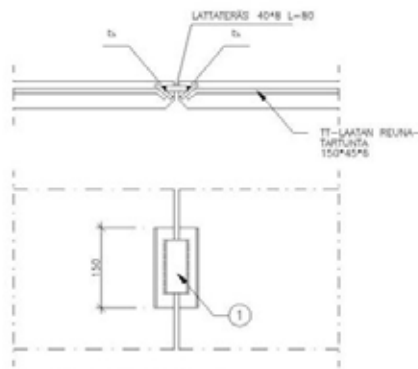
## Hitsausliitos

Hitsausliitoksia käytetään yleensä kun pultti- tai juotosliitosta ei voida käyttää. Rakenteen ja liitoksen toleranssit, kuormansiirtokapasiteetti ja myös asennustapa voivat olla sellaiset, että hitsausliitos on ainoa käyttökelpoinen liitostapa.

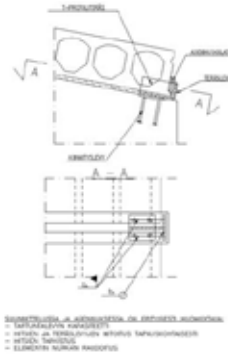
Piirustuksessa esitettävät hitsausmerkinnät eurokoodin mukaan ovat kuvan 26 mukaiset



Kuva 150. Hitsausliitosten merkinnät: a) perusmerkintä, b) hitsin esittämistapa ja osat, c) kehähitsi (ympäri), d) asennushitsi, e) hitsausprosessin merkitseminen ja f) erityisohjeet hitsaukselle. Standardi SFS EN 22553 antaa ohjeet hitseistä ja hitsausten suoritustavoista ja niihin liittyvistä merkinnöistä. /6/



YLEENSÄ KX4000, VÄHINTÄÄN 4 KPL/ELEMENTTI



LIIKUNTASÄULEN JA LIIKUNTASÄULEN OIKUTUKSEN SUUNNITTELU  
 1. LIIKUNTASÄULEN OIKUTUKSEN SUUNNITTELU  
 2. LIIKUNTASÄULEN OIKUTUKSEN SUUNNITTELU  
 3. LIIKUNTASÄULEN OIKUTUKSEN SUUNNITTELU  
 4. LIIKUNTASÄULEN OIKUTUKSEN SUUNNITTELU

Kuva 151 Hitsiliitoksia /6/

## Liikuntasäulemat

Liikuntasäulemalla voidaan estää haluttujen rasitusten siirtyminen rakenneosasta toiseen ja sallia liikuntasäulemolemmilla puolilla olevien rakenteiden liikkeet. Liikuntasäulemoissa vaikuttavat liikkeet ja voimat pyritään arvioimaan etukäteen, jolloin liikuntasäule voidaan suunnitella järkevästi. Tyypillisesti liikuntasäulemää käytetään betonirakenteissa betonin viruman, kutistuman ja lämpöliikkeiden hallintaan. Betonielementtien välisissä liikuntasäulemoissa käytetään yleensä neopreeni - teflon rakenteita.



Kuva 152 Liikuntasäulemoja /6/

## Liikuntasäulematyyppit

Pinnan tasossa voimaa siirtämättömiksi liikuntasäulemoiksi lasketaan teflon-liikuntasäulemat. Muita yleisesti käytettyjä, voimaa siirtämättömiä liikuntasäulemoja ovat kaksoisrakenteet, esim. kaksoispilarirakenteet liikuntasäulemolemmilla puolilla ja ulkoseinien ulkokuorien kestoelastiset säuleliitokset.

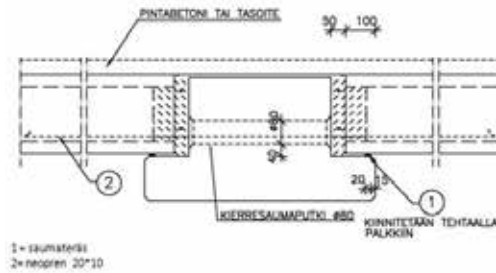
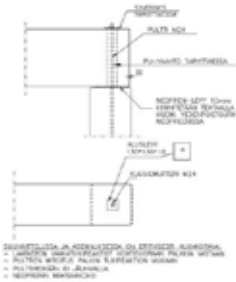
Voimaa siirtävät liikuntasäulemat siirtävät voimaa yhdessä tai useammassa suunnassa, mutta sallivat samalla liikkeen halutussa suunnassa.

## Liitosten tukipinnat ja laakerit

Betonielementtien liitosten tukipintojen tulee olla riittävät. Tukipintoja mitoitettaessa tulee ottaa huomioon rakenteiden asennustoleranssi (sijainti ja vinous), elementtien mittatoleranssi, rakenteiden viruma ja lämpöliike, raudoituksen sijaintitoleranssi, raudoituksen betonipeitteen toleranssi sekä kuormituksen suuruus tukipinnalla.

## Neopreenilaakerit

Neopren-laakerien mitoitus tehdään kohdassa Liitokset/ Neopren- laakerit esitetyllä menetelmällä. Neopreenilaakereita käytetään yleisesti elementtipalkkien liitoksissa kun suunnitellaan palkkien ja pilarien nivelliitoksia.



Kuva 153 Liitosten tukipinnat ja laakerit /6/

## Asennusvaihe



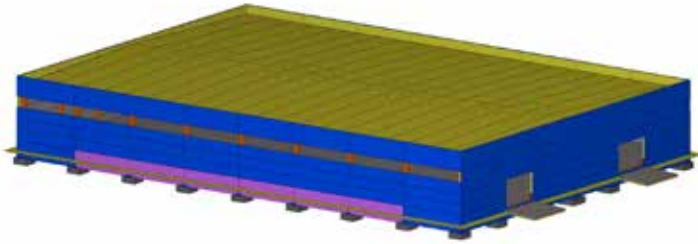
Kuva 154 Asennus /6/

Rungon jäykistys tulee suunnitella niin, että sen vakavuus säilyy rakentamisen kaikissa vaiheissa. Valtioneuvoston asetus 205/2009 rakennustyön turvallisuudesta antaa ohjeita suunnitteluun ja asentamiseen.

Rakennesuunnittelijan on annettava elementtien asennussuunnitelmaa varten riittävät tiedot asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä siten, että rakenteellinen vakavuus säilyy kaikissa asennustyön vaiheissa. Lisäksi on annettava tiedot elementtien turvallisesta nostosta ja käsittelystä sekä työnaikaisista asennustasoista.

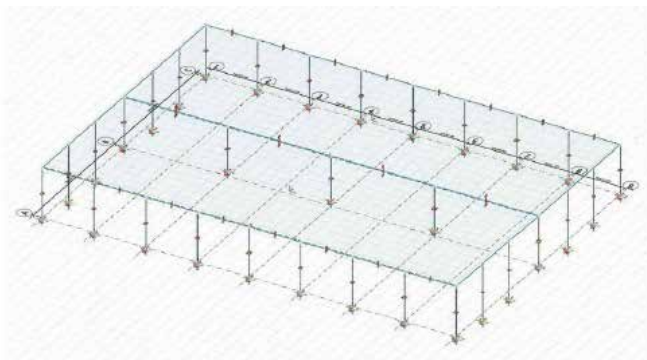
## 2.7 BES 2010 Logistiikkarakennus

/6/ Ks Elementtisuunnittelu.fi

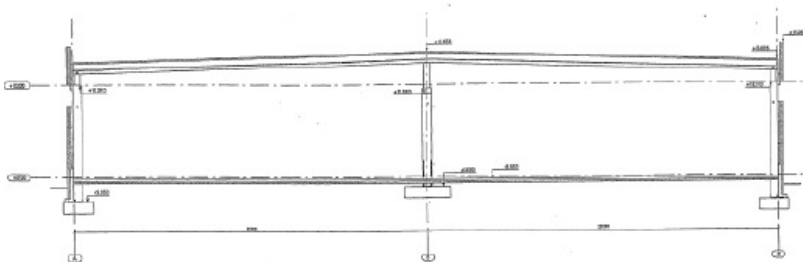


Kuva 155 Logistiikkahalli /6/

Logistiikkarakennus on halli (koko 72,9\*50,9\*10,0 m3), joka sijaitsee Helsingissä sisämaassa tasaisella rakennetulla alueella. Hallin runko on teräsbetoni- ja jännebetonielementeistä koottu pilari-palkki -runko. Yläpohjan kantava rakenne on TT-laatta. Halli perustetaan maanvaraisille paikallavaletuille teräsbetonianturoille. Hallin jäykistysjärjestelmä on mastopilarijäykistys. Hallissa on lämmöneristetty paikallavalettu maanvarainen teräsbetonilattia. Hallin ulkoseinät ovat betoni-mineraalivilla-betoni -sandwichelementtejä, ja yläpohja on ns. villakatto.



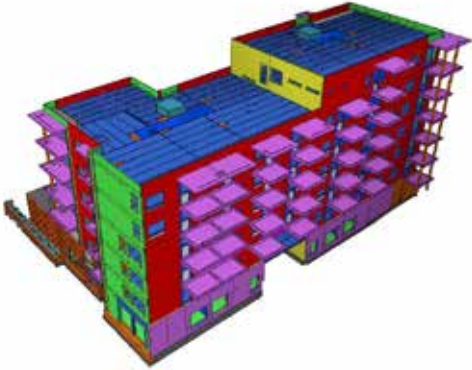
Kuva 156 Logistiikkahallin runko /6/



Kuva 157 Logistiikkahallin leikkaus /6/

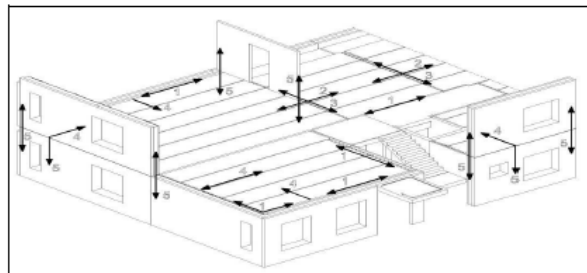
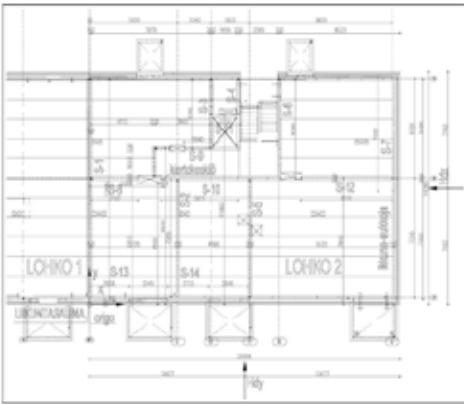
## 2.8 BES 2010 Asuinkerrostalo

/6/ Ks Elementtisuunnittelu.fi



Kuva 158 Asuinkerrostalo /6/

Asuinrakennus (koko  $b*d*h = 43,9*18,4 *22m$ ) sijaitsee Helsingissä sisämaassa kaupunkialueella. Rakennuksessa kellarit ja 6, osittain 5 maanpäällistä kerrosta. Rakennuksen runko on teräsbetoni- ja jännebetonielementeistä koottu kantavat seinät-ontelolaatta-runko. Rakennus on jaettu liikuntasaumalla kahteen erilliseen lohkkoon. Rakennus on jäykistetty seinillä ja porrashissi -torneilla. Rakennus perustetaan maanvaraisille paikalla valetuille teräsbetonianturoille louhitun kallion päälle tehdyn sorakerroksen varaan. Kellarikerroksen lattia on maanvarainen teräsbetonilattia. Rakennuksen ulkoseinät ovat osittain kantavia sisäkuorielementtejä. Julkisivu on paikalla muurattu. Yläpohjassa on kevytsorakatto.



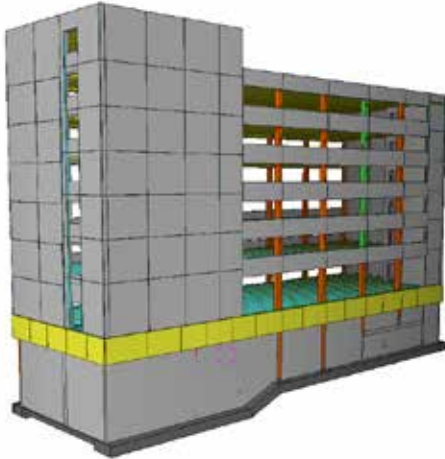
Kuva 5.2. Rakennuksen sidejärjestelmä.

Kuva 159 Vaakavoimien jakaumat ja rakennuksen sidejärjestelmä /6/



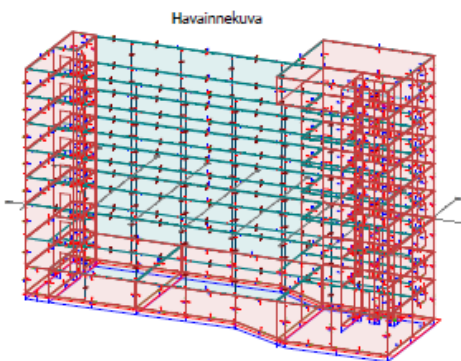
## 2.9 BES 2010 Toimistorakennus

/6/ Ks Elementtisuunnittelu.fi



Kuva 160 Toimistorakennus /6/

Toimistorakennus (koko P\*L\*K = 43,9\*14,2\*21.2...24,4+5,9...7,3 m<sup>3</sup>) sijaitsee Helsingissä sisämaassa tasaisella avoimella alueella. Rakennuksessa on 6+1 maanpäällistä kerrosta ja 2 maanalaista kerrosta. Rakennuksen runko on teräsbetoni- ja jannebetonielementeistä koottu pilari-palkki -ontelolaatta -runko. Vaestonsuoja on paikallavalettu. Rakennus on jaykistetty elementtiseinillä ja -porras-hissi -torneilla. Ontelolaatasto toimii jaykistavana levynä. Pilarit ovat kahden tai kolmen kerroksen korkuisia monikerrospilareita. Pilarit kiinnitetään perustuksiin ja toisiinsa pilarikengillä. Palkit ovat yksiaukkoisia matalapalkkeja. Palkit kiinnitetään pilareihin piilokonsolilla. Jaykistavien seinäelementtien kiinnityksessä käytetään tarvittaessa seinäkenkia. Kellarin elementtirakenteiset maanpaineiseinat toimivat yksiaukkoisina yhteen suuntaan kantavina laattoina, jotka tukeutuvat valipohjiin ja perustuksiin. Rakennus perustetaan maanvaraisille paikallavaletuille teräsbetonianturoille, ja alimman kellarikerroksen lattia on maanvarainen teräsbetonilattia. Rakennuksen ulkoseinat ovat betoni-mineraalivilla-betoni -sandwichelementtejä, ja yläpohja on kevytsorakatto.



Kuva 161 Toimistorakennuksen runko /6/

## 2.10 Julkisivut



Kuva 162 Julkisivuelementtejä /6/

RTT:n julkaisussa Valmisosarakentaminen osa D v. 1995 rakennuksen uloin vyöhyke jaetaan ulkoseinään ja julkisivuun. Edellisellä tarkoitetaan rakennuksen teknistä ulkokuorta ja jälkimmäisellä sen toiminnallisesteettistä puolta. Tässä osassa tarkastellaan lähinnä esivalmisteisten betoniulkoseinien suunnittelusääntöjä ja rakennevaihtoehtoja. Ulkoseinät voidaan jakaa toiminnallisten ominaisuuksien tai teknisten ratkaisujen mukaan

- kantavuuden perusteella kantaviin ja ei-kantaviin
- jäykistyksen perusteella jäykistäviin ja ei-jäykistäviin
- tukeutumistavan perusteella itsekantaviin ja ripustettuihin
- geometrisen muodon perusteella ruutu- ja nauhaelementteihin
- valmistus- ja asennustavan perusteella ns. yhteensidottuihin sandwich-rakenteisiin ja eriytettyihin rakenteisiin

Lämpimien tilojen ulkoseinät ovat kerrosrakenteita, joissa erottuvat toisistaan sisäkuori, lämmöneriste ja ulkokuori. Lämmöneriste voidaan valmistuksessa kiinnittää joko sisäkuoreen tai asentaa erillisenä. Yleiset suunnittelusäännöt on esitetty laissa, asetuksissa, viranomais määräyksissä ja ohjeissa sekä EN-suunnittelu- ja tuotestandardeissa ja niihin liittyvissä kansallisissa liitteissä. Lisäksi on olemassa täydentäviä yhdistystason ohjeita.

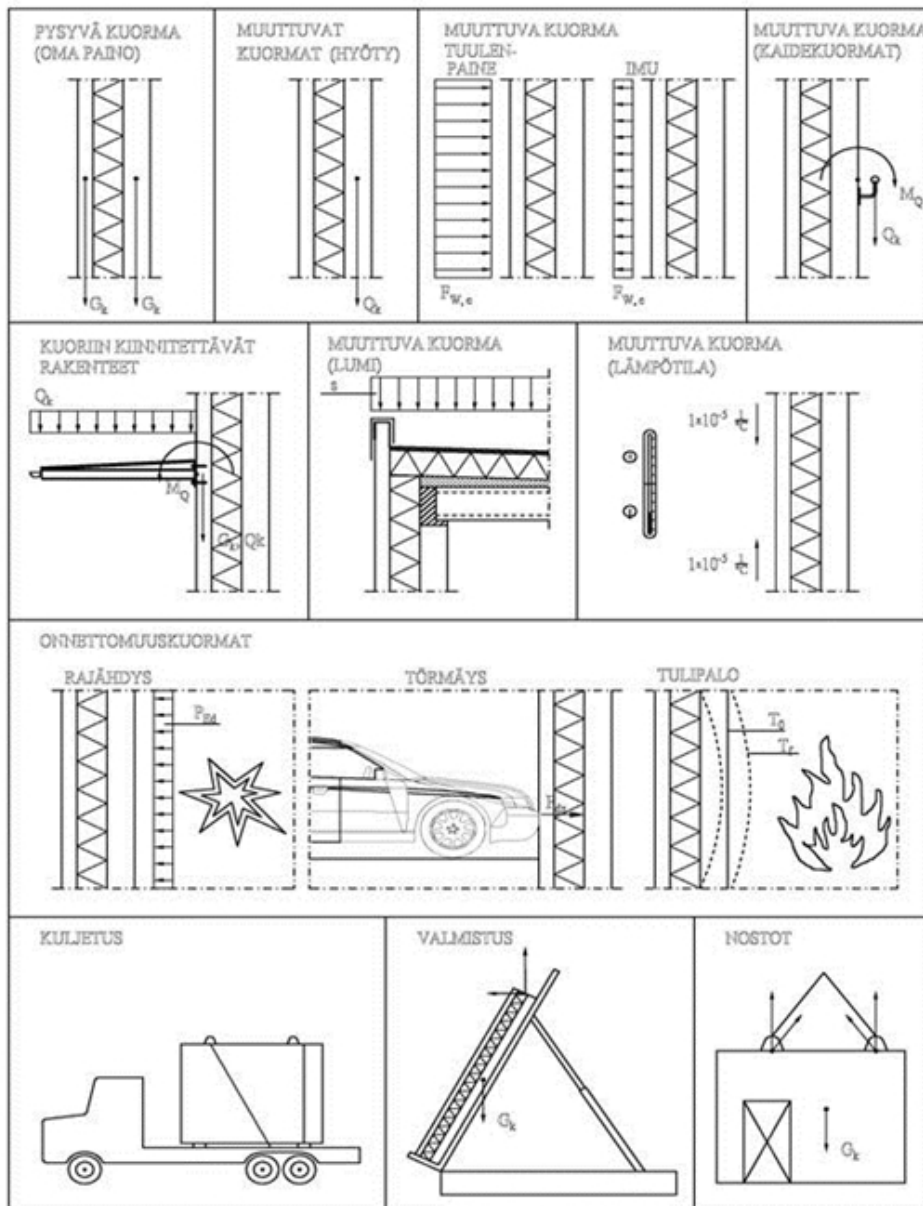
## Betoni

/6/

Betonin lujuus ja muut ominaisuudet sisä- ja ulkokuoressa määräytyvät rakenteelliseen kestävyys, tavoitekäyttöikä ja säilyvyyteen liittyvien vaatimusten perusteella. Kantavaan runkoon kuuluvien sisäkuorien suositeltu tavoitekäyttöikä on 100 v ja ei-kantavan sekä betonisten julkisivujen 50 – 100 v. Ympäristöolosuhteisiin liittyvät rasitusluokat on esitetty standardissa EN 206-1, sen kansallisessa liitteessä ja ohjeissa By 50 sekä By 51. Säilyvyyttä on käsitelty tarkemmin kohdassa Rakenteellinen toiminta.

## Kuormitukset

/6/



Kuva 163 Betonielementtien kuormituksia /6/

## Lämmöneristys

/6/

RakMK C3, määräykset 2010, antaa rakennuksen vaipan osille lämpöhäviöiden vertailuarvot. Vaipan lämpöhäviö ei saa ylittää vertailuarvoilla (lämmönläpäisykerroin U) laskettua vaipan lämpöhäviötä.

Lämpimän tilan vaipan osien vertailuarvot:

Seinä	0.17 W/m <sup>2</sup> K
Yläpohja	0.09 W/m <sup>2</sup> K
Tuuletettu alapohja	>0.17 W/m <sup>2</sup> K
Maata vasten oleva rakennusosa	0.16 W/m <sup>2</sup> K
Ikkuna, kattoikkuna, ovi	1.0 W/m <sup>2</sup> K

Lisäksi on annettu vaipan osille lämmönläpäisykerroimen enimmäisarvo 0.6 W/m<sup>2</sup>K. Näin rakennuksen sallittuun lämpöhäviöiden tasoon voidaan päästä monelle eri tavalla. Yksinkertaisuuden vuoksi rakenneratkaisut pyritään vakioimaan. Ks. taulukko 1.

Lämmöneristeitä valittaessa on tarkistettava eristeille asetetut palotekniset vaatimukset.

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 (polyisosyanuraatti), käyttö mahdollista sandwich-elementeissä, suojaus tyyppihyväksynnän mukaan
- EPS sammuva laatu, käyttö mahdollista sandwich-elementeissä ja ohutrapatuissa ulkoseinissä, suojaukset tuotehyväksynnän mukaan

Julkisivurakenteen tuuletuksen kannalta eristeen tiiveydellä on ratkaiseva merkitys.

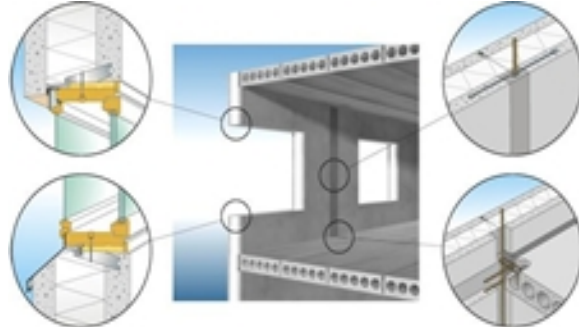
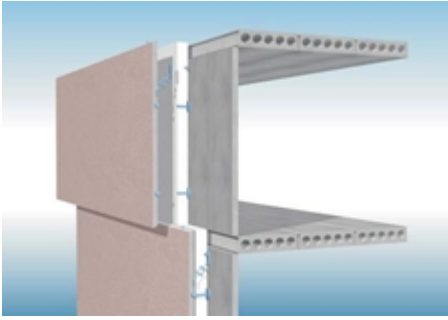
Mineraalivillaeristeiset sandwich-elementit on aina tehtävä tuulettuviksi. Eristeen tulee olla uritettua ja urasuojattua. Uria yhdistävien vaakakanavien ja saumoissa olevien tuuletusputkien tai koteloiden avulla pyritään saamaan koko rakenne tuulettuvaksi. Ulkoseinien lämmöneristeiden kosteustekninen toiminta on esitetty osassa Lämpö- ja kosteustekniikka.

Betonikeskus ry					13.5.2009	
<b>Sandwich, sisäkuori <math>\geq 80</math> mm, ulkokuori <math>\geq 70</math> mm</b>						
Eriste	Huom.	$\lambda_{design}$	oletusansastus	suosituseristepaksuus	U- arvo 3)	
		[W/mK]		[mm]		
mineraalivilla	karmileveys 210 mm	0,036	diag.ansas k600	240 1) 2)	0,16	
mineraalivilla		0,036	diag.ansas k1200	240 1)	0,15	
mineraalivilla	lasivilla	0,037	diag.ansas k600	240 1)	0,17	
EPS	urittamaton	0,036	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	240	0,15	
EPS	urittamaton	0,031	diag.ansas k600	180	0,17	
EPS		0,031	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	180	0,17	
PUR/PIR	karmileveys 170mm	0,026	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	150	0,17	
PUR/PIR		0,024	diag.ansas k600	150	0,17	
PUR/PIR		0,024	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	150	0,16	
<b>Eriytetty betonijulkisivu, Sisäkuori <math>\geq 120</math> mm</b>						
Eriste	Rakenneratkaisu	$\lambda_{Design}$	kiinnikkeet		tuuletettu	lievästi
		[W/mK]			rakenne	tuuletettu
mineraalivilla	kova eriste	0,036	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220 1)	0,17	0,16
vuorivilla	eriste+tuulensuojavilla 30 mm, karmileveys 210	0,036; 0,034(ts)	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,16	0,16
lasivilla	eriste+tuulensuojavilla 30mm	0,035; 0,031(ts)	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,16	0,16
EPS	eriste+ lasikuitukangas	0,036	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,17	0,16
EPS	eriste+ lasikuitukangas, karmileveys 210 mm	0,031	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	180	0,17	0,17
PUR/PIR	eriste+Alu-pinta, karmileveys 170 mm	0,024	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	150	0,16	0,16
<b>Eristerapattu betonijulkisivu, Sisäkuori <math>\geq 120</math> mm</b>						
Eriste	rappausratkaisu	$\lambda_{Design}$	kiinnikkeet			
		[W/mK]				
lammellivuorivilla/ lasivilla	ohuteristerappaus, karmileveys 210 mm	0,041	ei	240	0,16	
lasivilla	Parmarappaus	0,037	kiinnike 6kpl $\Phi$ 3mm/m <sup>2</sup>	220	0,17	
mineraalivilla	kolmikerrosrappaus	0,036	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,17	
EPS	ohuteristerappaus	0,036	ei	220	0,16	
EPS	ohuteristerappaus	0,031	ei	180	0,17	
PUR/PIR	ohuteristerappaus, karmileveys 170 mm	0,024	ei	150	0,15	
<b>Sandwich, puolilämpimät rakennukset, U-arvo vähintään 0,26</b>						
Eriste	Huom.	$\lambda_{design}$	ansastus	valittu eriste	U- arvo	
miner.villa/ EPS	karmileveys 170 mm	0,036	diag.ansas k600	160	0,24	
1) eristepaksuuden tehdasmitta, U-arvossa huomioitu 5 mm:n painuma						
2) Esim. 160 mm Paroc COS 10 ggt + 80 mm Paroc COS 10 tai OL-E-240/USL						
3) VTT tarkistanut U-arvot						

Kuva 164 Suositeltavat eristepaksuudet /6/

## Sandwich-julkisivut

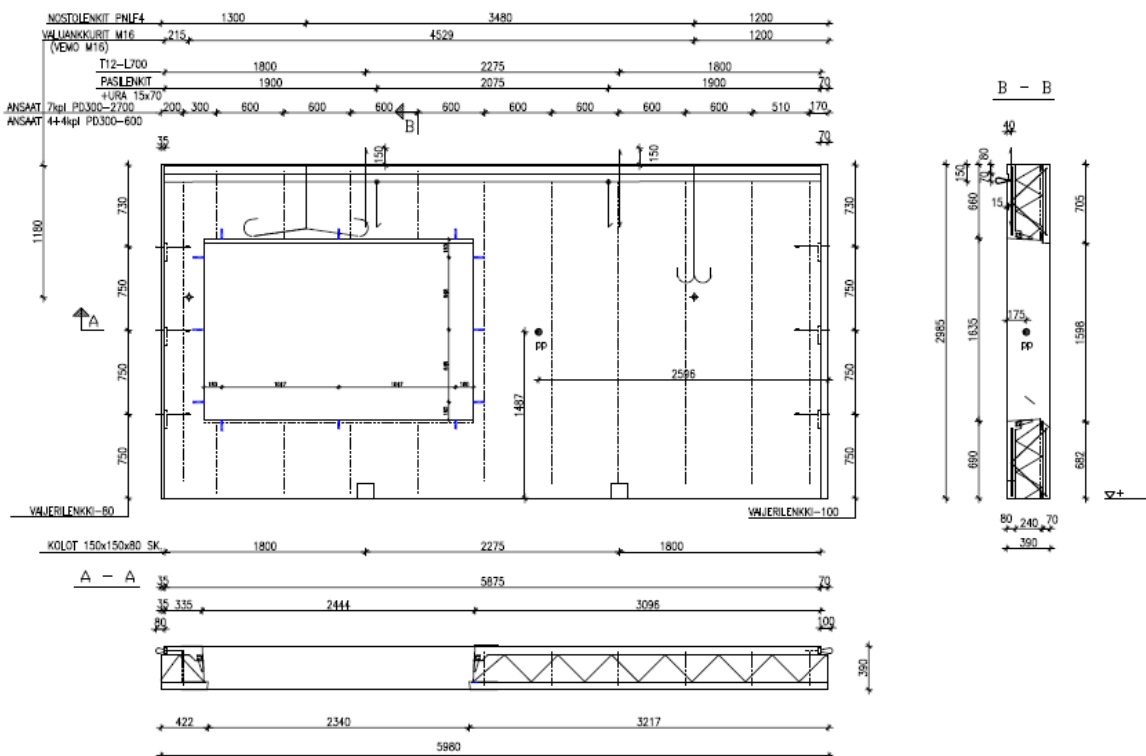
/6/



Kuva 165 /6/

Sandwich-julkisivun tyypillisin käyttökohde on rakennus, jossa runkojärjestelmänä on kantavat väliseinät-laatat-järjestelmä. Laatat tukeutuvat seinäelementin kantavan sisäkuoren varaan. Rakennusten pitkillä sivuilla seinät ovat ei-kantavia.

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



Kuva 166 Ruutuelementin rakennepiirustus /6/

## Säilyvyys

/6/

Betonijulkisivujen säilyvyydellä ymmärretään sekä teknistä, että ulkonäön säilyvyyttä.

Säilyvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat :

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

Suunnitellun käyttöiän luokka	Viitteellinen suunniteltu käyttöikä (v)	Esimerkkejä
1	10	Tilapäisrakenteet (1)
2	10..25	Vaihdettavissa olevat rakenteen osat, esim. nosturipalkit, laakerit
3	15..30	Maatalous- ja vastaavat rakennukset
4	50	Talonrakennukset ja muut tavanomaiset rakenteet
5	100	Monumentaaliset rakennukset, sillat ja muut maa- ja vesirakennuskohteet

(1) Sellaisia rakenteita tai niiden osia, jotka voidaan purkaa uudelleen käytettäväksi, ei pidetä tilapäisinä.

Kuva 167 Viitteellinen suunniteltu käyttöikä / EN 1990.

## Suunniteltu käyttöikä

Suunniteltu käyttöikä määritellään ajanjaksoksi, jonka ajan betonirakenteen ominaisuudet valitulla todennäköisyydellä säilyvät rakenteelta vaadittavalla tasolla edellyttäen, että sitä pidetään asianmukaisessa kunnossa.

## Rasitusluokat

Käyttöikäsuunnittelun perusperiaatteena 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)

Suunnittelija valitsee rakenteen rasitusluokan seuraavien rasitustekijöiden suhteen:

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

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

	Rasitusluokat																	
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatus-rasitus				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3	
Suurin v/s-suhde		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-lujusluokka	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
Vähimmäissementimäärä (kg/m <sup>3</sup> )	---	160	160	250	250	300	320	320	300	300	320	270	300	300	340	300	320	330
Muu vaatimus												2)	2)	2)	2)			
Minimi-ilmamäärävaatimus (#16) <sup>1)</sup>												4,0 %	4,0 %	4,0 %	5,0 %			

1) Rasitusluokissa XF1-XF4 ilmamäärävaatimus koskee betonia, jonka kiviaineksen ylänimellisraja on 16 mm. Kiviaineksen ylänimellisrajan ollessa 12 mm vaatimusta korotetaan 0,5 %-yksikköä ja 8 mm 1,0 %-yksikköä.  
2) Lisäksi keposuorvaatimukset taulukon F.4-F1 mukaan

Suunniteltu käyttöikä 50 vuotta / EN 206-1 kansallinen liite. /6/

	Rasitusluokat																	
	Ei korroosion tai rasituksen vaaraa	Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio				Kloridien aiheuttama korroosio						Jäädytys-sulatus-rasitus				Aggressiiviset kemialliset ympäristöt		
						Merivesi			Kloridit muusta kuin merivedestä									
X0	XC 1	XC 2	XC 3	XC 4	XS1	XS 2	XS 3	XD 1	XD 2	XD 3	XF 1	XF 2	XF 3	XF 4	XA 1	XA 2	XA 3	
Suurin v/s-suhde	---	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-lujusluokka	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
Vähimmäissementimäärä (kg/m <sup>3</sup> )	---	160	160	250	250	300	320	340	300	300	320	270	380	300	430	300	320	330
Muut vaatimukset												2)	2)	2)	2)			
Minimi-ilmamäärävaatimus (#16) <sup>1)</sup>												5,0 %	4,5 %	5,0 %	4,0 %			

1) Rasitusluokissa XF1-XF4 ilmamäärävaatimus koskee betonia, jonka kiviaineksen ylänimellisraja on 16 mm. Kiviaineksen ylänimellisrajan ollessa 12 mm vaatimusta korotetaan 0,5 %-yksikköä ja 8 mm 1,0 %-yksikköä.  
2) Lisäksi keposuorvaatimukset taulukon F.4-F1 mukaan

Suunniteltu käyttöikä 100 vuotta / EN 206-1 kansallinen liite. /6/

Yksinkertaisella taulukkomitoituksella voidaan mitoittaa rakenteet kaikissa rasitusluokissa. Taulukot 50 ja 100 vuoden suunnittelukäyttöiälle on esitetty julkaisuissa EN-1992-1-1 kansallisessa liitteessä sekä standardin EN 206-1 kansallisessa liitteessä.



Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo vaatimus $c_{min,dur}$ (mm)								
Kriteeri	Rasitusluokka taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä <sup>1)</sup>	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Lujuusluokka $\geq$	C20/25 -5	C30/37 -5	C35/45 -5	C35/45 -5	C35/45 -5	C40/50 -5	C35/45 -5	C45/55 -5
RakMK B4 1-rakenneluokka	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

<sup>1)</sup> Jos rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, on myös muut säilyvyysvaatimukset tarkistettava RakMK B4 (SFS-EN 206-1 kansallinen liite) mukaisesti.

Betonipeitteen vähimmäisarvot eri rasitusluokissa / EN 1992-1-1 kansallinen liite. /6/

Nimellisarvo =	Vähimmäisarvo +	Mittapoikkeama
<ul style="list-style-type: none"> <li>Raudoitusten teoreettinen sijainti</li> <li>Käytetään lujuuslaskelmissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aina täyttyvä, esim. valmiissa rakenteessa</li> <li>Käytetään säilyvyyslaskelmissa</li> <li>Käytetään halkeilutarkasteluissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Normaalisti 10 mm</li> <li>Voi olla &lt; 10 mm (<math>\geq 5</math> mm), osoitettava</li> </ul>

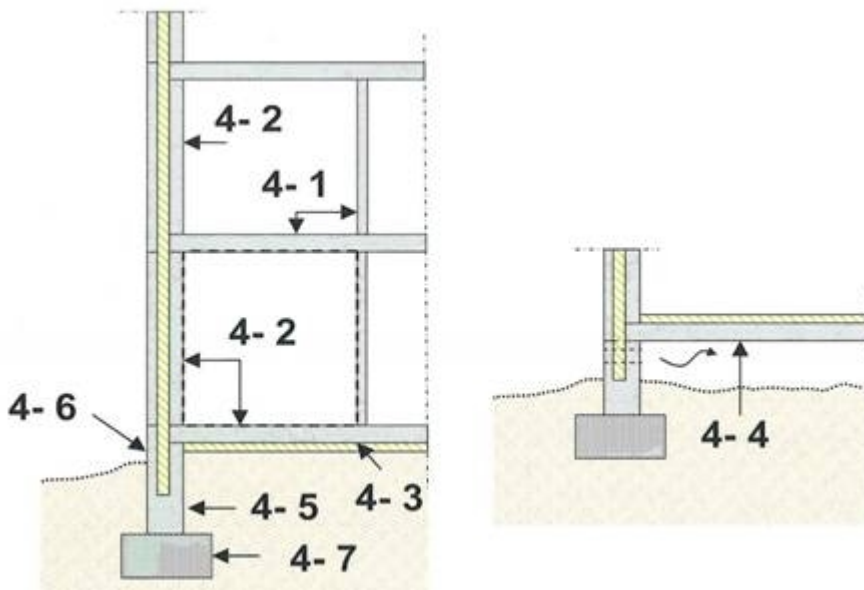
Betonipeitteen nimellisarvo, vähimmäisarvo ja mittapoikkeama / by 51. /6/

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.

Rasitusluokka	Teräsbetonirakenteet ja tartunnattomat ankkurijännerakenteet	Tartuntajännerakenteet ja injektoidut ankkurijännerakenteet
	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä	Tavallinen kuormayhdistelmä
X0, XC1	0.4 <sup>1</sup>	0.2
XC2, XC3, XC4 XD1, XS1	0.3	0.2 <sup>2</sup>
XD2, XD3, XS2, XS3	0.2	Vetojännityksetön tila

Huom. 1. Rasitusluokkien X00 ja XC1 yhteydessä halkeamaleveydellä ei ole vaikutusta säilyvyyteen, ja tämä raja on asetettu kelvollisen ulkonäön takaamiseksi. Jos ulkonäköehtoja ei aseteta, tätä rajaa voidaan väljentää.  
Huom. 2. Näiden rasitusluokkien yhteydessä tarkistetaan myös, ettei vetojännityksiä esiinny kuormien pitkäaikaisen yhdistelmän vallitessa.

Halkeamaleveyden raja-arvon  $w_{max}$  arvot (mm), kun suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta. / EN 1992-1-1 kansallinen liite. /6/



Kuva 168 Rakenneosien tunnukset rivi- ja kerrostalojen rungossa / by 51 /6/

Taulukkomitoitus on yksinkertainen menetelmä, mutta se ei mahdollista optimointia. Menetelmä johtaa tarpeettomaan käyttöön 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	Välipohjat 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 <sup>1)</sup>
4-7	XC2	Antura

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

Rakenneosat ja rasitusluokkayhdistelmät. /6/

Rakenneosa (taulukkomitoit- tuksen vähimmäisvaatimukset, ks. liite 3) Rasitusluokkayhdistelmä	Suunnittelukäyttöikä	Raidoitusyyppi	Paikallavalurakenne			Elementtirakenne		
			Lujuusluokka Rakenneluokka <sup>3)</sup>	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte	Lujuusluokka Rakenneluokka	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte
4-1 (1) XC1	50 - 100 v <sup>1)</sup>	br jr	K30-2 -	20 -	-	K35-1 -	20 -	-
4-2, 4-3 (2) X0	50 - 100 v <sup>1)</sup>	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 <sup>2)</sup>	-	K40-1 K60-1 K35-1	30 30 20 <sup>1)</sup>	-
	100 v	br jr rst	K45-2 <sup>3)</sup> - K35-2	40 - 20 <sup>2)</sup>	-	K40-1 K60-1 K40-1	40 30 20 <sup>1)</sup>	-
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 <sup>3)</sup>	50	0,50	K40-1	45	0,50
4-5, 4-7 (3) XC2	50 v	br jr	K30-2 -	30 <sup>4)</sup> -	-	K40-1 K60-1	30 30	-
	100 v	br jr	K35-2 -	35 <sup>4)</sup> -	-	K40-1 K60-1	35 30	-

<sup>1)</sup> Rasitusluokissa X0 ja XC1 vaatimukset ovat identtiset 50 ja 100 vuoden käyttöiälle.

<sup>2)</sup> XC-rasitusluokissa ruostumattomia (B600KX) raidoitteita käytettäessä betonipeitteen nimellisarvon on oltava vähintään raidoitteen halkaisija.

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

<sup>4)</sup> Maata vasten valettaessa betonipeitteen nimellisarvon on kuitenkin oltava vähintään 50 mm ja sallitun mittapoikkeaman vähintään 30 mm.

Rivi- ja kerrostalon runkorakenteet. Lujuus- ja rakenneluokat on esitetty RakMk B4 mukaan. /6/

## Lämpö- ja kosteustekniikka /6/

### Betoniteollisuuden suositus uusiksi lämmöneristepaksuuksiksi 1.1.2010 alkaen

Sandwich, sisäkuori  $\geq 80$  mm, ulkokuori  $\geq 70$  mm

Eriste	Huom.	$\lambda_{design}$ [W/mK]	Oletus- ansastus	Suositus- eriste- paksuus [mm]	U- arvo 2)
mineraalivilla	karmileveys 210 mm	0,037	diag.ansas k600	240 1)	0,17
mineraalivilla		0,036	diag.ansas k600	240 1)	0,16
mineraalivilla		0,036	diag.ansas k1200	240 1)	0,15
EPS	urittamaton	0,036	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	240	0,15
EPS	urittamaton	0,031	diag.ansas k600	180	0,17
EPS		0,031	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	180	0,17
PUR/PIR	karmileveys 170mm	0,026	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	150	0,17
PUR/PIR		0,024	diag.ansas k600	150	0,17
PUR/PIR		0,024	pistokas 4 kpl /m <sup>2</sup>	150	0,16

Eriytetty betonijulkisivu, Sisäkuori  $\geq 120$  mm

Eriste	Rakenneratkaisu	$\lambda_{Design}$ [W/mK]	Kiinnikkeet		Tuuletettu rakenne	Lievästi tuuletettu
mineraalivilla	kova eriste	0,036	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220 1)	0,17	0,16
vuorivilla	eriste+tuulensuojavilla 30 mm, karmileveys 210	0,036; 0,034(ts)	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,16	0,16
lasivilla	eriste+tuulensuojavilla 30mm	0,035; 0,031(ts)	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,16	0,16
EPS	eriste+ lasikuitukangas	0,036	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,17	0,16
EPS	eriste+ lasikuitukangas, karmileveys 210 mm	0,031	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	180	0,17	0,17
PUR/PIR	eriste+Alu-pinta, karmileveys 170 mm	0,024	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	150	0,16	0,16

Eristerapattu betonijulkisivu, Sisäkuori  $\geq 120$  mm

Eriste	Rappausratkaisu	$\lambda_{Design}$ [W/mK]	Kiinnikkeet		
lamellivuorivilla/lasivilla	ohuteristerappaus, karmileveys 210 mm	0,041	ei	240	0,16
lasivilla	tehdasrappaus	0,031	kiinnike 6kpl $\Phi$ 3mm/m <sup>2</sup>	180	0,17
mineraalivilla	kolmikerrosrappaus	0,036	kiinnike 4kpl/m <sup>2</sup>	220	0,17
EPS	ohuteristerappaus	0,036	ei	220	0,16
EPS	ohuteristerappaus	0,031	ei	180	0,17
PUR/PIR	ohuteristerappaus, karmileveys 170 mm	0,024	ei	150	0,15

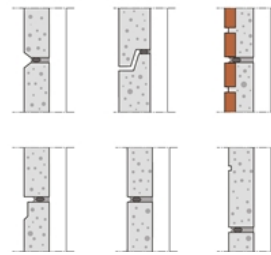
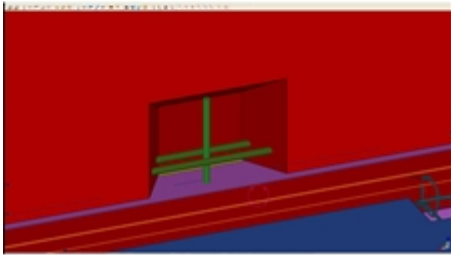
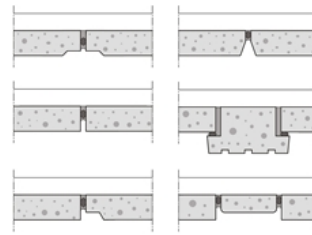
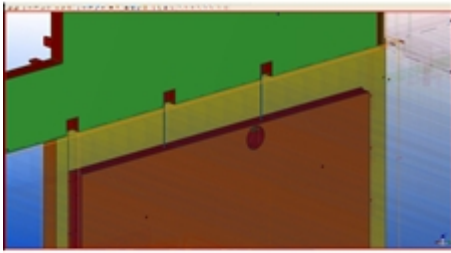
Sandwich, puolilämpimät rakennukset, U-arvo vähintään 0,26

Eriste	Huom.	$\lambda_{design}$	Ansastus	Valittu eriste	U- arvo
miner.villa/ EPS	karmileveys 170 mm	0,036	diag.ansas k600	160	0,24

Yleisesti hyväksytyjen kriteerien mukaan ulkoseinärakenne tulee suunnitella siten, että se suojaa sisätiloja ulkopuolisen veden ja kosteuden haitallisilta vaikutuksilta sekä tekee vaaditun sisäilmaston ylläpitämisen mahdolliseksi. Ulkoseinärakenteen tulee olla lämpöteknisiltä ominaisuuksiltaan sellainen, että tilassa voidaan saavuttaa käyttötarkoituksen edellyttämät lämpöolosuhteet hyvän energiatalouden mukaisesti. Ulkoseinärakenteen läpi ei saa esiintyä haitallista kosteuden tunkeutumista eikä kosteus saa haitallisessa määrin kerääntyä rakenteeseen. Rakenteeseen joutuneen kosteuden on päästävä kuivumaan rakenteesta vahinkoa tai terveusriskiä aiheuttamatta. Kosteudesta ei saa olla haittaa seinärakenteen toimivuudelle tai kestävyydelle.

## Tyypillisiä liitoksia

/6/



Kuva 169 Sisäkuoren ja välipohjan liitos ei kantavalla sivulla ja saumoja /6/

## Saumot ja detaljit

Saumot kuuluvat oleellisena osana betonijulkisivuihin. Saumojen sijoittelun ja detaljisuunnittelun avulla niistä ei kuitenkaan ole välttämätöntä tehdä julkisivun hallitsevaa osaa, vaan ne voivat toimia sen tehokeinoina. Julkisivun häiritseviksi koettuja saumoja voidaan häivyttää eri tekniikoin. Kun käytetään kuorielementtitekniikkaa, saumojen sijoittelu on lähes vapaata, eikä julkisivun saumajaottelua ole sidottu sisäkuoren saumoihin. Kuorielementeillä voidaan lisäksi tehdä mm. kahden kerroksen korkuisia elementtejä, jolloin vaakasaumojen lukumäärä pienenee oleellisesti.

## Parvekkeet



1. Runkoon upotettu 2. Alhaalta kannatettu 3. Ulokeparveke  
Kuva 170 Parvekeratkaisuja /6/

Betoniset parvekejärjestelmät jaetaan rakennuksen rungon ulkopuolisiin ja runkoon upotettuihin parvekkeisiin. Parvekkeiden keskinäisen sijoittelun perusteella voidaan erottaa erillisparvekkeet, kaksoisparvekkeet ja kytketyt parvekkeet. Rakennemalleja ovat itsekantavat ja ripustetut eli rakennuksen rungosta kannatetut parvekkeet sekä malli, jossa parveke on osittain itsekantava ja osittain rungosta tuettu

# Liitokset

**DP111**

PLAATIN PULTTIOHUTUS PERUSTUKSEN (SUORAKAIDEPLAATIN)

SUUNNITTELUSSA JA ASENNUKSESSA ON OLTAVAT HUOMIOTA:

- = PULTTIN MITOITUS SUORALLE ENNEN JÄLKIÄLLÄ

MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO					TUNNUS:		
RY	PO	MÄ/TAR	TYYPPI	KOKO	LAMU	MÄÄRÄ	HUOM.
TK1	1	KOROKKIPALAT	100P100H_3D				

15.10.08 DP111.DWG Betonitehdas ry

**DI201**

PLAATIN JA RAKENELIITIN LIITOS (PLAATIN)

SUUNNITTELUSSA JA ASENNUKSESSA ON OLTAVAT HUOMIOTA:

- = PALUN KÄYRÄVUOKSUSTA
- = LAKKIKORON VAMMAKORJAUKSET KORJOTUKSIA PALAUKSEEN VASTAIN
- = PULTTIN MITOITUS PALUN TURVAKORJAUKSIA HUOMAIN
- = PULTTIRIVIN EI JÄLKIÄLLÄ ANKOSTAMA TUUPPUS

MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO					TUNNUS:		
RY	PO	MÄ/TAR	TYYPPI	KOKO	LAMU	MÄÄRÄ	HUOM.
TK1	1	KUNNITUSPULTIT	M24	3000/200	1	1	1
TK2	2	KUNNITUSMUTTERIT	M24	3000/200	1	1	1
TK3	3	KUNNITUSMUTTERIT	M24	3000/200	1	1	1

15.10.08 DI201.DWG Betonitehdas ry

Kuva 171 Runkoliitoksia /6/

**DASK110**

SEINÄN PULTTIOHUTUS PERUSTUKSEN (SUORAKAIDEPLAATIN)

SUUNNITTELUSSA JA ASENNUKSESSA ON OLTAVAT HUOMIOTA:

- = PALUN KÄYRÄVUOKSUSTA
- = LAKKIKORON VAMMAKORJAUKSET KORJOTUKSIA PALAUKSEEN VASTAIN
- = PULTTIN MITOITUS PALUN TURVAKORJAUKSIA HUOMAIN
- = PULTTIRIVIN EI JÄLKIÄLLÄ ANKOSTAMA TUUPPUS

MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO					TUNNUS:		
RY	PO	MÄ/TAR	TYYPPI	KOKO	LAMU	MÄÄRÄ	HUOM.
1		SEINÄN PULTTIOHUTUS PERUSTUKSEN					
2		SEINÄN PULTTIOHUTUS PERUSTUKSEN					
3		SEINÄN PULTTIOHUTUS PERUSTUKSEN					
4		SEINÄN PULTTIOHUTUS PERUSTUKSEN					

17.03.09 DASK110.DWG Betonitehdas ry

**DS501**

SEINÄN LIITOKSEN LIITIN LIITOS (SEINÄN)

SUUNNITTELUSSA JA ASENNUKSESSA ON OLTAVAT HUOMIOTA:

- = PALUN KÄYRÄVUOKSUSTA
- = LAKKIKORON VAMMAKORJAUKSET KORJOTUKSIA PALAUKSEEN VASTAIN
- = PULTTIN MITOITUS PALUN TURVAKORJAUKSIA HUOMAIN
- = PULTTIRIVIN EI JÄLKIÄLLÄ ANKOSTAMA TUUPPUS

MATERIAALI- JA TARVIKELUETTELO					TUNNUS:		
RY	PO	MÄ/TAR	TYYPPI	KOKO	LAMU	MÄÄRÄ	HUOM.

03.11.08 DS501.DWG Betonitehdas ry

Kuva 172 Seinäelementtien liitoksia /6/



Kuva 173 Asuinkerrostalo /1/

### 3. Asuinkerrostalot

/1/

Seuraavassa tarkastellaan elementtirakenteisen ja paikallavaletun asuinkerrostalon suunnittelua ja toteutusta.



Kuva 174 Asuinkerrostalo /1/

#### Asuinkerrostalon rakennussuunnitelmat

Asuinkerrostalon rakennussuunnitelmia ovat mm pääpiirustukset, työpiirustukset ja työselitykset. Pääpiirustuksia ovat asemapiirustus, pohja, leikkaus, julkisivut ja rakenneleikkaus. Työpiirustuksia ovat työpohjat, ikkuna- ja ovikaaviot, kalustekuvat ja detaljikuvat.

Kun rakennuksesta tehdään tietomalli, niin siitä voidaan tuottaa projektioita ja leikkauksia pää- ja työpiirustusten pohjiksi. Tietomallia hyödynnetään myös rakennushankkeen muissa vaiheissa, esim määrä- ja kustannuslaskenta. Rakennussuunnitelmat sisältävät mm seuraavia asiakirjoja:

#### Pääpiirustukset

- Asemapiirustus
- Pohjapiirustus
- Leikkaus
- Julkisivut
- Rakenneleikkaus
- Rakennetyypit
- Vesikatto

#### Työpiirustukset

- Työpohjat
- Ikkuna- ja oviluettelot
- Kalustekuvat
- Detaljit

#### Työselitykset





Kuva 175 Asuinkerrostalon pääpiirustuksia /1/

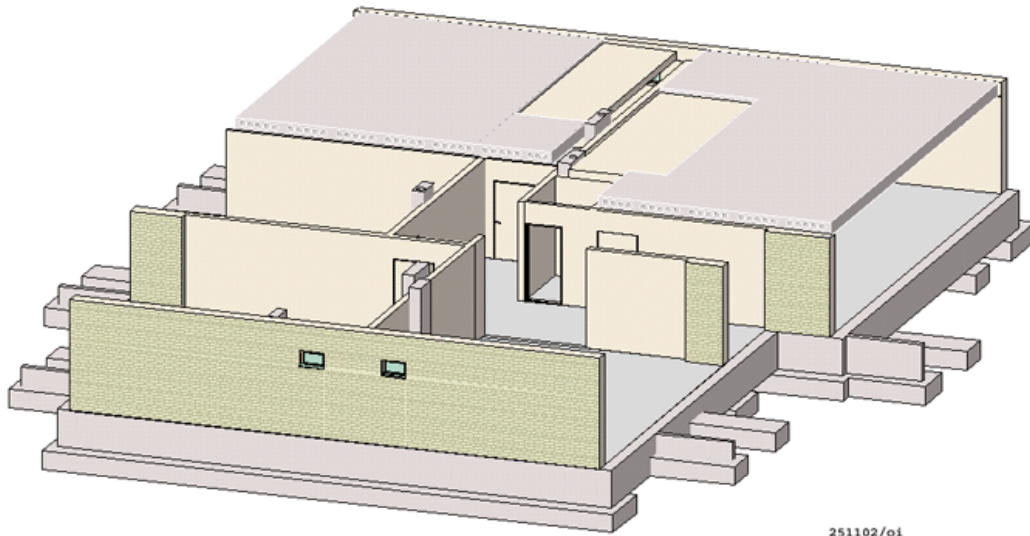


Kuva 176 Asuinkerrostalon leikkaus /1/

Asuinkerrostalon rakennesuunnittelussa tarkastellaan vaihtoehtoisia runkojärjestelmiä, laaditaan kuormitus- ja rakennelaskelmia, suunnitellaan perustuksia, rakennusosia, vesikattorakenteita ja laaditaan työselityksiä yhteistyössä muiden osapuolten kanssa. Asuinkerrostalo voidaan toteuttaa mm paikallarakentaa, elementtirakenteisina, betoni-, puu- tai teräsrunkoisena.

Rakennesuunnittelu-osio jakautuu seuraaviin aiheisiin:

- Rakennesuunnitelmat
- Perustukset
- Runko ja jäykistys
- Rakennetyypit
- Eristystyöt
- Palotekniikka
- Piirustukset

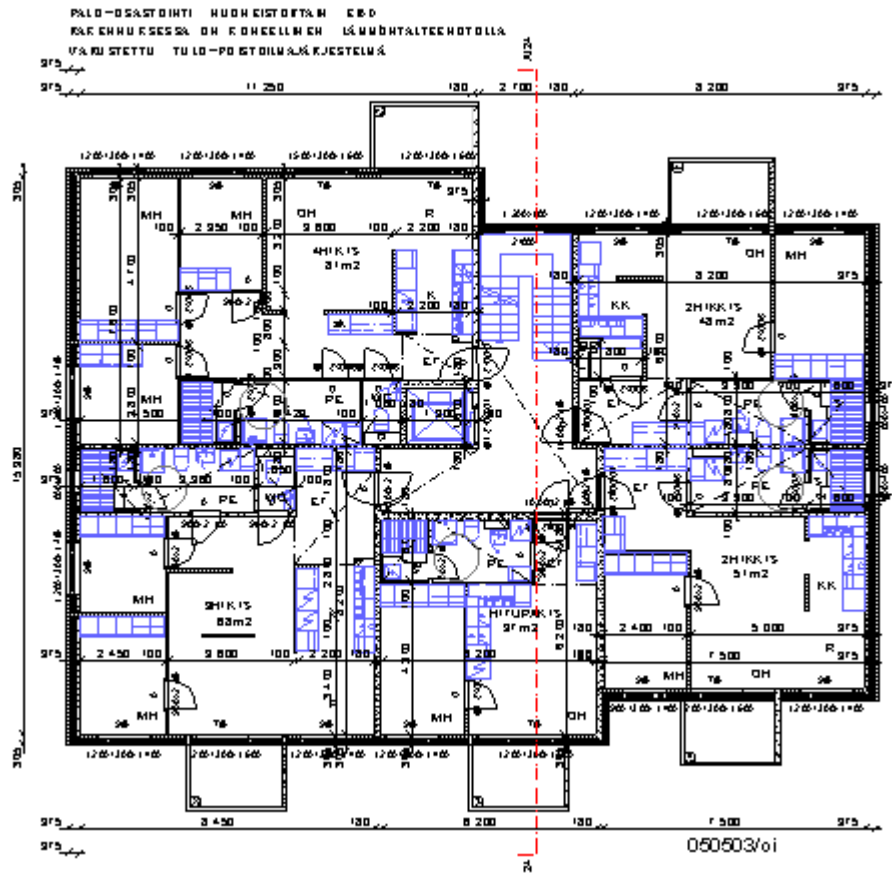


Kuva 178 Elementtikerrostalo /1/

### 3.1 BES-asuinkerrostalo

Asuinkerrostalon rakennesuunnitelmia ovat mm rakennelaskelmat, runkorakenteiden taso-, leikkauspiirustukset, detaljipiirustukset, ontelolaatta- ja julkisivuelementtikaaviot, raudituspiirustukset, liitosdetaljit, elementtien tuotanto- ja mittapiirustukset, perustamissuunnitelmat sekä työselitykset. Seuraavassa on suunniteltu kaksiportaisen asuinkerrostalon porrashuone B :n runko valmisosarakenteisena. Suunnitelmat sisältävät mm seuraavanlaisia dokumenttejä:

- Kohdetiedot
- Rakennelaskelmat
- Rakennetyypit
- Runko ja jäykistys
- Tasopiirustukset
- Ontelolaattakaavio
- Rengas- ja saumateräkset
- Liitosdetaljit
- Leikkauspiirustukset
- Julkisivuelementtikaaviot
- Betonielementtisuunnitelmat
- Perustamissuunnitelmat
- Runkorakennusosat
- Portaat
- Hissi
- Väestönsuoja
- Vesikatto- ja täydentävät rakenteet
- Työselitykset



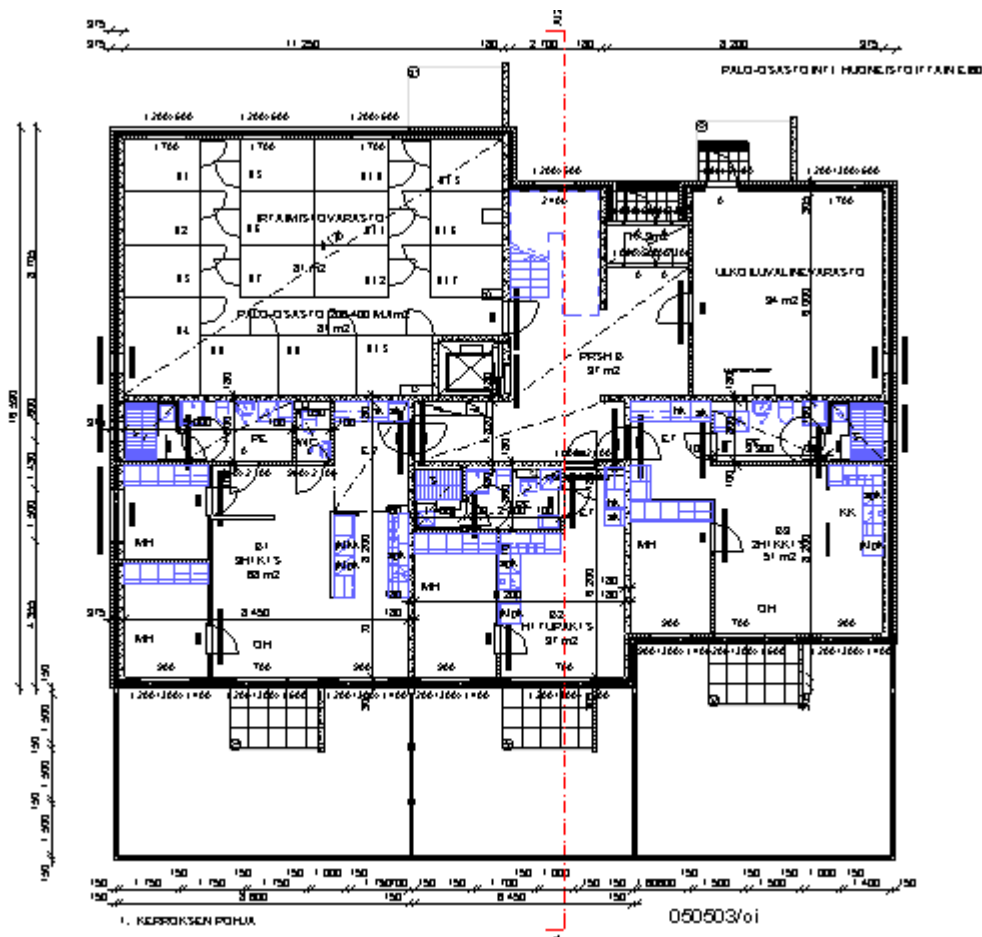
Kuva 179 Elementtikerrostalon prs B:n asuinkerros /1/

### Betonielementtirunko

Suunnittelijat ja urakoitsijat valitsevat yhdessä rakennuksen runkojärjestelmän. Valittu järjestelmä vaikuttaa rungon jänneväleihin ja käytettäviin rakennusosiin. Betonielementtirunko toteutetaan usein "kantavat poikkiseinäjärjestelmän" mukaisesti. Järjestelmässä huoneistojen väliset seinät ja päätyjen ulkoseinät ovat kantavia ja välipohjaelementti on rungon suuntainen. Huoneistojen väliset ja porrashuoneen vastaiset seinät ovat 200 mm vahvoja betonielementtiseiniä ja niiden on täytettävä 55 dB:n ääneneristysvaatimus.

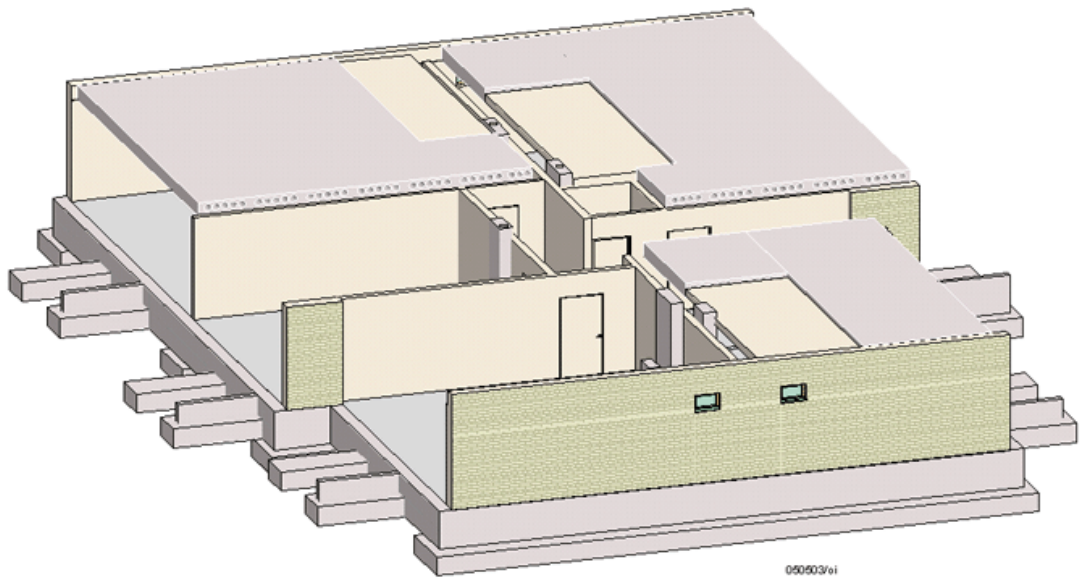
Välipohjalaatta on 1200 mm leveä, jännitetty ja reiitettyä ontelolaattaa. Laatan korkeudet vaihtelevat esim 370mm- 500 mm.

Askelääneneristysvaatimuksen 53 dB täyttämiseksi ontelolaattavälipohjan on oltava riittävän massiivinen tai sen päälle on tehtävä uiwa pintalaatta.



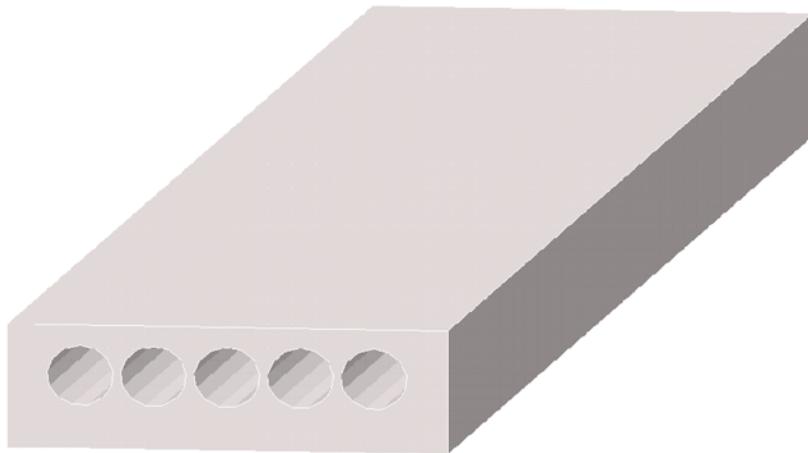
Kuva 180 Elementtikerrostalon porras B:n kellari /1/

Asuinkerrostalon kellari suunnitellaan asuinpohjan kantavien rakenteiden mukaan. Kellariin sijoitetaan yleensä säilytys- ja varastotiloja sekä väestönsuoja.

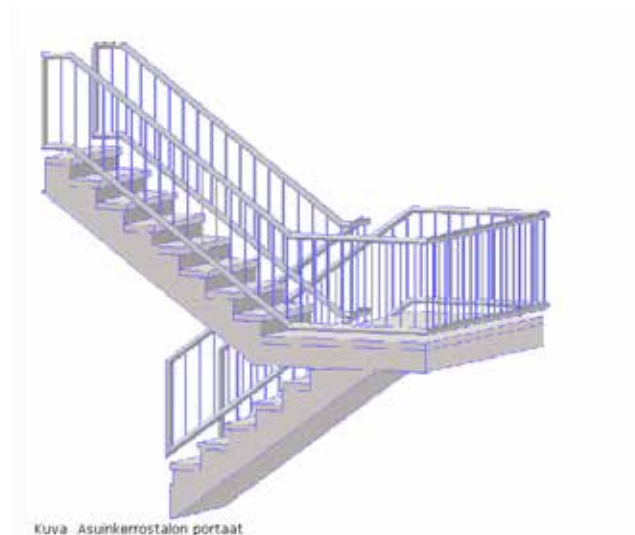


Kuva 181 Elementtikerrostalon porras B:n kellarin runko /1/

Elementtikerrostalon välipohjalaattana usein käytetään ontelolaatastoja, mikä asennetaan kantavien poikkiseinien varaan

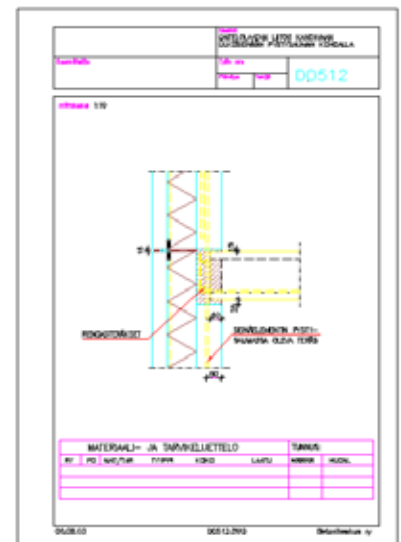
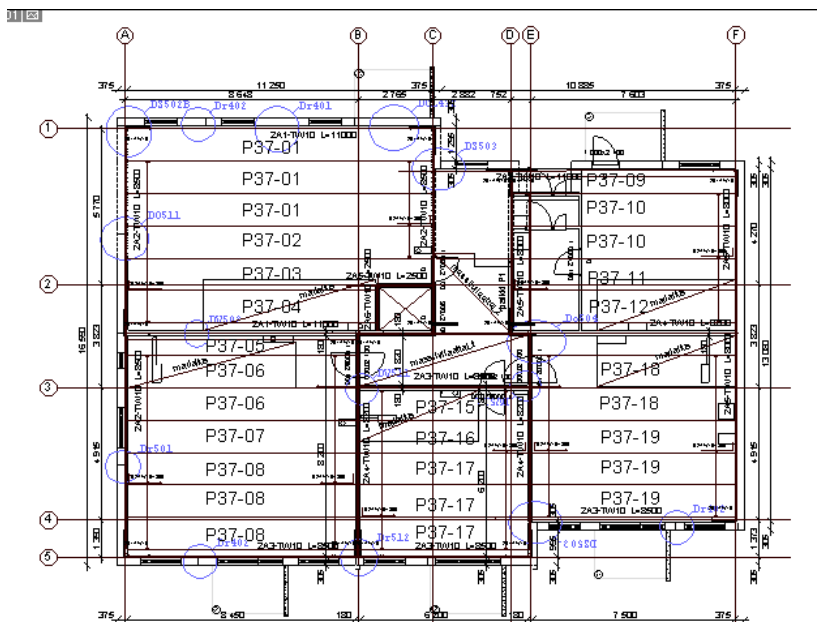


Kuva 182 Ontelolaatasto /1/



Kuva: Asuinkerrostalon portaat

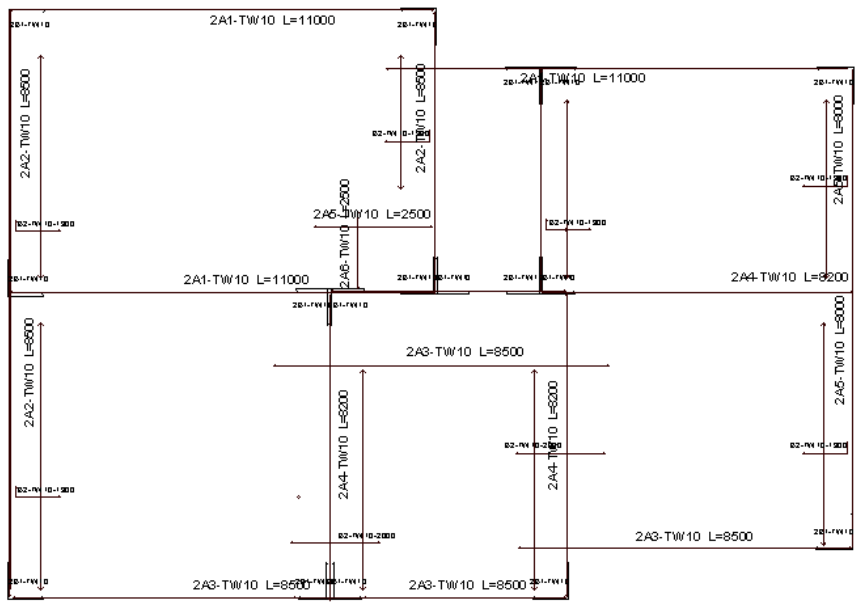
Kuva 183 Elementtiporras /1/



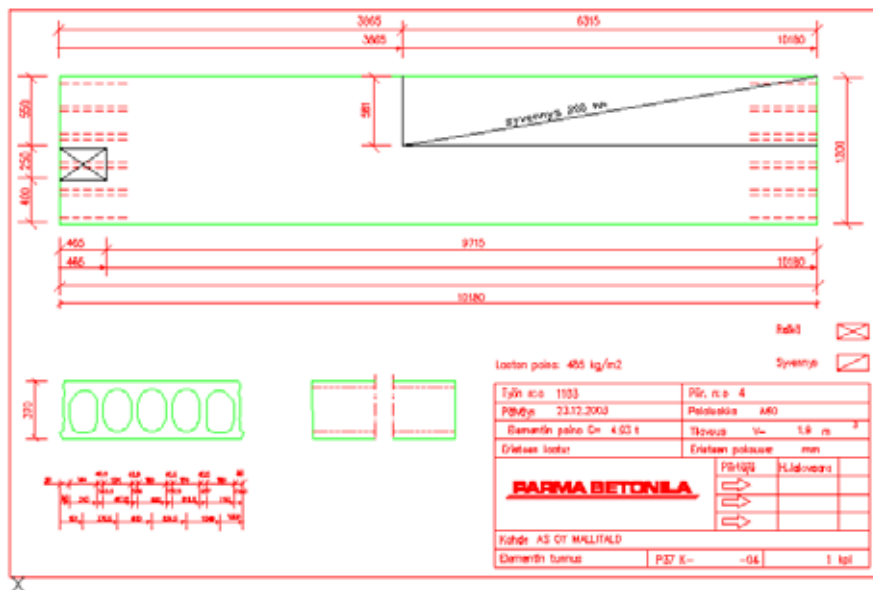
Kuva 184 Ontelolaattakaavio /1/

### Ontelolaattakaavio

Ontelolaattakuvassa esitetään mm laatat tunnuksineen, kantavat pysty- ja vaakarakenteet, jäykistävät rakenteet, kuormitukset, reiät, leikkaus- ja detaljimerkinnot.

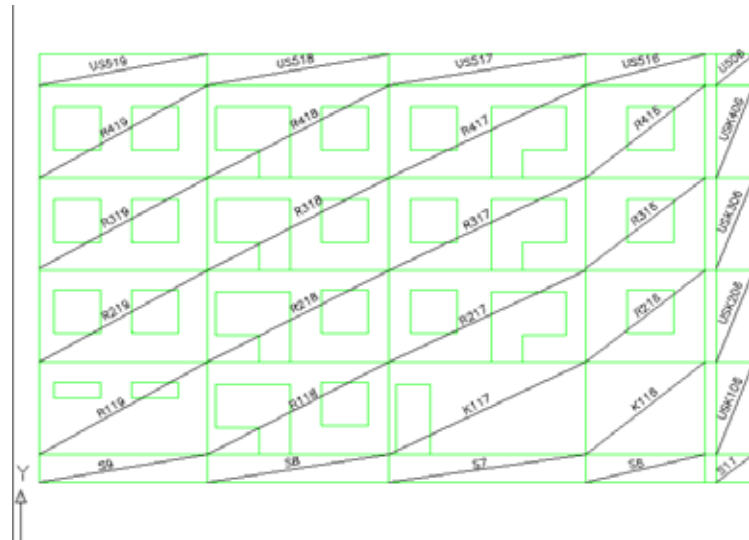


Kuva 185 Rengasraudoituksia /1/  
Ontelolaattakaavioon suunnitellaan rengas- ja saumateräkset.



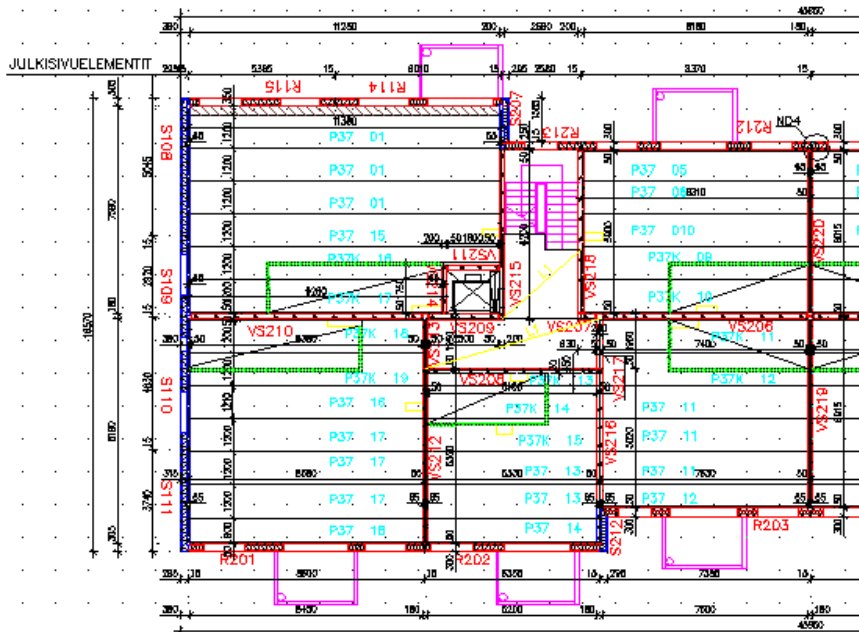
Kuva 186 Ontelolaattalappu /1/  
Jokaisesta ontelolaattatyypistä tehdään tuotantokuva.





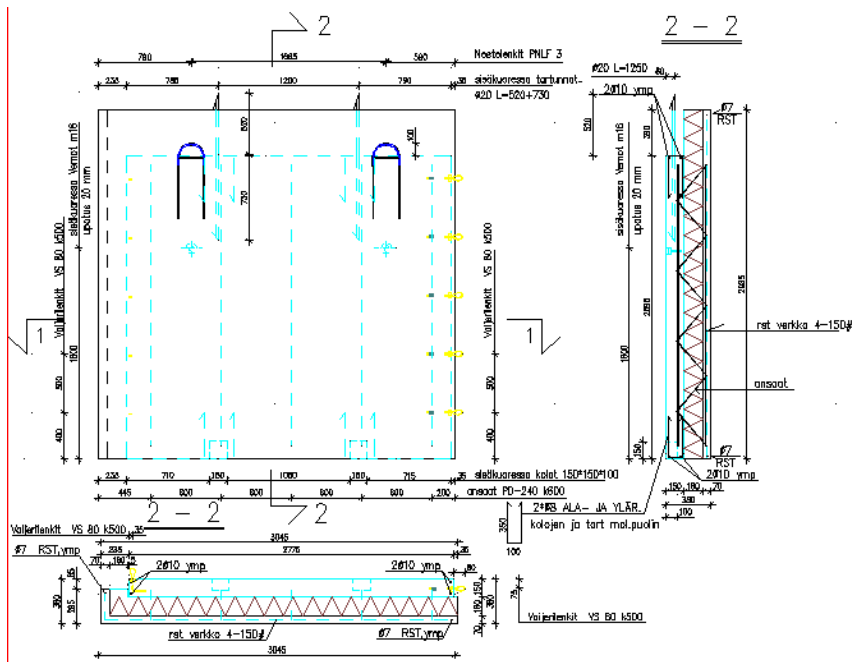
Kuva 187 Julkisivuelementtikaavio /1/

Esimerkki elementtikerrostalon julkisivukaaviosta, missä eri tyyppiset julkisivuelementit nimetään: sokkeli-, ruutu-, kantava pääty-, parveke ym elementit

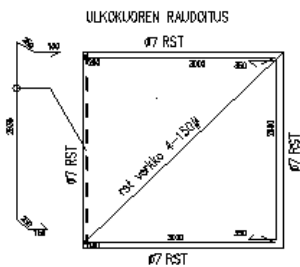


Kuva 188 Julkisivuelementtikaavio /1/

Seinäelementit litteroidaan myös tasokuviin, joissa esitetään kantavat huoneistojen väliset seinäelementit, kevyet väliseinäelementit, ulkoseinäelementit, porrasedimentit, ym



Kuva 189 Seinälementti /1/

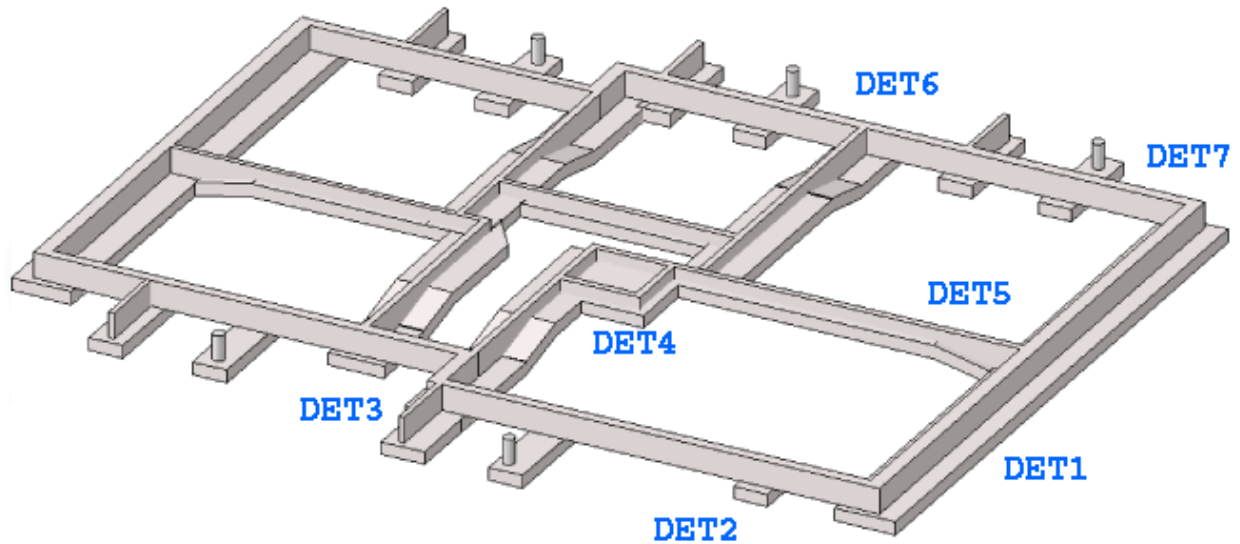


S201  
4 KPL

1K	1 kpl
2K	1 kpl
3K	1 kpl
4K	1 kpl

ELEMENTIN PAINO: 4,41 TONNIA  
 ELEMENTIN TILAVUUS: 1,78 m<sup>3</sup>  
 BETONE ULKOK: - K 35-1, SÄÄKESTÄYRÄ  
 SISÄK: - K 30-2  
 TERÄS: - ULKOKUORESSA B800K2(RST), VEIKKO: B800K2  
 - SISÄKUORESSA A500 HII, VEIKKO: B500K  
 - ANSAAT K 600, B800K2(RST)  
 PINTAKÄSITELI: -ULKOKUORE: MUOTTIPINTA, HENOPESU  
 KÄSITTELY MAALAKSELLE SOPIVAKSI SITEN, ETTÄ  
 MAALAUSSURAKOITUS ANTAA TARVITTAVAT TAKUUT  
 -SISÄKUORE: TERÄSHIERTO  
 TERÄSTEIN SUJABETON: -ULKOKUORESSA 25 MM  
 -SISÄKUORESSA 15 MM  
 LÄMMÖNERISTE: - PV-ELUS TAI DL-ELUS 160 MM URITETTU  
 VALMISTUSTOLERANSSIT: -SEK: H JULKAISU 1:20 ; NORMAALUUROKKA  
 BETONIPINTA: -BY 40, UK2  
 MAHDOLLISUUKSI SUORAT REUNAT, EI VISTETÄ ( PINNOITUS SAUMAN YL)

Kuva 190 AMK-kerrostalon väliseinäelementtejä. /1/

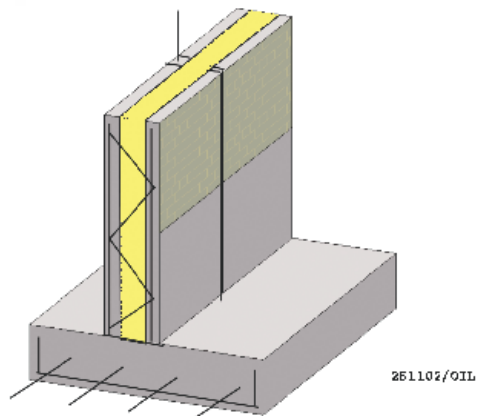


251102/OIL

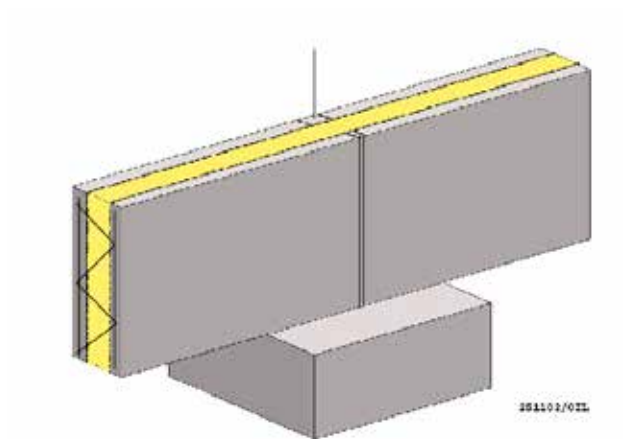
Kuva 191 Elementtikerrostalon perustukset /1/

### BES-asuinrakennuksen perustukset

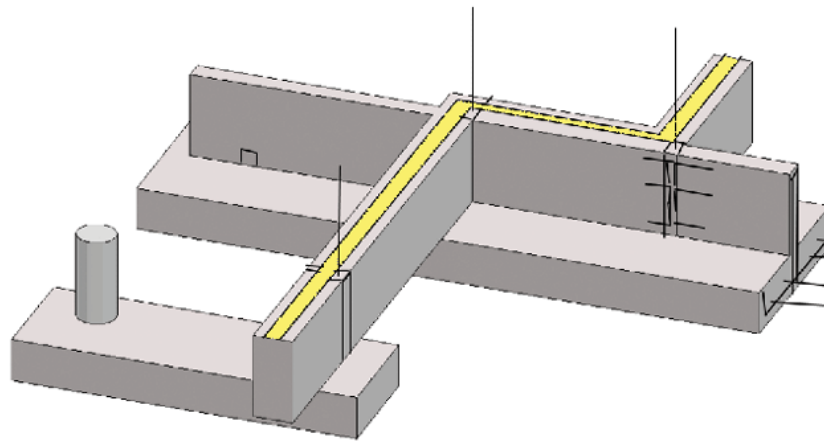
Asuinkerrostalon huoneistopohjan pohjalta suunnitellaan kohteen kellarin tilat ja rakenteet. Rakennuksen kuormat viedään kantavilla rakenteilla perustuksille ja edelleen maahan. Maaperän laadun mukaan perustustapa on joko esim maanvarainen, paaluperustus tai suoraan kallion varaan. Kantavien seinien alle suunnitellaan seinäanturat, sokkelipalkkien alle tarvittaessa neliöanturoita ja parvekkeiden piilien alle suorakaideanturoita.



Kuva 192 Detaljokuva 1 /1/  
Kantavan päätysokkelin ja jatkuvan anturan perustusleikkaus.

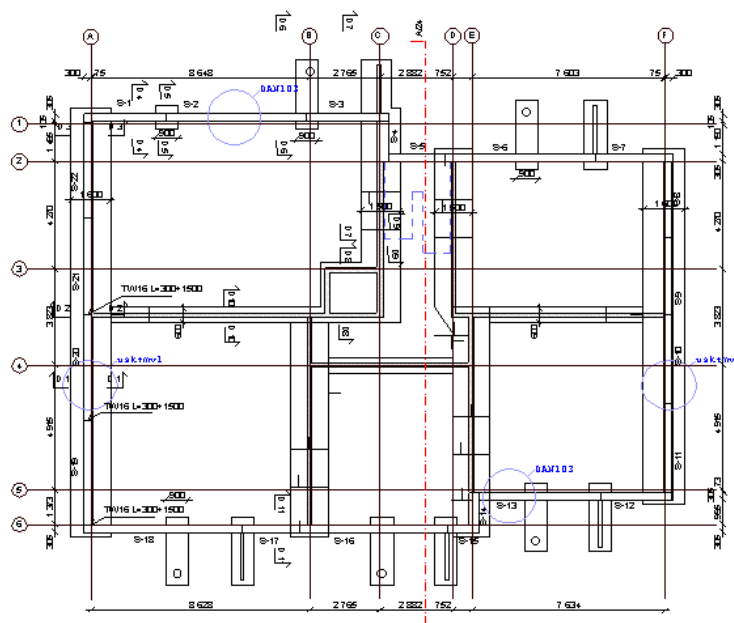


Kuva 193 Detaljokuva 2 /1/  
Kevyiden ruutuelementtien sokkelipalkkien pystysauman neliöantura.



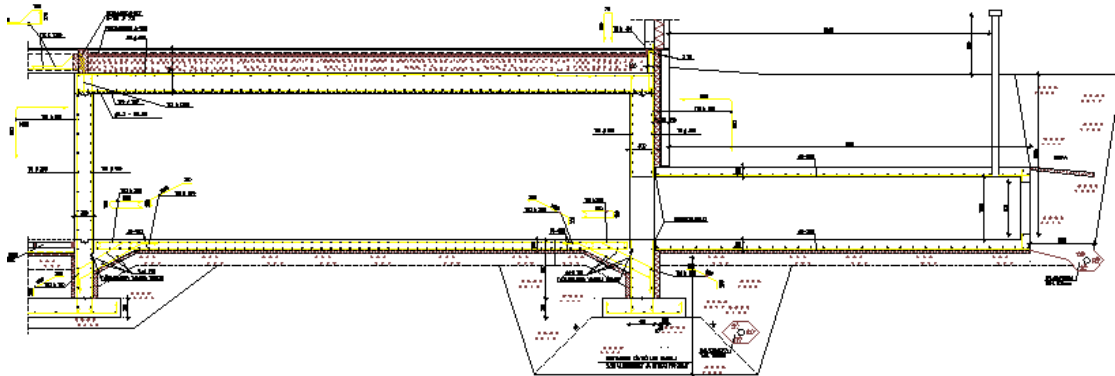
251102/OIL

Kuva 194 Detaljikuva 3 /1/  
Parvekkeen pilarin ja pieliseinän perustusleikkaus.

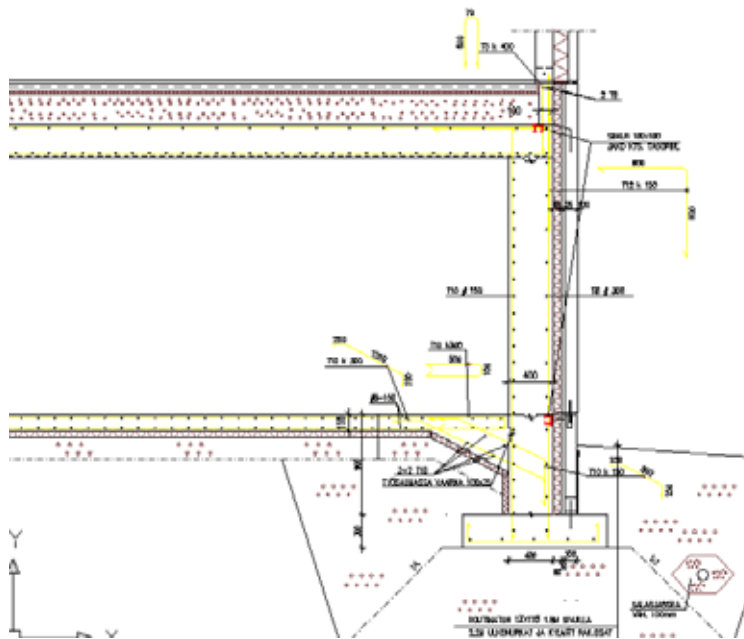


Kuva 195 Perustuslaani /1/.  
Tasokuvassa esitetään anturoiden sijainti, muoto, koot, leikkausmerkinnät, routaeristys, radonputkitus





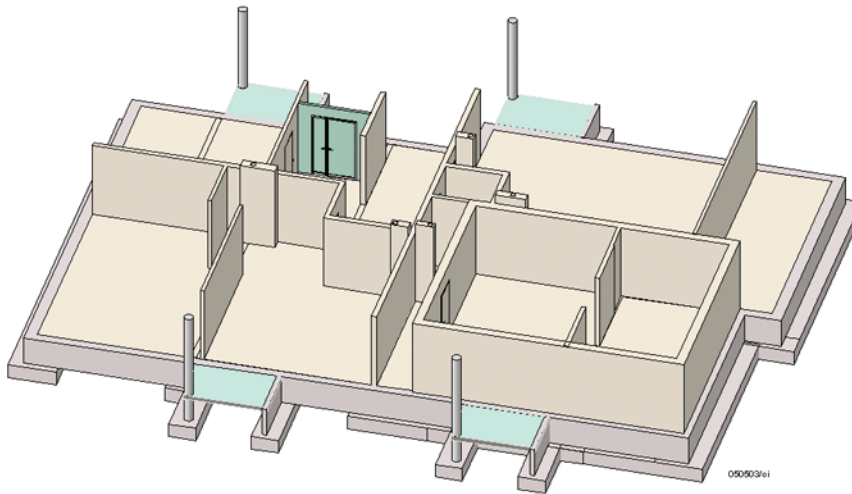
Kuva 19 Väestönsuojaleikkaus /1/



Kuva 199 Väestönsuojaleikkaus /1/

S1-luokan väestönsuojan ulkoseinät ovat yleensä 450 mm paksuja ja holvit 300 mm paksuja. Paksuudet määräytyvät säteilysuojauksen ja sirpaleenkestävyyden mukaan. Seinien ja holvien sisäpinnat raudoitetaan #150 verkolla ja ulkopinnat #300 verkolla, minimirauditusvaatimuksena on 0.17%.

## AMK- Paikallavalukerrostalo



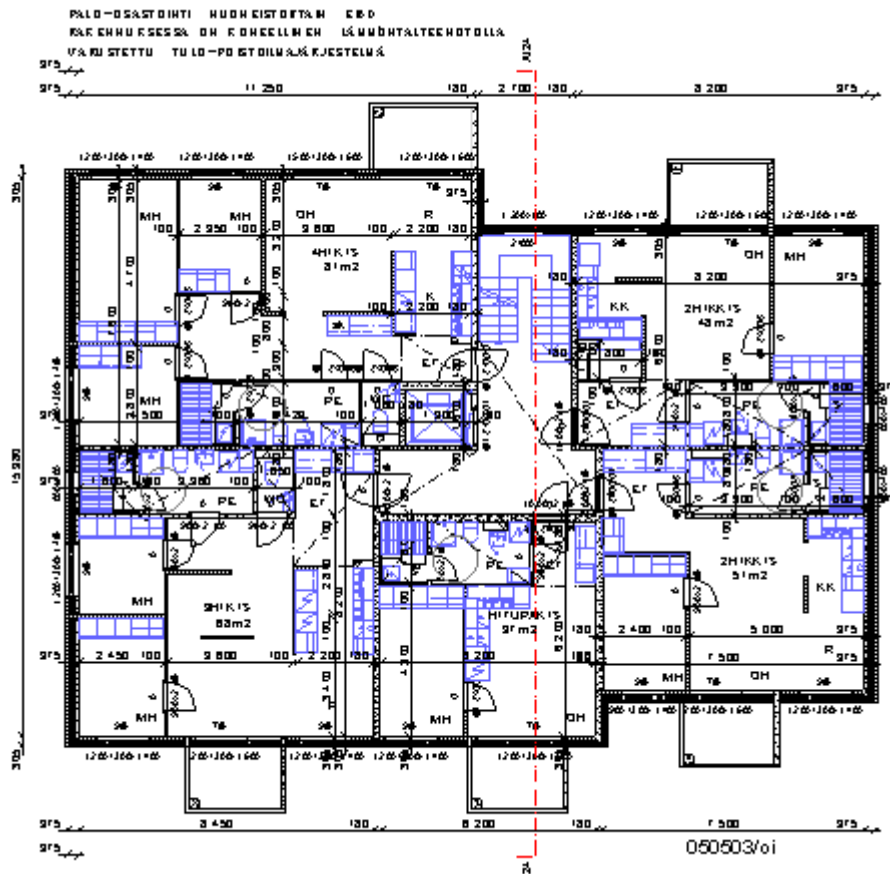
Kuva 200 Paikallavalurunko /1/

### Paikalla valettu asuinkerrostalo

Paikkalarakennetun asuinkerrostalon rakennesuunnitelmia ovat mm rakennelaskelmat, runkorakenteiden taso-, leikkauspiirustukset, detaljipiirustukset, raudituspiirustukset, liitosdetaljit, perustamissuunnitelmat sekä työselitykset. Seuraavassa on suunniteltu kaksipiortaisen asuinkerrostalon porrashuone A paikallarakenteisena. Suunnitelmat sisältävät mm seuraavaa:

- Kohdetiedot
- Rakennelaskelmat
- Rakennetyypit
- Runko
- Tasopiirustukset
- Leikkauspiirustukset
- Runkodetaljit
- Rauditus suunnitelmat
- Työselitykset

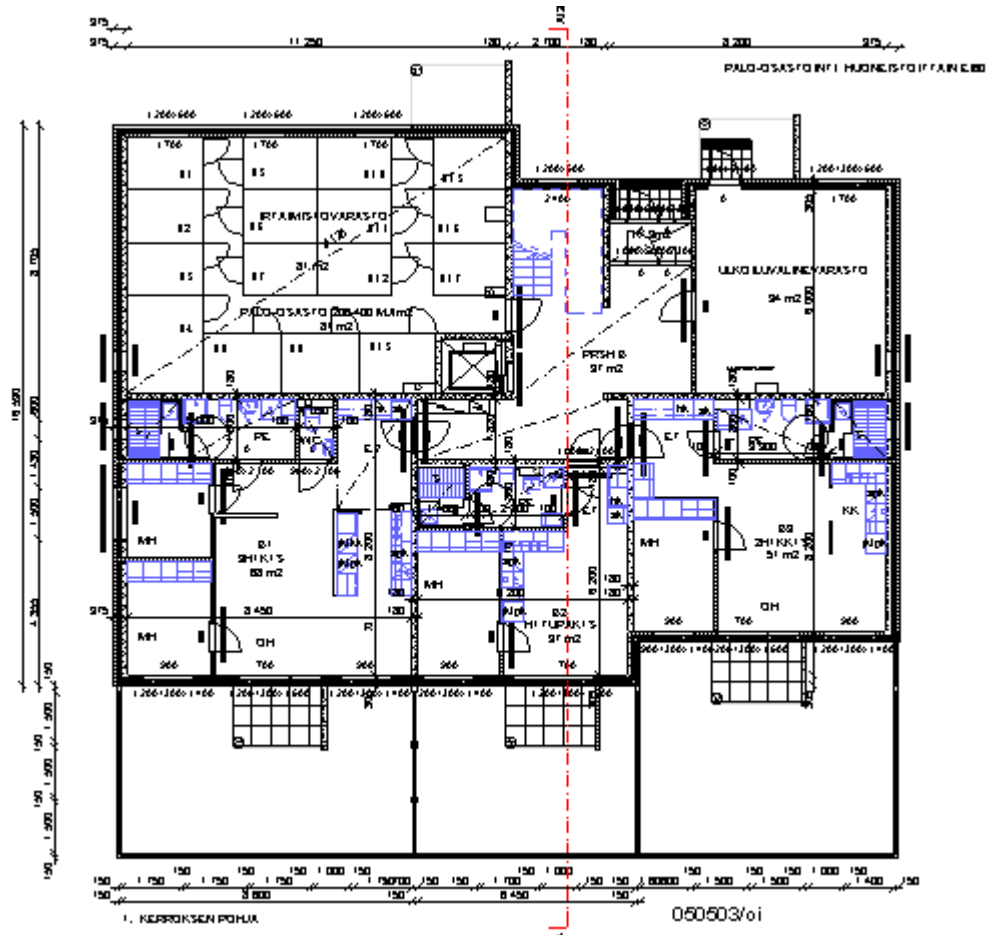




Kuva 201 Paikallavalettu asuinkerrostalo /1/

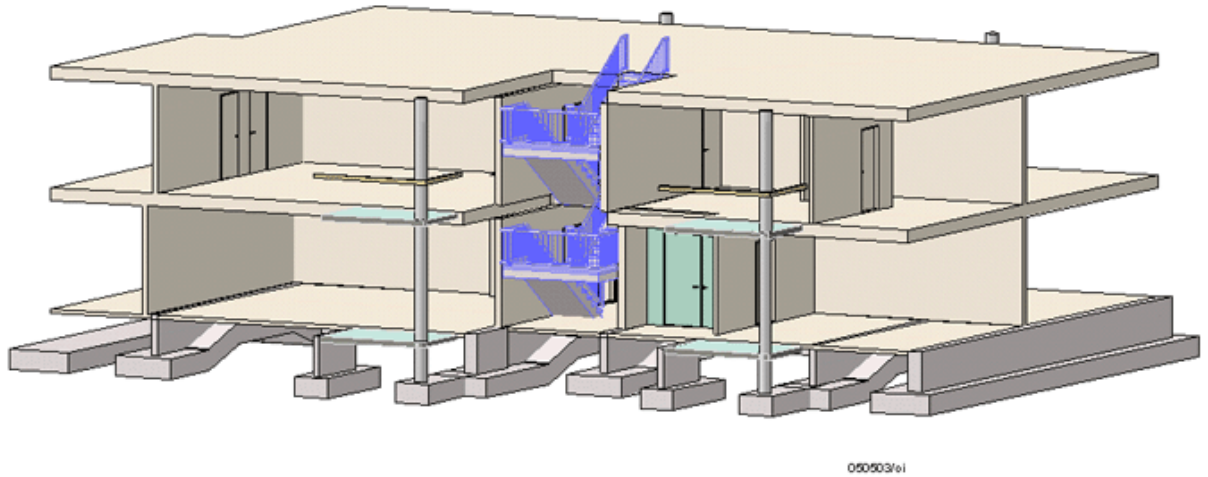
### Paikallavalurunko

Suunnittelijat ja urakoitsijat valitsevat yhdessä rakennuksen runkojärjestelmän. Valittu järjestelmä vaikuttaa rungon jänneväleihin ja käytettäviin rakennusosiin. Paikallarakentaminen sisältää muottityöt, raudoituksen ja betonoinnin. Paikallavaletun, normaaliraudoitettun rungon taloudelliset jännevälit ovat yleensä pienempiä kuin jänneteräksillä raudoitettujen ontelolaatastoholvien jännevälit. Askelääneneristysvaatimuksen 53 dB täyttämiseksi massiivilaatan on oltava n 240 mm paksu tai sen päälle on tehtävä uiva pintalaatta. Paikallavaletun huoneistojen välisen seinän on oltava vähintään 180 mm paksu, jotta seinä täyttää sille asetetun 55 dB:n vaatimuksen.



Kuva 202 Kellari /1/

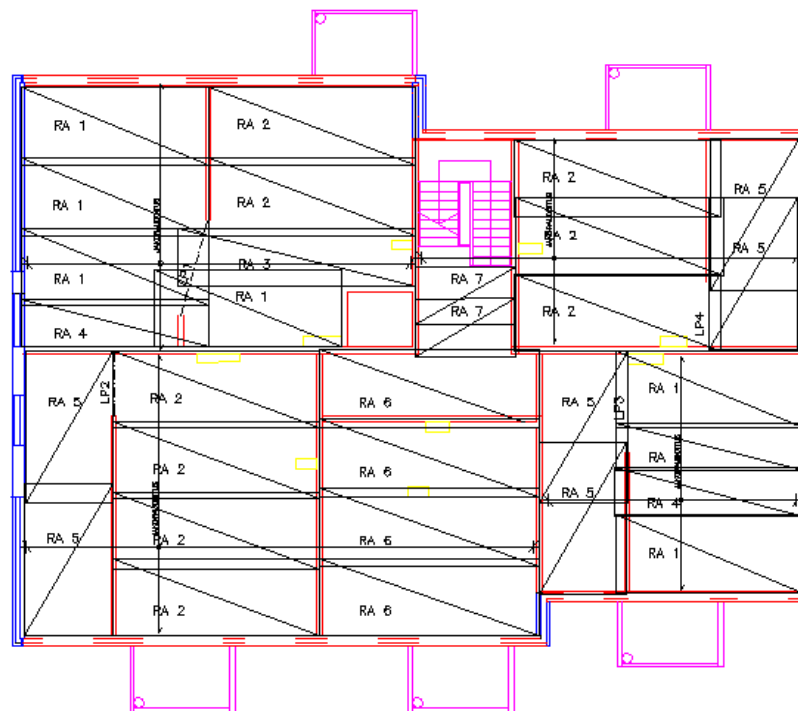
Paikallavalurungon jännevälit ovat pienemmät, joten elementtirungon kevyitä väliseiniä on muutettava kantaviksi.



Kuva 203 Paikallavalurunko /1/

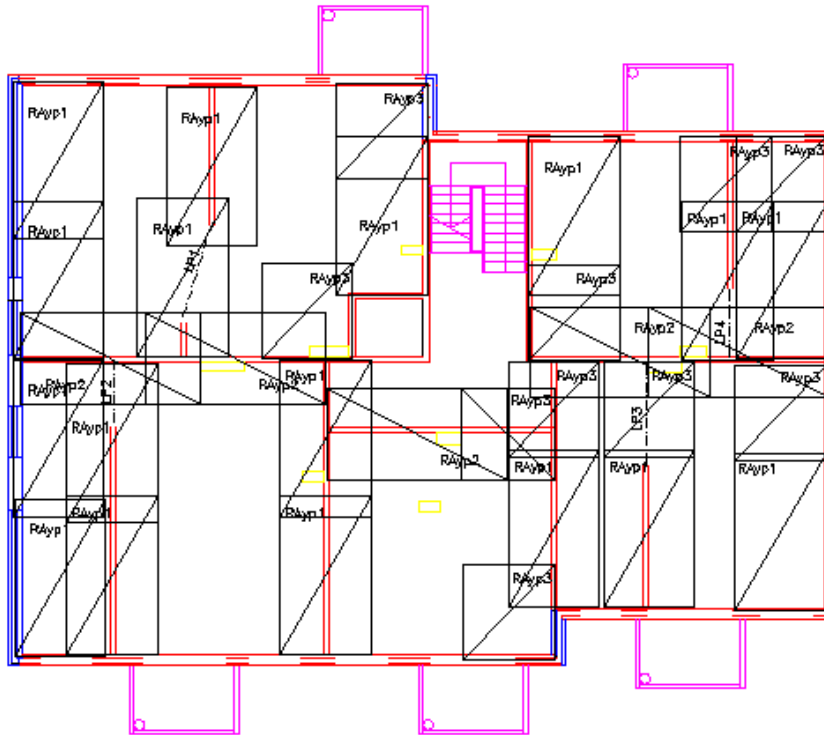
Paikallavalurunko tehdään yleensä ns "kantavat poikkiseinäjärjestelmän" mukaisesti, missä huoneistojen väliset ja porrashuoneen vastaiset seinät sekä osa huoneiden välisistä seinistä ovat kantavia. Kantava seinä on vähintään 180 mm paksu, jotta ääneneristysvaatimukset täyttyvät.

#### ALAPINNAN RAUDOITTEET

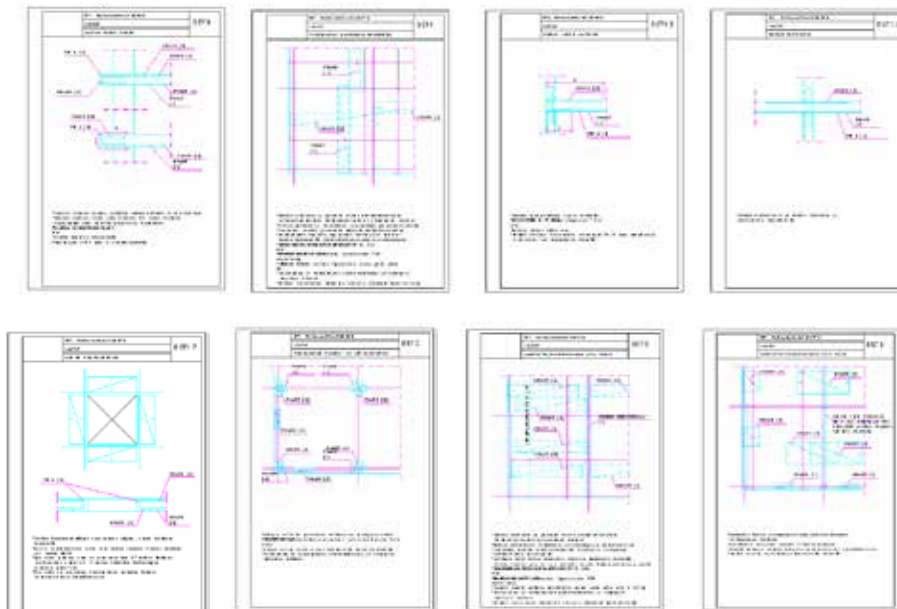


Kuva 204 Laatan alapinnan raudoitus /1/  
Paikallavalulaatat raudoitetaan yleensä verkko- tai kaistarauoituksilla.

## YLÄPINNAN RAUDOITEET

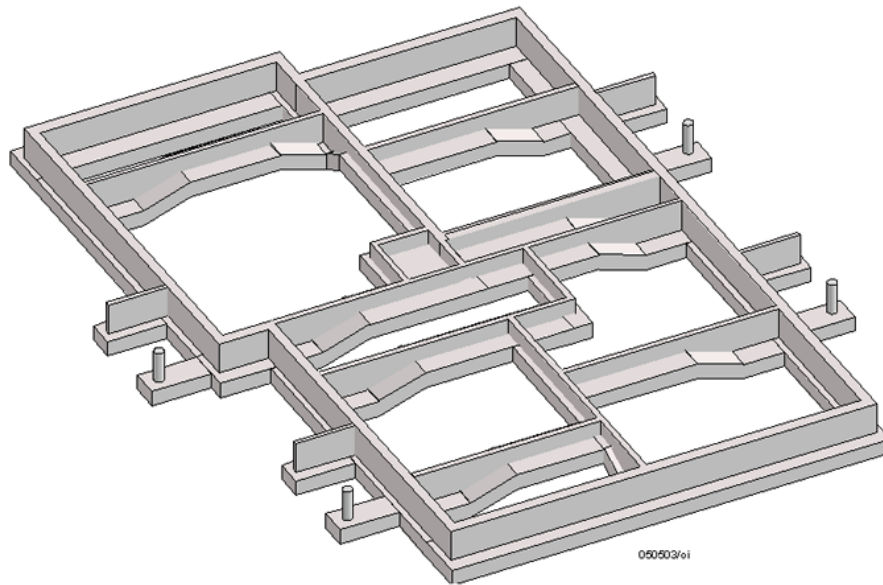


Kuva 205 Laatan yläpinnan raudoitus /1/

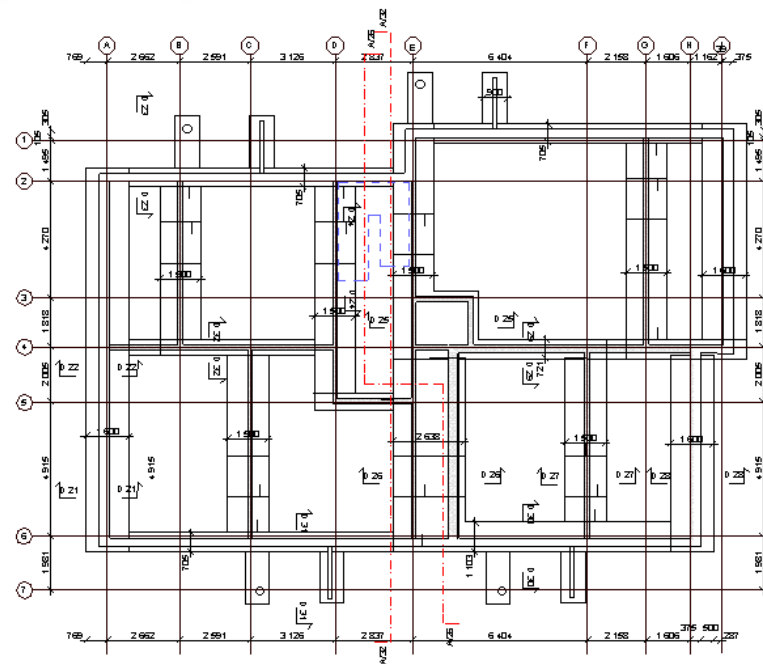


Kuva 206 Raudoitusdetaljit /1/

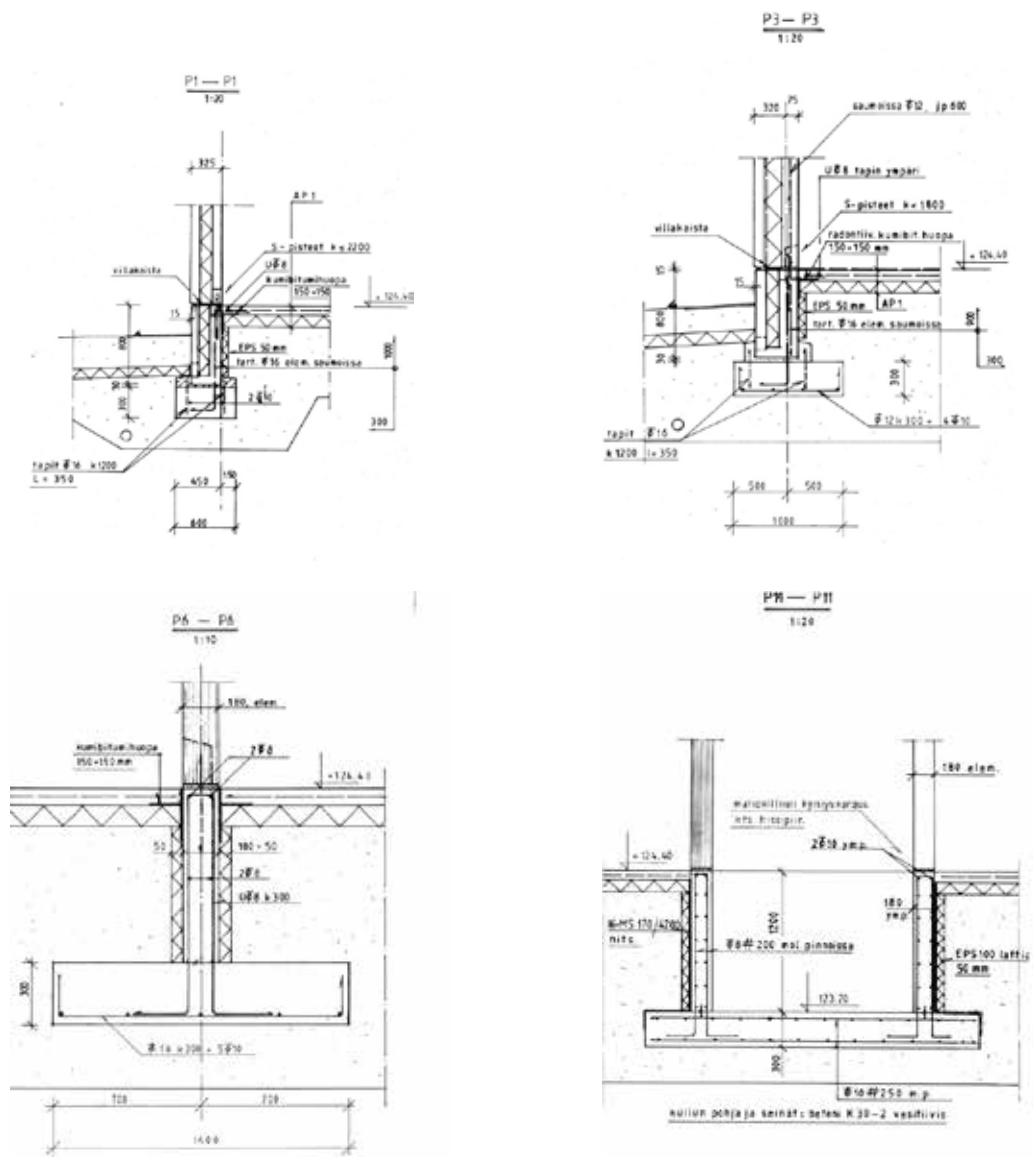
Rungon taso- ja rakennusosakuvista viitataan käytettyihin raudoitusdetaljeihin. Liitteenä on RTT:n Paikallarakentaminen -kansion laattojen raudoitusdetaljeja.



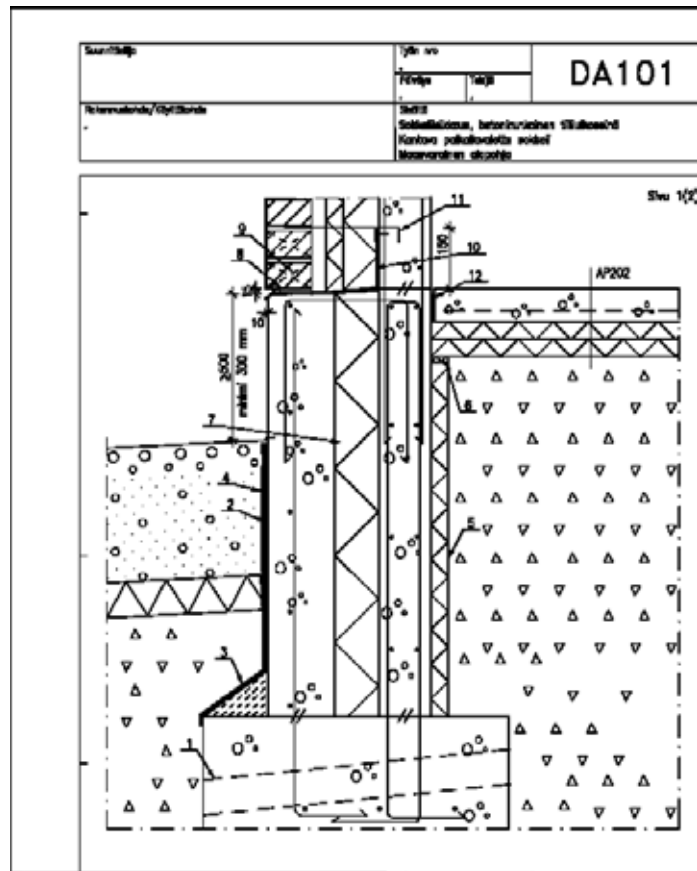
Kuva 207 Paikallavalurungon perustuksia. /1/



Kuva 208 Perustusten tasokuva /1/



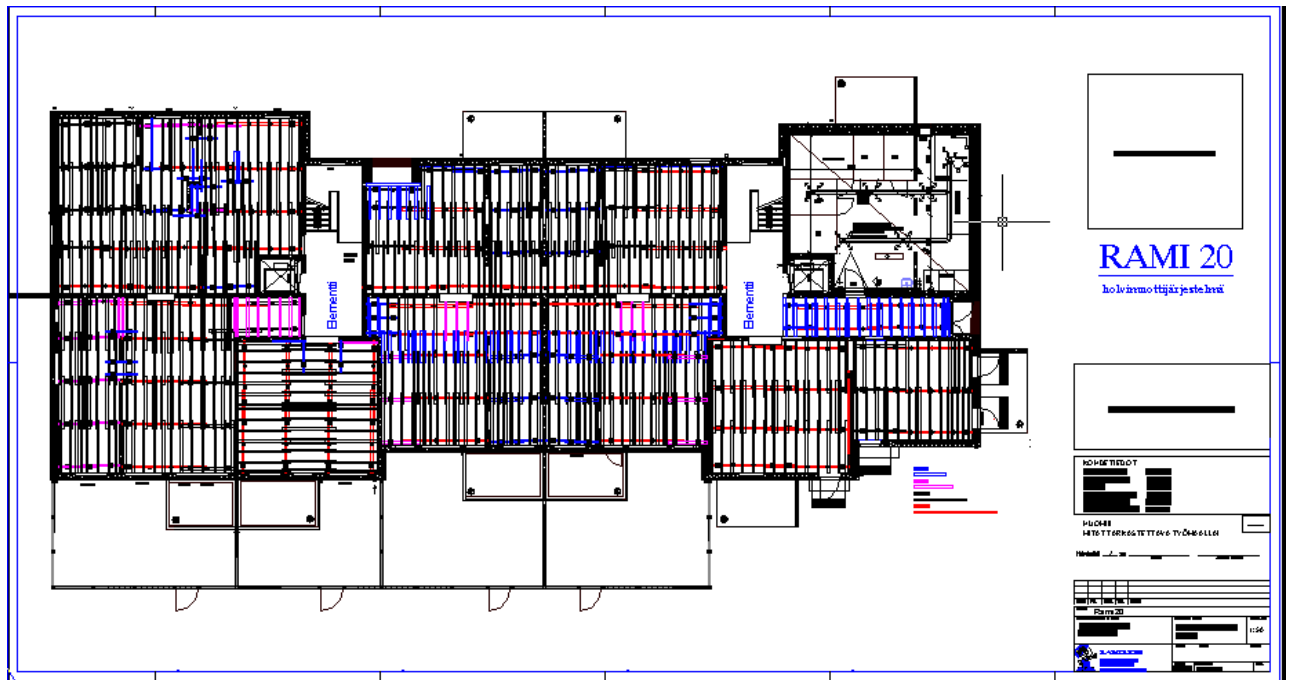
Kuva 208b Perustusleikkauksia /1/



Kuva 209 Perustusdetalji DA101 /1/



Kuva Runkotyövaihe /1/



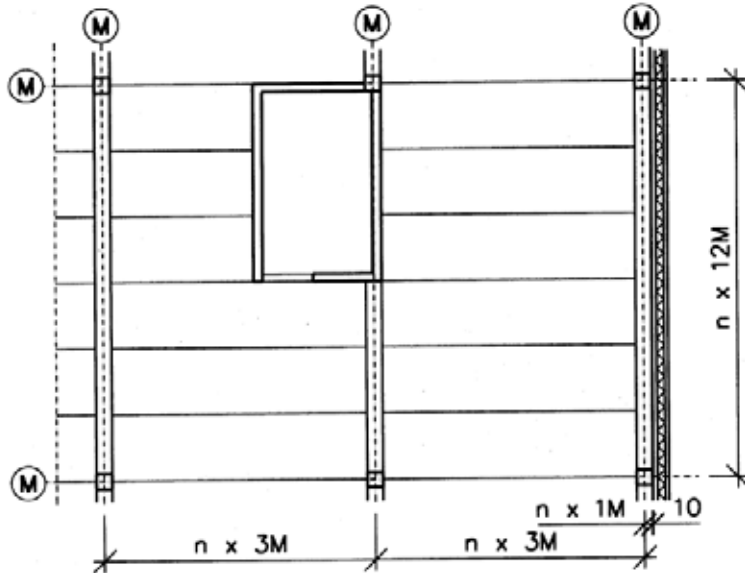
Kuva 230 Ramin muottisuunnitelma /1/



## 4. Toimisto- ja liikerakennukset

/6/ elementtisuunnittelu.fi

### 4.1 Teräsbetoelementtirungot



Kuva 231. Toimistorakennuksen moduuliverkko. Moduulit ovat molemmissa suunnissa keskisesti pilareihin nähden. Kuilun nurkassa on osin erillinen pilari, osin palkki tukeutuu seinän päälle. /6/

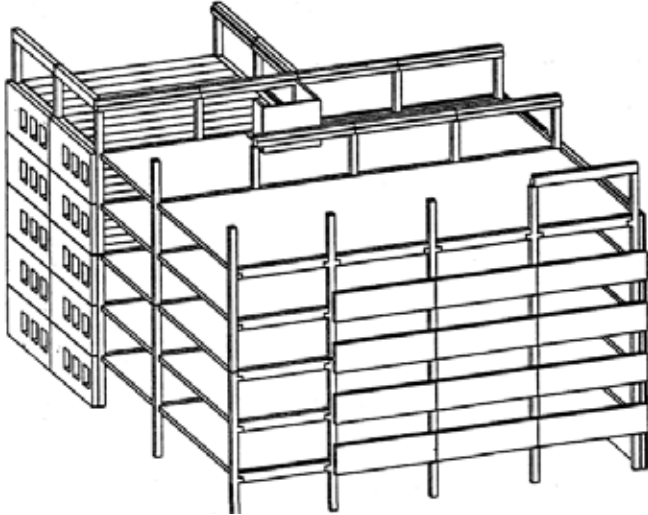
Rungon moduuliverkkona käytetään pilareihin nähden keskistä moduuliverkkoa. Moduulijako valitaan yleensä toimistohuoneen koon kerrannaiseksi, jotta julkisivulinjojen pilarit pystytään sijoittamaan toimistohuoneiden väliseinälinjoille. Tyypillinen moduulijako 2400 mm leveissä toimistohuone-ratkaisuissa on 7200 mm tai 8400 mm ja vastaavasti 2700 mm leveissä huoneratkaisuissa 5400 mm tai 8100 mm. Verkon suositeltava perusmitta on 3M. Jos kerrannaisuudesta halutaan poiketa, poikkeama on helpompi toteuttaa laattojen pituussuunnassa. Vaakarakenteen optimaalisena perusmoduulina on 12 M, pienempää moduulia kuin 6 M ei suositella.

Kuilurakenteen kantavat seinät ovat yleensä moduulivälin mittaisia. Pystykuormien keskittäminen seinien päissä oleviin erillisiin pilareihin tai pilastereihin helpottaa seinien käyttöä rakennuksen jäykistyksessä ja vähentää ankkuroinnin tarvetta. Seinän paksuudesta ja palkilta tulevasta kuormasta riippuen, palkki voidaan usein tuoda suoraan seinän päälle. Tällöin tosin palkkien päät jäävät näkyviin, jos kuilua käytetään esimerkiksi porrashuoneena.

## 4.2 Runkojärjestelmä

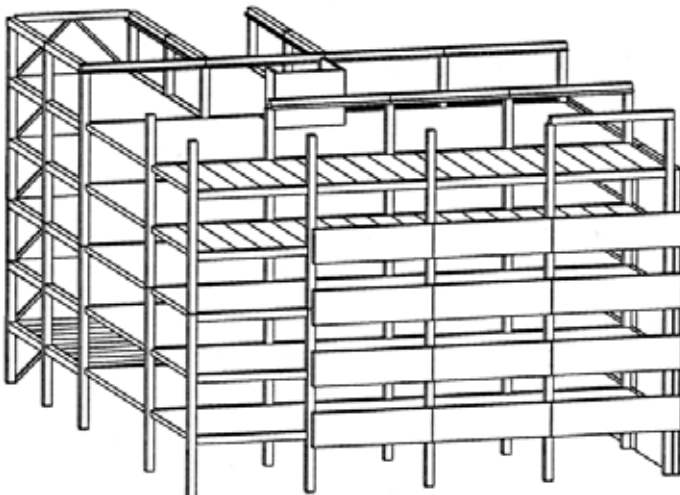
/6/

Toimisto- ja liikerakennuksissa pilari-palkki -järjestelmä, jossa palkkilinjat ovat rakennuksen pituussuunnassa, on Suomessa yleisin.



Kuva 232. Pilari-palkkirunko. Pilareissa on betonikonsolit. Julkisivut ovat pääosin nauha-, osin ruutuelementtejä. /6/

Kantavat julkisivut -rakennejärjestelmässä välipohjalaatan kuormituskestävyys määrittää sen, miten syvään runkosyvyyteen voidaan mennä ilman rungon keskivaiheille sijoitettavaa kantavaa palkkilinjaa. Kantavat julkisivut mahdollistavat erilaisten putki- ja kaapelivetojen kourut pitkin julkisivuelementtien sisäpintaa ilman haitallisia pilari- tai pilasterirakenteita. Toisaalta kantavana rakenteena toimiminen rajoittaa ikkuna-aukotusten kokoa ja keskinäisiä linjauksia.



Kuva 233. Monnikerospilarirunko piilokonsoleilla. Jäykistys on ratkaistu teräsdiagonaalein ja levyseinin. /6/

Hallimaisten liikerakennusten yläpohjan runkorakenne on samanlainen kuin teollisuus- ja varastorakennuksissa. Liikerakennusten välipohja- ja alapohjarakenteisiin soveltuvat toimistorakennusten rakenneperiaatteet, kuormitukset ovat tosin suurempia. Palkkilinjat ovat toimistotaloissa yleensä käytävän suuntaisia, jolloin käytävän alakatossa kulkevalle tekniikalle jää esteetön tila. Kantavia palkkilinjoja on 2 - 4 kpl. Rakennusten kerroskorkeus vaihtelee tapauskohtaisesti. Korkeuden valintaan vaikuttavat arkkitehtuuri, tilan käyttötarkoitus ja rakenteiden ja tekniikan vaatima tila. Tyypillisesti kerroskorkeus vaihtelee toimistorakennuksissa välillä 3300..3900 mm ja liikerakennuksissa välillä 4200...4800 mm. Toimistorakennuksissa muunnellaan usein sisätiloja käytön aikana esimerkiksi vuokralaisten erilaisten tilantarpeiden mukaan. Tämän johdosta runko suunnitellaan siten, että se rajoittaa sisätilojen tulevia muutoksia mahdollisimman vähän. Kantavana pystyrunkona pyritään käyttämään vain pilareita ja kantavien betoniseinien määrä rungon sisällä minimoidaan. Jäykistäviä betoniseiniä käytetään palo-osastojen välissä kohdissa, joissa ei ole tilojen käytön muutostarvetta kuten porrashuoneissa, LVI- ja hissikuiluissa. Betoniseinien vähäisen määrän takia rakennuksen jäykistyksen suunnitteluun on kiinnitettävä huomiota jo luonnosvaiheessa ja varmistuttava, että jäykistäviä rakennneosia on riittävästi. Seinien sijasta voidaan käyttää myös erilaisia jäykistysristikoita, jotka sallivat suuremman muuntelun käyttöaikana kuin seinät. Hallityyppiset liikerakennukset ja 1-2 kerroksiset toimistorakennukset jäykistetään useimmiten mastopilarein. Vaakarakenteet siirtävät rakennukseen kohdistuvat vaakakuormat pystyrakenteille. Välipohjalaatasto sidotaan saumaterästen ja -valujen avulla yhtenäiseksi ja jäykäksi levyksi samalla tavalla kuin asuinkerrostaloissa. Rakennuksen jako liikuntasauama-alueisiin määräytyy rakennuksen koon, perustamistavan sekä massoittelemuksen perusteella. Rakennuksen vaakamitan ylittäessä 60 metriä rakennus jaetaan tavallisesti liikuntasauamalla osiin. Eri tavalla perustetut rakennuksen osat erotetaan myös liikuntasauamalla toisistaan, jotta rajakohtaan ei syntyisi haitallisia halkeamia mahdollisista perustusten painumaeroista. Rakennuksen jokainen liikuntasauamaosa jäykistetään omana kokonaisuutenaan.

### **4.3 Rakenteet**

/6/

#### **Perustukset**

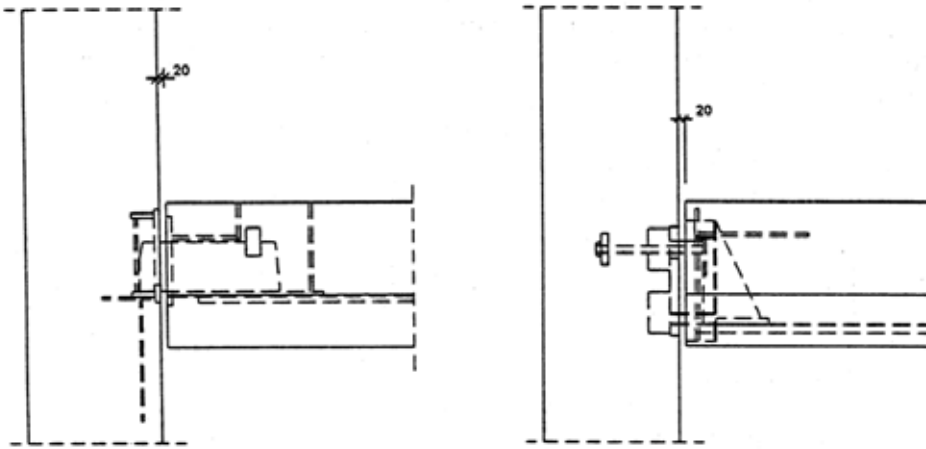
Rakennuksen kantavat pilarit ja kantavat seinät perustetaan anturoiden varaan. Julkisivu on yleensä ei-kantava, jolloin sille ei tehdä erillisiä anturoita vaan se tuetaan pilareihin tai pilarianturoihin. Kellarillisessa rakennuksessa maan alla olevaa ulkoseinää kuormittaa maanpaine ja tällöin ulkoseinälinjat yleensä perustetaan teräsbetonianturoille. Perustusten koko ja tyyppi määräytyvät kuormituksen ja maapohjan kantavuuden mukaan. Anturat tehdään paikallavaluna tai elementteinä.

#### **Pystyrakenteet**

/6/

Toimistorakennuksen kantava pystyrakenne on yleensä pilarirunko, jossa pilarit voivat olla 1- 4 kerrosta korkeita. Pilarikoko valitaan eniten kuormitettujen pilarien mukaan. Yleensä tarkastetaan eniten rasitettu keski- sekä reunapilari. Pilarikoko pyritään pitämään samana ylhäältä alas asti. Toimisto- ja liikerakennusten alimpien kerrosten pysäköintitiloissa on perusteltua kasvattaa pilarin muotoa vain toiseen suuntaan, jotta pilarit eivät vähentäisi autopaikkojen määrää tai vaikeuttaisi pysäköintiä. Toisaalta suuret kuormat alakerrosten pilareissa pyritään hoitamaan rauditusmäärää lisäämällä ja betonin lujuusluokkaa nostamalla ja näin voidaan säilyttää sama poikkileikkaus kuin muuallakin.

Pilarit mitoitetaan kerroksittain nivelellisesti tuettuina sauvoina, jos rakennuksen runko on jäykistetty seinillä tai ristikoilla. Tällöin pilariin kohdistuu ylemmistä kerroksista keskinen normaalivoima ja epäkeskisyyttä tulee vain tarkasteltavan kerroksen pystykuormista.



Kuva 234. Palkin tuenta pilariin erilaisilla teräksisillä piilokonsoleilla. /6/

Pilariementtien suunnittelussa on huomioitava erityisesti palkkien liitosten tukipintojen riittävyys. Tarkasteltavia paikkoja ovat myös rungon taitekohdat ja tasoerot, joissa palkkien suunta muuttuu ja yhteen pilariin liittyy useita eri suunnista tulevia palkkeja. Pystyrunkona voidaan käyttää myös kantavia ulkoseiniä kuvan 13 mukaisesti. Kantavat ulkoseinät on erityisesti toimisto- ja liikerakennuksissa taloudellinen ratkaisu. Teräsbetonisen ulkoseinäelementin kantavan sisäkuoren sisäpinta on yleensä suora, jolloin huonejakoa on helpompi muuttaa koska ulkoseinälinjalla ei ole erillisiä pilareita tai pilastereita. Toisaalta kantavan julkisivun ikkuna-aukotus ei ole yhtä vapaasti suunniteltavissa kuin ei-kantavassa julkisivussa, koska kantavien pystypielien tulee olla pääsääntöisesti samassa linjassa eri kerroksissa. Kantavana julkisivuna on joko sandwich- rakenne tai pelkästään sisäkuorena toimiva levyrakenne.

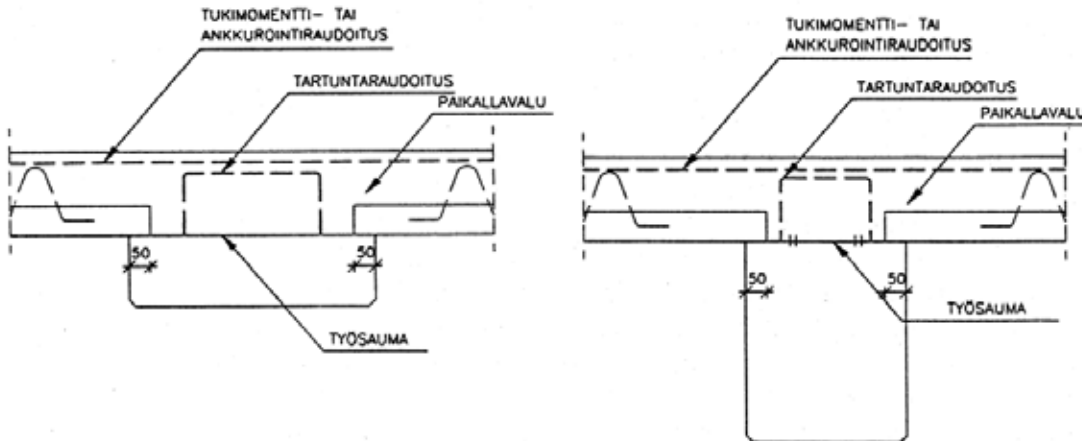
## Vaakarakenteet

/6/

Pilari-palkkirungossa vaakarunko koostuu palkeista ja palkkeihin tukeutuvista laatoista. Palkit voivat olla jännebetonipalkkeja, tavallisia teräsbetonipalkkeja, palosuojattuja teräspalkkeja tai teräs-liittopalkkeja. Betonipalkit ovat suorakaiteen muotoisia tai leukapalkkeja. Rakennuksen keskellä olevilla palkkilinjoilla on hyvä käyttää matalia leukapalkkeja, joissa laatan alapuolelle tulevan leuan korkeus on 100.. 150 mm. Tällöin palkit eivät ole katosta kannatettavien putkivetojen tiellä. Ulkoseinälinjalla on edullista käyttää laatan alapuolisia suorakaidepalkkeja. Palkit mitoitetaan yleensä yksiaukkoisina vapaasti tuettuina palkkeina. Kerrospilarirungoissa palkkien jatkuvuutta voidaan hyödyntää jatkamalla palkki pilarin yli reunakenttään ulokkeeksi tai seuraavaan keskikenttään tekemällä nivel pilarin lähelle. Palkit tuetaan useampikerroksisiin pilareihin joko betonikonsolin tai teräspiilokonsolin avulla. Ylimmän kerroksen palkit voidaan tukea suoraan pilarin päähän. Reunapalkin suunnittelussa on otettava huomioon asennusaikaisen kuormituksen epäkeskisyydestä johtuva vääntö. Laatat ovat yleensä jännitettyjä ontelolaattoja tai kuorilaattoja. Toimisto- ja liikerakennuksissa ontelolaatan paksuus on 265 mm, 320 mm, 400 mm tai 500 mm. Kantavat ulkoseinät-järjestelmässä ontelolaattoja voidaan käyttää n. 17 metrin jänneväliin asti.

Laataston kuormitus ja reiät vaikuttavat laatan jännevälin ja korkeuden valintaan. Pitkillä jänneväleillä pilari- ja palkkimäärät ovat pieniä, mutta laatastossa pitkät jännevälit saattavat vaikeuttaa rakennuksen muunneltavuutta myöhemmin varsinkin kuormituksen kasvaessa.

Kuorilaattoja käytettäessä laatasto voidaan myös mitoittaa toimimaan yhdessä palkkien kanssa liittorakenteena. Tällöin palkin yläosa valetaan paikalla yhdessä kuorilaatan pintavalun kanssa. Kuorilaattavälipohjassa kuorilaatan paksuus on 70 mm tai 90 mm ja pintavalun paksuus vaihtelee 140...200 mm.



Kuva 235. Kuorilaatta ja palkki liittorakenteena. /6/

## Porrashuoneet ja kuilut

/6/

Porrashuoneet ja kuilut ovat betonirakenteisia. Portaat ovat teräsbetonisia porrassyöksyelementtejä. Raskaasti kuormitetut hissit ovat yläkonehissejä ja kevyesti kuormitetut sivukonehissejä. Yläkonehissejä käytettäessä hissikonehuone sijoitetaan katolle.

## Julkisivut

/6/

Pilari- ja palkkirakenteisten toimisto- ja liikerakennusten julkisivuissa käytetään yleensä ei-kantavia sandwich-rakenteita, ruutu- ja nauhaelementtejä. Mikäli elementtien sisäkuorta ei suunnitella kantamaan yläpuolisten elementtien painoa tai elementtejä ei voida tukea päällekkäin perustuksiin asti, esimerkiksi ensimmäisen kerroksen julkisivuaukotuksesta johtuen, suunnitellaan pilarielementteihin erilliset konsolit julkisivuelementtien kannatusta varten. Aukotukseltaan säännöllisissä rakennuksissa voidaan käyttää kantavia julkisivuelementtejä. Toimisto- ja liikerakennusten julkisivuissa on usein suuria yhtenäisiä ikkunarivejä. Ikkunarivien ylä- ja alapuolella käytetään rungosta kannatettavia nauhaelementtejä. Nauhaelementit kannatetaan yleensä pilareista konsoleilla tai erilaisilla teräsosilla. Kun pilariväli on pitkä voidaan julkisivuelementit kannattaa julkisivulinjalla olevasta palkista.

## 5. Teollisuus- ja varastorakennukset

/6/ elementtisuunnittelu.fi

### 5.1 Mittajärjestelmä

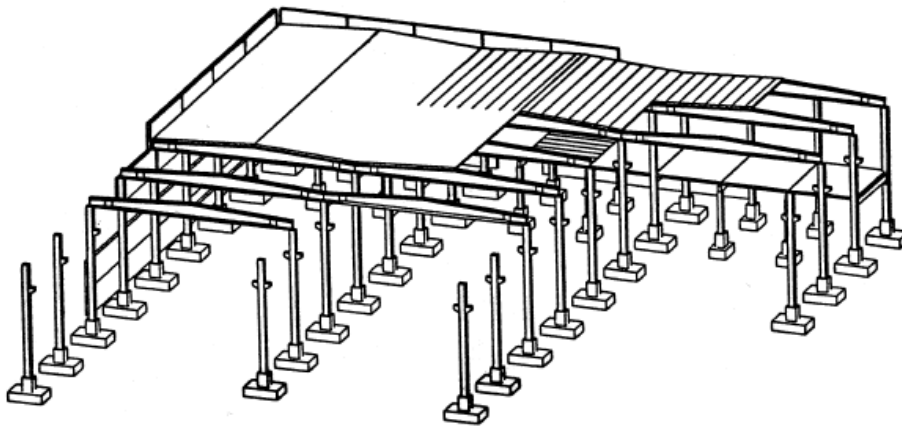
/6/

Rungon moduliverkkona käytetään yleensä pilareihin nähden keskeistä moduuliverkkoa. Suositeltava moduuliverkon perusmitta on 12M tai 6M. Teollisuus- ja varastorakennusten korkeuden valintaan vaikuttavat tilan käyttötarkoitus ja koneiden ja laitteiden tarvitsema tila.

### 5.2 Runkojärjestelmä

/6/

Teollisuus- ja varastorakennuksissa kantava runko on yleensä pilari-palkkirunko. Rakennukset ovat usein yksikerroksisia halleja, joihin saattaa liittyä useampikerroksisia toimisto- ja aputiloja. Pilarilinjojen lukumäärä riippuu hallin koosta ja tarvittavasta vapaasta jännevälistä.



Kuva 12. Teollisuusrakennuksen pilari-palkkirunko, jonka päädyssä on kaksikerroksinen runko-osuus toimisto- ja sosiaalityötiloille.

Kuva 236. Teollisuusrakennuksen pilari-palkkirunko, jonka päädyssä on kaksikerroksinen runko-osuus toimisto- ja sosiaalityötiloille. /6/

Teollisuusrakennuksissa rakennusrunko suunnitellaan tuotantotoiminnan vaatimusten mukaan, jolloin kantavia pystyrakenteita on yleensä vähän ja vaakarakenteiden jännevälit ovat pitkiä. Vaakarakenteiden rakennekorkeudet ovatkin selvästi korkeampia kuin esimerkiksi toimistorakennuksissa. Teollisuusrakennuksia laajennetaan usein tuotannon kasvaessa tai muuttuessa. Elementtiratkaisuissa laajennuksiin ja muutoksiin on helppo varautua. Laajennuksiin varaudutaan etukäteen yleensä siten, että laajennusosan vaakarakenteet voidaan tukea vanhan osan runkoon.

Ulkoseinä rakenne voidaan suunnitella helposti purettavaksi ja siirrettäväksi uuteen paikkaan. Teollisuusrakennuksen rungon suunnittelu tapahtuu tuotantotoiminnan ehdoilla, jolloin rungon jännevälien ja rakenteiden sijaintiin ei voida aina vaikuttaa ja valinta ei ole rakenteiden suhteen optimaalinen. Varasto- ja pienteollisuustiloja suunniteltaessa ei tulevaa toimintaa useinkaan tiedetä etukäteen ja rakennuksen käyttäjät saattavat muuttua ajan kuluessa. Varautuminen muutoksiin toteutetaan yleensä rakenteiden riittävällä kantokyvyllä ja vaakarakenteiden pitkillä jänneväleillä.

Teollisuus- ja tuotantorakennusten runko jäykistetään yleensä pystysuunnassa perustuksiin ulokkeena tukeutuvilla teräsbetonipilareilla. Pilarien sijasta voidaan käyttää myös erilaisia teräksisiä jäykistysristikoita. Rakennuksissa, joissa on betoniseiniä, voidaan käyttää myös seinämastojäykistystä.

Julkisivurakenteet välittävät tuulikuorman pilareille, jotka siirtävät osan kuormista yläpänsä kautta yläpohjalle ja palkeille. Vaakarakenteet siirtävät kuormat edelleen rakennuksen sisäosissa oleville pilareille. Jos kuormia siirretään sivusuunnassa yläpohjalaatalla, laatta on sidottava yhtenäiseksi levyksi. TT- ja HTT-yläpohjissa laatat on tällöin kiinnitettävä toisiinsa hitsauskiinnityksillä.

### **5.3 Rakenteet**

/6/

#### **Perustukset**

Rakennuksen kantava runko perustetaan anturoilla kantavan maapohjan varaan. Julkisivut ovat yleensä ei-kantavia, jolloin niille ei tehdä perustuksia vaan ne tuetaan pilareihin tai pilarianturoihin. Perustusten koko ja tyyppi määräytyvät kuormituksen ja maapohjan kantavuuden mukaan. Hallien perustukset voidaan tehdä myös elementtirakenteisina. Joissain perustuselementtityypeissä elementti toimii anturavalun muottina, johon on asennettu tehtaalla tarvittava rauditus. Anturavaluun asennetaan pilarien peruspultit tai anturaholkit. Muottielementtejä voidaan käyttää maanvaraisten ja myös paaluperustusten yhteydessä.

#### **Pystyrakenteet**

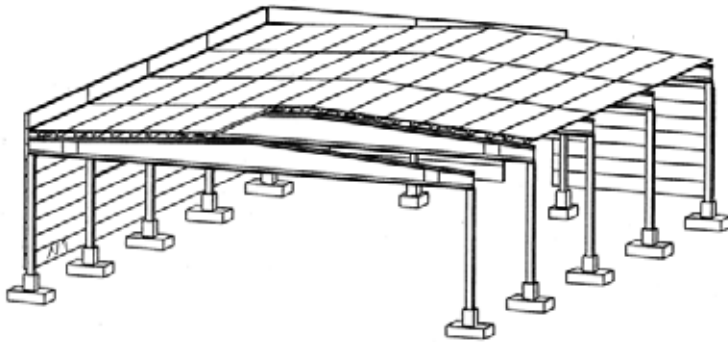
/6/

Rakennuksen kantava pystyrakenne on yleensä pilarirunko. Pilarit ovat poikkileikkaukseltaan neliön tai suorakaiteen muotoisia. Pilarikoko valitaan eniten kuormitettujen pilarien mukaan. Pilarit toimivat usein myös jäykistävänä rakenteena, jolloin niihin kohdistuu myös tuulesta ja nostureista aiheutuvia vaakakuormia. Vaakarakenteiden pitkän jännevälän takia pilariverkko on harva ja ulkoseinälinjoilla tarvitaan usein lisäpilareita julkisivuelementtien tuentaan. Yläpohjapalkit tuetaan pilarien päähän. Pilarien mittoja valittaessa on huomioitava myös palkkien tukipintojen riittävyys. Välitason kuormitus on yleensä suurempi kuin yläpohjan kuormitus ja palkkikorkeus on yläpohjaan verrattuna rajoitettu. Välitason kannatusta varten tarvitaan usein lisäpilareita. Välitason palkit tuetaan lisäpilarien päihin sekä yläpohjaa tukeviin pilareihin konsolien avulla. Konsolit voivat olla näkyviä betonikonsoleita tai betonivaluun sijoitettavia piilokonsoleita. Nosturiradat tuetaan betonikonsolien varaan.

#### **Vaakarakenteet**

/6/

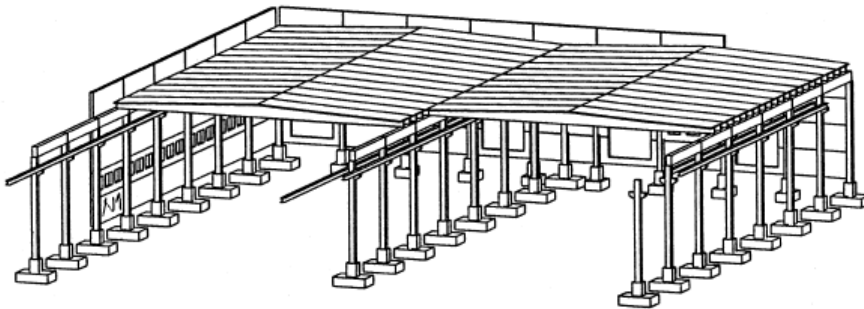
Rakennuksen vaakarunko koostuu palkeista ja palkkeihin tukeutuvista laatoista. Palkit ovat jännitettyjä tai tavanomaisia teräsbetonipalkkeja. Pitkillä jänneväleillä käytetään jännebetonisia I-palkkeja sekä vesikatoissa HI-palkkeja.



Kuva 13. Yksikerroksinen halli, jonka pääkannattajat ovat HI-palkkeja.

Kuva 237. Yksikerroksinen halli, jonka pääkannattajat ovat HI-palkkeja. /6/

Palkit mitoitetaan yksiaukkoisina vapaasti tuettuina palkkeina. Poikkileikkauksen koko valitaan eniten rasitettujen palkkien mukaan. Palkkien mitoituksessa on huomioitava erityisesti raudoituksen ankkuroinnin vaatima tilantarve. Väli- ja yläpohjalaatat ovat jännitetyjä ontelo- tai TT-laattoja. Ontelolaatasto voidaan myös mitoittaa toimimaan yhdessä palkkien kanssa liittorakenteena. TT-laattoja käytetään kun jännevälit ovat pitkiä, yläpohjan painoa halutaan pienentää tai kuormat ovat erityisen suuria. Vesikaton kallistukset saadaan tehtyä myös suoraan kantavalla rakenteella käyttämällä yläpohjissa HTT-laattaa. TT-laatan pistekuorman kestävyyttä välitasoissa parannetaan raudoitettulla paikallavaletulla pintalaatalla.

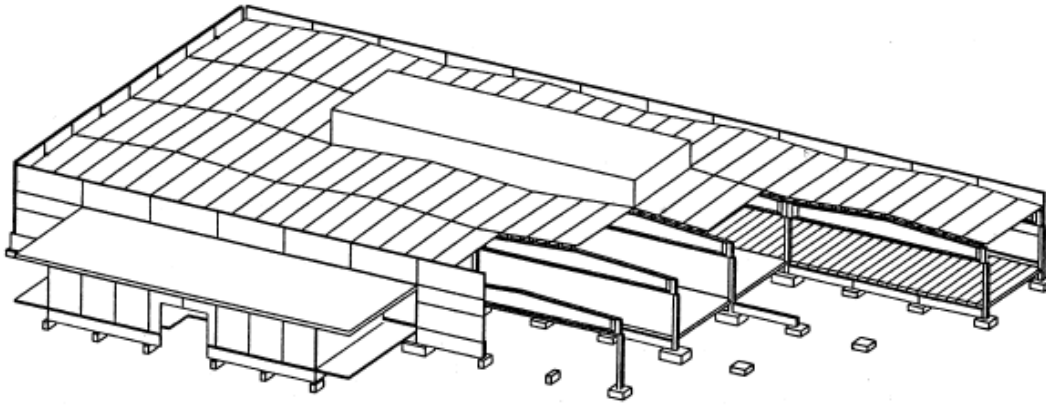


Kuva 14. Hallin yläpohja rakenne on ratkaistu HTT-laatoilla. Nosturirata on hallin kaikissa laivoissa.

Kuva 238. Hallin yläpohja rakenne on ratkaistu HTT-laatoilla. Nosturirata on hallin kaikissa laivoissa. /6/

Teollisuusrakennusten alapohjien kuormat ovat usein suuria. Lattialle asetetut vaatimukset riippuvat tilojen käytöstä, esimerkiksi korkeavarastoissa lattian tasaisuusvaatimus on suuri. Rakenteen taipumaominaisuudet vaikuttavat jännevälin ja rakennekorkeuden valintaan. Kantavissa alapohjarakenteissa käytetään suorakaiteenmuotoisia palkkeja ja ontelo- tai TT-laattoja. Kantavan alapohjan palkkijako ja palkkien pituus on suuremman kuormituksen takia tyypillisesti erilainen kuin yläpohjarakenteissa.





*Kuva 15. Hallin yläpohja on toteutettu HI - jännebetonipalkein ja TT - laatoin. Kantava alapohja on tehty ontelolaatoista. Huomaa alapohjan palkkien lyhyt jännemitta johtuen alapohjan suuremmasta kuormituksesta verrattuna yläpohjaan.*

Kuva 239. Hallin yläpohja on toteutettu HI - jännebetonipalkein ja TT - laatoin. /6/

Kantava alapohja on tehty ontelolaatoista. Huomaa alapohjan palkkien lyhyt jännemitta johtuen alapohjan suuremmasta kuormituksesta verrattuna yläpohjaan.

### **Julkisivut**

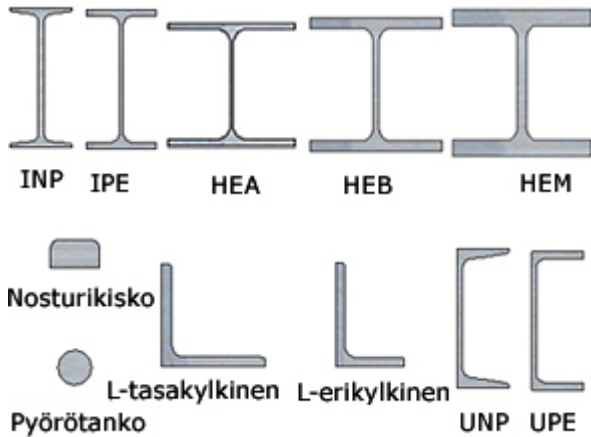
/6/

Julkisivut ovat usein kapeita nauhamaisia elementtejä, jotka tuetaan päällekkäin ja sivusidonta tehdään pilareihin. Nauhat voidaan asentaa myös pystysuuntaisesti, jolloin alapää tukeutuu perustuksiin ja yläpää tuetaan vaakasuunnassa yläpohjarakenteisiin. Elementit ovat yleensä teräsbetonisia sandwich-elementtejä. Julkisivuna voidaan käyttää myös erilaisia jännitettyjä elementtejä. Kylmissä rakennuksissa voidaan käyttää eristämättömiä kuorielementtejä.

## 6. Teräsrakenteet

/1/

### Rakenneteräkset



Kuva 240. Kuumavalssattuja normaalipoikkileikkauksia /1/

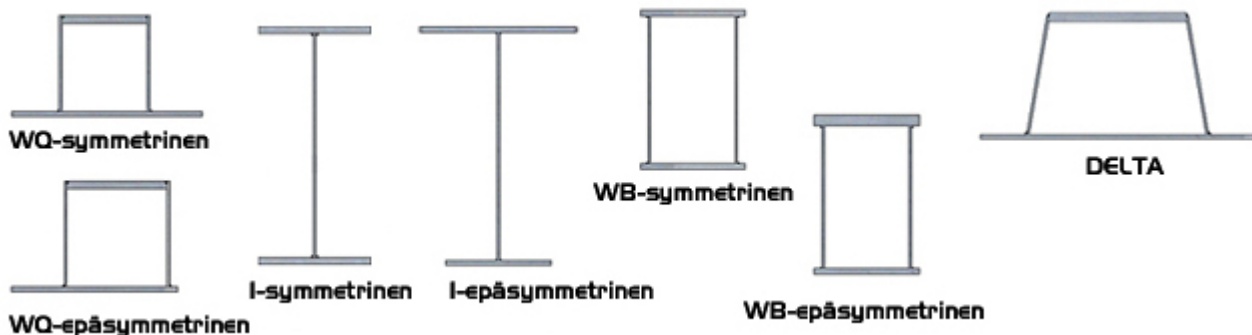
Kuumavalssatut standardoidut normaali poikkileikkaukset ovat levyjen ohella yleisimmin tunnetut teräksen käyttömuodot sekä kantavissa rakenteissa että monissa muissa teräksen käyttökohteissa. Poikkileikkausmuodon perusteella voidaan puhua tankomaisista tuotteista, palkkimaisista tuotteista ja putkipalkeiksi. Ensin mainittuun ryhmään kuuluvat pyöreät, neliömäiset ja suorakaiteen muotoiset tangot, tasakylkiset ja erikylkiset kulmaterästangot sekä T- ja Z-tangot. Ulkomittojen ja ainepaksuuksien valikoimaa on nykyään pyritty aikaisempaan verrattuna voimakkaasti vähentämään, joten kaikkia eri luetteloissa, varsinkin vanhemmissa, esiintyviä kokoja ei suinkaan valmisteta. Saatavuus onkin aina syytä tarkistaa. Palkkien ryhmään kuuluvat erilaisten I-palkkien lisäksi U:n muotoiset palkit. Tavallisimmat ja helposti saatavat I-palkit ovat leveälaippaisia Euronormien mukaisia HE-A-, HE-B- ja H-M-profiileita.. HE-sarjassa kevein on HE-A sitten HE-, -B ja raskain HE-M. Vastaavasti taivutusvastus ja pintahitausmomentti on pienin HE-A:lla ja suurin HE-M:llä. Nimelliskoon merkinnän samankaltaisuudesta huolimatta esimerkiksi korkeudessa ja laipan leveydessä on sallittujen toleranssien lisäksi pientä eroa, esimerkkinä HE 400 A, HE 400 B ja HE 400 M, joiden korkeus/laipan leveys on vastaavasti 390/300, 400/300 ja 432/307. Näiden tavallisimpien kuumavalssattujen tankojen lisäksi on olemassa lukuisia erikoispoikkileikkauksia, joista mainittakoon esimerkiksi ponttiseiniin tukemiseen käytettävät teräsponttilankut, erilaiset suojakaiteissa käytettävät teräkset, hitsattujen palkkien valmistamiseen käytetyt nokkaprofiilit ja rataakisko. Materiaalina voidaan tavallisten rakenneterästen lisäksi käyttää myös erikoisteräksiä ja poikkileikkauksien tarkat mitat toleransseineen löytyvät voimassaolevista standardeista ja tuoteluetteloista.

## Putket ja putkipalkit

Nykyaikaisissa teräsrakenteissa putkipalkkien yksinkertainen muoto ja erinomaiset lujuusominaisuudet tekevät putkipalkkirakenteista keveitä ja edullisia. Tavanomaisissa ristikkorakenteissa ja pilareissa niiden etuna muihin muototeräksiin verrattuna on suuri vääntöjäykkyys ja hyvä taivutusjäykkyys kaikkiin suuntiin. Rakenteiden painoa, lujuutta ja jäykkyyttä voidaan optimoida seinämän paksuutta muuttamalla ilman ulkomittojen tai rakenteen geometrian muutoksia.

Putkipalkkeja on valmistustavasta johtuen kahta tyyppiä, nimittäin saumattomia ja hitsaamalla valmistettuja. Saumattomat valmistetaan tekemällä sopivaan lämpötilaan kuumennettuun aihioon reikä esimerkiksi valssaamalla tai poraamalla sekä sen jälkeen lopullinen muoto erilaisilla kuumanavetomenetelmillä ja kylmämuokkaamalla sekä tarvittaessa lämpökäsittelmällä. Hitsatut putkipalkit valmistetaan sopivan levyisistä ja paksuisista levynauhasta koverien valssien avulla pyöreäksi putkeksi, jonka sauma kuumennetaan ja hitsataan erilaisia automaattihitsausmenetelmiä ja suojakaasuja käyttäen. Neliö- ja suorakaideputket valmistetaan pyöreästä putkesta edelleen muovaamalla. Nauhasta valmistettavien putkien pituuden määrää lähinnä kuljetus ja varastointi. Hyvin suuret putket valmistetaan kierresaumaamalla, koska levyjen leveys rajoittaa pituussaumaamalla valmistettavia putkia. Materiaalina putkipalkeissa käytetään normaaleja rakenneteräslaatuja sekä myös erilaisia säänkestäviä teräksiä. Kokovalikoima on sangen runsas. Suurimmat ns. Jumbo RHS-palkit ovat ulkomitoiltaan 800 x 800 mm<sup>2</sup>.

## Hitsatut teräspalkit



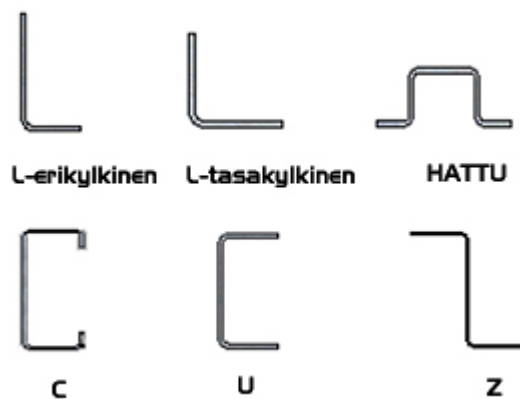
Kuva 241 Tavallisimmin käytettyjä hitsattuja profiilimuotoja /1/

Hitsaustekniikan kehittyminen nykyiselle tasolle on tehnyt mahdolliseksi valmistaa kilpailukykyisiä hitsattuja profiileja kuumavalsattujen rinnalle. Eittämätön etu valssattuihin profiileihin verrattuna on mahdollisuus muotoilla poikkileikkaus vapaammin sekä muuttaa palkin korkeutta pituussuunnassa (esim. harjapalkit). Huomattavaa materiaalin säästöä voidaan saavuttaa optimoimalla esimerkiksi I-palkin uuma ja laipat siten, että haluttu kantokyky saavutetaan mahdollisimman pienellä ainemenekillä. Ainoan rajoituksen tässä suhteessa asettaa vain uuman lommahdusriski.

Välipohjapalkkeina hitsatut kotelopalkit ovat osoittautuneet valssattuja palkkeja kilpailukykyisemmiksi, sillä ne soveltuvat myös ontelolaattojen kanssa käytettäväksi eivätkä vaadi niin paljon palosuojasta kuin avoprofiilit. Esimerkkeinä hitsatuista välipohjapalkeista mainittakoon WQ-palkki ja Deltapalkki.

## Kylmämuovattut profiilit

Kylmämuovattujen profiilien eräänä olennaisena etuna on niiden keveys sekä valmistusmenetelmästä johtuva mahdollisuus monimuotoisten erikoisprofiilien käyttöön. Lisäksi voidaan konepajatyötä vähentää, koska erilaiset rei'itykset ja loveamiset sekä katkaisu määrämittäiseksi voidaan tehdä jo valmistuksen yhteydessä. Profiilit on mahdollista saada myös sinkittyinä tai muovipinnoitettuina. Käytön kannalta huonona puolena on mainittava ohuesta materiaalista tehdyn avoimen profiilin pieni vääntöjäykkyys, jonka takia suunnittelu ja mitoitus on suuritöisempää. Myös kilohinta on jonkin verran suurempi. Valmistustavasta johtuen profiilit ovat ns. avoimia profiileja, joten mm. kaksoissymmetriset profiilit (esim. I-palkit) ja suljetut profiilit on tehtävä yhdistämällä avoprofiileja toisiinsa joko mekaanisia liittimiä tai hitsausta käyttäen.



Kuva 242 Kylmämuovattuja profiileja /1/

Jos lujuudelle ei ole asetettu erityisvaatimuksia, voidaan rakenneaineena käyttää yleisiä rakenneteräksiä S235, S275 tai S355. Lisäksi on kehitetty kylmämuovattavien ja hitsattavien profiilien valmistamiseen suuremman lujuuden omaavia erikoisteräksiä, jolloin profiilissa voidaan käyttää pienempiä pyöristyssäteitä (esim. RAEX HS- ja RAEX HSF-teräkset).

Kylmämuovattujen profiilituotteet jaetaan kahteen pääryhmään:

- vakio- eli varastoprofiilit
- asiakasprofiilit.

Vakioprofiilit ovat standardituotteita, jotka varastoidaan jälleenmyyjillä tai tehtaan varastossa.

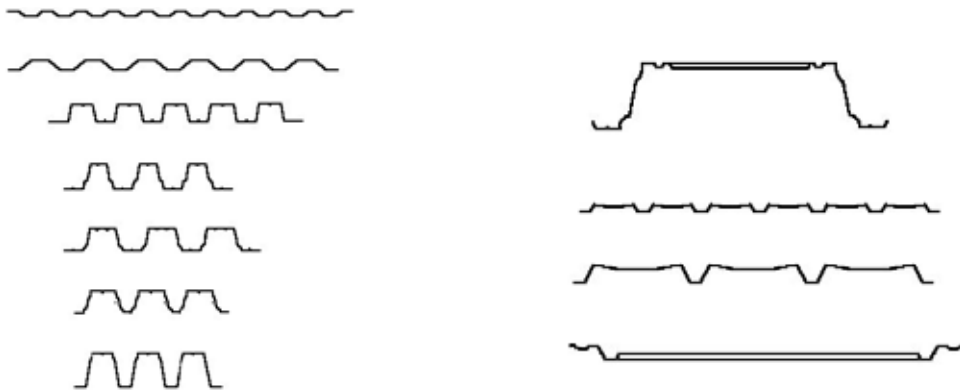
Vakioprofiilin valinnalla varmistetaan tuotteen nopea saatavuus. Asiakasprofiilit taas ovat tuotteita, jotka valmistetaan asiakkaan tilauksesta tehdastoimituksina. Tällöin on useimmiten mahdollisuus optimivaihtoehdon käyttöön, mutta toimitusaika on luonnollisesti pidempi. Profiilien valmistus tapahtuu joko särmäyskoneella särmäämällä tai puristimella, jolloin profiilin pituus on rajoitettu. Sen sijaan rullamuovaamalla valmistettaessa pituudelle ei ole muita rajoituksia kuin käsittely ja kuljetus.

Lähtömateriaalina on tällöin rullalla oleva kuumavalssattu tai kylmävalssattu sopivan levyinen teräsnauha, joka kulkee usean profiiloidun valssin läpi, saaden vähitellen halutun muodon.

Kotimaassa pystytään nykyään valmistamaan profiileja, joiden leveys on 5...700 mm ja korkeus 5...250 (300) mm sekä pituus suurimmillaan n.24 m.

## Ohutlevyt

Koska kuumavalssauksessa levyn minimipaksuus rajoittuu n. 3 millimetrin tienoille, tapahtuu ohuempien levyjen eli ohutlevyjen ('peltien') valmistus kylmävalssauksen avulla ja lähtömateriaalina on rullalla oleva sopivan levyinen ja paksuinen kuumavalssattu nauha. Ennen valssauksen alkua poistetaan pinnalta epäpuhtaudet ja valssaushilse peittaamalla laimennetussa hapossa. Kylmävalssaus suoritetaan jonovalssaimessa, jossa on peräkkäin useita valsseja. Kylmämuokkauksessa mm. teräksen lujittumista, joten muokattavuuden säilyttämiseksi on tarvittaessa suoritettava hehkutuskäsittely ja lopuksi usein vielä viimeistelyvalssaus.

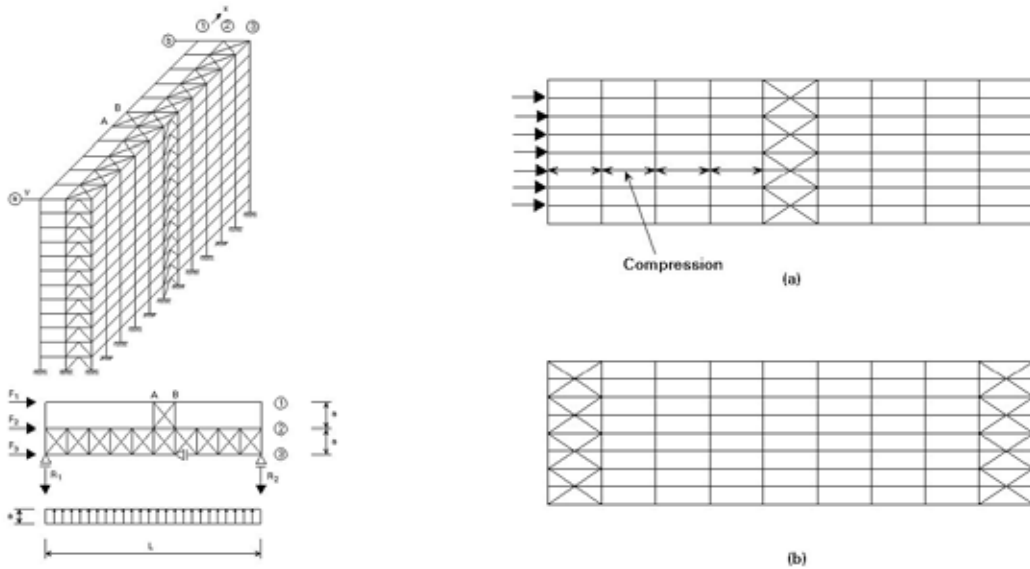


Kuva 243 Tavallisimpia poimulevytyyppejä /17/

Jälkikäsittelynä voidaan ohutlevy vielä pinnoittaa. Kuumasinkitys tapahtuu vetämällä nauhaa sulaa sinkkiä sisältävän altaan läpi. Sulaan sinkki pintaan voidaan haluttaessa puhaltaa kiteytymisytimiä, jolloin saadaan pinnalle tuttu kiteytymiskuvio. Valkohomeen syntymisen estämiseksi sinkitty nauha kromatoidaan. Kuumasinkityksen ohella käytetään myös sähkösinkitystä. Muoviteollisuuden kehityksen myötä ovat muovipinnoitteiset levyt saaneet erittäin laajan käytön. Muovimaali levitetään levyn pinnalle telamaalauksella tai levy pinnoitetaan valmiilla muovikalvolla, jonka jälkeen levy käsitellään sopivalla lämpökäsittelyllä. Tällöin maali kovettuu tai muovikalvo vastaavasti kiinnittyy levyn pintaan. Valmis tuote toimitetaan joko rullana tai sopiviksi leikattuina levyinä asiakkaille sellaisenaan käytettäväksi, edelleen kylmämuokattavaksi erilaisiksi profiileiksi tai poimulevyiksi katto- ja seinäverhouksiin. Suurimpia vaarnoitettuja erikoispoimulevyjä on myös käytetty liittorakenteina betonivälipohjissa.

## Teräsrungot

Rakennuksen teräsrungon on säilytettävä stabiiliutensa eli vakavuutensa koko rakennuksen käyttöajan tavanomaisten kuormitusten vaikuttaessa siihen. Rungon vakavuuden eli tasapainotilan varmistaminen edellyttää yleensä, ettei koko runkosysteemi tai sen rakenneosat nurjahda, kiepahda tai lommahda eikä rakenne siirry tai kierry jäykkänä kappaleena. Runkosysteemin rakenneosat on mitoittettava siis riittävän jäykiksi ja koko runkosysteemi tai sen rakenneosat on tarvittaessa jäykistettävä tarkoituksenmukaisesti.



Kuva 244 Teräsrungon jäykistys /17/

Alustavan mitoituksen eli esimitoituksen tarkoituksena on valita kunkin kohteen eri rakennevaihtoehdoista toteuttamiskelpoisimmat lopullista systeeminvalintaa varten. Yleisesti ottaen tulisi eri vaihtoehtoja tarkastella yhtäläisellä tarkkuudella. Tunnetusti staattisesti määräämättömien systeemien käsittely edellyttää, että systeemien osien mitat tunnetaan tai ainakin osien poikkileikkaussuureiden suhteet ovat tiedossa.

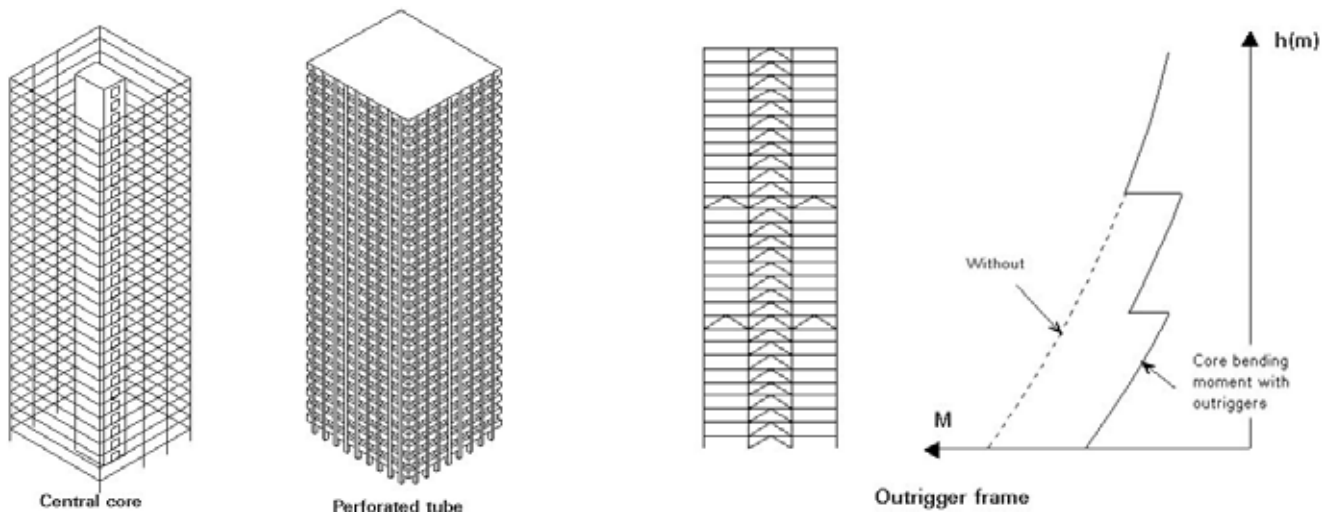
### Teräsrungon jäykistämistavat

Teräsrungon jäykistämisehdot voidaan pelkistää kolmeen perusrakenteeseen:

- leikkausvoimia ottava levy
  - jäykkä nurkka vaaka- ja pystyrakenteiden välillä - ristikon muodostavat diagonaalijäykisteet.
- Näistä perusrakenteista voidaan johtaa jäykistysjärjestelmä, jonka osina nämä elementit toimivat.

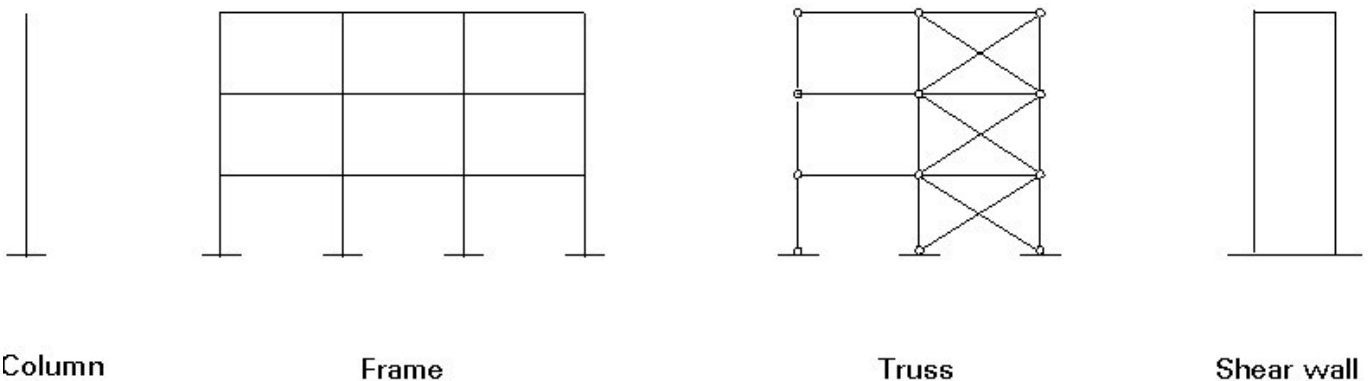
Teräsrungon jäykistämistavat ovat siis

- jäykistys taivutetuilla rakenteilla eli kehäjäykistys - jäykistys ristikko rakenteilla
- jäykistys levyrakenteilla
- jäykistys yhdistelmä rakenteilla.



Kuva 245 Korkeiden teräsrunkojen jäykistäminen /17/

### Kehäjäykistys

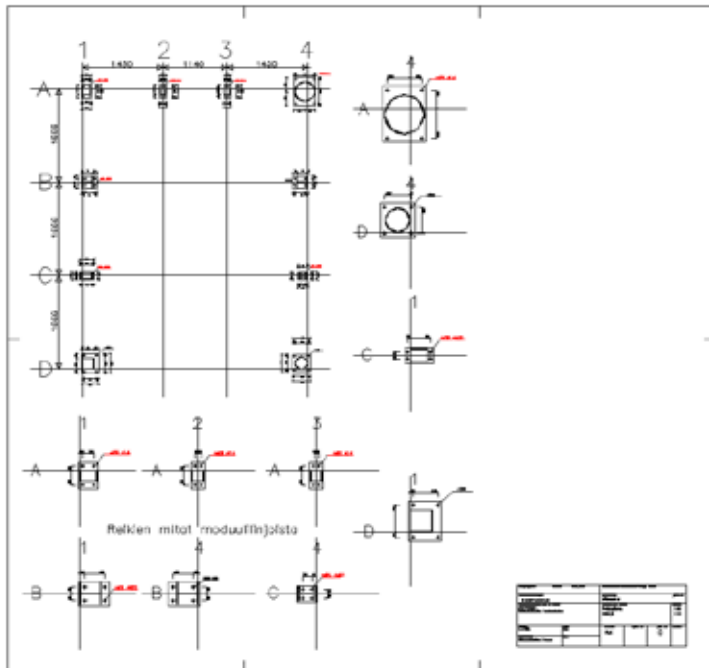


Kuva 247 Monikerroksisen rakennuksen jäykistysvaihtoehtoja

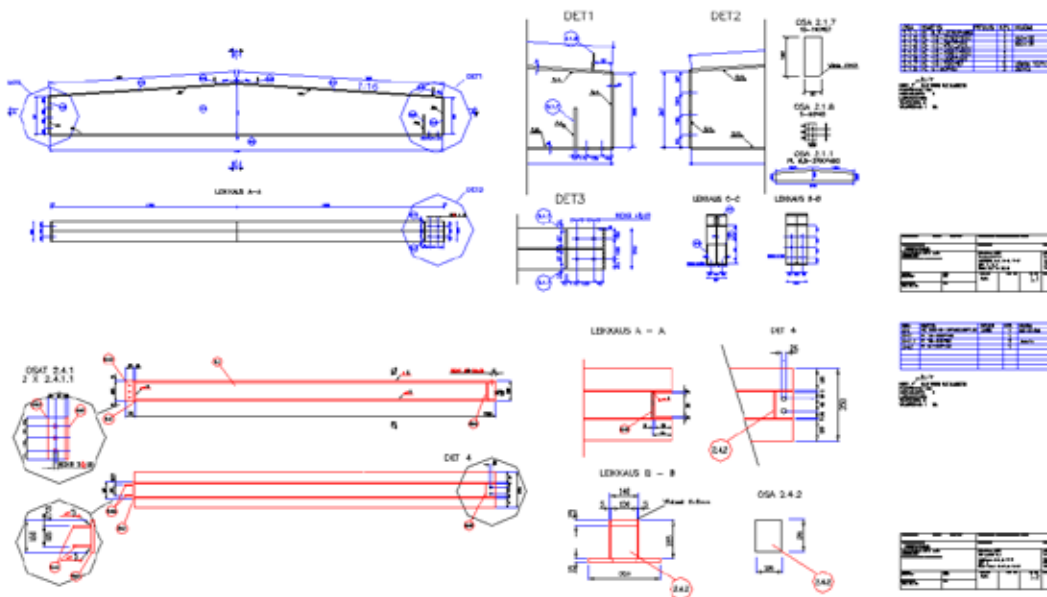
Tekemällä pilareiden ja palkkien väliset liitokset jäykiksi, voidaan koko rungon jäykistys hoitaa kunkin pilarilinjan muodostamalla kehillä. Matalissa rakennuksissa, joissa pilarit ovat suhteellisen hoikkia, ovat kehien kimmoiset siirtymät suuria. Korkeissa rakennuksissa pystykuormat jo luonnostaan kasvattavat pilareiden kokoa ja jäykkyyttä, jolloin on mahdollista kehäjäykistyksellä saada aikaan riittävän jäykkä rakenne. Hyvinä puolina voidaan pitää vapautumista tiettyihin kohtiin sijoitetuista jäykistys-elementeistä, jotka tavallisesti haittaavat rakennusten käyttöä tai muuntojoustavuutta. Joskus kehäjäykistystä sovelletaan vain tietyllä osaa rakennusta.

## Teräsrakennuksen suunnitelmia /8/

Seuraavassa esimerkkejä teräsrakenteiden suunnitelmista.



Kuva 248 Teräsrungon tasopiirustus /1/



Kuva 249 Teräsrungon kokoonpanopiirustuksia /1/



## 7. Puurakentaminen yleistä

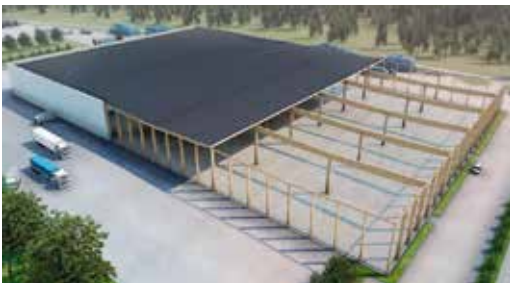
/2/

Puurakenteet suunnitellaan SFS EN 1995-1 ja 2 mukaan. EN 1995 koskee rakennusten sekä maa- ja vesirakennuskohteiden suunnittelua käytettäessä puuta, sahatavaraa sahattuna, höylättyä tai pyöreänä puutavarana, liimapuuta tai puisia rakennetuotteita, kuten LVL:ää tai puulevyjä, jotka on koostettu liimaamalla tai mekaanisin liittimin. Standardissa noudatetaan rakenteiden varmuutta ja käyttökelpoisuutta koskevia periaatteita ja vaatimuksia sekä suunnittelua ja vaatimustenmukaisuuden osoittamista koskevia perusteita, jotka on esitetty standardissa EN 1990:2002.

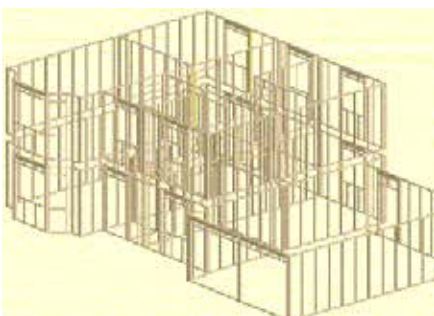
EN 1995 koskee vain puurakenteiden mekaanista kestävyyttä, käyttökelpoisuutta, säilyvyyttä ja palonkestävyyttä koskevia vaatimuksia. Muita vaatimuksia, kuten lämmön- tai ääneneristävyyttä koskevia, ei tarkastella. Tyypillisiä puurakentamisen kohteita ovat puurunkoiset pientalot, puukerrostalot sekä tuotanto- ja liikerakennukset.



Kuva 250 Puukerrostalojärjestelmiä /10/ /11/



Kuva 251 Puuhallijärjestelmiä /10/ /12/



Kuva 252 Puurunkoisia pientaloja /1/



## 7.1 Liimapuukurakenteet

/15/

Lamellit sormijatketaan antaen rajattoman pituuden ja liimataan toisiinsa halutun poikkileikkauksen aikaansaamiseksi. Liimapuulla on paremmat lujuus- ja jäykkyysominaisuudet kuin samankokoisella sahatavarakappaleella. Suhteessa omaan painoonsa liimapuulla on terästä vahvempaa. Tämä tarkoittaa sitä, että liimapuulla on mahdollista päästä pitkiin jänneväleihin ilman välitukia. Saksalainen patentti vuodelta 1906 (Hetzer Binder) oli varsinainen modernin liimapuuvälikonstruktion käynnistysajankohta. Ruotsin ensimmäisiä liimapuukonstruktioita ovat rautatieasemien odotushallit Tukholmassa, Göteborgissa ja Malmössä 1920-luvulla. Suomen ensimmäiset liimapuukurakenteet olivat sotakorvaustoimituksiin kuuluvien puulaivojen runkorakenteita.

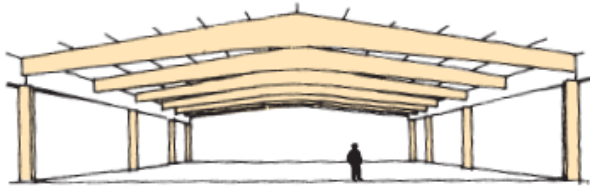
Liimapuukurakenteiden staattisissa systeemeissä on paljon vaihtelumahdollisuuksia. Hallirakennusten liimapuurunkot voivat vaihdella yksinkertaisista pilari-palkkijestelmistä kehä- ja kuorirakenteisiin, joissa on eri tavoin hyödynnetty liimapuutekniikan mahdollisuuksia.



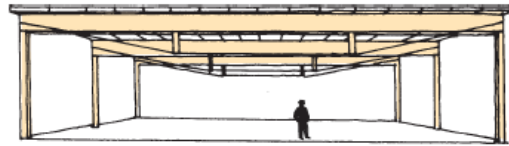
Kuva 253 Liimapuuhalli /2/

Hallirakennus toteutetaan kustannustehokkaasti käyttämällä liimapuurunkoa ja esim ripa -kattoelementtiä. Ne ovat tehdasvalmisteisia tuoteosia, joita käyttämällä rakennus saadaan nopeasti säältä suojaan. Rakenteellisesti liimattu kattoelementti, joka toimitetaan työmaalle vesikate, lämmöneriste ja alapuolen verhoukset valmiiksi asennettuna, soveltuu 60 minuutin palonkeston ansiosta erityisen hyvin liikeyritysten ja logistiikkarakentamiseen.

## Liimapuurunkoisia rakennejärjestelmiä

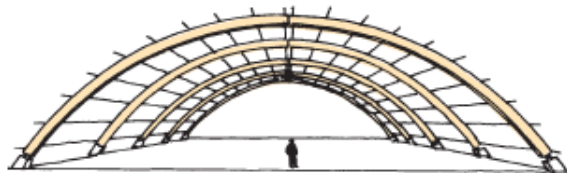


Bumerangipalkki

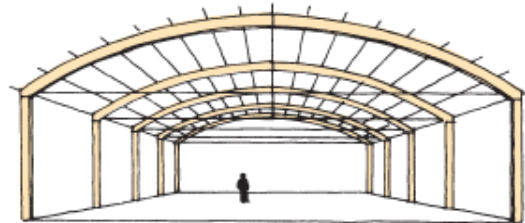


Jäykistetty palkki

Kuva 254 Liimapuuhallirunkovaihtoehtoja /15/

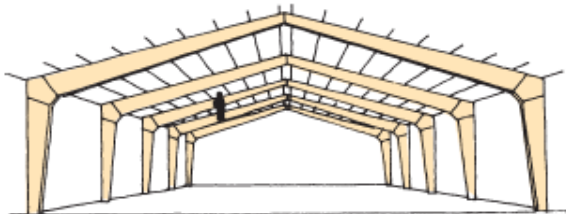


Kolminivelkaaret

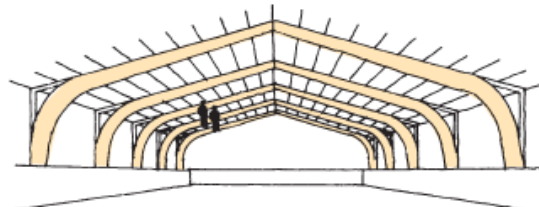


Vetotangolliset kaaret

Kuva 255 Liimapuuhallirunkovaihtoehtoja /15/



Kehät, joissa on somijatketut kehänurkat


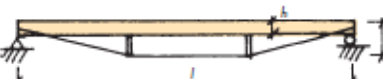


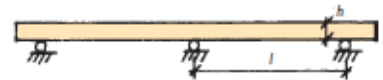
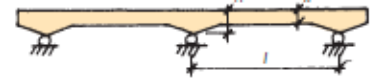

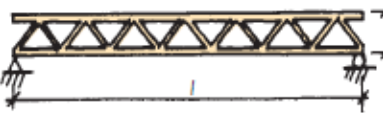
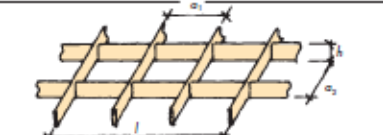


Kaarevat kehänurkat


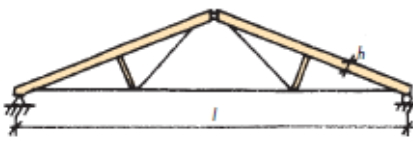
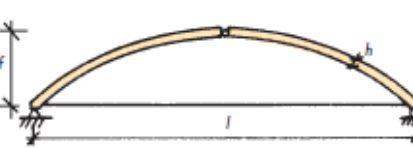
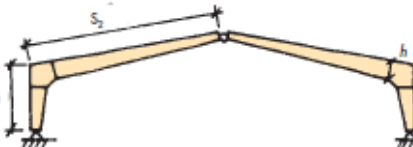
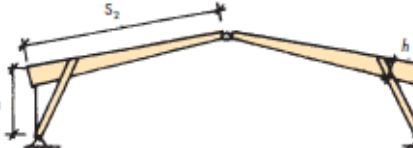

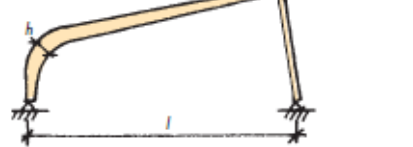
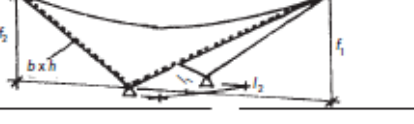
Kuva 256 Liimapuuhallirunkovaihtoehtoja /15/

Taulukko 2.1

Liimapuorakennejärjestelmä. Suositellut kattokaltevuudet ja jännevälit. Likimääräinen poikkileikkauksen korkeus tavanomaisella kuormituksella.

Systeemi	Kuvaus	Sopiva katto- kaltevuus	Sopiva jänneväli (m)	Poikkileikkauksen- korkeus
	Suora kaksitukinen palkki	$\geq 3^\circ$	< 30	$h \sim \frac{l}{17}$
	Suora alapuolelta jäykistetty kaksitukinen palkki	3-30°	< 50	$h \sim \frac{l}{40}$ $H \sim \frac{l}{12}$
	Kaksitukinen harjapalkki (pulpettipalkki)	3-10°	10-30	$h \sim \frac{l}{30}$ $H \sim \frac{l}{16}$
	Kaksitukinen bumerangipalkki	3-15°	10-20	$h \sim \frac{l}{30}$ $H \sim \frac{l}{16}$
	Suora jatkuva palkki	$\geq 3^\circ$	< 25	$h \sim \frac{l}{20}$
	Suora viisteellinen jatkuva palkki	$\geq 3^\circ$	< 25	$h \sim \frac{l}{24}$ $H \sim \frac{l}{16}$
	Kaksitukinen ulokepalkki	< 10°	< 15	$h \sim \frac{l}{10}$
	Suora kaksitukinen ristikkopalkki	$\geq 3^\circ$	30-85	$h \sim \frac{l}{10}$
	Kohtisuora palkkiarina	$\geq 3^\circ$	12-25	$h \sim \frac{l}{20}$ ( $a = 2,4 - 7,2$ m)

Kuva 258 Liimapuorakennejärjestelmiä /15/

Systeemi	Kuvaus	Sopiva kattokaltevuus	Sopiva jänneväli (m)	Poikkileikkauskorkeus
	Kolminivelkattotuoli vetotangolla tai ilman	$\geq 14^\circ$	15 - 50	$h \sim \frac{l}{30}$
	Vetotangollinen kolminivelkattotuoli alapuolisin jäykistein	$\geq 14^\circ$	20 - 100	$h \sim \frac{l}{40}$
	Kolminivel- (kaksinivel-) kaari vetotangolla tai ilman	$\frac{f}{l} \geq 0,14$	20 - 100	$h \sim \frac{l}{50}$
	Kolminivelkehä sormijatketulla kehänurkalla	$\geq 14^\circ$	15 - 25	$h \sim \frac{s_1+s_2}{13}$
	Kolminivelkehä yhdistetyllä kehänurkalla	$\geq 14^\circ$	10 - 35	$h \sim \frac{s_1+s_2}{15}$
	Kolminivelkehä kaarevalla kehänurkalla	$\geq 14^\circ$	15 - 50	$h \sim \frac{s_1+s_2}{15}$
	Puolikehä nivelpilarilla	$\geq 20^\circ$	10 - 25	$h \sim \frac{l}{25}$
	Hyperboloidinen paraboloidikuori (HP-kuori)	$\frac{f_1+f_2}{l_1+l_2} \geq 0,2$	$l_1 \sim l_2$ 15 - 60	$h \sim b \sim \frac{l}{70}$ (reunapalkit)

Kuva 259 Liimapuurakennejärjestelmiä /15/

Kuormitus [kN/m]	Leveys [m]	Palkki BxH1xH2	Päätypalkki BxH	Pääpilarit BxH, M	Nurkkapilarit BxH, M	Tuulipilarit BxH, M
19	16	165	140	165	165	140
		675	225	450	315	225
		1175		24	30	20
19	20	165	140	165	165	140
		855	270	450	315	225
		1480		24	30	24
19	24	190	140	190	165	140
		945	315	450	315	225
		1695		24	30	24
19	28	215	165	215	165	140
		1035	315	450	360	270
		1910		30	30	24
23	16	165	140	165	165	140
		810	225	495	360	225
		1310		30	30	20
23	20	190	140	190	165	140
		945	270	450	315	225
		1570		30	30	24
23	24	190	140	190	165	140
		1125	315	495	360	270
		1875		30	30	24
23	28	215	165	215	165	140
		1215	360	495	360	270
		2090		30	30	24
28	16	165	140	165	165	140
		900	225	495	405	225
		1400		30	30	20
28	20	190	140	190	165	140
		1035	270	495	405	225
		1660		30	30	24
28	24	215	140	215	165	140
		1170	315	495	405	270
		1920		30	30	24
28	28	240	165	240	165	140
		1305	360	495	405	270
		2180		30	30	24
33	16	190	140	190	165	140
		900	225	540	405	225
		1400		30	30	20
33	20	190	140	190	165	140
		1170	315	540	450	225
		1795		30	30	24
33	24	215	165	215	165	140
		1305	315	540	450	270
		2055		30	30	24
33	28	265	165	265	165	140
		1395	405	495	450	270
		2270		30	30	24

Mitoitustaulukko 9.1 Pääkannattajana lp-harjapalkki. Kuormitus 19/23/28/33 kN/m (=p<sub>z</sub>); hallin leveys 16/20/24/28 m; taulukossa tulosteena pääkannattajan leveys (B), päätykorkeus (H1), keskikorkeus (H2); päätypalkin mitat (B, H); pää-, nurkka- ja tuulipilarin mitat (B, H) ja peruspultin koko (M). Samoilla äärimitoilla voidaan arvioida kertopuurlinjan tilantarvetta.

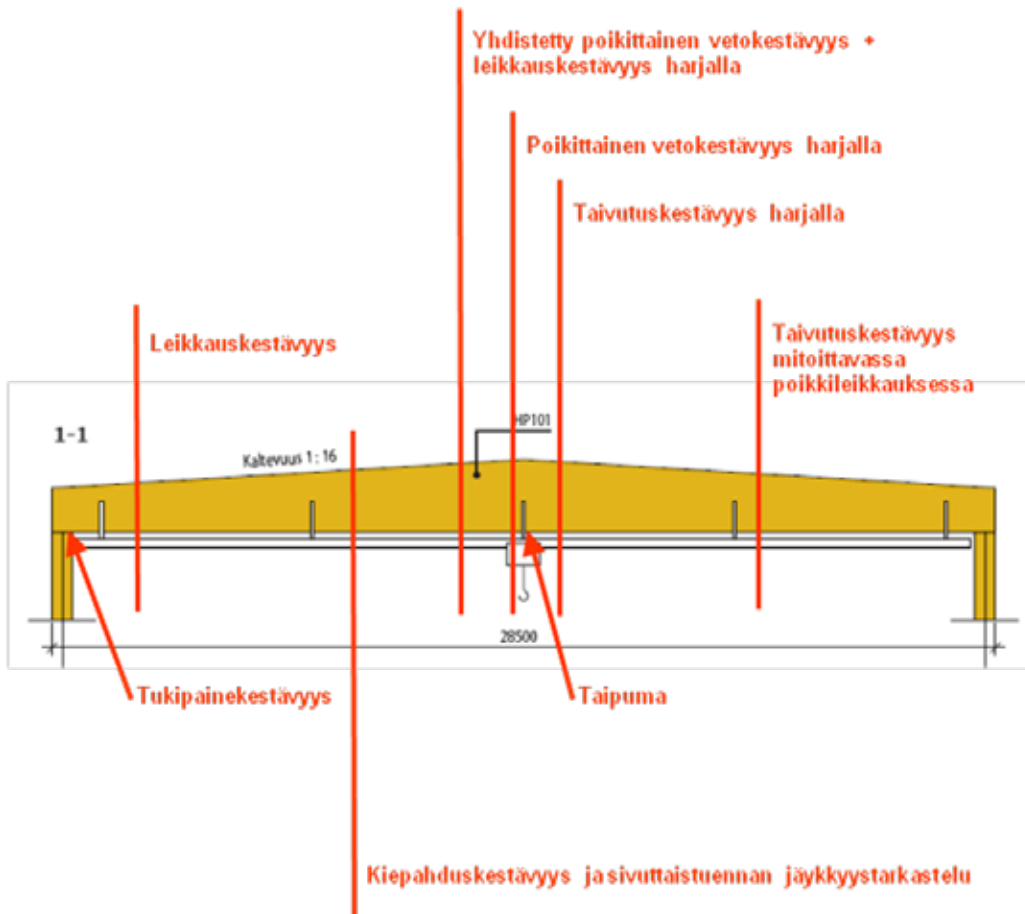
Kuva 260 Liimapuuhallin mitoitus taulukko /16/

## Liimapuu- harjapalkin mitoitus

/13/

Lähteessä 13 on yksityiskohtaisesti esitetty harjapalkkisen liimapuuhallin mitoitus SFS-EN 1995-1-1 mukaan.

## Harjapalkin mitoitus

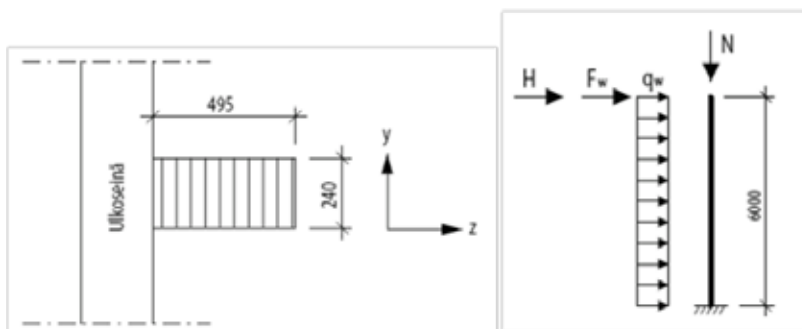
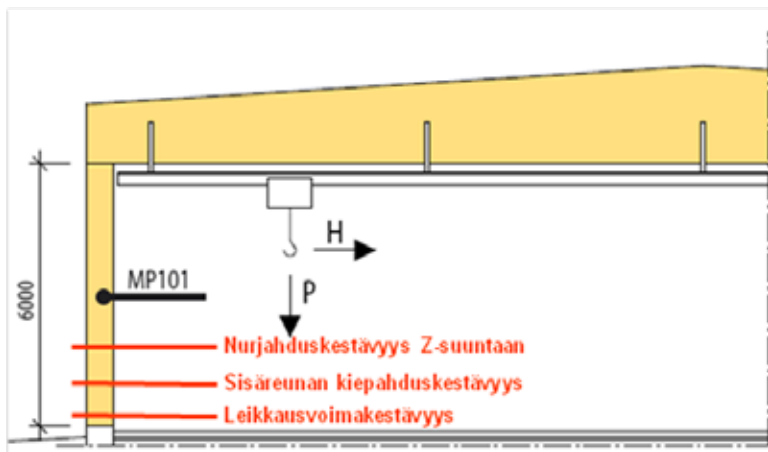


Kuva 261 Liimapuuharjapalkin mitoitus /13/

## Mastopilarin mitoitus

Ks Liimapuuhallin mallilaskelmat /13/

## Mastopilarin mitoitus



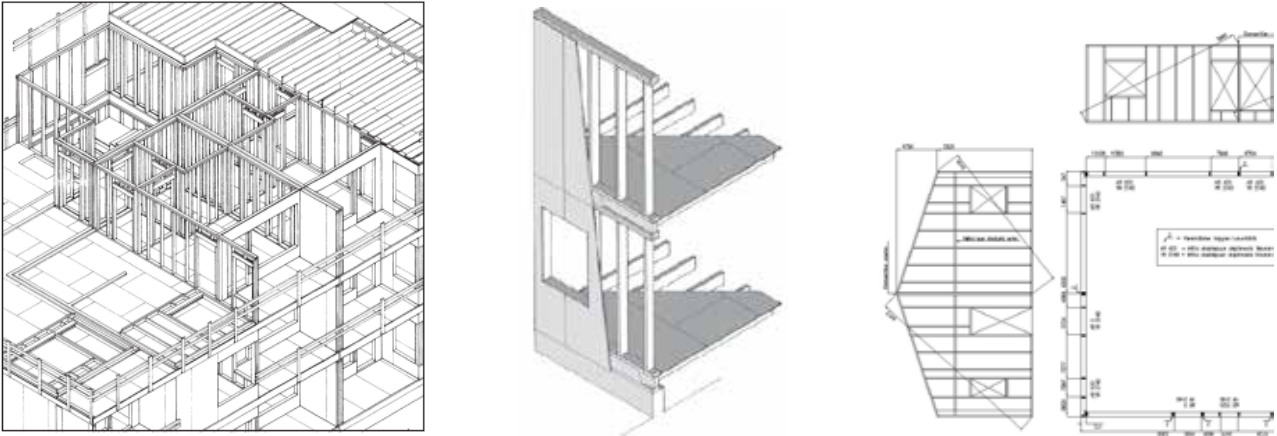
Kuva 262 Mastopilarin mitoitus /13/



## 7.2 Puukerrostalot

Puukerrostalojen toteutusvaihtoehtoja ovat mm plattform-tekniikka, pilari- palkki –kehä tai CLT CrossLaminatedTimber - levyrakentaminen. Puuelementtirakentamisen standardoimiseksi on vireillä PuuBES- tutkimus.

### Plattform-tekniikka



Kuva 263 Plattform-runko /2/

Runko rakennetaan kerroksittain. Paikalla rakennettaessa ala- ja välipohjat toimivat työalustoina koottaessa kerroksen seiniä. Ensimmäisenä rakennetaan perustusten päälle alapohja. Sen päällä kootaan vaakatasossa ensimmäisen kerroksen seinät valmiiksi seinäelementeiksi, jotka nostetaan pystyyn, tuetaan ja kiinnitetään paikalleen. Pystytettyjen seinärunkojen päälle asennetaan välipohjapalkit, joiden päälle kiinnitetään aluslattialevy. Näin saadaan uusi työalusta, jonka päällä toisen kerroksen seinät kootaan. Toistamalla eri vaiheita voidaan rakentaa monikerroksisia puurunkoisia rakennuksia. Kattokannattajat kiinnitetään ylimmän kerroksen seinärunkojen päälle. Järjestelmä sopii myös yksikerroksisiin rakennuksiin, jolloin kattokannattajat asennetaan heti kerroksen seinien valmistuttua. Runkovaiheen jälkeen rakentaminen jatkuu vesikatteen ja ulkoverhousten asentamisella. Ikkunat ja ovet asennetaan runkoon. Talotekniikan putkien ja kanavienn asennus aloitetaan sitä mukaa, kun runko on valmis. Niiden asennusten jälkeen runko eristetään ja levytetään, jonka jälkeen alkavat sisustus- ja viimeistelytyöt.

Esivalmistettuja elementtejä käytettäessä rakentamistapa on vastaava. Seinäelementit kiinnitetään vaakarakenteiden päälle. Vastaavasti välipohjajaelementit kiinnitetään seinärakenteiden päälle

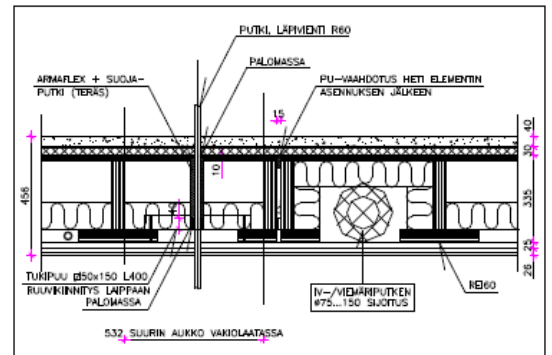
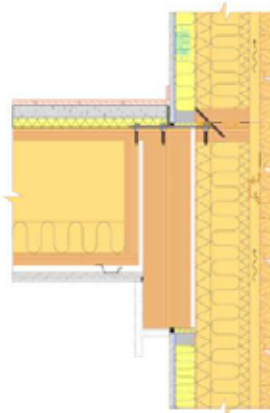
## Pilari – palkki runkojärjestelmä

Runko tehdään kertopilaresita ja -palkeista. Ylä- ja väli- ja alapohjarakenteet voidaan tehdä kerto-ripa-palkeista ja seinät voidaan toteuttaa suurelementeistä.



Kuva 264 Pilari-palkkirunkoinen puukerrostalo /10/

- Kertopuinen pilari-palkkirunko
- Massiiviset Kertopuiset mastojäykisteet
- Rakenteellisesti liimatut Kerto-RIPA välipohjaelementit
  - Perusleveys 1800, 2500 mm
  - Jännemitat 5...8 m
- Kevyet ulkoseinäelementit
  - Kuningaspaneeli (tai muu puuverhous)
  - Rappaus
  - Paikalla muuraus



Kuva 265 Rakennejärjestelmä ja rakenteisiin integroitava tekniikka /10/

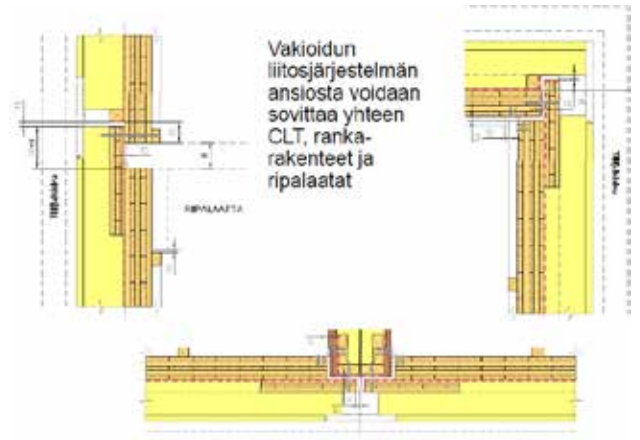
# CLT – puukerrostalo

/11/

Kerrostalon runko voidaan rakentaa CLT-levyistä.

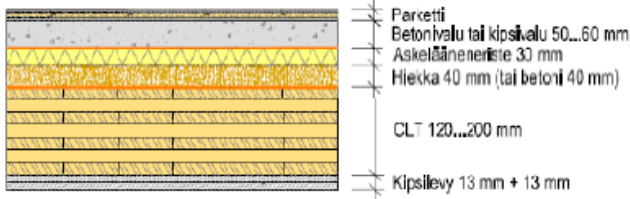


Kuva 266 CLT- puukerrostalon runko /11/

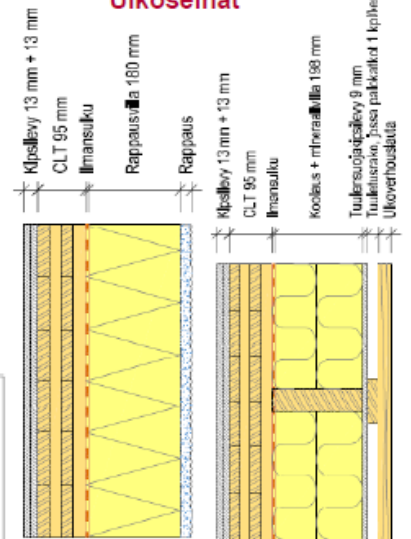


**Välipohjat**

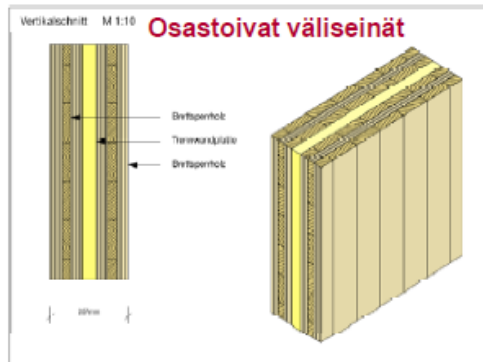
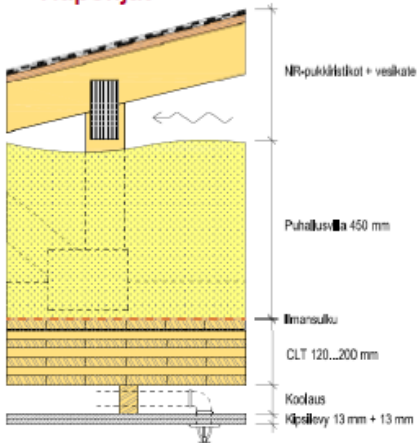
$R'_w = 61 \text{ dB}$   
 $L'_{n,w} = 46 \text{ dB}$



## Ulkoseinät



## Yläpohjat



Kuva 267 CLT- puukerrostalon rakenteita /11/

### 7.3 Suuret puurakenteet

/12/

Suuria puurakenteita käytetään mm julkisissa rakennuksissa, liike- ja vapaa-ajanrakennuksissa. Kantavana rakenteena voi olla esim liimapuupalkit tai -ristikot.



Kuva 268 Sibeliustalo /2/



Kuva 269 Jäähalli Asikkala /2/



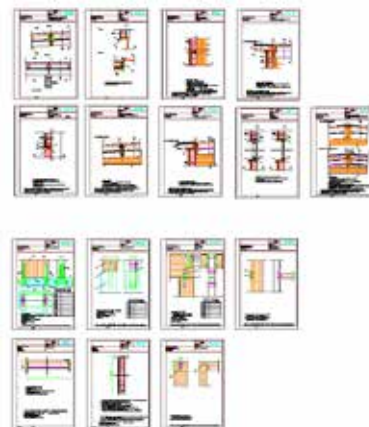
Kuva 270 Varasto Tampere /2/



Kuva 271 Sutirannan silta /2/



Kuva 272 Liimapuuhallin suunnitelmia /1/



## 8. Kivitalot

### 8.1 Muuratut rakenteet

/5/ [www.kivitalo.fi](http://www.kivitalo.fi)



Kuva 273 Poltettuja tiilejä, kalkkihiekkatiilejä ja harkkoja /5/

Muurattuja voidaan tehdä esim luonnonkivestä, poltetusta tiilestä, kalkkihiekkatiilestä ja erilaisista harkkorakenteista.

Tiili on julkisivumateriaalina kestävä ja huoltovapaa. Säänkestävyys onkin julkisivukäytössä tiilen ehdoton laatuvaatimus ja sitä valvotaan säännöllisin testein. Kerrostaloihin normaalikokoinen 130 mm leveä tiili soveltuu kuorimuurin vedenpitävyyden takia paremmin kuin 85 mm:n moduulitiili. Tiilivalikoima antaa suunnittelussa paljon mahdollisuuksia niin värien, pintojen kuin muotojenkin suhteen. Poltettujen tiilien laajasta valikoimasta tiili valitaan halutun värin ja pintastruktuurin perusteella.

Kalkkihiekkatiiltä ja poltettua tiiltä voi usein käyttää korvaamaan toinen toisiaan. Ainoastaan kohteissa, joissa vaaditaan korkeaa kuumenkestävyyttä kalkkihiekkatiili ei ole materiaalina sopiva. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi tulisijojen ja savupiippujen sisäreunat.

Väliseinärakenteissa kalkkihiekkatiiltä käytetään selvästi poltettua tiiltä enemmän. Näin myös teollisuusrakentamisessa. Poltetun tiilen käyttö onkin keskittynyt enemmän pientalorakentamiseen ja julkisivuihin.

Molemmat tiilityypit toki sopivat julkisivuihin - valintaan vaikuttavat usein makumieltymykset ja arkkitehdin näkemys. Poltetun tiilen suosioon julkisivuissa vaikuttanee kuitenkin myös sen pienempi lämpöliike.

Kun seinä ja perustuksia muurataan harkoista, vaihtoehtoina ovat kevytsora-, betoni- ja karkaistut kevytbetoniharkot eli niin sanotut siporex-harkot.

Työmenetelmältään harkot voidaan jakaa muurattaviin, ladottaviin ja valettaviin sekä liimattaviin harkkoihin. Lisäksi on saatavilla eristämättömiä ja eristeharkkoja. Vakioharkkojen lisäksi harkkoja on tarjolla moniin erikoisrakenteisiin kuten perustuksiin, väliseiniin, pilareihin, palkkeihin ja hormeihin. Näin aukkojen ylitykset, nurkat ja kulmat voidaan toteuttaa helposti ja laadukkaasti valmiilla harkkotuotteilla.

Harkkomateriaalin valinnan ratkaisee lähinnä tapauskohtainen edullisuus ja käyttötarkoitus. Eri harkoilla on joitakin omia ominaispiirteitä kosteuskestävyyden, lämpöeristävyyden, kestävyuden, ominaispainon ja käsiteltävyyden suhteen. Myös harkkojen valmistusprosessit eroavat jonkin verran toisistaan, vaikka kaikkien perusraaka-aineena on betoni, jonka sideaineena on sementti.

Harkkoja käytetään yleisesti perustuksissa, kellarin seinissä, ulko- ja väliseinissä, julkisivuissa, pilareissa, tukimuureissa ja aidoissa. Hyvän kosteudensietokykynsä ansiosta harkot soveltuvat erinomaisesti märkätilojen seinien rakennusmateriaaliksi.

Laastit luokitellaan sideaineensa perusteella kalkkilaasteihin, kalkkisementtilaasteihin, sementtilaasteihin ja muurausmenttilaasteihin. Muina raaka-aineina ovat yleensä hiekka ja vesi. Vanhimmat laastit olivat puhtaita kalkkilaasteja. Sementtiä alettiin lisätä muuraus- ja rappauslaastiin Suomessa 1880-luvulla. Nykyisin valmistetaan käytännössä pelkästään niisanottuja kuivalaasteja, joihin työmaalla sekoitetaan vain vesi. Laastien valmistus perusraaka-aineista työmaalla on vähäistä.

Laasteja valmistetaan useisiin eri käyttötarkoituksiin kuten tiilien ja harkkojen muuraukseen, rappauksiin, saumauksiin ja laatoituksiin. Lisäksi valmistetaan erikoislaasteja erilaisiin käyttötarkoituksiin kuten takkojen muurauksiin.

Laastien ominaisuudet, kuten lujuus, tartunta, pakkasenkestävyys ja väri sekä levitettävyyden vaihtelevat varsin paljon käyttötarkoituksesta riippuen.

Harkkojen ja väliseinälaattojen muurauksessa on viime vuosina yleistynyt ohutsaumamuuraus, jossa laasti muistuttaa liimaa. Laastin levitys tapahtuu työhön kehitetyillä erikoistyövälineillä.

Ohutsaumamuurauksessa laastikerroksen (liimakerroksen) paksuus on alle 5 mm.

## 8.2 Paikallavalurungot

Runkomateriaalivaihtoehtoja on useita. Paikallavalettu betonirakenne poikkeaa muista erityisesti tuotantotekniikkaansa takia, mutta myös teknisissä ominaisuuksissa on ratkaisevia eroja kilpaileviin järjestelmiin verrattuna.

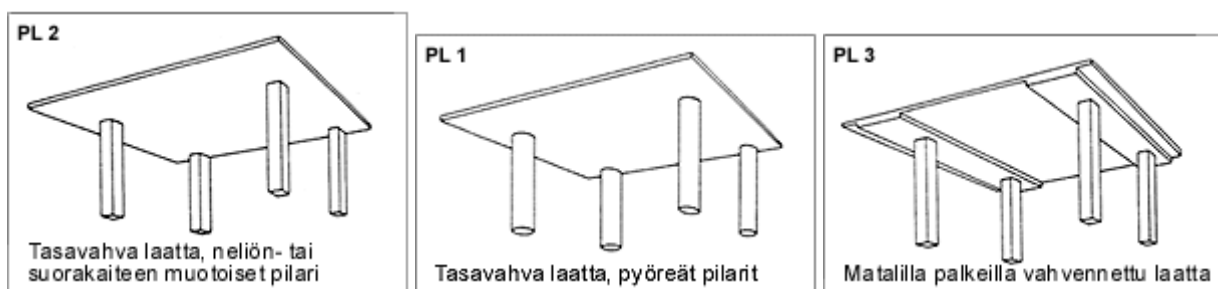
Paikallavalurungot voidaan jaotella kantavien pystyrakenteiden mukaan seuraavasti:

- kantavat seinät
- kantavat pilarit (pilarilaatta)
- kantavat seinät ja täydentävät pilarit (edellisten yhdistelmä)

Vaakarakenteeksi soveltuvat:

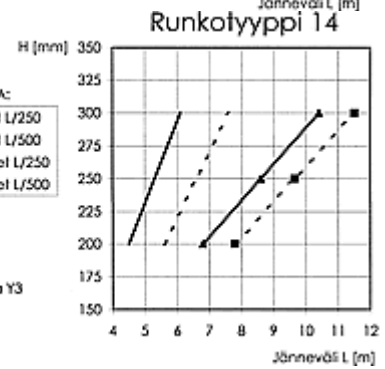
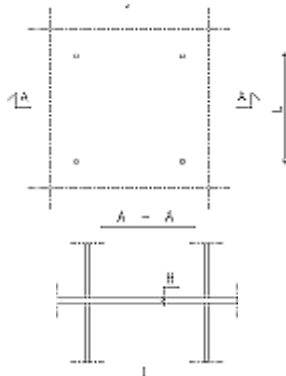
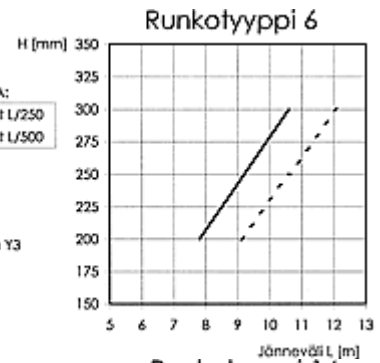
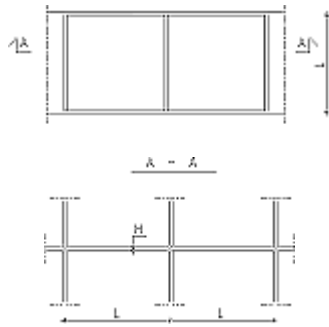
- tasavahva laatta
- yhteen suuntaan palkeilla vahvennettu laatta
- kevennetty laatta (ns kuppivolvi), jota voidaan suositellaan käytettäväksi poikkeustapauksissa esim. arkkitehtonisista syistä

Edellä mainitut vaakarakenteet voidaan toteuttaa jännittämättöminä teräsbetonirakenteina tai jännitettyinä rakenteina. Jännitetyillä rakenteilla voidaan päästä pitkiin jänneväleihin ja hoikkiin rakenteisiin.

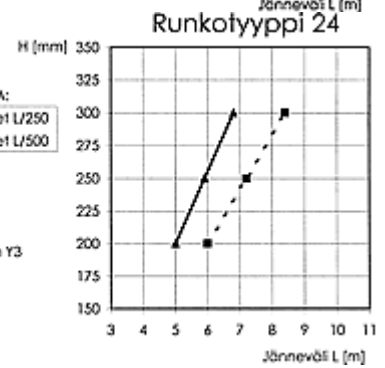
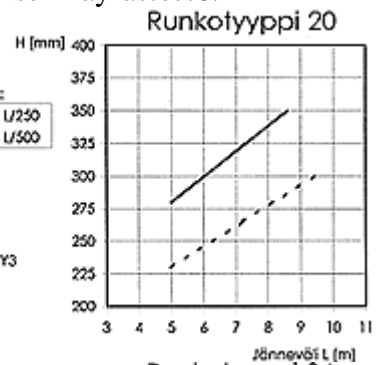
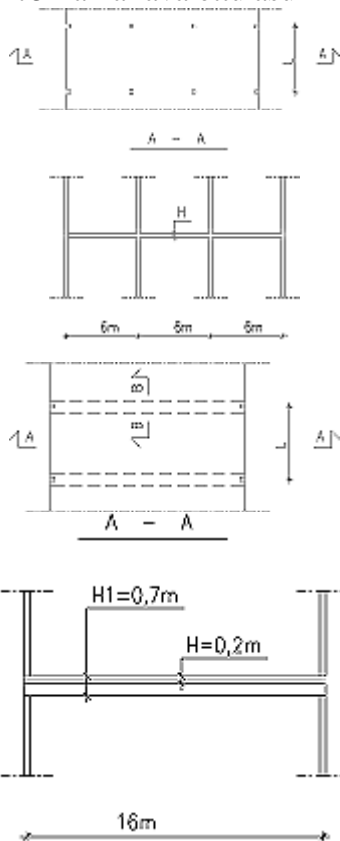


Kuva 274 Pilarilaattarunkoja /5/

Käytännössä erityisesti toimisto- ja liikerakennuksissa runko voi olla kahden tai useamman perustyyppin yhdistelmä. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi, kun toimistorakennuksen yhteyteen rakennetaan parkkihalli.



Kuva 275 Paikallavalettu asuinkerrostalorunko, alustavan mitoituksen käyrästöt /5/



Kuva 276 Paikallavalettu liikerakennusrunko, alustavan mitoituksen käyrästöt /5/

## 9. Liittorakenteet

/17/ ESDEP

Kahden eri rakennusmateriaalin tärkein ja tavanomaisin yhdistämistapa on betoni-teräs liittorakenteiden käyttö monikerroksissa teollisuus- ja liikerakennuksissa, samoin kuin silloissakin. Liittorakenteisia osia ovat betonitäytteiset teräsputket, samoin kuin sellaiset rakenneosat, joissa erilliset betoni- ja teräsrakenteet on yhdistetty liittorakenteisiksi.

Monikerroksissa rakennuksissa teräsrankoa käytetään tyypillisesti betonin kanssa yhdessä esimerkiksi siten, että betonilaatat tukeutuvat teräspalkeille. Sama periaate on silloissakin, joissa betonikansi on tavallisesti suositeltavin. Riippuu monista tekijöistä, kuinka paljon eri rakennuksissa pitäisi olla pääasiassa teräksestä, teräsbetonista tai näiden yhdistelmistä koostuvia osia. Kuitenkin on tosiasia, että suunnittelijat ovat yhä enemmän kiinnostuneita liittorakenteista ja käyttävät niitä sen vuoksi että syntyisi tehokkaampia ja taloudellisempia rakenteita verrattuna tietyn materiaalin yksinomaiseen käyttöön.



Kuva 277 Liittorunkoja Lontoosta ja Saksasta /17/

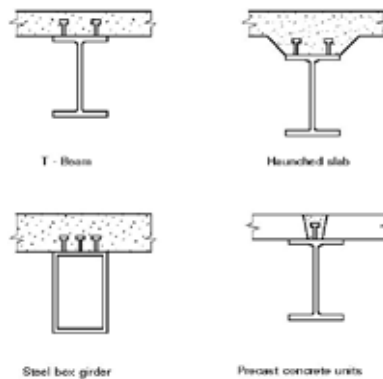


Figure 3 Typical beam cross-sections

Kuva 278 Liittopalkkeja /17/

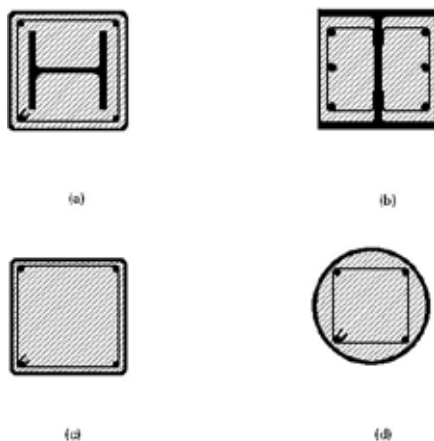
Kuvassa on esitetty erilaisia liittopalkkien poikkileikkauksia, joissa betoni on valettu työmaalla käyttäen puumuotteja.



<p>Composite beam</p>		<p>Bare steel beam</p>	
Load resistances	100 %	100 %	100 %
Steel weight	100 %	160 %	215 %
Overall height	100 %	130 %	95 %
Stiffness	$t_o$ - 100 % $t_{o\bar{o}}$ 70 %	70 %	45 %

Kuva 279 Teräspalkkien ja liittopalkkien kapasiteetin vertailua /17/

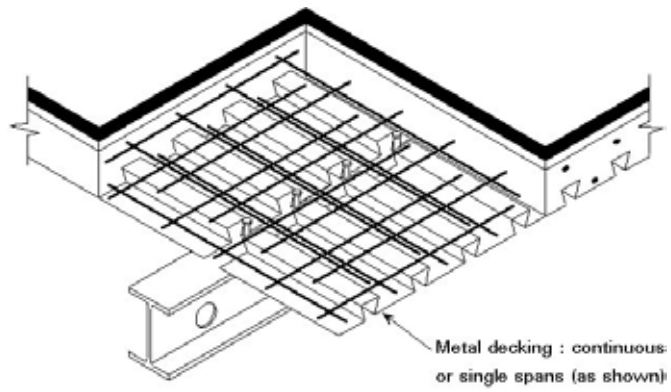
Liittorakenteiden käytöstä on määrättyjä etuja. Erityisesti liittopalkeilla on suurempi kuormitettavuus kuin sen erikseen toimivilla osilla (ks. kuva 5). Sen vuoksi voidaan käyttää pienempiä teräsprofiileja pyrittäessä tiettyyn kantavuuteen. Tästä seuraa materiaalisäästöjä ja päästään pienempiin rakennekorkeuksiin. Tämä vuorostaan tuottaa pienempiä kerroskorkeuksia rakennuksissa ja matalampia pengerryksiä sillanrakennuksessa.



Kuva 280 Liittopilareita /17/

Pääasiassa kolmen tyyppisiä liittopilareita on käytössä:

- betonilla ympäröidyt teräspilarit (a)
- betonitäytöiset teräsputkipilarit (c ja d)
- valssatuista profiileista valmistetut pilarit, joissa laippojen välit on täytetty betonilla



Kuva 281 Liittolaatta /17/

Välipohjissa tavanomaisen betonilaatan korvaa yhä useammin liittolaatta, ks. kuva 14. Kun levyjen ankkurointiominaisuudet ovat parantuneet, ohutlevy toimii kovettuneessa betonissa raudoituksena.



Kuva 282 Peikko- liittorunko /22/

## 10. Lähteet

- 1 [www.amk.fi](http://www.amk.fi)
- 2 [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)
- 3 [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)
- 4 [www.stukes.fi](http://www.stukes.fi)
- 5 [www.kivitalo.fi](http://www.kivitalo.fi)
- 6 [www.elementtisuunnittelu.fi](http://www.elementtisuunnittelu.fi)
- 7 Teräsrakenteiden Suunnittelu ja Mitoitus- oppikirja TRY ry
- 8 Demohalli –opiskelijaprojekti Hamk 1996
- 9 Asuinrakennuksen mallilaskelmat Puuinfo ry
- 10 Finnforest [www.finnforest.fi](http://www.finnforest.fi)
- 11 StoraEnso [www.storaenso.fi](http://www.storaenso.fi)
- 12 Versowood [www.versowood.fi](http://www.versowood.fi)
- 13 Liimapuuhallin mallilaskelmat Puuinfo ry
- 14 STEP 1,2 Structural Timber Education Programme
- 15 Liimapuu-käsikirja Puuinfo ry
- 16 Puuhallin rakennesuunnitteluohje [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)
- 17 ESDEP-oppimisympäristö
- 18 Senaatti- Kiinteistöt: Tietomallinnusohje 2012
- 19 [www.optirock.fi](http://www.optirock.fi)
- 20 Kosteus rakenramisessa RakMK C2 opas YM
- 21 Lyhennetty Suunnitteluohje SFS-EN 1995-1-1,2 Puuinfo
- 22 [www.peikko.com](http://www.peikko.com)