

Kestävä kivitalo

Toimituskunta Petri Mannonen, Seppo Petrow
Kustannustoimittaja Petri Mannonen
Graafinen suunnittelu Marjo Vänskä-Nissilä, Arkkitehtitoimisto Vänskä Oy
Kannen valokuva Vuoden betonirakennus 2003, Lleidän yliopiston kirjasto ja kulttuurikeskus, detaili
Kustantaja Suomen Betonitieto Oy
Kuvankäsittely Libris Oy
Kirjapaino Libris Oy, Helsinki
© Lohja Rudus Oy Ab ja Rakennustieto Oy 2006
ISBN 952-5075-76-1

Esipuhe

Tässä kirjassa kerrotaan paikallavaletun betonin, tiilen ja rappauksen käytöstä rakentamisessa. Näiden materiaalien avulla syntyy yksinkertaisia rakenteita, joista on kokemusta pitkältä ajalta, niin suomessa kuin muuallakin maailmassa. Paikallarakentaen kivipohjaisista materiaaleista tehty talo täyttää hyvin rakennukselle asetetut viime vuosina entisestään tiukentuneet vaatimukset. Kivitalojen huoltoväli on pitkä ja niiden elinkaarikustannukset ovat edulliset. Kivitalo myös säilyttää arvonsa hyvin ja myös kivipientalojen kysyntä kasvaa tällä hetkellä voimakkaasti.

Tämän kirjan on laatinut Kestävä Kivitalo-työryhmä. Kestävä kivitalo-työryhmän tavoitteena on betoni- ja muurattujen rakenteiden suunnittelun ja käytön ja rakennustekniikan kehittäminen paikallarakennettävien rakennusten rungoissa sekä julkisivuissa.

Paikallarakentamisen taito pääsi 70- ja 80- luvuilla Suomessa useilla paikkakunnilla unohtumaan.

Kirjan ensi julkistamisen jälkeen 1998 paikallarakentamisen osuus on kasvanut etenkin kerrostaloissa. Paikallavaletun välipohjat ovat yleistyneet ja julkisivuissa muuraus ja rappaus ovat jälleen suosiossa. Nykyistä kehittyntä paikallarakentamistekniikkaa käytettäessä voidaan hyvällä syyllä puhua nykyaikaisesta teollisesta rakentamisprosessista.

Tämä uudistettu painos on tarkoitettu niin rakennuttajille, urakoitsijoille kuin suunnittelijoillekin. Kirja on myös hyvä apuväline opiskelijoiden käyttöön.

Kestävä Kivitalo-työryhmä

Sisällys

1. Arvot - laatu - elinkaari	9	6. Betonointi	69	10. Rapatut julkisivut	125	14. Kustannustietoa	159
2. Arkkitehtuuri	17	Betonin valinta BetoPlus-suunnittelulla	71	Taustaa	127	Elementti- ja paikallarakentamisen	
Kestävä kivitalo 1998	19	Ennakkosuunnitteluun varmuutta	71	Suunnittelun lähtötiedot	127	hintoja ja hintavertailu	161
Kestävä kivitalo tänään	21	Lujuudenlehtityksen hallinta työmaalla	73	Rappauskäsitteet	128	Rakentamisen hinnat 1990-luvulla	161
Elementtirakentamisen perintö	21	Betonoinnin vaiheet	74	Rappauspintojen laatuluokat	128	Rakentamisen muutokset 1990-luvun jälkeen	161
Yksilöllisyyden vaatimukset kasvavat	23	Betonipinnan oikaisu ja hieronta	76	Suositteluvia laastiyhdistelmiä	130	Rakentamisen hinnat vuonna 2005	163
Tekniikoiden luvaa yhdistämistä	25	Talvibetonointi	77	Rapatun julkisivun värittäminen	130	Rakentamisen hanketasoiset hinnat	163
Rajoittavat ennakkokäsitykset	25	Betonin jälkihoito	79	Värillisten laastien käyttö	131	Rakennusosien hinnat	164
Paikalla rakentamisen tulevaisuus	26	Paikallavaletut betonipinnat -julkaisu	81	Rapatun julkisivun maalaus	131	Laatat	164
		Muottitekniiikan mahdollisuudet	81	Pintaolosuhteiden vaikutus lopputulokseen	132	Ulkoseinät	164
		ja rajoitukset tunnettava	82	Julkisivurappauksen vaatimukset ja ohjeet	132	Väliseinät	164
		Betonin valinta	83				
		Muottipintojen huoltonkaiken a & o	83				
3. Betonirungot	27			11. Talotekniikka	135	15. Ympäristövaikutukset	167
Rungon valinnan avainasiat	29	7. Betonin kosteuden hallinta	85	LVIS-tekniikka paikallarakentamisessa	137	Kestävän betonirakenteen määrittelmä ja kriteeristö	168
Runkojärjestelmät	30	Betonin kuivuminen	87	Asunnon märkätilat	137	Betonin ympäristövaikutukset	169
Asuinkerrostalot	32	Betonin kuivumiseen vaikuttavat tekijät	89	Märkätilat paikallarakentamisessa	137	Kestävä kehitys	169
Omakotitalot ja rivitalot	36	Betonirakenteen kuivumisen nopeuttaminen	90	Vesijohdotekniikka	139	Betonin raaka-aineet	169
Toimisto- ja liikerakennukset	38	Rakennustyömaan olosuhdehallinta	91	Lämmitys	139	Betonin oikea koostumus	171
Pysäköintirakennukset	39	Rungon kastuminen	91	Ilmanvaihto	141	Valmisbetonitehtaan ympäristövaikutukset	172
		Nopeammin kuivuvat betonit	92	Sähkötekniikka	141	Kuljetusmatkat	173
		Rakenteiden kuivattaminen	92			Massiivisuus tuo etuja	173
		Rakennekosteusmittaukset	94			Betonirakenne - terveellinen ja turvallinen	173
4. Muotit	41	8. Muuratut runkorakenteet	95	12. Äänitekniikka	143		
Muottitekniiikka erityyppisissä kohteissa	43	Kahi-runkojärjestelmä	97	Valinnanvaraa asumisen tasossa	145	Muuratun rakenteen ympäristövaikutukset	175
Pystyrakenteiden muotit	44			Huomiota vaativat kohteet	148	Raaka-aine ja valmistusprosessi	175
Vaakarakenteiden muotit	46			Runkotyypin äänitekniisiä ominaisuuksia	149	Muuratun rakenteen käyttö	177
Tuentakalustot	49			Massiivisten betonirakenteiden vaikutus			
Muottien pintamateriaalit	52			ääneneristävyyteen	149		
Muottityön suunnittelu ja muottien käyttö	54			Pintamateriaalit ja askeläänen eristävyys	150		
Suunnittelun vaikutus muottikustannuksiin	56			Talotekniikan asennusten vaikutus			
				ääneneristävyyteen	152		
5. Raudoitukset	59	9. Muuratut julkisivut	105	13. 3D-suunnittelu	155	16. Kestävä Kivitalo -projektiin osallistuneita	179
Raudoitusprosessi	61	Suunnittelu	107	Tuotemallinnus parantaa tehokkuutta		Kestävä kivitalo-kirjan kirjoittajat	180
Raudoitus suunnitelmat ja raudoitetyypit	64	Julkisivumuuraus	114	myös paikallavalurakentamisessa	157	ja kivitalo-työryhmä	182
Kehittynyt raudoitustekniikka	66	Työvaiheet ja menetelmät	115	Kaikki rakenteeseen liittyvä tieto yhdessä mallissa	157	Kuvalähteet	
Mattorautoite nimeltä Bamtec	68	Muuraus ja saumaus	118	Parempaa tuottavuutta, laatua ja palvelua	158		
		Työsuunnittelu	120				
		Laadunvarmistus	122				
		Kustannukset	123				

1. Arvot - laatu - elinkaari

Arvot – laatu – elinkaari

Suomen myöhään tapahtunut kaupungistuminen ja toisen maailmansodan jälkeinen asutuspolitiikka ovat vaikuttaneet voimakkaasti rakennuskantamme muotoutumiseen. Se on poikkeuksellisen nuorta. 1960- ja 70-luvuilla rakentaminen oli perustarpeen tyydyttämistä ja erityisesti asuntorakentamisen yhteiskunnan sääntelemää. Painotettiin määrää ja rationaalisen rakentamisen laatua, ”bulkkituotetta” pidettiin tyydyttävänä. Rakentamisen kokonaismäärä ja laatutaso on ollut riippuvainen kansakunnan varallisuudesta ja yhteiskunnan kehitystarpeista.

Rakentamisen ja kiinteistönpidon merkitys kansantalouden kannalta on huomattava. Infrastruktuuriin, mukaan luetuna rakennukset tontteineen oli sitoutunut n. 374 miljardia euroa eli noin 72 prosenttia maamme kansallisvarallisuudesta vuonna 2001. Uudistalonrakentamisen, maa- ja vesirakentamisen sekä talojen korjausrakentamisen (sisältäen kunnossapidon) vuotuiset kustannukset ilman korkoja olivat vuonna 2002 noin 19,3 miljardia euroa.

Kiinteistö- ja rakennusalan kehitys

Kiinteistö- ja rakennusala on vähitellen vapautumassa yhteiskunnan sääntelystä ja siirtymässä avoimeen ja kansainväliseen markkinatalouteen. Kiinteistö- ja rakennusalan ja erityisesti niihin sitoutuneen pääoman merkityksen ymmärtäminen ovat kuitenkin johtamassa niiden roolin uudelleenarviointiin yhteiskunnassa. Samalla kasvavat rakentamisen kaikilla osaluilla tehokkuus- ja laatuvaatimukset.

Yksityisellä puolella on rakennus- ja kiinteistöala jo muut-

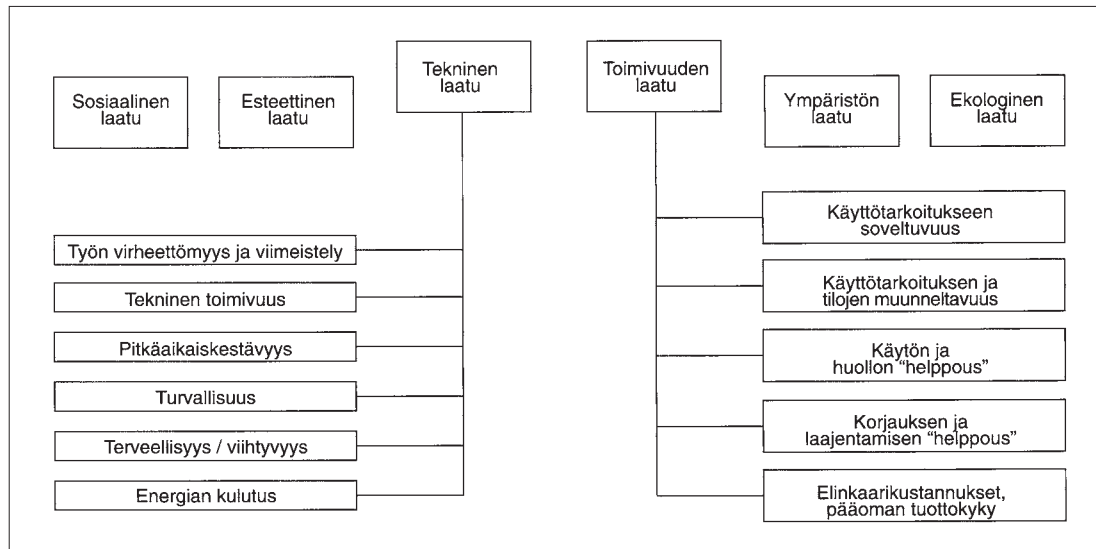
tunut käyttäjä-omistajan tukitoiminnasta keskeiseksi tuotannon tekijäksi ja itsenäiseksi liiketoiminnan alueeksi, jossa tehokkuus ja tuottavuus ovat keskeisiä tavoitteita. Kiinteistöjen omistajat vaativat sitoutuneelle pääomalleen vertailukelpoisen tuoton, asiakkaiden vaatimukset kasvavat ja ympäristön muutokset nopeutuvat jatkuvasti. Alalla tarvitaan tehokasta elinkaarijohtamista.

Elinkaarijohtaminen

Elinkaaritalouden ja kiinteistösijoittamisen kannattavuuden kannalta on oleellista turvata tuotot - joko vuokratuotot tai myyntituotot - pitkällä aikajänteellä. Tämä edellyttää kiinteistöltä tiettyjä ominaisuuksia kuten hyvää sijaintia, ajatonta esteettisyyttä ja kykyä säilyttää tai kasvattaa reaaliarvoa. Myös muunneltavuudella ja teknisillä perusominaisuuksilla, ääneneristävyydellä, talotekniikan tasolla ym. on vaikutusta.

Elinkaaritalouteen vaikuttavat myös elinkaarikustannukset, joista on viime vuosina puhuttu monessa yhteydessä.

Näyttää siltä, että kun elinkaarikustannukset lasketaan ”odotusarvojen” pohjalta, ei eri vaihtoehtojen kesken saada syntymään sellaisia laskennallisia eroja, joiden pohjalta päätöksenteko olisi yksiselitteistä. Kustannuseroja syntyy erityisesti silloin, kun joku vaihtoehtoisista rakenneratkaisuista tai komponenteista ei toimikaan suunnitellulla tavalla, vaan sitä joudutaan korjaamaan tai uusimaan selvästi ennakoitua aikaisemmin. Mutta kuka osaa ennustaa, mitä tulevaisuudessa tapahtuu, mikä kestää ja mikä ei? Laskelmissa käytetty korkotaso vaikuttaa eri vaihtoehtojen diskontattuihin elinkaarikus-



Rakentamisen laadun jaottelu: Rakentamisen, rakennusten, rakennusten käytön ja asumisen laatuun sekä laatumielikuvaan vaikuttavia tekijöitä.

tannuksiin merkittävästi.

Elinkaarikustannusten analysointia vaikeuttaa myös laskevien pitkä aikajänne. Se on useimmissa tapauksissa liian pitkä liiketaloudellisin perustein toimiville päätöksentekijöille. Hyvin harvassa tapauksessa ryhdytään miettimään kustannuksia, jotka syntyvät kymmenien vuosien päästä. Myös valtion ja kuntien omassa rakentamisessa pitkäjänteisempi taloudellinen suunnittelu saa usein väistyä lyhytjänteisemmän talousajattelun ja poliittisten tavoitteiden tieltä.

Elinkaaritalouden johtaminen rakentamisessa ei ole helppoa ja erityisen vaikeata sitä on perustaa taloudellisten toiseikkojen objektiiviseen analysointiin. Kiinteistöalan ammattilaiset tekevätkin päätökset käytännössä kokemukseen ja näppituntumaan perustuen. Kokenut rakentaja ja kiinteistöalan ammattilainen tietää ilman taloudellisia analyysejä, mikä vaihtoehdon valitsee, ja mitä riskejä siihen sisältyy. Päätöksentekijä joutuu tekemään moniulotteista ajatustyötä miettiessään kunkin vaihtoehdon vaikutusta tuottojen, kustannusten, teknisten ominaisuuksien ym. asioiden suhteen.

On sanottu, että "rakennettu ympäristö on maan hyvinvoinnin, kulttuurin ja henkisen perinnön käyntikortti - maan sielun peili". Rakentamisen päätöksiä tehtäessä joudutaan ottamaan huomioon myös muita kuin taloudellisia arvoja. Ei ole samantekevää, millaista kaupunkikuvaa rakennamme, ja miten ympäristöä hoidamme. Ajatus kestävästä kehityksestä on omaksuttava rakentamisessakin enemmän tai myöhemmin. Myöskään monien teknisten ja toiminnallisten ominaisuuksien osalta kustannuksiin perustuva vertailu ei ole mahdollinen, vaan joudutaan tekemään arvoanalysejä. Esimerk-

keinä ovat mm. tehokkaampi ääneneristävyys ja paremman lämmöneristyksen avulla aikaansaattava terminen viihtyvyys.

Rakentamisen arvot, joiden pohjalta rakennuskulttuuri muovautuu, pitäisi määritellä yhteiskunnan toimesta. Valtion ja kuntien pitäisi omassa rakentamisessaan olla tiennäyttäjiä ja esimerkkinä yksityiselle puolelle. Rakennuskulttuuria tulee ohjata, joskin varovaisesti, myös määräyksillä, ohjeilla kaavoituksen keinoin jne.

Rakentamisen laatu

Miten rakentamisessa päästään toivottuun laatutasoon ja saavutetaan omistajan asettamat tavoitteet lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä? Miten varmistetaan elinkaaritalouden toteutuminen toivotulla tavalla ja arvojen säilyminen? Tämä kysymys on ollut viime vuosien aikana keskeinen rakentamista varjostava ongelma, koska laatutasossa objektiivisestikin tarkasteltuna on paljon parantamisen varaa. Keskustelu rakentamisen laadusta on poukkoillut laidasta laitaan. Laajat peruskorjaukset 20-30 vuotta vanhoissa taloissa eivät vastaa nykyihmisen käsitystä rakennusten kestävydestä. Home- ja kosteusongelmat ovat yllättäneet laajuudellaan myös alan ammattilaiset. Esteettinen laatu, erityisesti lähiökerrostaloissa, on joutunut kovan kritiikin kohteeksi jne.

Rakentamisen laadussa on tärkeää erottaa toisistaan "suunniteltu laatu" eli ns. sopimuslaatu ja " valmistuksen laatu". Edellisellä tarkoitetaan laatutasoa, johon lopputuotteessa eli valmiissa rakennuksessa pyritään. Siihen vaikuttavat keskeisesti rakennuttajan asettamat tavoitteet, mutta

myös suunnittelijoiden kyky toteuttaa ne. Valmistuksen laatu taas tarkoittaa sitä, saavutetaanko toteutuksessa yhdenmukaisuus suunnitelmiin ja virheetön lopputulos.

Rakennusten suunnitellun laatutason toteutuminen edellyttää lisäksi rakennuksen tarkoituksenmukaista hoitoa ja ylläpitoa niin, että pitkäaikaiskestävyys ja suunniteltu elinkaarikustannusten taso toteutuvat ja rakennus toimii virheettömästi. Voidaan puhua käytön ja ylläpidon laadusta, josta vastuun kantaa rakennuksen omistaja ja käyttäjät.

Rakennusten ominaisuudet ja kokonaislaatu koostuvat hyvin monista osatekijöistä, joista eräs jaottelu on esitetty sivun 12 kaaviossa. Teknisen laadun syntyminen vaikuttaa suunnitellun laadun lisäksi ratkaisevalla tavalla myös valmistuksen sekä ylläpidon ja käytön laatu. Sen sijaan muut laadun osatekijät riippuvat pääsääntöisesti vain suunnitellusta laadusta (sopimuslaadusta).

Rakentamisen hyvän laadun perustekijöitä on paljon, eikä selvää kaavaa laadun syntymiselle ole olemassa. Se muodostuu eri tekijöiden summana tapauskohtaisesti. Seuraavat asiakokonaisuudet voidaan kuitenkin mainita hyvän laadun, sekä suunnitellun että valmistuksen laadun, perusedellytyksinä:

- Rakennuksen tuleva omistaja tiedostaa vastuunsa, ymmärtää keskeisen roolinsa hyvään lopputulokseen pyrittäessä ja panostaa riittävästi suunnitteluun.
- Rakennuttamisen ja rakentamisen toimintamalli sopii kohteen luonteeseen ja rakennusprosessi toimii toivotulla tavalla.
- Rakennusratkaisut ovat toimivia, kunnolla testattuja ja soveltuvat kyseessä olevaan käyttötarkoitukseen sekä ti-

laajan tavoitteisiin. Suunnittelijat ja rakentajat hallitsevat käytetyn rakennustekniikan riittävän hyvin.

- Rakennusprosessiin osallistuvat asenteeltaan ja työmoraaliltaan kelvolliset, motivoituneet ja ammatistaan ylpeät henkilöt ja yritykset.
- Rakennuksia käytetään ja ylläpidetään oikein ja huolellisesti.

Paikallarakentamisen mahdollisuudet

Paikallarakentamisella tarkoitetaan kantavan rungon rakentamista pääosin paikalla valetusta betonista, ja julkisivujen tekemistä puhtaaksi muurattuina tai rapattuina tiilirakenteina. Tätä rakennustekniikkaa on käytetty eniten maailmassa. Myös Suomessa sitä käytettiin yleisesti ennen 1970-luvun alussa tapahtunutta voimakasta elementtirakentamisen läpimurtoa.

Paikallarakentamisen uusi esiintulo ja kehitysalto 1990-luvulla on saanut odotettua myönteisemmän vastaanoton. Positiivinen lataus on tulkittavissa erityisesti suuren yleisön ja sen ajatusten ja tunteiden tulkina toimivan median vastareaktioksi epäonnistuneeseen lähiöeräntämiseen. Kyse ei ole vain tyytymättömyydestä käytössä ollut rakennustekniikkaa kohtaan vaan kaikista esitetyistä rakentamisen laadun osatekijöistä ekologista laatua toistaiseksi lukuun ottamatta.

Paikallarakentamiseen liittyy sekä suuren yleisön että ammattilaisten keskuudessa paljon positiivisia mielikuvia. Ne pohjautuvat osittain selviin tosiasioihin ja tämän rakennustekniikan perusominaisuuksiin. Mutta asuntojen ostajat ei-



Tuberkuloosiparantola, Paimio, Alvar Aalto 1928-32.

vät pääsääntöisesti perusta päätöstään rakenteiden tekniisiin ominaisuuksiin. Kerrostaloasunnon ostajaa eivät esimerkiksi kestävyysasiat kiinnosta. Suurin osa päätöksistä tehdään tunnepohjaisesti painottaen asunnon sijaintia sekä tilaratkaisujen, koon ja hinnan sopivuutta. Laadukkaasta ja tarpeeseen sopivasta asunnosta ollaan vapailla asuntomarkkinoilla valmiit maksamaan kohtuullinen lisähinta.

Rakennusalan ammattilaisten keskuudessa päätöksentekoon vaikuttaa rakennuttajan ja/tai rakennusliikkeen perustrategia: miten rakennuskohteesta saadaan taloudellinen tulos. Jos rakennevalintoja tekevä taho ei ole jatkossa rakennuksen omistaja, myyjä tai vuokranantaja, yleensä vain rakennuskustannukset ratkaisevat. Jos rakennuksen ominaisuuksilla on selvä vaikutus päätöksentekijän tuleviin tuotoihin ja kustannuksiin, pitäisi rakenneratkaisuilla ja komponenttivalinnoilla olla oleellinen vaikutus päätöksiin.

Tehtyjen haastattelujen perusteella rakennusalan ammattilaiset kokevat paikallarakentamisen vahvuusiksi mm. seuraavia asioita:

- Paikallarakennettaessa suunnittelu on vapaampaa kuin suunniteltaessa elementtirakenteisia taloja. Siinä on enemmän vaihtoehtoja ja paremmat mahdollisuudet saada aikaan hyvää arkkitehtuuria. Paikallarakentaminen on myös ”luonnollisempaa”. Suunnittelu aika pitenee ja suunnitelmien muutoksia on helppo toteuttaa.
- Paikallarakennetut julkisivut ovat teknisesti toimivia ja esteettisesti helppo suunnitella miellyttäviksi. Niiden vesitiiviyys on parempi kuin elementtirakenteisten julkisivujen ja

huoltotarve vähäisempi. Paikallarakennettujen julkisivujen saumattomuus on oleellinen ulkonäköön positiivisesti vaikuttava asia. Paikallarakennetut julkisivut ”elävät”, ja rakennuksen ulkonäön suunnittelussa voidaan hyödyntää taitavan massoittelemisen ja aukotuksen keinoja.

- Paikallarakentaen saadaan runkorakenteisiin hyviä teknisiä ominaisuuksia. Ne mahdollistavat vaikeatkin rakenneratkaisut. Paikalla jännitetyissä rakenteissa on hyvät vesitiiviysominaisuudet. Niitä voidaan hyödyntää mm. parkkitaloissa, koska ne sopivat massiivisiin erikoisrakenteisiin. Tekniikka on joustava ja se mahdollistaa kuormituksen jakamisen, jäykistämisen sekä reiät yms. elementtitekniikkaa edullisemmin.
- Paikallarakennettujen talojen käyttötarkoituksen muunneltavuus on elementtirakenteista parempi, jolloin asukkaiden ja käyttäjien toiveet voidaan ottaa joustavasti huomioon.
- Paikallarakentaminen sopii ahtaisiin paikkoihin ja täydennysrakentamiseen.
- Ääneneristysominaisuudet ovat keskimäärin paremmat kuin nykyisellä perustekniikalla toteutetuissa taloissa.
- Paikallarakentaminen ei ole yhtä altis rakennusvirheille kuin elementtirakentaminen.
- Talotekniikan integrointi on helpompaa paikallarakentamisessa kuin elementtirakentamisessa.
- Paikallarakennettujen talojen elinkaaritaloudellisuus on edullinen.
- Paikallarakennetut talot ovat elementtirakenteisia pitkäikäisempiä, ja niiden ylläpito- ja korjauskustannukset

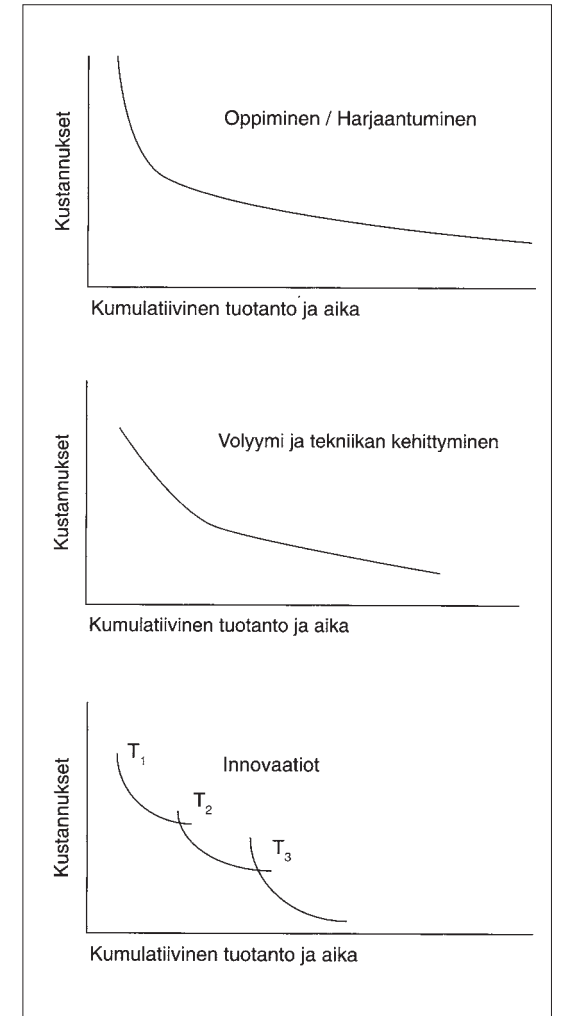
ovat alhaiset.

- Paikallarakentamisen imago ja arvostus on korkea; rakennusten vuokrattavuus ja myytävyyden on hyvä ja niiden arvo säilyy. Rakennukset ja miljöö ovat ajattomia ja kaupunkikuva kehitty myönteisesti.

Paikallarakentamisen yleistymistä ovat erityisesti haitanneet rakennuskustannukset. Rakentamisen ammattilaiset myöntävät, että korkea hinta johtuu pääsääntöisesti eri osapuolien osaamattomuudesta ja kohteiden hinnoittelusta ”varman päälle”. Yleisesti uskotaan, että oppimiskäyrällä alaspäin tultaessa ja tekniikan käytön yleistyessä ja kehittyessä hinta putoaa ja lähestyy nykyisen perustekniikan kustannustasoa (ks. viereinen kaavio). Toisaalta paikallarakentaminen saa maksaa 2-5 prosenttia elementtirakentamista enemmän. Tämän lisäkustannuksen ovat markkinat ja rahoittajat valtion tukemassa asuntotuotannossakin valmiit maksamaan paremman laadusta, kestävydestä, vuokrattavuuden ja myytävyyden paranemisesta ym. eduista.

Kaikilla urakoitsijoilla ei tunnu olevan toistaiseksi aitoa halua kehittää paikallarakentamisen osaamistaan. Kohteet muutetaan mielellään neuvottelujen aikana perustekniikalla toteutettavaksi, jos siten saadaan aikaan parempi rahallinen lopputulos. On kuitenkin selvää näyttöä siitä, että paikallarakentamisen kustannukset saadaan käytännössä samalle tasolle kuin elementtirakentamisen kustannukset.

Paikallarakentamisen kustannusten arvioidaan olevan kustannusherkeempiä kuin teollisen rakentamisen. Erityisesti pelätään muurareiden ja valuporukoiden saatavuutta ja hinnoitte-



Kustannustehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä.

lun ryöstäytymistä takavuosien kokemuksia muistellen.

Uusien runkorakennustekniikoiden lisäksi on olemassa runsaasti myös muita rakentamisen kehitystavoitteita, jotka pyrkivät nostamaan kustannustasoa. Näitä ovat mm. kehittyvä talotekniikka, yleisten tilojen lisääntyvä tarve, liikuntaesteisten vaatimukset ym.

Paikallarakentamisen visio

Asuntorakentamisen kehittämisessä on lähdettävä itse asumisesta ja mietittävä asumisen sisällön muuttumista ja sitä, miten asunto palvelee uusia elämäntapoja ja elinkaariasumista esimerkiksi ruokakuntien koon mukaan. On mietittävä maankäyttöä ja suhdetta ympäristöön, kaupunkikuvaa, ekologiaa ja kestäväää kehitystä, asumisen sosiaalisen ympäristön muotoutumista jne.

Myös toimitilarakentamisen kehittämisessä on lähdettävä yritysten ja työntekijöiden muuttuvista tilantarpeista, talotekniikan, automaation ja tietotekniikan kehitysnäkymistä – työn sisällön muutostrendeistä. Vasta tämän jälkeen, seuraavassa vaiheessa, tulee miettiä millä tekniikalla nämä tavoitteet toteutetaan.

Rakennuksen runko, julkisivu mukaan luettuna, on ollut keskeisin osa rakennustekniikkaa. Sen merkitys säilyy tärkeänä, mutta on kuitenkin vähenemässä. Yhä tärkeämmäksi nousee talotekniikan rooli rakennusten ominaisuuksien muodostajana.

Runkorakenteidenkin valinnassa ja kehittämisessä on lähdettävä rakennusten käyttäjien tarpeista ja toivomuksista.

Myös yhteiskunnan asettamat tavoitteet ja reunaehdot ympäristön ja kaupunkikuvan kehittämistä, ekologiasta, rakennusten ominaisuuksista, tekniikasta ja laadusta on otettava huomioon.

Paikallarakentamisen kehitystyö on ollut esimerkillisen tehokasta ja onnistunutta, selvään strategiaan ja kokonaisuunnitelmaan perustuva. Paikallarakennettujen runkojen kokonaismarkkinaosuus on noussut, mikä kertoo tekniikan hyväksymisestä ja tulevaisuuden mahdollisuuksista.

Lisää tietoa

- Esiselvitys kiinteistö- ja rakennusalan teknologiaohjelman käynnistämiseksi 1998. RAKLI ja Tekes
- Rakentamalla hyvinvointia 1998. KTM, Tekes, YM ja VTT.
- Lahdenperä, Pertti 1998. Väistämätön muutos – miksi ja miten muuttaa rakennusteollisuuden toimintatapoja ja hyötyä muutoksesta, VTT ja Tekes. Rakennustieto Oy, Helsinki.
- Hyartt, Jarmo – Saari, Arto 1993. Rakennusosien ja järjestelmien elinkaaren kustannusten laskenta, TKK.
- Vesa, Markku 1998. Rakentamisen laatu ja sen kehittäminen, YM ja Tekes.

2. Arkkitehtuuri



Vuoden betonirakennuksen 2003: Lleidan yliopiston kirjasto ja kulttuurikeskus, Espanja, Gullichsen - Vormala Arkkitehdit Ky, Rakennesuunnittelu: Professori Matti Ollila sekä avustajana Matti Kannisto.

Arkkitehtuuri

Kestävä kivitalo 1998

Kestävä kivitalo-projekti julkaisi vuonna 1998 kirjan nimeltään vain yksinkertaisesti "Kivitalo". Kirja oli ensisijaisesti tiivis tietopaketti, mutta myös näyttävä Kestävä kivitalo-projektin pr-julkaisu, joka yhdessä SBK:n aikaisemmin julkaiseman "Pilarilaatta-ohjeen" kanssa se esitteli laajasti paikalla toteutetun kivirakentamisen teknisiä ja arkkitehtonisia mahdollisuuksia. Noista ajoista on tietotaito ja kokemus paikalla rakentamisesta, sen kehittamisestä ja arkkitehtonisista mahdollisuuksista karttunut ja levinnyt suunnittelija- ja rakentajakunnassa varsin yleiseksi tietoudeksi. Myös toteutettuja kohteita on valmistunut runsaasti joten viiteaineistoa on esittää tässäkin suhteessa.

"Kivitalo" -kirja oli ilmestyessään varsin ajankohtainen ja kattava katsaus paikalla rakentamisen silloiseen tilaan. Kirjan alun arkkitehtuuriosuudessa ei toteutettuja asuinrakennuskohteita ollut vielä esittää kuin muutama esimerkki. Näiden yhteisenä piirteenä oli eräänlainen tulevaisuudenuskoinen kokeilevuus, joka arkkitehtonisilta piirteiltään oli vielä varovaista eikä aina juurikaan erottunut samanaikaisista elementtitoiteuksista. On mielenkiintoista todeta, että paikalla rakentamisen arkkitehtonisia mahdollisuuksia ei selvästikään vielä osattu, haluttu tai rohjettu täysimääräisesti hyödyntää.

Esitellyistä kohteista Timo Vormalan As Oy Lauttasaaren Meritähti käytti parhaiten rungon osalta pohjaratkaisuissaan ns. avoimen rakentamisen mukaista vapaan asunotjakautuman ja yksilöllisten pohjaratkaisujen periaatetta. Vaipaltaan kohde oli sandwich -elementtirakenteinen ja ko. tekniikan ehdoilla tehty

– kylläkin arkkitehtonisesti erittäin korkeatasoinen.

Tuomo Siitosen työryhmän suunnitteleman kohteen lähtökohtana oli rinnakkais-suunnittelu sekä elementtirakenteisena että paikalla rakentaen toteutettavaksi. On selvä, että ko. lähtökohta johtaa jommankumman järjestelmän kannalta kompromisseihin eikä niiden potentiaalia kyetä parhaalla mahdollisella tavalla hyödyntämään. Kohteen runko toteutettiin paikalla rakentaen. Rapatuilta julkisivuiltaan se eroaa elementtitoiteuksesta lähinnä vain elementtisaumojen puuttumisen vuoksi.

Jyrki Tasan esittelemä Vuosaaren koerakentamiskohde on kiintoisa laajan hankkeen arkkitehtonisena julkisivumuunnelman, jossa saman tilaohjelman puitteissa eri kerrosten ikkuna-aukotus vaihtelee – arkkitehtoninen teema, joka yhdessä vertikaalialueiden ikkunaryhmittelyjen kanssa on sittemmin muodostunut lähes pakonomaiseksi julkisivujen jäsentelykeinoiksi uudemmassa asutokerrostaloarkkitehtuurissamme. Kohteessa, joka esittelyajankohtana oli vasta suunnitteluvaiheessa, on edellä mainittuja monipuolisemmin voitu hyödyntää paikalla rakentamisen arkkitehtonisia mahdollisuuksia. Paikalla tehty runko on antanut mahdollisuuden esim. ulkoparvekkeisiin ja "palapeli" -rakentamista monipuolisempaan julkisivujäsentelyyn.

Runkoratkaisultaan kokeilevin ja edistyskellisin on Patrik Erikssonin Herttoniemen rantaan suunnittelema paikalla valettu, jälkijännitettynä pilarilaattarakenteena toteutettu kolmen pistetalon ryhmä Laivalahdenkaari 9. Kohteessa on myös kiinnostava lisälämpöeristetty rapattu harkkoulkoseinä. Kohteelle luonteenomaista oli ruotsalaishenkisen ulkoasu ja käyttökelpoisuudeltaan hieman kyseenalaiset sektorin muo-



As Oy Kaivopuiston Olympos, Helsinki, Gullichsen - Vormala Arkkitehdit Ky.

toiset kaarevat parvekkeet.

Paikalla toteutettu kivirakentaminen on ollut ja on edelleen vaativien julkisten rakennuskohteiden lähes yksinomainen toteutustapa. Niin tilanne on myös vaativassa asuinrakentamisessa. Vuoden 1998 Kivitalo-kirjan kansikuvaksi oli valittu Kristian Gullichsenin suunnittelema As Oy Kaivopuiston Olympos. Se on loistava esimerkki vaativan asunorakentamisen laadullisia ja elinkaareen liittyviä vaatimuksia ja tavoitteita toteuttavasta kivirakentamista, jonka arkkitehtonisesti korkeatasoinen suunnitelma korostaa onnistunutta kokonaisuutta.

Kestävä kivitalo tänään

Kivitalokirjan julkaisemisen jälkeen on kivirakentaminen lisännyt osuuttaan huomattavasti ja paikalla rakentamisesta ja siitä on tullut useissa tapauksissa varteenotettava vaihtoehto elementtirakenteiselle toteutukselle. Myös erilaiset elementti- ja paikalla rakentamisen yhdistelmät ja muunnelmat ovat lisänneet osuuttaan. Niin suunnittelijoiden kuin rakentajienkin osaaminen on kokemuksen ja ohjeistuksen myötä lisääntynyt. Paikalla rakentamisesta on vallalla kaksi yleisesti omaksuttua käsitystä. Niiden mukaan paikalla rakentaminen on elementtirakentamiseen verrattuna yksilöllisempää, mutta kalliimpaa.

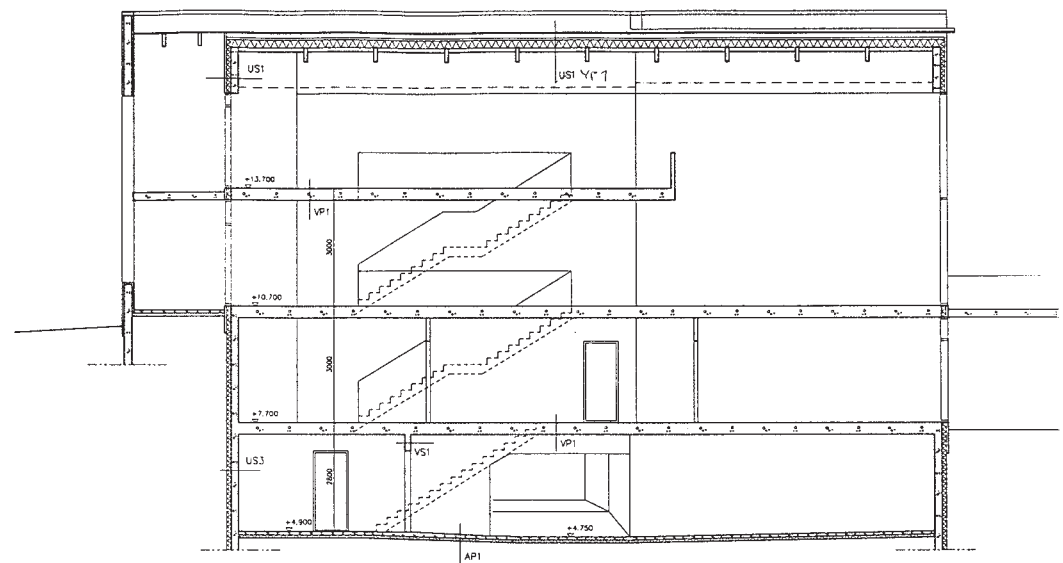
Elementtirakentamisen perintö

Elementtirakentaminen nähtiin aikanaan ainoaksi ratkaisuksi 60- ja 70-lukujen määrällisten asunorakentamistavoitteiden saavuttamiseksi. Sitä perusteltiin yleisesti myös kustannusten nousun hillitsijänä. Elementtirakentamisen kehittämisessä oli rakennusteollisuuden tärkeänä tavoitteena rakentamisen teollistaminen ja työskentelyolosuhteiden kohentaminen sekä tuottavuuden parantaminen.

BES-järjestelmän kehittäminen ja sitä tukenut avoimen pilarilaattajärjestelmän PLS -tutkimus johtivat siihen, että elementtirakentamisesta tuli 'maan tapa', minkä mukaan lähes koko rakennusteollisuus oppi toimimaan ja minkä mukaan tuotanto järjestettiin. Tämä oli pitkälti teollisuuden tavoitteenakin. Kun elementtirakentaminen yhdistettiin aluerakentamiseen, saatiin rakentamisen määrälliset tavoitteet – niin Suomessa kuin Ruotsissakin – täytetyiksi. Ja jälki näkyy edelleen! Ruotsissa ns. miljoonaohjelman – miljoona asuntoa kymmenessä vuodessa – tulosten kritiikki heräsi Suomea aiemmin. Meitä suuremman rakentamisen määrän ja toiston lisäksi myös sosiaaliset ongelmat kärjistyivät siellä pahemmin kuin Suomessa. Reaktio oli yllättävän voimakas ja 80-luvulle tultaessa elementtirakentamisen määrällinen osuus pieni ratkaisevasti. Tähän vaikutti myös koko asuntolainoitusjärjestelmän muutos ja rakentamisen volyymin radikaali väheneminen. Suomessa vastaava reaktio ja muutos ei ollut yhtä voimakas ja kritiikki aluerakentamiskauden rakentamiseen ilmeni huomattavasti myöhemmin kuin naapurimaassa. Suomessa elementtirakentaminen on säilyttänyt asemansa myös



As Oy Lars Sonckintie 12, Helsinki,
Arkkitehtitoimisto Kirsti Siven.



huomattavasti Ruotsia pitempään. Ruotsissa mm. asuntorakentamisen ympäristösopivuusvaatimukset (miljöanpassbarhet), kansankodin pehmeät arvot sekä arkkitehtuurin modernismin ja elementtirakentamisen Suomea heikompi asema johtivat paikalla rakentamisen voimakkaaseen lisääntymiseen taloudellisten seikkojen kustannuksellakin.

Suomessa aluerakentamiskauden kritiikki on kohdistunut lähinnä itse lähiörakentamiseen sekä rakennusten arkkitehtuurin yksitoikkoiseen ja virikkeettömään teollisesti kloonattuun ilmeeseen. Vasta myöhemmin ilmaantuivat elementtirakentamisen ja etenkin sandwich -elementtien tekniset epäkohdat. Julkisivujen osalta paikalla rakentaminen on nähty usein ratkaisuna näiden epäkohtien korjaamiseksi ja uustuotannossa niiden välttämiseksi.

Yksilöllisyyden vaatimukset kasvavat

Siirtyminen määrällisiä tavoitteita toteuttavista hankkeista pienempiin toteutusyksikkökokoihin ja lisääntyvään täydennysrakentamiseen on korostanut rakentamisen ympäristöön sopivuutta ja yksilöllisiä piirteitä. Myös tämän päivän asunnonostajan yksilölliset tarpeet pyritään markkinointi- yms. syistä ottamaan entistä paremmin huomioon. Mm. nämä seikat edellyttävät aiemmasta poikkeavia arkkitehtonisia ja teknisiä ratkaisuja. Näihin tarpeisiin nähdään paikalla rakentaminen – ainakin julkisivujen osalta usein elementtirakentamista parempana lähtökohtana.

Unohtaa ei sovi tässä yhteydessä myöskään arkkitehtien ammattikunnan asenteiden merkitystä. Ne ovat täselement-

tirakentamiseen olleet viime aikoihin asti varsinkin kaavoitajien keskuudessa varsin kielteiset. Myös kansainvälisillä ja kansallisilla arkkitehtuurisuuntauksilla ja -tyyleillä on vaikutuksensa asiassa. Valitettavan usein nähdään julkisivuarkkitehtuurin osalta ratkaisuja, joissa väkinäisesti on pyritty välttämään alue- ja elementtirakentamiskauden sinänsä funktionaalisia ja rationaalista julkisivuilmettä.

Yksilöllisyyttä rakennuksen ulkoasussa on yleisesti ottaen helpompi toteuttaa paikalla rakentaen – ainakin elementtirakentamisen tekniset rajoitteet ja julkisivun häiritsevät elementtisaumat voidaan tällöin välttää. Käytännössä kuitenkin osaavalla ja taitavalla suunnittelulla on molemmilla tavoilla saavutettavissa hyviä tuloksia – toteutustekniikoiden mahdollisuudet ja rajoitukset tulee tällöin vain hallita ja ottaa lähtökohtina huomioon.

Itse rakennusten runkojärjestelmän osalta tarjoaa paikalla rakennettu runko huomattavasti enemmän mahdollisuuksia kuin elementtirakentaminen. Näitä ovat saumattomat sisäkatot, mahdollisuus ulokkeiden käyttämiseen, saniteettitilojen lattiarakenteiden ratkaisut, hyvät äänieristysominaisuudet jne. Vain pitkät jännevälit eivät ole yhtä helposti saavutettavissa kuin ontelolaattarakentamisella, vaan tilaa jakavia pilaireita tai kantavia seiniä saatetaan tarvita lisäksi. Näiden sijoittelu toimintoja mahdollisimman vähän haittaavasti ei yleensä ole arkkitehtoninen ongelma. Erilaisilla raudoitus- ja esi- tai jälkijännitysmenetelmillä on jännevälejä kyllä kasvatettavissa tuntuvasti. Nämä ovat asuinrakentamisessa yleensä liian vaativia ja kalliita menetelmiä.



Kiinteistö Oy Tervatalot / Nahkuri. Arkkitehtitoimisto Veli Karjalainen ky, Oulu.

Tekniikoiden luovaa yhdistämistä

Puhtaasti elementtirakenteisen tai kokonaan paikalla rakennetun rungon lisäksi ovat näiden erilaiset yhdistelmät osoittaneet käyttökelpoisiksi. Tällöin rakennuksen kantavat pystyrakenteet tai osa niistä toteutetaan elementtirakenteisina ja vain vaakatasot paikalla valutekniikalla. Vaakatasoissakin elementtien käyttö on järkevää esimerkiksi parvekelaattoina.

Esimerkiksi varsin yleinen ruotsalainen tapa rakentaa asuinkerrostaloja saattaa käyttää kantavina pystyrakenteina porrashuoneen elementtiseiniä ja ulkoseinälinjassa olevia teräspilareita ja välipohjarakenteena paikalla valettua massiivilaattaa täydennettynä elementtirakenteisilla ulokeparvekkeilla. Ulkoseinien esivalmistetut ulkoseinärungot villoitetaan ja levytetään työmaalla jolloin teräspilarit jäävät eristettyinä ulkoseinän sisään. Ulkoseinän ulompi osa saatetaan tehdä paikalla muuraten ja ehkä rapaten tai lämpörappauksena kovan villan ja metalliverkon päälle. Kuvattu esimerkkirakenne olisi suomalaiselle rakentajalle kauhistus enkä suinkaan tarkoita, että näin meilläkin tulisi rakentaa. Sen sijaan se on mielestäni hyvä esimerkki eri rakennustapojen ennakkoluulottomasta ja luovasta yhdistelystä ja käytöstä, josta suomalaisen varsin yksioikoisen rakennusten tuotantotekniikan tulisi ottaa oppia – ei puutalon tai elementtitalon tarvitse olla puuta tai elementtejä kauttaaltaan eikä teräsrunkoisen rakennuksen metallia kopisevaa peltijulkisivua myöten. Toisaalta ei rakennus saisi olla mikään materiaalinäyttelykään, jossa eri osien erilaiset vanhenemiset ja osien saumakohdat ovat jatkuva huolto-ongelma.

Rajoittavat ennakkokäsitykset

Monasti rajoituksena tai suoranaisena esteenä paikalla rakentamisratkaisujen käytölle asuntorakentamisessa on rungon osalta rakennuttajan ennakkoluulot ja epäilykset toteutuskustannusten kohoamisesta elementtirakentamiseen verrattuna. Tämä johtuu paikalla rakentamisen osaajien puutteen pelosta urakkatarjous- ja rakentamisvaiheessa. Elementtirakentaminen nähdään tässä suhteessa paikalla rakentamista turvallisempänä ja vähemmän suhdanneherkkänä vaihtoehtona, jonka osaajia ja kilpailua uskotaan olevan myös enemmän. Asia ei kuitenkaan ole aivan näin yksinkertainen. On yleisesti tiedossa, että urakoitsijat erikoistuvat ja harjaantuvat tiettyihin kehittämiinsä työtapoihin, joiden mukaan rakentaminen on heille opittua, koettua ja edullista. Ja kääntäen – vieraita tai oudompia työmenetelmiä ei hallita samassa määrin kuin tuttuja ja niissä nähdään helposti riskiä, minkä vuoksi ne varmuuden vuoksi hinnoitellaan totuttua kalliimmiksi. Tämä ilmiö esiintyy niin elementti- kuin paikalla rakentamistapauksissakin.

Rohkenen kuitenkin väittää, että lähtökohtaisesti ovat molemmat toteutustavat erikoistuneelle osaavalle tekijälle yhtä edullisia – sekä laskennallisesti että todellisina kustannuksina. Tämä edellyttää tietenkin sitä, että myös suunnitteluratkaisuissa on otettu huomioon kyseessä olevan toteutustavan reunaehdot ja potentiaaliset edut mahdollisimman hyvin. Tässä ongelman ydin ehkä juuri onkin. Jotta paikalla rakentamisen edut voitaisiin ottaa suunnittelussa täysimääräisesti huomioon, tulisi päätös rakentamistavasta tehdä niin varhais-

sessä vaiheessa, että rakennuttajalla ei ole tähän useinkaan valmiutta – tai rohkeutta!

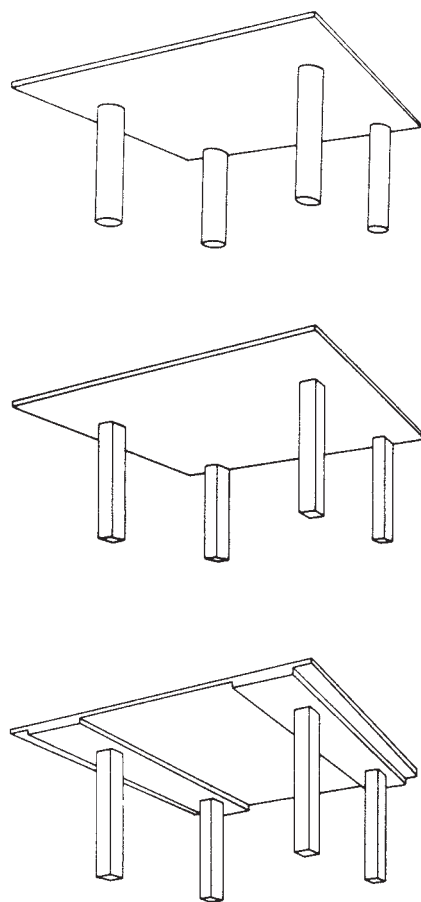
Paikalla rakentamisen tulevaisuus?

Korkeatasoiset ja vaativat kohteet niin asuntorakentamisessa kuin julkisessa rakentamisessakin tullaan edelleenkin toteuttamaan paikalla rakentaen tai paikalla rakentamis- ja elementtitekniikan erilaisina yhdistelminä. Lähitulevaisuuden haasteena onkin löytää keinoja, jolla paikalla rakentamista voisi käyttää ja sen etuja hyödyntää laajemmin myös tavanomaisessa asuntorakentamisessa.

Tämän päivän arkkitehtuuri näyttää jakaantuneen kahteen toisistaan selvästi eroavaan suuntaan. Toisaalta imagoon ja mielikuviin perustuvaan arkkitehtuuriin, jota voisi kutsua nimellä ”julkaisuarkkitehtuuri” ja toisaalta luontevaan ja pyyteettömän vaatimattomaan ihmisläheiseen arkkitehtuuriin. Edellinen esiintyy parhaiten edukseen valokuviissa julkaisuissa ja näytteilyissä. Jälkimmäinen, toiminnallisista ja inhimillisistä tarpeista lähtevä ja ympäristöään kunnioittava arkkitehtuuri on parhaimmillaan käytössä jokapäiväisen elämän toimintakenttänä ja kehyksenä. Omasta puolestani kaipaen enemmän panostusta juuri jälkimmäiseen. Molempiin antaa paikalla rakentaminen eri muodoissaan parhaat mahdollisuudet.

Lopuksi palautan mieleen Alvar Aallon vuonna 1925 kirjoittaman ajattoman ohjeen, joka pätee tänä päivänäkin: ”Rakennustaiteen ainoa oikea päämäärä on: Rakenna luonnollisesti. Älä pingota, älä tee mitään ilman edellytyksiä. Kaikki turha muuttuu ajan mittaan rumaksi.”

3. Betonirungot



Asuinkerrostalon paikallavalettavan rungon perusvaihtoehdot.

Betonirungot

Rungon valinnan avainasiat

Rakennuksen runko ja julkisivut säilytetään yleensä muuttomattomina koko rakennuksen käyttöä. Rakennuksen käyttötarkoituksen, koon ja sijainnin mukaisesti rakennuksen käyttöikä tulisi mitoittaa vähintään 100 vuodeksi. Asuinrakennuksissa rakennuksen käyttötarkoitus säilyy yleensä muuttomattomana ja käyttöaika on pitkä. Tämän vuoksi rakenteiden kestoikä ja huollontarpeella on erityisen suuri merkitys mm. asumiskustannuksiin ja asumisviihtyvyyteen.

Toimisto- ja liikerakennuksilla käyttötarkoituksen muutokset ovat varsin yleisiä ja niihin tulee varautua jo suunnitteluvaiheessa esimerkiksi siten, että varaudutaan suurempiin mitoituskuormituksiin tai parempaan palonkestoon kuin alkuperäinen käyttötarkoitus edellyttää. Myös kantavien pystyrakenteiden sijoituksessa ja jänneväliden valinnassa varaudutaan mahdollisiin muuttuviin tarpeisiin. Toimisto- ja liikerakennuksia voidaan muuttaa myös asumiskäyttöön, jolloin ratkaisevaa on kuinka ääneneristystä voidaan parantaa vaatimuksia vastaavaksi ja onko se yleensä mahdollista.

Rakennuksen rungolla on suuri merkitys ääneneristävyyteen, joka on keskeinen asumisviihtyvyyteen liittyvä tekijä. Hyvä ääneneristys on tärkeä näkökohta silloin, kun asuntoa myydään tai vuokrataan. Massiivisilla, paikallavaletuilla rakenteilla uudet kiristyneet ääneneristysvaatimukset on mahdollista täyttää yksinkertaisesti ja taloudellisesti lisäämällä ääntä eristävien rakenteiden paksuutta.

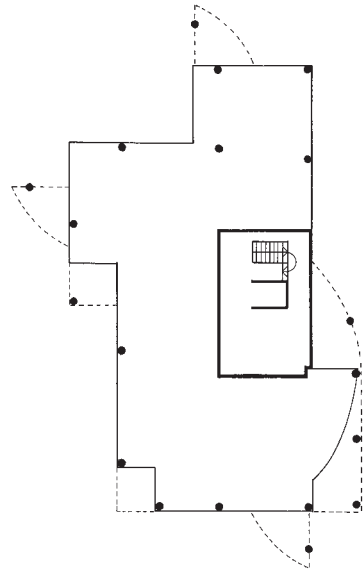
Rakennuksen palonkesto ja paloneristävyys sekä kestävyys poikkeuksellisia kuormituksia vastaan ovat tärkeitä henkilö-

turvallisuuteen liittyviä seikkoja. Paikallavalettu betonirunko täyttää nämä vaatimukset helposti ilman mainittavia lisäkustannuksia.

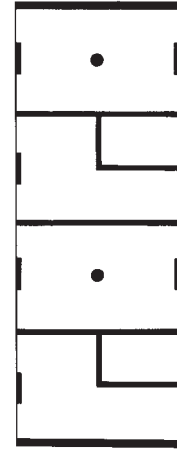
LVIST-tekniikoiden määrä lisääntyy koko ajan erityisesti toimisto- ja liikerakennuksissa. Sama kehityssuunta hieman lievempänä on nähtävissä myös asuinrakennuksissa. Näiden tekniikoiden elinkaari lyhenee koko ajan, mikä on otettava huomioon myös runkoratkaisun valinnassa sekä tekniikoiden sijoittelussa runkoon. Lämmitys- ja sähköjärjestelmät joudutaan asuinkerrostalon oletettuna käyttöaikana uusimaan 2-3 kertaa ja toimisto- ja liikerakennuksissa monta kertaa tätä useammin. Näitä tekniikoita joudutaan huoltamaan ja täydentämään, mikä on kiinteistönpidossa jatkuvaa toimintaa. Rakennuksen rungon tulee antaa mahdollisuus toteuttaa talotekniikkaan liittyvät korjaus- ja uusimistyöt mahdollisimman joustavasti ja pienin kustannuksin. Paikallavalettu runko antaa näille muutostöille mahdollisimman hyvät lähtökohdat ilman, että rakennuksen sisä- tai ulkoilme oleellisesti muuttuu tai kantavat rakenteet olisivat korjaus- tai muutostöiden esteenä.

Avainasiat:

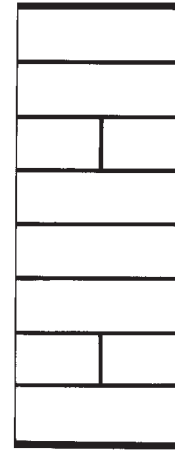
- rakennuksen käyttötarkoitus
- kestoikä, käyttöikä
- ääneneristys
- palonkesto ja paloturvallisuus
- LVIST-tekniikat
- Rakennuksen energiankulutus, lämmönvarauskyky



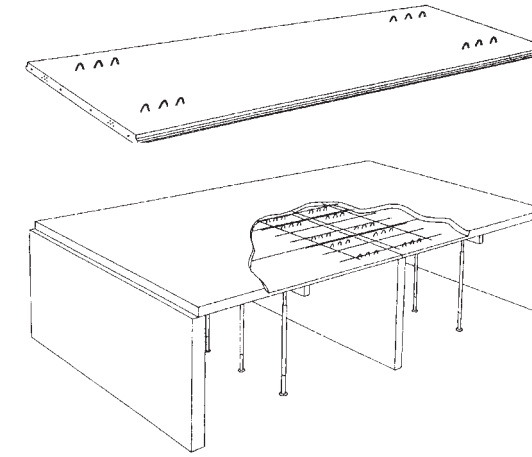
Pilarilaatta



Kantavat seinät ja täydentävät pilarit



Kantavat seinät



Elementtikeruorilaatan ja paikallavalubetonin muodostama yhdistelmä rakenne.



Kevennetty laatta eli ns. kuppiholi, Trapholt, Aude & Lundgaard, 1988.

Runkojärjestelmät

Seuraavassa tarkastellaan asuinkerrostalojen, toimisto- ja liikerakennusten sekä pysäköintirakennusten eri runkovihtoehtoja.

Rakennuksen rungon valinta on monitahoinen prosessi, jossa on otettava huomioon niin rakennuksen omistajien, käyttäjien kuin itse rakennushankkeeseen osallistuvien tahojen tarpeet. Toisaalta rakennuksen sijainti ja ympäristö asettavat vaatimuksia valinnoille. Runkomateriaalivaihtoehtoja on useita ja paikallavalettu betonirakenne poikkeaa muista erityisesti tuotantotekniikkansa takia. Rakennuksen rungon valinnassa tulee ottaa huomioon myös mahdolliset käyttötarkoituksen muutokset rakennuksen elinkaaren aikana.

Paikalla valurungon perusratkaisut jaoteltuna kantavien pystyrakenteiden mukaan ovat:

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

Vaakarakenneeksi suositellaan valittavaksi:

- tasavahva laatta
- yhteen suuntaan palkeilla vahvennettu laatta
- kevennetty laatta (esimerkiksi ns. kuppiholvi), jota voidaan suositella käytettäväksi poikkeustapauksissa esimerkiksi arkkitehtonisista syistä

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

Viereisen sivun kuvassa esitetään pilarilaattaan perustuvien runkojen perusratkaisut. Käytännössä erityisesti toimisto- ja liikerakennuksissa runko voi olla kahden tai useamman perustyyppin yhdistelmä. Tällainen tilanne syntyy esimerkiksi, kun toimistorakennuksen yhteyteen rakennetaan autopaikotustiloja.

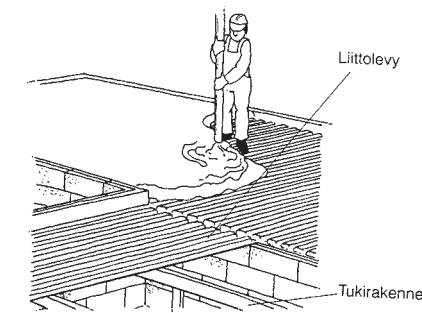
Taulukossa 1 esitetään arvio eri runkoratkaisujen soveltuvuudesta eri käyttötarkoituksiin.

Välipohjat voidaan toteuttaa myös liittorakenteena, joissa vaihtoehtoina ovat:

- betoninen kuorilaatta, joka voi olla jännitetty tai teräsbetonirakenne
- teräksinen ohutlevy (liittolevy)

Kummassakin tapauksessa valuu jäävä rakenne toimii myös valumuottina, joka tuetaan valun ja betonin kovettumisen ajaksi.

Kiipeävä muotti

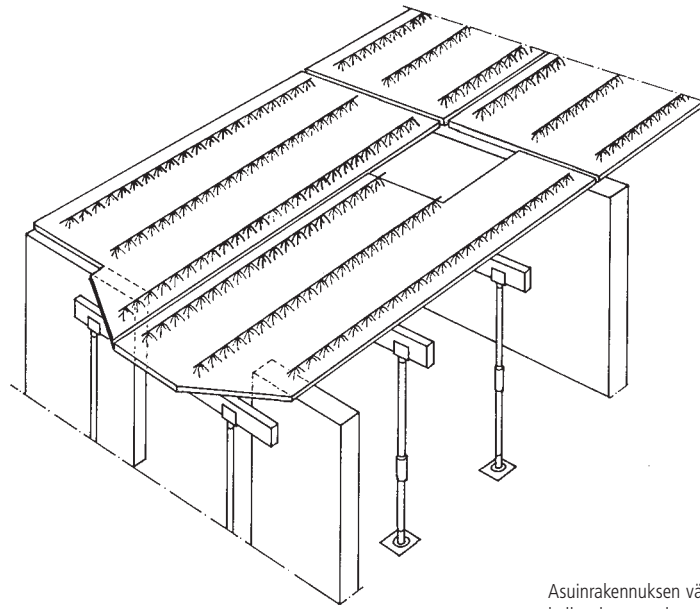


Liittolevy rakenne.

Taulukko 1: Runkojärjestelmien soveltuvuus rakennuksen eri käyttötarkoituksiin.

Runkotyyppi	Asuinkerrostalo	Rivitalo, Omakotitalo	Toimisto- ja liikerakennus	Pysäköintirakennus
Kantavat seinät -laatta	xxx	xxx		
Kantavat seinät ja täydentävät pilarit	xxx	xxx	x	
Pilarilaatta, pyöreät pilarit (PL1)	xxx	xx	xxx	xx
Pilarilaatta, neliönmuotoiset pilarit (PL 2)	xxx	xx	xxx	x
Pilarilaatta vahvennuskaisoilla tai palkeilla (PL 3)			xxx	xxx

xxx = soveltuu erittäin hyvin, xx = soveltuu hyvin, x = soveltuu erikoistapauksissa



Asuinrakennuksen välipohjat voidaan toteuttaa myös kuorilaatan ja paikallavalun muodostamana liittorakenteena. Kuorilaatat voivat olla jännitetyjä 1,2m leveitä tai jopa 3m leveitä teräsbetonelementtejä.

Asuinkestoalat

Rungon perusratkaisut

Paikalla valurunkoratkaisuista asuinkestoaloihin soveltuvat erityisesti seuraavat:

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

Asuinkestoalon rungon vaakarakenteena käytetään tasavahvaa massiivista laattaa. Pyrkimyksenä on sijoittaa pilarit ja kantavat seinät säännömukaiseen ruudukkoon. Kuitenkin rakennuksen muodon ja arkkitehtuurin vuoksi voidaan pila-reita joutua sijoittamaan myös epäsäännöllisesti. Poikkeustapauksissa laattaa joudutaan tietyiltä osin vahvistamaan palkein. Näitä tilanteita tulee kuitenkin mahdollisuuksien mukaan välttää, koska niillä on vaikutusta rakentamisaikaan ja kustannuksiin.

Asuinkestoalat ovat perusmuodoltaan joko lamellitalo- ja tai pistetaloja. Lamellitaloissa pystyrakenteena käytetään yleisesti kantavia seinä. Pistetaloissa kantavien seinien ja pilareiden yhdistelmä tai pilarilaatta on taloudellinen vaihtoehto. Pilarit voivat olla teräsbetonia joko paikalla valuna tai elementteinä. Ulkoseinälinjoilla käytetään myös teräspilareita.

Laatta voidaan toteuttaa kahdella tavalla:

- jännittämättömänä rakenteena
- jännitettyinä rakenteena

Pilarilaatassa jännittämättömän rakenteen taloudellinen käyttöraja ulottuu noin 8 metrin jänneväliin saakka, joka yleensä on riittävä asuinkestoaloissa. Jännitettyinä rakenteena päästään taloudellisesti noin 10 metrin jänneväliin saakka ilman laatan vahvistuksia esim. palkkikaistoilla. Rakenteen jännittäminen lisää rakentamiskustannuksia.

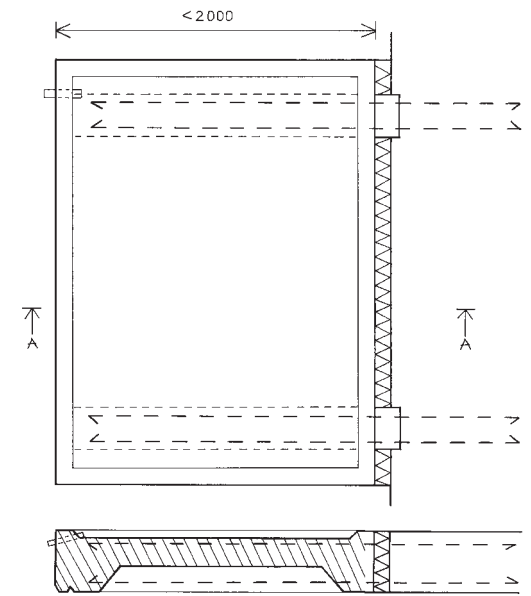
Laatan rakennepaksuus kummassakin tapauksessa on jännevälistä riippuen käytännössä vähintään noin 250 mm. Usein on edullista valita paksumpi laatta, jotta muun muassa laatan sisään sijoitettuille viemäriputkille saadaan riittävä kaato.

Laatan paksuuteen vaikuttaa asuinkestoaloissa erityisesti:

- ääneneristysvaatimukset
- LVIST -tekniikoiden sijoitustapa
- kuormitukset ja taipumat

Ääneneristysvaatimusten takia joudutaan valitsemaan usein paksumpi laatta kuin rakenteelliset seikat (kuormien kantokyky, taipumat) edellyttävät. Laatan paksuudella ja massiivisuudella on erityisesti merkitystä ilmanääneneristykseen. Askelääneneristystä voidaan lisäksi parantaa lattian pintamateriaaleilla ja laatan päälle tulevilla kerroksilla. Mikäli väliseinänä käytetään muurattuja rakenteita, tulee taipumarajoja kiristää, jotta muurattuihin seinäin ei tulisi halkeamia. Taipumaraja näissä tapauksissa on yleisesti jänneväli/500.

Laatta viimeistellään valuvaiheessa pinnoitevalmiiksi, joten suunnitelmissa ei tarvitse tehdä varauksia erillisille pintavaluille tai jälkivaluille. Varaukset tehdään ainoastaan lattian pintamateriaaleille ja märkien tilojen kallistuksille.



LEIKKAUS A-A

LVIST -tekniikoiden sijoitus vaikuttaa myös laattavahvuuteen. Mikäli esimerkiksi viemäriputket halutaan sijoittaa välipohjalaattaan, on laatan paksuus valittava riittäväksi, jotta viemäriputket kallistuksineen ja raudoitteet mahtuvat laattaan. Tässä tapauksessa laatan paksuudeksi suositellaan vähintään 250... 300 mm.

Asuinkestoalojen lattia voidaan toteuttaa ns. kelluvana lattiarakenteena erityisesti silloin, kun käytetään lattialämmitystä ja/tai pyritään normivaatimuksia selkeästi parempaan ääneneristävyyteen.

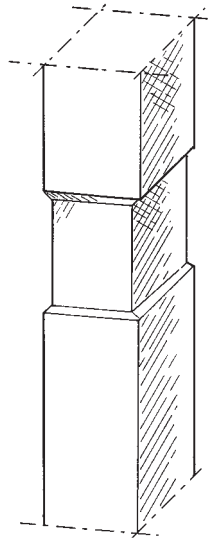
Paikallavalettu laatta mahdollistaa ulokkeiden ja sisennysten sekä aukkojen teon suhteellisen vapaasti. Myös parvekkeet voidaan toteuttaa laatasta ulokkeina.

Liittorakenteet

Asuinrakennusten vaakarakenteet voidaan toteuttaa myös kuorilaattarakenteisina. Tällöin saavutetaan massiivisen, saumattoman rakenteen avulla hyvät ääneneristysominaisuudet. Lisäksi kuorilaattarakenteen palonkestävyys on normaalin teräsbetonirakenteen luokkaa. Tasoitteella laatan alapinnasta saadaan lisäksi haluttaessa täysin tasainen.

Liittorakenteisilla välipohjarakenteilla voidaan lyhentää kokonaisrakennusaikaa, koska liittorakenteet sisältävät valtaosan valmiin rakenteen vaatimasta raudoituksesta. Liittorakenne toimii myös asennusalustana esim. välipohjalaattaan sijoitettaville putkituksille. Se ei myöskään vaadi muottien rakentamista, purkamista, siirtämistä eikä varastointia. Lisäksi talvirakentaminen on helppoa esimerkiksi laatan alapuolisen

Periaatepiirros elementtiparvekkeesta, joka ankkuroidaan ulokkeelliseksi eristekerroksen läpi menevien kannatinpalkkien ja ankkurointiraidoituk-sen avulla paikallavalettavaan laattaan. Kannatinpalkkien kylmäsilta-vaikutus sekä pintalämpötiloihin että energikulutukseen on laskelmin to-dettu vähäiseksi. Tarvittaessa esim. parvekkeen oven kohdalla voidaan käyttää paikallista vastuslankalämmitystä.



Paikallavalettava välipohja voidaan tukea useampikerroksiseen elementtipilariin yksinkertaisen, pilariin liitettävän loven avulla. Kuormituskokeet ovat osoittaneet, että liitos on luotettava ja se on helppo toteuttaa.

infrapunalämmityksen avulla. Rakenneosien keveyden ansiosta niiden asennus ei vaadi raskasta nostokalustoa.

Liittorakenteilla voidaan toteuttaa hyvin joustavasti monimuotoisetkin asuinrakennusten pohjaratkaisut. Haluttaessa tilojen joustavuutta ja muunneltavuutta enemmän kuin perinteisessä kantavat seinät-runkojärjestelmässä, voidaan liittorakenteisissa asuinkerrostaloissa käyttää myös pilari-laatta-järjestelmää tai pilari-palkki-järjestelmää, jossa palkki on osittain tai kokonaan laatan sisäinen palkki.

Pilarit

Pilarit tehdään joko pyöreinä tai neliömuotoisina. Muodolla ei ole kustannuksiin eikä tuotantotekniikkaan merkittävää vaikutusta, ja valinnat voidaan tehdä arkkitehtonisista lähtökohdista. Pilarilaatan pilarin koon määrää käytännössä pilarin läpileikkautuminen laatasta.

Rakennesuunnittelija optimoi laatan paksuuden ja pilarin koon annettujen reunaehtojen mukaan. Käytännössä neliömuotoisen pilarin sivumitat vaihtelevat välillä 300...600 mm ja vastaavasti pyöreän pilarin halkaisija välillä 350...500 mm. Pyöreän pilarin halkaisijat suositellaan muottiteknisistä syistä valittavaksi 50 mm:n kerrannaisina. Pilarikokoa kasvattaa jännevälin pidentäminen ja laatan ohentaminen sekä rakennuksen kerrosten lukumäärän kasvaminen. Poikkeustapauksissa (esim. arkkitehtoniset syyt) pilarin päähän voidaan tehdä vahvennus, jolla lisätään laatan läpileikkautumiskapasiteettia. Yleensä pilarin läpileikkautuminen estetään laataan tulevilla sisäisillä vahvennuksilla.

Pilarit voidaan toteuttaa myös elementtipilareina, jotka voivat olla joko kerroksen tai usean kerroksen korkuisia. Paikallavaletun holvin kanssa ei yleensä käytetä konsoleita. Ulkoseinälinjoilla käytetään yleisesti myös teräspilareita silloin, kun julkisivut ovat kevyitä rakenteita.

Ulkoseinillä käytetään usein seinämäistä pilaria, jolloin sen ulkonema sisäseinissä jää pieneksi tai sitä ei ole ollenkaan.

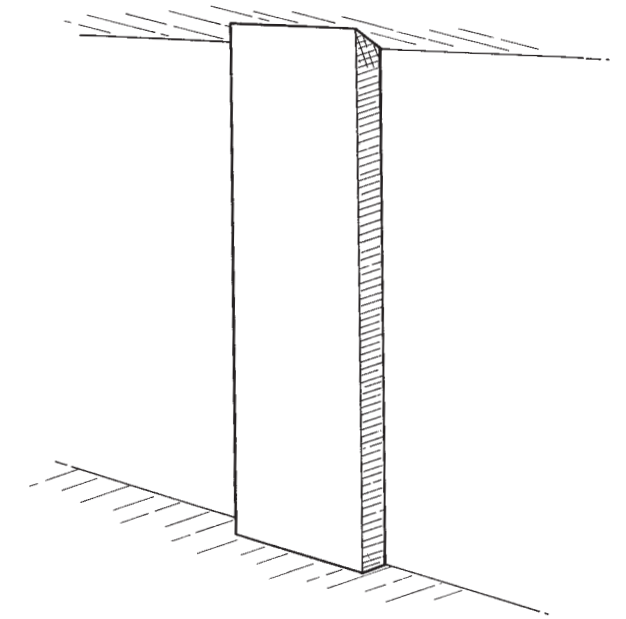
Kantavat seinät

Asuinkerrostalojen rungoissa kantavat seinät pyritään sijoittamaan huoneistojen välille, jolloin ne toimivat rungon jäykisteenä sekä ääntä- ja paloeristävänä rakenteena. Huoneistojen välillä 200 mm paksu seinä täyttää ääneneristys- ja palonkestovaatimukset. Paksuus on yleensä riittävä myös kuormitusten kannalta. Seinät voidaan usein mitoittaa betonirakenteina, jolloin raudoitteita tarvitaan lähinnä vain seinien ja aukkojen reunoissa.

Seinien sijoittelulla on vaikutusta toteutusaikatauluun ja rakennuskustannuksiin. Muotti- ja raudoitustyön kannalta seinät tulisi sijoittaa mahdollisimman säännömukaisesti yhdensuuntaisina. Muottiteknisistä syistä toisiinsa nähden poikittaisia seinä tulisi välttää. Eräs vaihtoehto on tehdä poikittaiset seinät elementtirakenteisina.

Huoneistojen väliset seinät pilarilaattarungossa

Huoneistojen välisillä seinillä pilarilaattarungossa on erottava ja eristävä funktio. Lisäksi niitä hyödynnetään yleensä ra-



Ulkoseinällä voidaan käyttää seinämäistä pilaria, esimerkiksi 600x150mm. Esimerkiksi ikkunoiden väliin sijoitettuna pilari jää huomaamattomaksi.

kennuksen rungon jäykistyksessä vaakavoimille. Pystykuormat otetaan vastaan pilareilla.

Pilarilaattarungossa huoneistojen välisiksi seinärakenteiksi tulevat kyseeseen:

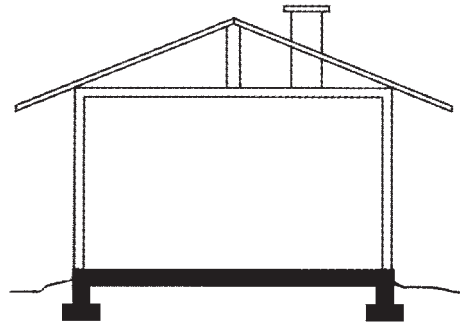
- elementti (betoni, kevytbetoni) tai valuharkko. Rakennetta voidaan käyttää rungon jäykistykseen.
- muurattu rakenne (kevytsorabetoni, tiili, kevytbetoni), joka voi olla kaksoiseinä rakenne. Rakennetta voidaan käyttää rungon jäykistykseen.
- monikerroksiset kipsilevyrakenteet, joissa on kaksi erillistä runkoa puusta tai metallista. Rakennetta ei voi sellaisenaan käyttää rungon jäykistykseen ilman seinän sisään sijoitettavia jäykistysrakenteita.

Pilarilaattarungossa seinäratkaisulla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuskustannuksiin ja -aikatauluun.

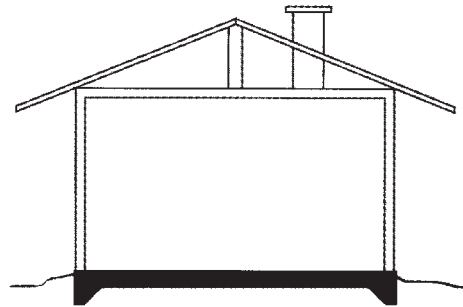
Julkisivut

Kantavat seinät - runkojärjestelmä sekä pilarilaatta eivät rajoita julkisivurakenteen valintaa. Julkisivuissa yleisesti käytetyt pintamateriaalit ovat muuraus, rappaus ja betonielementit eri pintavaihtoehtoilla.

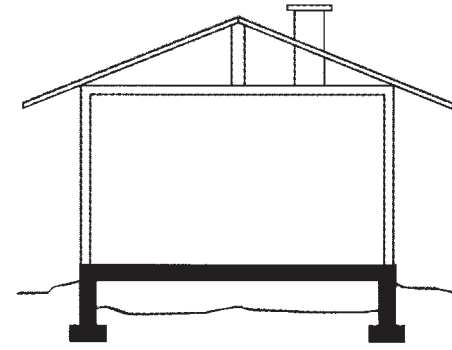
Julkisivuverhouksen takana oleva rakenne voi olla kevytrakenne puu- tai metallirunko tai betonirakenne joko paikalla rakennettuna tai elementteinä. Muurattuja ulkoseinä rakenteita on tarkasteltu luvussa "Muuratut runkorakenteet" toisaalla tässä kirjassa.



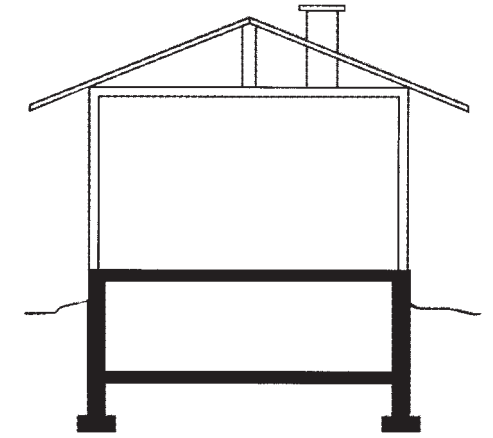
Anturaperustus perusmuureineen sekä maanvarainen laatta.



Reunapalkilla jäykistetty maanvarainen laatta.



Anturaperustus ja kantava laatta, jonka alla tuuletustila.



kellariperustus.

Omakotitalot ja rivitalot

Omakoti- ja rivitaloja on perinteisesti rakennettu paikallavalaen. Varsin yleinen ratkaisu on ollut kellarin rakentaminen betonirakenteisena ja varsinaisen asuinosan rakentaminen esim. puusta tai muuraamalla. Viime aikoina on yleistynyt myös koko asuinrakennuksen rakentaminen paikalla valaen.

Pientalojen perustukset

Pientalojen perustusten vaihtoehtoja ovat

- matalaperustus
- ryömintätalainen perustus
- kellarillinen perustus
- paaluperustus
- reunavahvistettu laatta
- pilariperustus

Matalaperustus on pientaloissa yleisin perustamistapa. Maapohjan routiminen estetään ns. sokkelihalkaisulla sekä lämpöeristämällä perusmuurin viereiset osat. Tällöin perustamisyyvyys voi olla varsin matala noin 0,5 metriä. Sokkelihalkaisu voidaan tehdä käyttämällä riittävän jäykkää eristelevyä sekä tukemalla levyt riittävän tukevasti muotteihin, jolloin perusmuuri voidaan tehdä yhdellä valukerralla. Toinen tapa sokkelihalkaisun tekoon on valaa halkaisun ulompi kuori erillisinä valuna.

Matalaperustuksessa maanvaraisen laatan alle laitetaan yleensä tuuletusputket radonin poisjohtamiseksi.

Kapillaarinen vedennousu estetään käyttämällä maanva-

raisen laatan alla kiviainesta, jossa kapillaarinen vedennousu on vähäistä. Kapillaarista kosteuden siirtymistä estetään myös lämmöneristeillä ja bitumikermieristyksillä.

Ryömintätalainen perustus

Ryömintätalainen perustus käytetään loivilla rinnetonteilla silloin, kun halutaan välttää sokkelin sisäpuolisia täyttöjä ja/ tai perusmaa on huonosti kantavaa ja sokkelit täytyy perustaa paaluille.

Ryömintätalainen perustuksessa ryömintätalainen kosteus on ympäri vuoden suhteellisen suuri ja homeen sekä muiden mikrobien kasvu on mahdollista. Tämän vuoksi kantava alapohjalaatta on syytä tehdä betonirakenteisena, jolloin se on mahdollista tehdä ilmatiiviiksi ja kosteus ei aiheuta vaurioita alapohjan rakenteille.

Ryömintätalainen mataluudesta johtuen alapohja tehdään käytännössä ontelolaatoista tai kuorilaatoista, koska paikallavalaatassa muottien purku ryömintätalainessa on käytännössä hankalaa.

Ryömintätalainen perustuksen hyviä puolia ovat myös maaperästä tulevan radonin helppo tuuletus sekä vähäinen riski maaperästä tulevan veden kapillaariselle vedennousulle.

Kellarillinen perustus

Paikalla valurakenteilla voidaan helposti ottaa vastaan maanpainekuormia sekä tehdä rakenteet vedenpitäviksi. Kellarillisessa perustuksessa radon tuuletetaan pois alapohjan alle tulevan

tuuletusputkiston avulla. Kapillaarinen kosteus estetään kapillaarikatkokiviaineksilla sekä lämmön- ja kosteudeneristeillä.

Paaluperustus

Perustaminen paaluille tulee usein kyseeseen ryömintätalainessa perustuksessa sekä kellarillisessa perustuksessa.

Reunavahvistettu laatta

Reunavahvistettu laatta soveltuu käytännössä vain tasamaatonteille.

Pilariperustus

Pilariperustusta käytetään terassien ja parvekkeiden perustamiseen sekä silloin, kun tontin korkeuserot ovat suuret. Pilariperustuksen suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota pilareiden paikallaan pysymiseen. Esimerkiksi maanpinnan routiminen voi siirtää pilareita paikaltaan. Korkeilla pilareilla pilareiden stabiliteetti (kaatuminen) vaakavoimille tulee tarkistaa.

Pilariperustusta käytetään yleisesti vapaa-ajan rakennuksissa, koska perustus on helppo tehdä ja betonimenekki on pieni.

Runkorakenteet

Omakotitaloissa runkorakenteina käytetään

- kantavat seinät – laatta

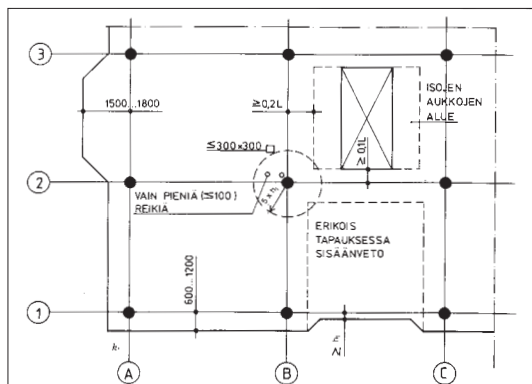
- kantavat pilarit – laatta
- edellisten yhdistelmä

Kantavina pystyrakenteina käytetään myös harkkomuurausta tai tiilimuurausta sekä joskus teräspilareita.

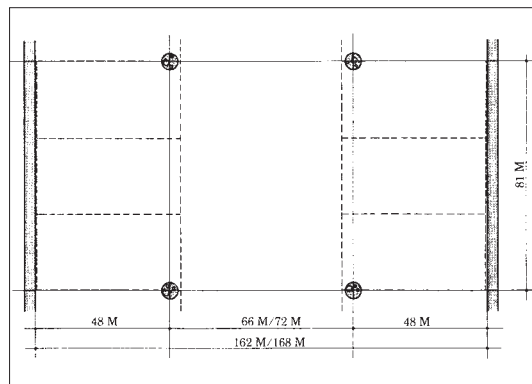
Ulkoseinät

Ulkoseinärakenne voi paikallavalaen ollen seuraava:

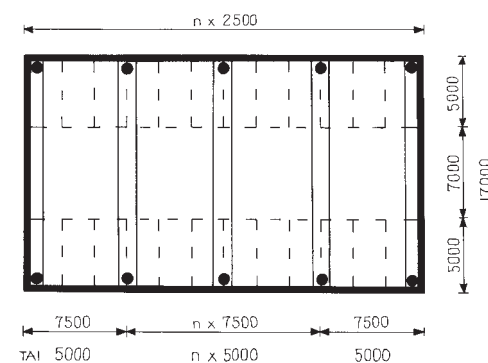
- kantava tai ei-kantava teräsbetoniseinä, lämmöneriste ja ulkoverhous esim. muuraus
- teräsbetonielementti
- kantava tai kevyt seinä muurattuna rakenteena (kevytsoraharkko, tiili), lämmöneriste ja ulkoverhous tai lämmöneristetyt kevytsoraharkot
- muottiharkko, lämmöneriste ja ulkoverhous tai lämmöneristetyt muottiharkot
- kevytrakenteinen levyseinä joko paikalla rakennettuna tai elementteinä



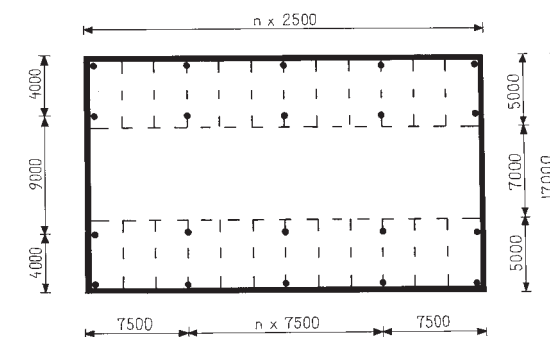
Aukkojen ja ulokkeiden sijoitteluperiaatteita toimistorakennuksen pilarilaattarungossa.



Pysäköintirakennuksen eräs runkovohtoehto, joka voidaan toteuttaa normaalina pilarilaattarakaisuna.



Pysäköintirakennuksen runko, joka sallii pysäköintiruutujen vapaan sijoittelun. Runko toteutetaan yleensä jännitettyinä rakenteena.



Toimisto- ja liikerakennukset

Rungon perusratkaisut

Rungon valinta riippuu pääasiassa rakennukseen tulevista toiminnoista ja niiden tilavaatimuksista. Runkoratkaisuna tulevat yleensä kyseeseen

- pilarilaatta tasavahvalla välipohjalaatalla
- palkkikaistalla vahvennettu laatta
- kevennetty pilarilaatta (ns. kuppivolvi), jota suositellaan vain erikoistapauksiin esim. arkkitehtonisista syistä.

Pienissä ja suurehkoissa kohteissa rakenteet toteutetaan perinteisellä pilarilaatalla ja tarvittaessa jännitettyinä rakenteina. Kohteen koon kasvaessa siirrytään kuppivolvin tai palkkikaistalla vahvennetun laatan käyttöön. Tapauksiin, jossa tilojen tulee olla muunneltavia tai halutaan varautua tuleviin käyttötarkoituksen muutoksiin, jännitettyjen rakenteiden ja pitkien jännevälien käyttö on perusteltua.

Toimisto- ja liikerakennuksissa LVISTJ -tekniikat sijoitetaan erilleen rakennuksen rungosta omille vyöhykkeilleen, joten runko voidaan toteuttaa näistä riippumatta. Ääneneristysvaatimukset ja palonkestovaatimukset eivät yleensä ole määrääviä rakenteiden mittojen kannalta.

Toimisto- ja liikerakennusten rungoissa rakennuksessa on usein ulkonemia, sisennyksiä ja aukotuksia.

Pilarit

Pilarit pyritään tekemään neliönmuotoisina tai pyöreinä. Neliönmuotoisilla pilareilla sivumitta on yleensä 300 - 800 mm. Pyöreiden pilareiden halkaisija on vastaavasti 350 - 800 mm (50 mm:n kerrannaisina).

Pilarit pyritään sijoittamaan neliönmuotoiseen tai suorakaiteenmuotoiseen moduuliverkkoon toistuvuuden aikaansaamiseksi rakentamisvaiheessa.

Liike- ja toimistorakennusten kellarikerroksiin sijoitetaan usein paikoitustiloja, joissa vaaditaan yleensä suurempia vapaita tiloja kuin itse rakennuksen osalla. Oheisessa kuvassa esitetään eräs vaihtoehto pilarien sijoittelusta, joka sopii sekä pysäköintitarkoituksiin että toimisto- ja liikerakennuksen runkoon.

Seinät

Pilarilaattarungossa kuormituksia vastaanottavia seiniä tarvitaan ainoastaan rungon jäykistämiseen. Nämä rakenteet kannattaa valita ja sijoittaa siten, että niitä voidaan hyödyntää myös palon- ja ääneneristyksessä. Usein jäykistykseen käytetään myös porrashuoneita ja vastaavia rakenteita.

Muut seinät toteutetaan usein kevytrakenteisina rankaseininä, muurattuina rakenteina (tiili, harkot, muurattavat tai liimattavat kappaleet) tai elementtirakenteisina. Vaatimukset muunneltavuuden ja eristävyys suhteen määräävät pitkälti käytettävät ratkaisut.

Julkisivut

Julkisivuihin soveltuvat samat ratkaisut kuin asuinkerrostaloihinkin. Usein käytetään metalli- tai puurakenteisia elementtejä eri pintamateriaalein. Luonnonkiven ja lasin käyttö julkisivuverhouksena on suhteellisen yleistä.

Pysäköintirakennukset

Rungon perusratkaisut

Pysäköintirakennuksissa runkoratkaisun valinnassa tärkeitä tekijöitä ovat:

- tilojen käyttömukavuus
- pienet ylläpitokustannukset
- säärasitus (pakkasrasitus, suolat)
- rakenteiden tiiviys
- kuormitukset
- palonkesto

Pysäköintirakennuksen käyttömukavuus ja turvallisuus edellyttävät suhteellisen pitkiä jännevälejä. Suurissa pysäköintirakennuksissa varsin yleistä on, että pisimmät jännevälit ovat 16 - 18 metriä. Tällöin pysäköintiruutujen ja ajoväylien läheisyyteen ei tule pilareita ja käyttömukavuus paranee ratkaisuksi. Yleensä pysäköintirakennusten rakenteet tehdään jännitettyinä, jolloin voidaan pienentää kantavien vaakarakenteiden vaatimaa tilaa.

Runkoratkaisuna pysäköintirakennukseen tulevat kyseeseen

- palkkikaistalla vahvennettu pilarilaatta
- tasavahva pilarilaatta

Varsin yleistä on, että rakenteet joutuvat säärasituksille alttiiksi, jolloin niiltä edellytetään hyvää säänkestävyyttä ja tiiviyyttä.

Pilarit

Kantavat pilarit sijoitetaan pysäköintiruutujen reunoihin ja ulkoseinälinjoille. Pitkien jännevälien ja suurien hyötykuormien vuoksi pilareiden koko kasvaa suureksi (sivumitta tai halkaisija 500 - 800 mm).

Rakenneosien ja päämittojen valinta

Kantavien pystyrakenteiden sijainti määräytyy varsin pitkälle rakennuksen käyttötarkoituksen sanelemien toiminnallisten tilatarpeiden perusteella. Kantavat pystyrakenteet tulisi sijoittaa mahdollisimman säännönmukaisesti, jolloin saadaan toistuvuutta, voidaan säästää kustannuksia rakentamisvaiheessa ja välttää rakentamisvirheitä. Pilarilaatassa rakenteelliselta kannalta katsottuna tulisi pyrkiä sijoittamaan pilarit neliönmuotoiseen ruudukkoon tai lähellä neliötä olevaan suorakaiteenmuotoiseen ruudukkoon. Paikallavalurakenteissa voidaan rakenteiden monoliittisuutta ja jatkuvuutta hyödyntää siten, että jännevälejä voidaan pidentää ja taipumia pienentää. Jatkuviissa rakenteissa myös pilareiden ja kantavien seinien sijoituksella on optimialueet, joita kannattaa mahdollisuuksien mukaan hyödyntää.

Suosittelvat jännevälit ja rakennekorkeudet

Tasavahvalla pilarilaatalla laatan paksuus on käytännössä välillä noin 200...300 mm ja jännevälit vastaavasti $l = 5,4...8,0$ m (pilarit neliöruudukossa). Jännitetyissä laatoissa laatan paksuuksilla 200...300 mm päästään jänneväleihin $= 8,0...10,0$ metriä tavanomaisilla toimisto- ja liikerrakennuksissa vallitsevilla kuormilla. Laatan paksuuden kasvattamisella on käytännössä vain vähän merkitystä rakennuskustannuksiin.

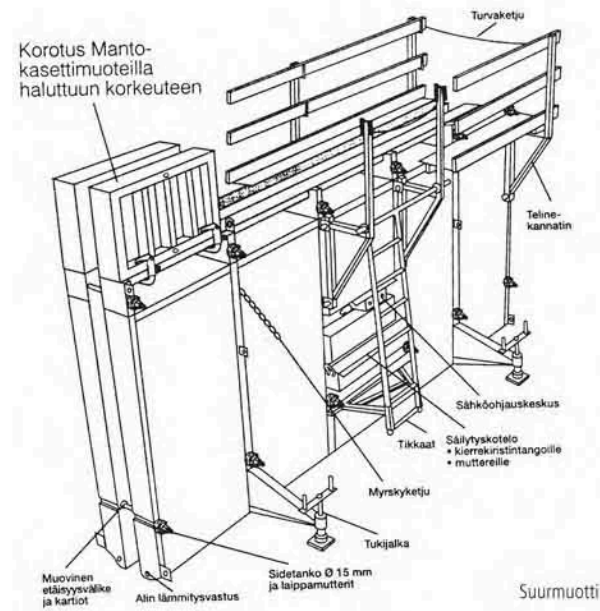
Palkkivahvennuksella varustetuilla laatoilla käytännöllisin jännevälialue on 10,0...18,0 metriä. Pilarit sijoitetaan suorakaiteenmuotoiseen ruudukkoon. Pysäköintirakennuksissa ruudukon lyhyempi mitta on noin 5,4...8,0 metriä ja pidempi mitta 16,0...18,0 metriä. Rakenteen kokonaiskorkeus on noin 700...900 mm ja laatan vahvuus 200...300 mm. Varsin yleisesti rakenteet tehdään jännitettynä rakenteina (rasvapunokset).

Pilarilaatan mitoituksessa tulee optimoida pilariruudukon mitat (jännevälit), pilarin koko ja laatan paksuus. Usein mitoitettaviksi tekijöiksi tulevat laatan taipuma ja pilarin läpilleikkautuminen. Läpilleikkautumista estetään lisäraudoitteilla tai tähän tarkoitukseen erikseen kehitetyillä rakenteilla esim. valuun asennettava UFO -elementti. Pilareiden sienivahvennuksia käytetään yleensä vain arkkitehtonisista syistä.

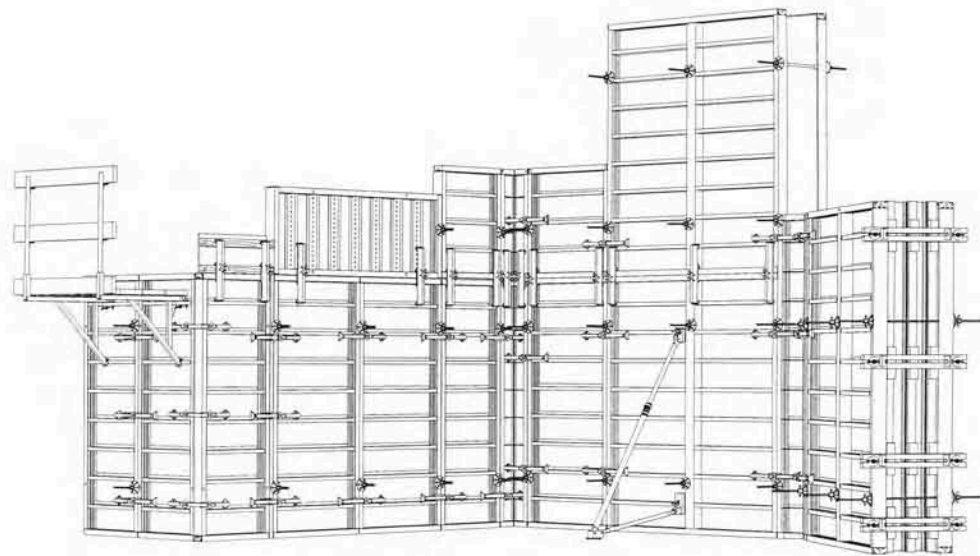
Lisää tietoa:

- Paikallavalettu jälkijännitetty pysäköintirakennus 2005. Kestävä Kivitalo-projekti. Suomen Betonitieto Oy
- Paikallavalurakentaminen, useita julkaisuja sisältävä kansio 1995. Betonikeskus ry
- Omakotirakentajan betoniopas. 1999. Suomen Betonitieto Oy

4. Muotit



Suurmuotti



Järjestelmämuotti

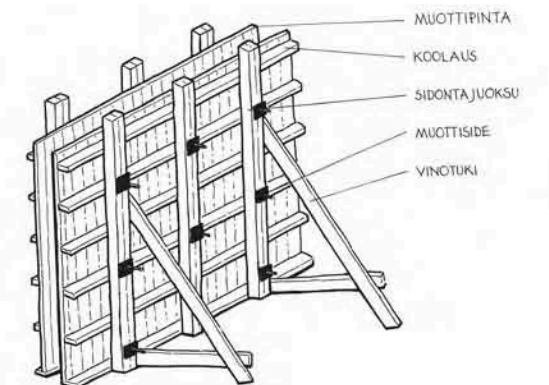
Muotit

Muottiteknikka erityyppisissä kohteissa

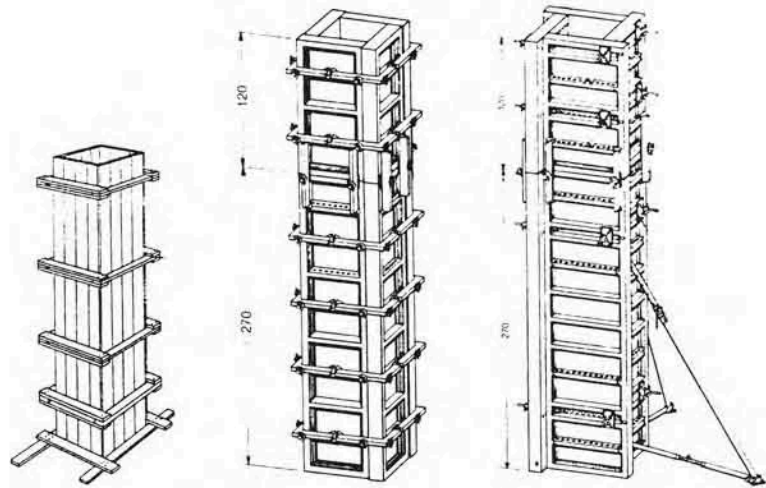
Muotteja voidaan jakaa tyypeihin ja ryhmiin monin perustein. Ryhmittelyperusteita ovat esimerkiksi muottimateriaali, muottiyksikön koko, käyttökertojen lukumäärä, rakennuskohde, rakenneosat tai muotituksen tukisuunta.

Muottien rakenteeseen vaikuttaa eniten viimeksi mainittu eli tukisuunta. Seuraavassa yleisempien Suomessa käytettävien muottijärjestelmien esittelyssä käytetään tätä jaottelua.

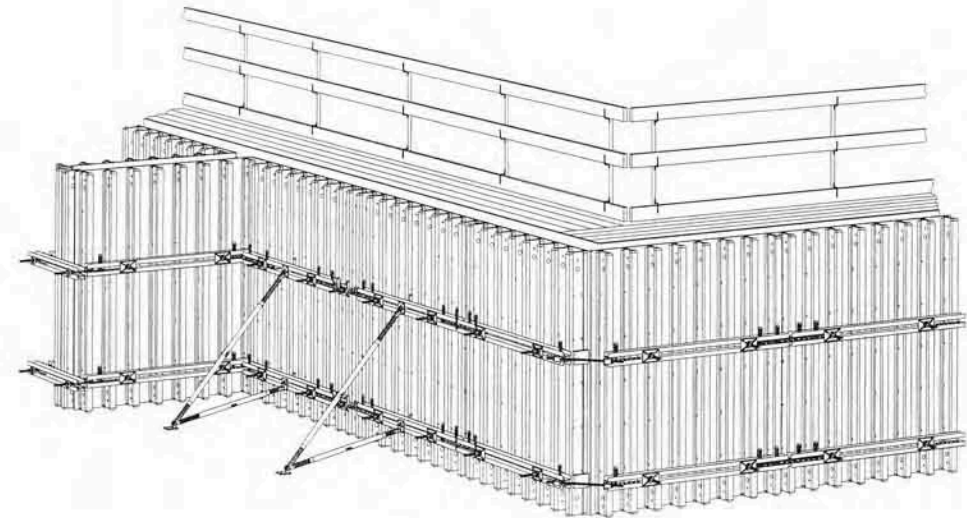
Muottijärjestelmät jaotellaan pystyrakenteiden muotteihin, vaakarakenteiden muotteihin ja erityismuotteihin. Pystyrakenteiden muotteilla tehdään esimerkiksi perustukset, seinät ja pilarit. Vaakarakenteiden muotteilla tehdään holvit ja sillan kannet. Erityismuotteja käytetään sekä pysty- että vaakarakenteissa muottiteknikan edellyttämällä tavalla.



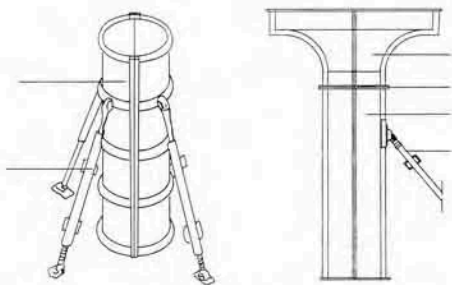
Seinän sahatavamuotti



Suorakaidepilareiden muotteja



Vakiopalkkimuotti



Pyöreitä pilarimuotteja

Pystyrakenteiden muotit

Suurmuotit

Suurmuotti on tyypillinen asuinkerrostalon suorien seinien muotti. Suurmuotit ovat teräsrunkoisia ja vakiokorkuisia suuria muottielementtejä, joiden nostamiseen tarvitaan nosturia. Lämmitettävät suurmuotit ovat lämpöeristettyjä, muottipintoja lämmittävät termostaatilla ja lämpötilarajoittimilla ohjatut vastussauvat tai vastuslangat. Lämmityksen ansiosta suurmuotteilla saadaan muottikierto nopeaksi.

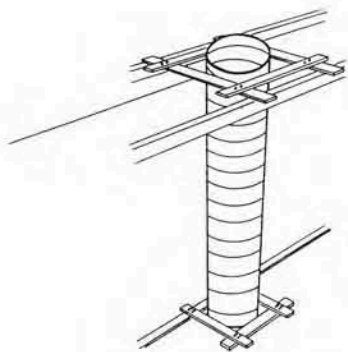
Muottipintana käytetään yleisimmin muottivaneria, joko muotin kokoisia suurlevyjä tai tiiviillä ponttisauvoilla liitettyjä korkealaatuisia vanerilevyjä. Sidepulttijako on harva ja säännöllinen.

Järjestelmäkasettimuotit

Järjestelmäkasetit ovat yleisimmin käytetty pystyrakenteiden muottikalusto. Järjestelmäkasettikalustoja on useita eri tuotemerkkejä, mutta kaikissa on samankaltaiset perusosat ja ominaisuudet.

Rakennuskohteen kaikki pystyrakenteet, kuten perusmuurit, matalat ja/tai korkeat seinät, porrashuoneet, hissikuilut, väestönsuojat, suorakaide- ja neliöpilarit, kaarevat seinärakenteet murtoviivana ja yksipuoleiset muotitukset voidaan tehdä samalla, muunneltavalla kasettikalustolla.

Järjestelmämuotin käyttö edellyttää huolellista muottisuunnittelua. Nostokalustoa tarvitaan niin ensikasauksessa



Kartonkipahvimuotti

kuin asennus- ja purkutyössäkin.

Järjestelmäkasetteja on myös kevytmuotteina, pieniä kasetteja kevyemmällä runkorakenteella.

Jos kohteessa on erityisiä arkkitehtonisia pintavaatimuksia, muottisuunnitelmassa on huomioitava kasettijaon ja muottisiteiden betonipintaan jättämä jälki. Betonipinnan laatuun vaikuttaa muottipinnan kunto, työmaa-aikainen huolto sekä muottirungon puhtaus. Järjestelmäkasettien muottipinta on filmivaneria tai muovipinnoitettua vaneria.

Vakiopalkkimuotit

Vakiopalkkimuotti on kohdekohtainen, vakio-osista koottava muotti. Vakiopalkkimuottia käytetään kohteissa, joissa muotille tulee erityisiä vaatimuksia.

Vakiopalkkimuotti voidaan koota rakenteen muodon mukaisena tai normaalia suurempien lujuusvaatimusten mukaisena, esim. itsetiivistyvää betonia käytettäessä. Erityiset muotin pintavaatimukset, esim. haluttu muottilevyjako ja haluttu sidepulttijako voidaan toteuttaa kohdekohtaisella vakiopalkkimuotilla.

Vakiopalkkimuotien kasaus edellyttää hyvää muottisuunnitelmaa ja ammattitaitoista työkuntaa.

Muottikustannus vakiopalkkimuottia käytettäessä on voimakkaasti riippuvainen muotin käyttökertamäärästä.

Pilarien muotit

Pyöreä valmismuotti on tyypillisesti kahdesta muottipuoliskos-

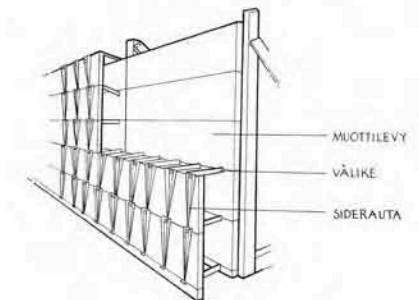
ta muodostuva putkimuotti. Materiaalina on teräs tai lujuite-
muovi. Saatavana on myös kertakäyttöisiä kartonkimuotteja.

Suorakaide- ja neliöpilareiden muotteina käytetään usein järjestelmäkasettimuotteja. Myös erityisiä pilarikasetteja kuuluu järjestelmämuottikalustoihin.

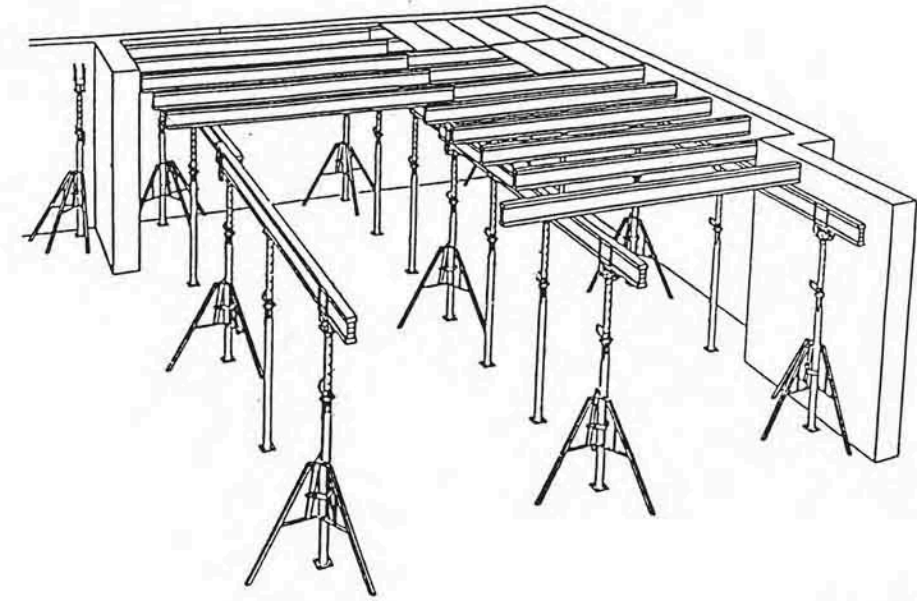
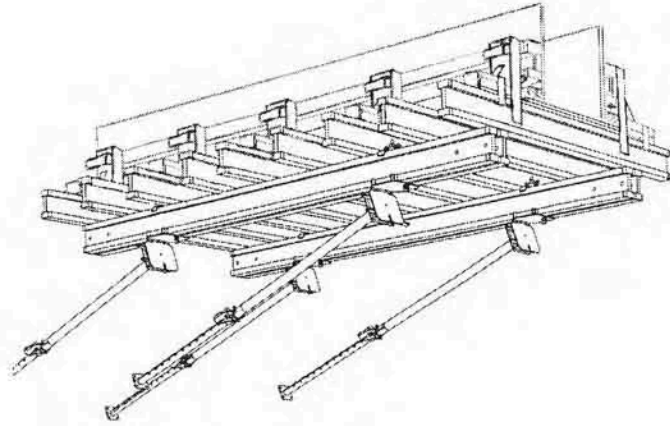
Paikallatehdyt lauta- ja levymuotit

Paikalla tehtyjä lauta- ja levymuotteja käytetään yleisimmin pienimuotoisissa laudoitustöissä sekä anturoiden ja perustusten muotituksessa. Myös vaativat arkkitehtoniset, kertaluonteiset laudoitukset toteutetaan luontevasti paikallalaudoituskasena. Työ vaatii hyvää kirvesmiestaitoa.

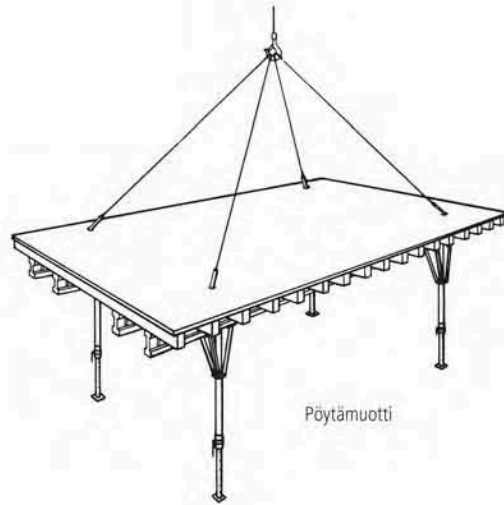
Muotille on tunnusomaista, että tarvikkeita työstetään pystytyksen aikana, ja että muotti puretaan irrottamalla rakennustarvikkeet yksin kappalein. Paikallatehtyihin lauta- ja levymuotteihin on yhdistettävissä erilaisia sidontajärjestelmiä.



Sidejärjestelmämuotti



Vakio-palkkijärjestelmä



Pöytämuotti

Vaakarakenteiden muotit

Puupalkkijärjestelmät

Yleisin laatan muotti on puupalkit (H20/GT24) – järjestelmä. Järjestelmä soveltuu joustavasti monimuotoisiin tiloihin ja erilaisille laattavahvuksille. Primääri- ja sekundaaripalkit limitetään jatkoskohdissaan, siten ne sopivat tarkasti kaikkiin tiloihin. Tukikalustona käytetään teräs- tai alumiinitukia. Asennusjalat, pudotushaarukat ja välitukien haarukat kuuluvat järjestelmään ja tekevät työn systemaattiseksi ja helpoksi. Muottilevyksi soveltuu parhaiten paksu (21mm) vaneri tai kolmekerros-lautalevy.

Palkkimuotit

Palkkilaatan muottina yleisin muotti on puupalkkijärjestelmä, johon on liitetty palkkitukiosat. Käytännölliset lisäosat mahdollistavat palkkien ja laatan betonoinnin samanaikaisesti. Matalat palkit tuetaan palkkituilla, palkkimuottien läpisisidontaa tarvitaan vain korkeissa (yli 800mm) betonipalkkien muotituksessa.

Pöytämuotit

Pöytämuotti on laatan muotti, jolla voidaan toteuttaa nopea muottikierto ja/tai pienentää asennustyön työkustannuksia.

Muotti kootaan kohdekohtaisena vakio-osista. Se muodostuu primääri- ja sekundaaripalkeista ja pöytätukipäistä sekä

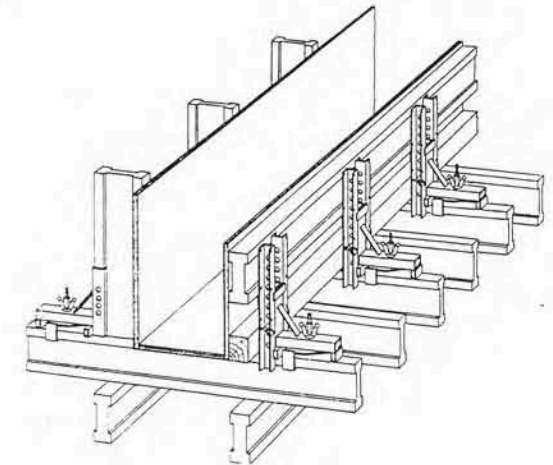
tukikalustosta, joita ovat teräs- tai alumiinituet. Pintamateriaali valitaan kohteen laatuvaatimusten mukaan.

Käyttö edellyttää useita toistuvia käyttökertoja, koska ensikasauksen osuus asennustyöstä on suuri.

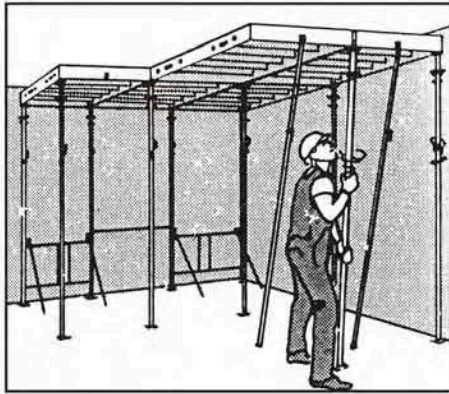
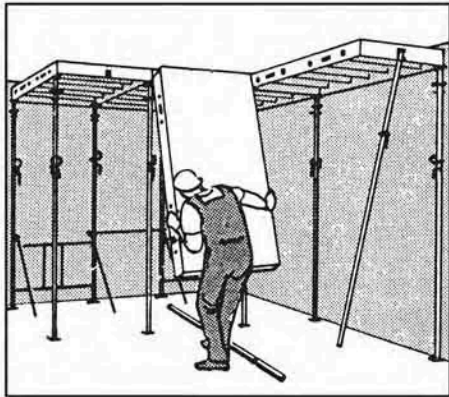
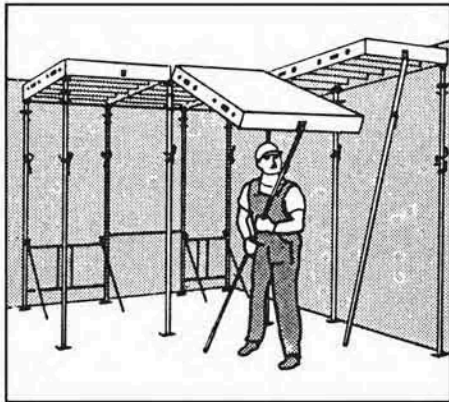
Pöytämuotin vaakasiirroissa käytetään erilaisia siirtovaujuja ja siirtopyörästäjä. Kerroksesta toiseen pöytämuotit siirretään koneellisesti, siten se sitoo nostokapasiteettia.

Edullisimmillaan pöytämuotti on suurten pintojen muottina, jolloin jälkityötarve on vähäinen. Muotti voidaan koota halutun muotoiseksi. Tyypillinen pöytämuotin käyttökohde on pysäköintitalon palkkilaatan palkkipöytämuotti.

Pöytämuotin käyttö vaatii huolella tehty muottikiertosuunnitelmat.



Palkkimuotti



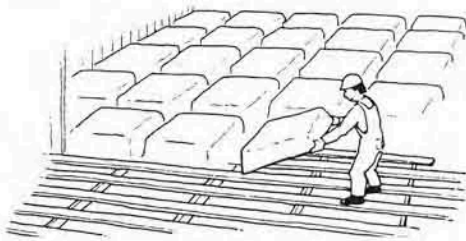
Holvikasettijärjestelmä

Holvikasettijärjestelmät

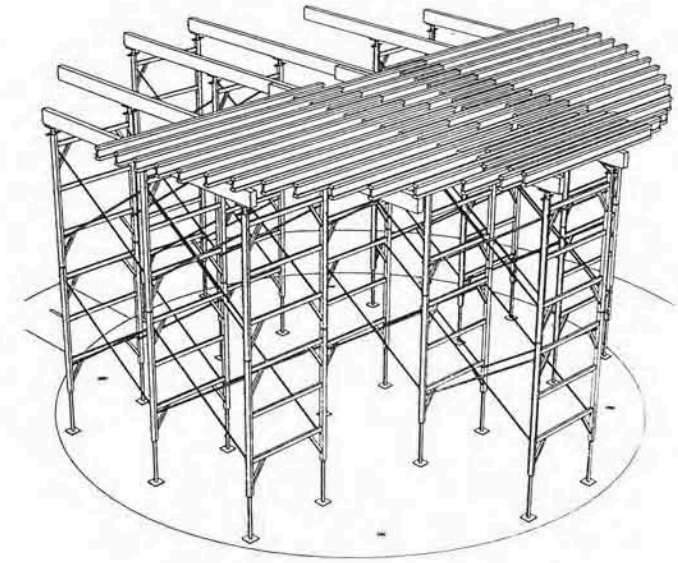
Kasettimuottitekniikka soveltuu mataliin tuentoihin suorille laatoille, joissa tila on muodoltaan säännöllinen suorakaide, eikä laatoissa ole haittaavia läpimenoja, esim. hormit ja pilarit. Parhaimmillaan holvikasettien käyttö on laatoissa, jotka rajoittuvat reunoiltaan ympäröiviin seinärakenteisiin. Alhaalta tuentatasoltaan koottava kasettimuottijärjestelmä on työmenekiltään pieni, muottiosien määrä on vähäinen. Muottikierto on nopea.

Kupumuotti

Kupumuotti on lujitemuovista valmistettu kuppimainen muotti, jota käytetään kevennetyn laatan muotittamiseen. Kupumuotin alusrakenteena käytetään sahapuutavaraa tai vakio-palkeja ja tuentana tukitorneja tai terästukituentaa.



Kupumuotin kasaus



Alumiini- ja terästukitorneja

Tuentakalustot

Teräs- ja alumiinituet

Vaakamuotin tuennassa yleisimmin käytetään yksittäisiä teräpystytukia. Terästukien asennuksessa voidaan käyttää tukijalkoja. Sidonnassa käytetään puutavaraa, lautaa tai 50x100-puutavaraa ja kiilalukkoja tai telineputkia telineliittimillä kiinnitettynä.

Alumiinipystytukia käytetään joko yksittäisinä tukina tai tukiryhmänä kehäsiteillä toisiinsa sidottuina. Alumiinitukien etu on niiden huomattavan suuri kuormituskapasiteetti ja keveys.

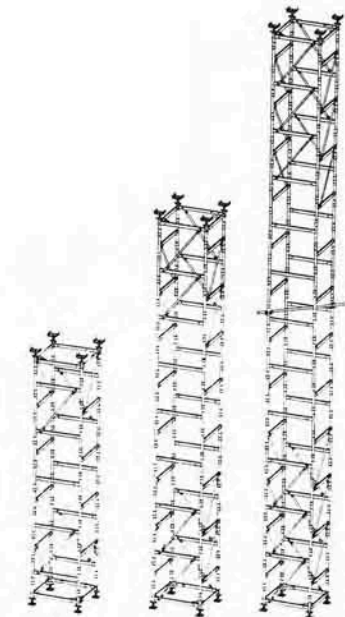
Alumiini- ja terästukitornit

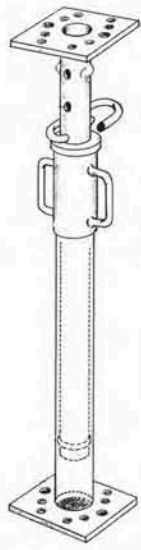
Tukitornit ovat erillisistä kehistä, ristisiteistä ja säätöruuveista ja säätöputkista koottavia yleensä neljä- tai kuusijalkaisia torneja. Tukitorneilla hallitaan raskaat kuormitukset ja tuenan kokonaisvakavuus vaikeissakin kuormitustilanteissa yksittäisiä tukia varmemmin. Vaakasidonnassa käytetään telineputkia ja liittimiä.

Muotti- ja tuentasuunnitelmat tehdään tukitelineiden mitoitusohjeiden mukaisesti. Lisäksi on huomioitava kunkin tuentakaluston omat käyttöohjeet ja sallitut kuormitukset.

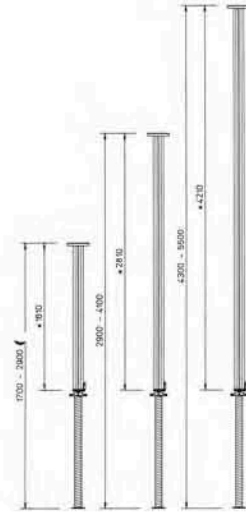
Erityismuotit

Erityismuotteilla tarkoitetaan muotteja, joiden käyttötapa ei ole tavanomainen tai jotka on tarkoitettu erityiskohteisiin.





Terästukia



Erityismuotteja ovat kulma- ja tunnelimuotit, liukuvalumuotit, kiipeävät muotit, kuorilaatat, liittolaatat, muovimuottielementit, muovikelmumuotit ja betonointiverkot.

Liukuvalumuotti

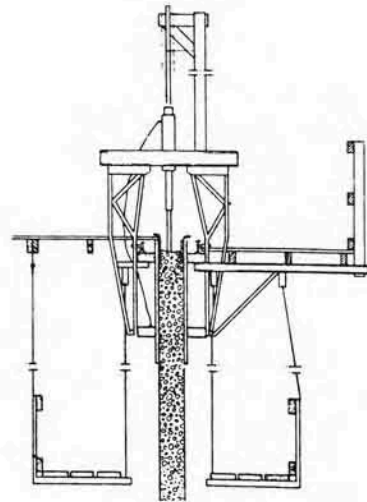
Liukuvalumuotti on yleensä pystysuuntaan liikkuva erityismuotti, jolla pyritään jatkuvaan valutyöhön. Muotin pääosat ovat muotti, nostolaite ja työtasot. Nostolaite liikkuu pystysuorassa olevaa nostotankoa pitkin vetäen muottikehän avulla muotteja ja telineitä perässään.

Muottipinta on terästä, lautaa tai vaneria. Muottipintojen välillä on 4 - 6 mm:n päästö alaspäin liukumisen helpottamiseksi. Liukuvalua käytetään yleensä korkeiden pystyrakenteiden kuten savupiippujen, sillojen, vesitornien varsiosien, hissi- ja porrashuoneiden sekä massiivipilarien tekemiseen.

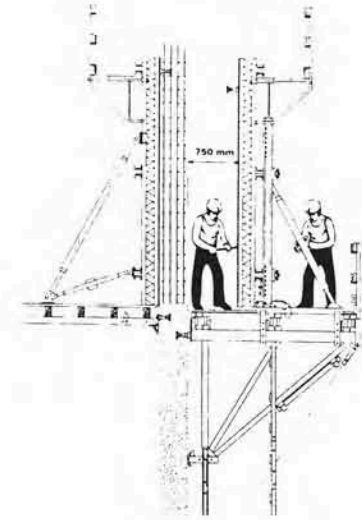
Kiipeävät muotit

Kiipeävät muotit ovat kerroksittain nosturilla nostettavia tai oman nostokoneiston avulla kiipeäviä seinämuotteja. Kiipeävä muotti koostuu muotista ja kiipeävistä telinekonsoleista. Muottiyksikkö kiinnitetään jo valettuun seinään tartuntapulttien ja -ankkureiden avulla. Siirtovivuston avulla muotti voidaan kallistaa ja siirtää irti seinästä raudoituksen ja varausen asentamiseksi.

Kiipeävät muotit soveltuvat siltapylonien, porrashuoneiden ja hissikuilujen sekä korkeiden seinien ja pilarien muottitukseen.



Liukuvalumuotti



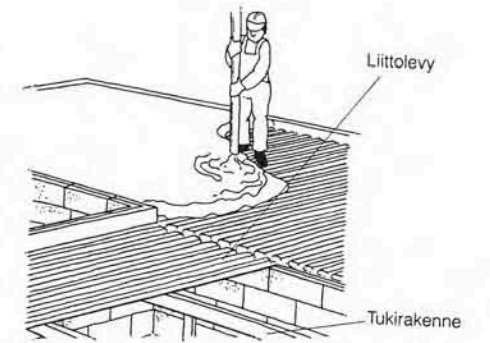
Kiipeävä muotti

Liittolaatat

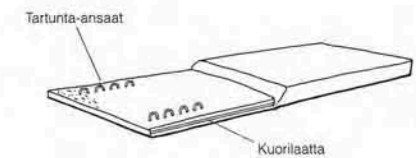
Liittolaatta on poimulevyistä valmistettu kuumasinkitty, kromoitu peltimuotti, joka toimii kuorilaatan tavoin ensin muottina ja sitten yhdistettynä rakenteena muodostaen laatan alapinnan raudoituksen. Liittolevyjä käytetään ala- ja välipohjissa.

Kuorilaatat

Kuorilaatta on betoninen, esijännitetty tai -jännittämätön laattaelementti, joka tuettuna toimii aluksi laatan valumuottina. Paikallavalun jälkeen kuorilaatta ja pintavalu muodostavat yhdessä rakenteen, jossa laatan alapinnan rauditus on sijoitettu esijännitettyyn kuorilaattaan. Kuorilaatan ja pintavalun välisen tartunnan varmistavat kuorilaatan ansasraudoitus ja tartuntapinnan kitka.



Liittolaatta



Kuorilaatta



Vakiopalkkimuotilla toteutettua seinäpintaa: Läänimuseo, Jönköping, Carl Nyrén 1991.

Muottien pintamateriaalit

Laadukkaan betonipinnan aikaansaamiseen vaikuttaa ratkaisevasti muottimateriaalin valinta. Betonipinnassa näkyy aina käytetyn muottipintamateriaalin ja työn huolellisuuden jälki. Muottipintamateriaalia valittaessa on huomioitava betonipinnalle asetetut vaatimukset ja muottien käyttökertamäärät.

Yleisimpiä muottipintamateriaaleja ovat:

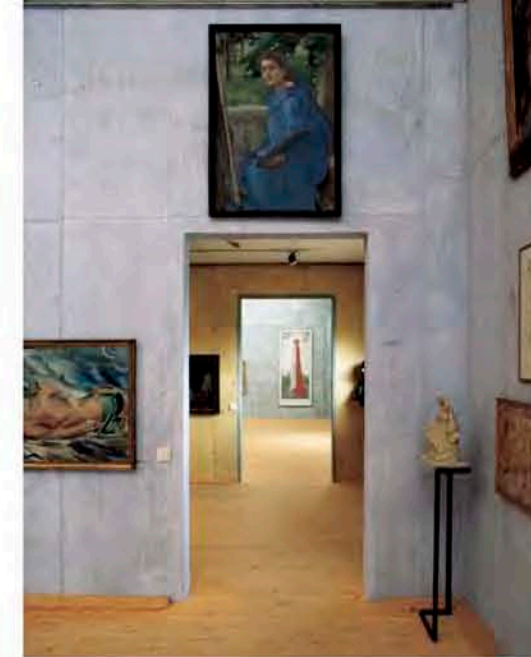
- puulevyt, vanerit
- sahatavara
- lasikuitu ja muovi
- teräs
- muottikankaat

Puulevyt

Eriaiset puulevyt, näistä käytetyimpänä vanerit, ovat yleisin muottipintamateriaali. Betonipinnan sileyden ja muotin käyttökertojen lisäämiseksi ne useimmiten pinnoitetaan.

Käyttökertojen lukumäärä riippuu käytön huolellisuudesta ja pinnalle asetetuista vaatimuksista. Puupohjaisten muottilevyjen pinta on herkkä kolhuille sekä erilaisille kiinnityksille ja varauksille. Pinnoittamaton ja öljyämätön puu imee betonista niin runsaasti vettä, että sementin hydratoituminenkin saattaa betonipinnassa pysähtyä. Tästä on seurauksena pölyävä, irtoileva pintakerros.

Lastulevyä käytetään jonkin verran muottimateriaalina. Käsittelemätön lastulevy pienentää huokoisuutensa ansiosta



Järjestelmämuotilla toteutettua seinäpintaa: Läänimuseo, Jönköping, Carl Nyrén 1991.

betonipinnan huokosia. Pinnan sileys ja uudelleen käytettävyyks on kuitenkin muita levytuotteita selvästi huonompi. Lastulevyn liiman on oltava kosteudenkestävää.

Suomalaisen muottivanerin ominaisuuksia

Pinnoittamattomalla vanerilla valettaessa on aina käytettävä muotiniirrotusainetta. Vaneri imee betonimassasta vettä ja ilmaa vähentäen näin huokosten syntymistä. Pinnoittamattoman kuusivanerin syykuvio näkyy betonissa ja oksien pihka saattaa värjätä betonia.

Vanerien pinnoitteena käytetään fenolihartsifilmiä tai lasikuitua eri vahuuksina, yleisimmin 120 – 400 g/m². Filmipintaisella uudella vanerilla voidaan valaa 1-2 kertaa käyttämättä mitään irrotusainetta, mutta tämä lyhentää pinnan ikää. Vanerien pinnoitteena käytetään myös erilaisia muovipinnoitteita.

Vanerien lujuus kasvaa kuusivanerista (heikoin) koivuvaneriin (kestävin). Lujuus- ja jäykkyysominaisuudet ovat erilaiset eri suunnissa ja niissä on rakenteesta johtuen huomattavia eroja. Tavallisimmin käytetään vaneripaksuuksia 12, 15, 18 ja 21mm.

Sahatavara

Sahatavara on betonin perinteinen muottimateriaali. Betonipinta saa ulkonäkönsä sahaustekniikasta (kehä-, pyörö- ja vannesaha) ja sahattavan puulajin perusteella. Edellisiä sileämpi pinta saadaan eri tavoin sileäksi tai muotoon höylätys-

tä sekä hiekkapuhalletusta sahatavarasta.

Lautamuotit on aina kasteltava hyvin. Kastelu tiivistää muotin ja vähentää samalla betonin tarttumista. Lautojen vedenimukyky vaihtelee, jolloin huolellisesta kastelusta huolimatta betonipinnassa esiintyy tummuusvaihtelua. Myös oksankohdat imevät enemmän vettä aiheuttaen betonipintaan tummia kohtia. Muotiniirrotusainetta käytöllä kastelun lisäksi voidaan tummuusvaihtelua vähentää. Pontattujen lautojen käytöllä voidaan oleellisesti vähentää jälkitöitä lisäävien betonipurseiden esiintymistä.

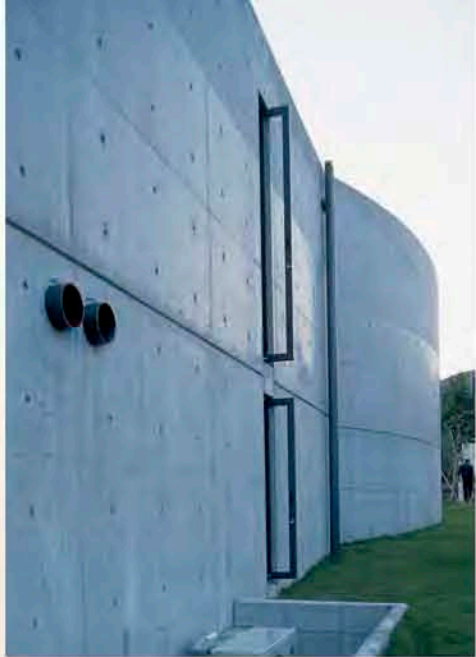
Sahatavaraa käytetään myös tasaiselle muottipinnalle kiinnitettynä rimoina ja lautoina betonipinnan elävöittämiseksi.

Lasikuitu ja muovi

Lasikuidun ja muovin käyttö muottimateriaalina on yleistä pilarimuoteissa sekä eräissä erikoismuoteissa (esimerkiksi kumpumuotit). Muovia käytetään yhä enenevästi myös muottivanerien pinnoitusmateriaalina. Erittäin tiivispintaisina ne vaativat etenkin pystyvaluisa matalat valukerrokset ja huolellisen betonin tiivistyksen, jotta muottipintaan kertyvät ilmahuokokset saadaan poistettua.

Teräs

Teräsmuoteilla saadaan suuria, yhtenäisiä sileitä betonipintoja. Teräsmuotteja on vaikea muuttaa, joten ne sopivat parhaiten toistuvien rakenteiden valmistamiseen. Teräsmuottien käyttökertamäärä on suuri, mutta nekin vaativat hyvää huol-



Vakiopalkkimuotilla toteutettua seinäpintaa: Iwasa-talo, Tadao Ando 1984.

toa. Tyypillisiä teräsmuottien vaurioita ovat ruoste ja erilaiset käsittelyvauriot kuten hiontavirheet, kolot, painaumet ja hitsausjäljet.

Erytisesti pystysuoraa teräsmuottia vasten valettaessa on käytettävä valusukkaa, huolellista tiivistystä ja ohuita valukerroksia, koska tiivis muotti muutoin lisää huokosten määrää. Teräsmuotissa on aina käytettävä muotiniirrotusainetta.

Muottikankaat

Muottikangasta muottipinnalla käyttämällä saadaan aikaan valuhuokosettomia betonipintoja. Kankaassa on huokosverkosto, joka betonia täytettäessä johtaa pintakerroksesta pois ilmaa ja jonkin verran vettä. Huokosettomuuden lisäksi muottikangas parantaa myös pinnan tiiveyttä ja säilyvyysominaisuuksia.

Muottikangas jättää betonipintaan kangasmaisen kuvion ja saattaa aiheuttaa kirjavuutta. Muottikankaan käyttö vaatii aina ennakkokokeita, joilla selvitetään ratkaisun toimivuus käytännössä. Ominaisuuksien säilyttämiseksi kangas pestään valujen välillä. Ominaisuudet katoavat käytännössä kuitenkin jo muutaman käyttökerran jälkeen. Muottikankaat ovat vaurioherkkiä, joten niitä on käsiteltävä erityisellä varovaisuudella.

Muottikankaan kiristäminen ja kiinnittäminen muotin pintaan vaatii huolellisuutta, sillä kangas jää helposti poimuille ja aiheuttaa tällöin ei-toivottuja jälkiä betonipintaan. Erityisen vaativaa on kankaan kiinnittäminen isoille pinnoille.

Muottityön suunnittelu ja muottien käyttö

Muottityön suunnittelun ja muottivalinnan tavoitteena on kohteeseen sopivimman kaluston muottivalinta. Muottivalinnassa on huomioitava kohteen laatuvaatimukset ja kaluston tekninen soveltuvuus. Lisäksi kaluston pitää toteuttaa haluttu muottikierto ja aikataulu, muottikustannusten tulee olla taloudelliset ja työn turvallista toteuttaa.

Muottikaluston valinta

Muottikaluston valinta voidaan edetä viisivaiheisena

- Työmaan lähtötietojen (piirustusten, olosuhteiden, laatuvaatimusten jne.) selvittäminen
- Muottityypin alustavassa valinnassa selvitetään tiedot teknisesti soveltuvista eri muottivaihtoehdoista
- Muottitarvemäärän määrittäminen
- Muottikalusto- ja muottityökustannusten laskeminen ja vertailu
- Muottivalinta

Muottikierron suunnittelu

Valituille muoteille laaditaan suunnitelma työn etenemiseksi ja muottikierrosta. Muottikierrossa on huomioitava muottityön tahdistaminen muihin muottikiertoon vaikuttaviin töihin.

Paikallavaletun rakennusrungon toteutusajasta menee yleensä 2/3 tai enemmän vaakarakenteiden tekemiseen. Siten tasomuotin vaikutus on pystymuottiin verrattuna suurem-



Jorn Utzon: Bagsverd K. 1976.

pi sekä aikataulun että kustannuksien kannalta.

Pystyrakenteissa kiertonopeudeksi saadaan ihanneolosuhteissa yksi työpäivä ja vaakarakenteissa 2,5 työpäivää. Vaakarakenteiden muottityössä työmenekki vaihtelee enimmillään pöytämuotin 0,07 tth/m² ja työmäärältään suuren kappaleta-varalaudoituksen 0,60 tth/m²:n välillä.

Jotta muottikaluston kierto saadaan jatkuvaksi, pystyrakenteiden muotteja tulisi yleensä olla 1,5 -kertainen kalusto kertavalualueeseen nähden. Samoin vaakarakenteiden muotimäärä useimmiten muodostuu 3- tai 4-kertaiseksi valualueeseen nähden.

Muottisuunnittelu

Muottisuunnittelussa laaditaan yksityiskohtainen suunnitelma muottien käytöstä. Samalla optimoidaan muottikalustomäärät oikeiksi.

Muottisuunnitelmaan kuuluu muottien mitoitus, laskelmat ja ohjeet valunopeudesta. Asennusohjeissa ja muottipiirustuksissa esitetään muottien sidonta ja jäykistäminen. Muottipiirustuksissa esitetään detaljiratkaisut. Muottisuunnittelun tulosteina piirustusten lisäksi laaditaan luettelot muottikalustoista ja tarvikkeista.

Muottien käyttö

Muottityön huolellisuus ja ammattitaito näkyvät aina valmiin betonirakenteen laadussa. Muottityön laatu syntyy tapahtumaketjusta, jossa varsinainen muottien paikalleen mittaus ja

asennus ovat yhtenä osana. Laadunvarmistamiseen vaikuttavia seikkoja ovat :

- muottityön huolellisuus
- muottien työmaa-aikainen huolto
- muotiniirrotusaineet
- varaukset ja kiinnitykset
- muottien käsittely ja varastointi
- työsaumat
- työturvallisuus

Työsaumat

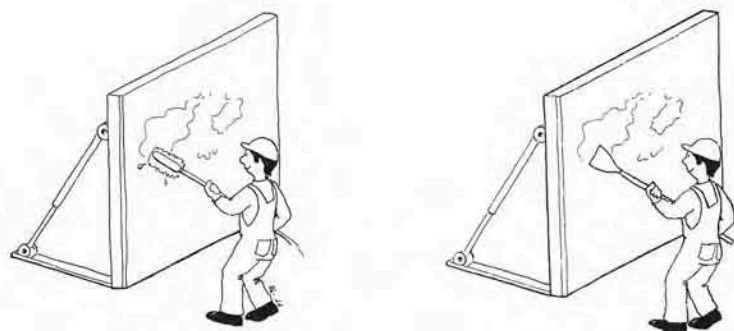
Työsaumoja syntyy betonirakenteeseen kerralla toteutettujen valuosien välille sekä vaaka- että pystysuunnassa valun keskeytyessä ja betoni kovettuessa. Työsaumat jäävät käytännön toteutuksessa aina näkyviin valmiissa betonipinnassa. Niitä onkin jo suunnitteluvaiheessa käsiteltävä pintaan kuuluvana osina.

Suunnittelussa olisi hyvä huomioida rakentajien käytännön toiveet valuosien koosta. Kuten muissakin tapauksissa, esteettiset vaatimukset tulee sovittaa yhteen tuotantoteknisten tekijöiden kanssa hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Milloin yhteistyö valualueiden laajuuden suunnittelussa ei ole etukäteen mahdollista, suunnittelijan pitäisi suunnitella mieluummin tiheä kuin hyvin harva työsaumajako.

Työsaumalistat

Valun keskeytyessä ja taas jatkuessa kovettuneesta betonista valusaumakohdan epätasaisuutta voidaan peittää sauma-



muottien puhdistusta

listalla. Betonipinnan arkkitehtuurin kannalta saumalistalla korostetaan pinnan jakoa osiin. Valesaumoilla (listalla tehty sauma, jonka takana ei ole työsaamaa) voidaan tihentää em. jakoa. Profiililtaan työsaumalistojen tulisi olla sellaisia, että muotin ja saumalistan purku onnistuu ilman betonipinnan vaurioitumisriskiä.

Työturvallisuus

Muottityössä on huomioitava työturvallisuuden edellyttämät toimet.

Nosto- ja siirtolaitteiden on oltava ehjiä ja tarkoitukseen sopivia sekä kuormituskapasiteetiltaan riittäviä. Jos muottikalustoon kuuluu systeemin mukainen nostolaite tai nostotarain, on kaluston käsittely tehtävä sillä. Muottikalustoissa on käytettävä käyttöohjeiden mukaisesti telinesiltoja, suojakaitteita, käsijohteita ja tuulisidontaa.

Muottityössä on erityisesti huomioitava

- riittävä tuenta, etteivät muotit kaadu tai putoa varastoitessa tai asennettuna
- putoamis- ja liukastumisriski kuljettaessa jäisillä tai öljyisillä muoteilla ja kulkuteillä
- tuulen aiheuttama muotin heilahtamisriski
- muottiöljyn roiskevaara
- betonikappaleiden ja pölyn joutuminen silmiin muottien puhdistuksessa, suojavälineiden käyttö

Työturvallisuutta parantaa muottien puhtaus ja työkohteisiin siisteys

Suunnittelun vaikutus muottikustannuksiin

Paikallarakentamisen suunnittelulla luodaan edellytykset rakennuksen toteutettavuudelle. Onnistunut suunnitelma hyödyntää valetun betonin parhaat ominaisuudet, muovailtavuuden ja rakenteiden monimuotoisuuden. Samanaikaisesti hyvä suunnitelma huomioi ja käyttää nykyaikaisen muottiteknikan mahdollisuuksia. Tällöin rakennuksen tuotannollinen hinta ei riipu arkkitehtuurista tai vaikeudesta, vaan tuotannollinen hinta on sidoksissa toteutettavuuteen.

Paikallarakentamiseen liittyy muottiteknikan kautta joukko teknistaloudellisia tekijöitä, joiden vaikutus määräytyy pitkälti jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa.

Rakenteiden toistuvuus

Paikallarakentamisen suurin etu on suunnittelun vapaus. Suunnittelun vapautta ei kuitenkaan tulisi ymmärtää niin, että samassa rakennuksessa käytetään kaikkia mahdollisia rakennemuotoja ja vaihtelevia rakennemuotoja.

Muottikustannuksissa suurimpana tekijänä on muottien käyttökertojen määrä. Tämä koskee niin materiaali- kuin työkustannuksia. Muotin käyttökertojen lisääntyessä voidaan taloudellisesti käyttää kohdekohtaisia, kohteeseen teknisesti hyvin soveltuvia kalustoja.

Toistuvuus lisää oppimista ja muottityöhön harjaannuttamista. Tämä näkyy aina nopeutuvana muottikiertona ja parantuvana laatuena.

Rakenneratkaisut

Rakennesuunnittelun ja muottisuunnittelun yhteistyö mahdollisimman aikaisessa vaiheessa voi merkittävästi parantaa kohteen toteutettavuutta. Muottitekniikoista saatavaan hyötyyn eri rakenneratkaisuissa voidaan vaikuttaa mm. seuraavilla tekijöillä:

- työsauman merkitseminen aina, kun sen paikka on rakenteesta johtuva
- ehdotus vaihtoehtoisista työsaumojen paikoista ottaen huomioon valuteknikan mahdollisuudet
- työsauman raudoituksen suunnittelu siten, ettei se hankaloita muotitusta
- vahvennokkien välttäminen, koska sekä seinä- että laattavahvennokset ovat lähes aina hidastavia ja haitallisia muottiteknikan kannalta ja muottikustannuksia kasvattavia, suositeltava tapa hoitaa laattavahvennus muottityön kannalta on laatan sisäiset lävistysvahvikkeet
- pilastereiden, konsolien, leukapalkkien, siipimuurien, yms. ulkonevien rakenteiden toteuttaminen useampi-vaiheisena esimerkiksi käyttäen valmiita työsauma- ja konsoliraidoiteita sekä kierremuhvijatkoksia
- kaarevien pintojen toteutus vaihtoehtoisesti murtoviivana aina, kun se on mahdollista

Betonipinnan laatu

Kohteen betonipintojen laatuvaatimus tulisi esittää rakenneselostuksessa selkeästi nykyisiin käytössä oleviin ohjeisiin vii-



Vakiopalkkimuotilla toteutettua seinäpintaa: Arkkitehtikoulu, Lyon, Jourda & Perraud 1987.

taten. Usein rakenneselostuksissa esiintyvät käsitteet kuten puhtasvalupinta, sileävalupinta tai raakavalupinta ei määrittele betonipinnan luokkaa. Betonipinnat -ohje BY40 jakaa betonipinnat laatuluokkiin AA, A, B ja C.

Kohteen erilaisten pintavaatimusten tarkentaminen ja selkeä esittäminen rakenneselostuksessa auttaa tarkoituksenmukaista muottivalintaa. Myös laatuluokan eri laatutekijöiden priorisoiminen auttaa erityisesti muottipinnan materiaallivalinnassa.

Muotin lujusvaatimus

Kohteen toteutustapa tai käytettävät materiaalit saattavat aiheuttaa muoteille poikkeavia lujusvaatimuksia.

Esimerkiksi itsetiivistyvän betonimassan normaaleja massoja suurempi betonipaine ja muotin tiivysvaatimus on huomioitava muottivalinnassa ja muottisuunnittelussa. Samoin jälkituentatarve tulisi määrittellä rakennesuunnittelijan toimesta riittävän ajoissa työmaan muottikiertonopeus huomioiden.

Yhteistyö

Eri osapuolien yhteistyöllä voidaan merkittävästi parantaa kohteen toteutettavuutta. Käytettävän muottikaluston tekniseen soveltuvuuteen voi vaikuttaa jopa pieni rakennesuunnittelussa huomioitava detaljin mitoitus, jolla itse rakenteelle ei ole suurta merkitystä, mutta muottityölle merkitys voi olla oleellinen.

5. Raudoitukset

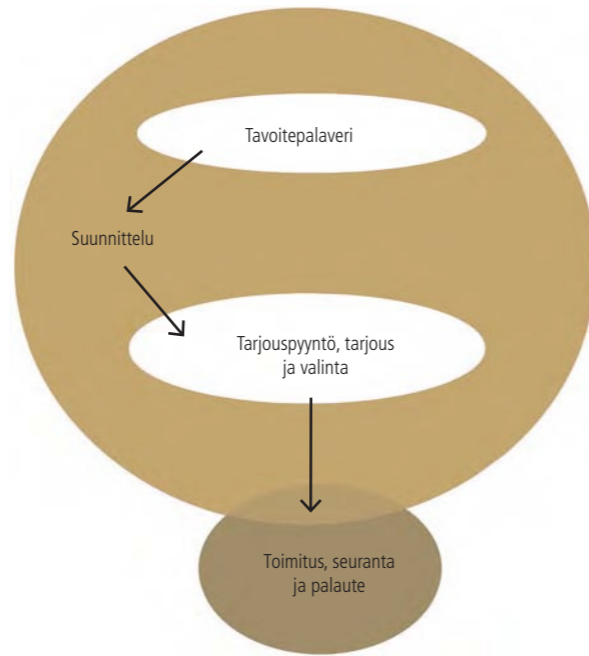
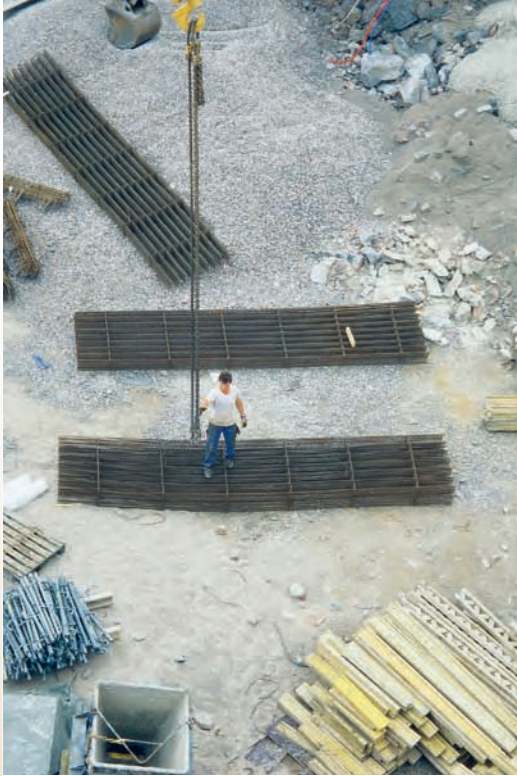
Esimerkkejä rakennemitoista ja detaljeista, joissa muuttin huomioiva mitoitus parantaa muottijärjestelmistä saatavaa hyötyä:

- pilasteriseinän tasaiset moduulimitat
- pilasterien leveys ja ulkonema seinästä
- pilarikokojen mitoittaminen täysille 5 cm:lle, vähän eri pilarikokoja samassa kohteessa
- palkkien leveys ja korkeus, palkkikorkeuden kasvu on haitallisempi kuin leveyden kasvu

Muottitoimittajien tehtävä on tarjota omaa asiantuntemustaan suunnittelijoille ja urakoitsijoille. Tämän päivän sähköinen tiedonsiirto antaa mahdollisuuden nopeaan ja vaivattomaan yhteistyöhön eri osapuolien kanssa.

Lisää tietoa:

- BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004. Suomen Betonitieto Oy.
- By 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet 2003. Suomen Betonitieto Oy.
- Ratu 06-3023 Muottikaluston valinta ja käyttö, suunnitteluohje 1992. Rakennustieto Oy.
- Ratu Rakennustöiden laatu 2005. Rakennustieto Oy.
- Ratu Rakennustöiden menkit 2006. Rakennustieto Oy.
- Paikallavaletut betonipinnat 1998. Kestävä Kivitalo-projekti. Suomen Betonitieto Oy.



Prosessin kulkukaavio.

Jussi Syrjinen

Raudoitusprosessi

Betoniterästen valmistajien keskuudessa on jo vuosia kulkenut sanonta: "Meillä tangotkin valssataan!". Sanonta viittaa betoniterästen tuotantotapaan, mutta siinä piilee viisautta myös työmaalla suoritettavan raudoitus työn suunnitteluun. Raudoittamisen pitää sujua kuin tanssi, jotta rakennushankkeelle asetetut laadulliset ja taloudelliset tavoitteet saavutetaan.

Kestävä Kivitalo -projekti keskittyi raudoittamisen osalta RTT:n teknologiaohjelman paikallavaluosuuden tulosten hyödyntämiseen käytännössä. Seuraavassa on esitetty kolme keskeistä edistyksestä raudoitusprosessia kuvaavaa havaintoa, jotka tulivat esiin projektin aikana toteutettujen pilottihankkeiden yhteydessä. Pilottihankkeita, joihin tässä viitataan olivat:

- As Oy Lauttasaaren Meritähti Helsingissä
- As Oy Merikannonranta Helsingissä
- As Oy Tampereen Pellava, Tampereella

Tekstissä keskitytään lähinnä paikallavalu-runkojen laattojen raudoittamiseen, mutta kokemukset ovat sovellettavissa muihinkin rakennusosiin.

Yhteistyö kannattaa

Peruslähdekohtana on, että raudoittaminen on osa kokonaisuutta. Kokonaisuus – toisin sanoen rakennus koostuu useista osakokonaisuuksista, jotka urakoitsija kokoaa yhteen rakennustyömaalla.

Jokainen hankkeeseen osallistuva osakokonaisuuden tarjoaja on oman alansa huippuosaaja. Jokaisella on annettavaan hankkeelle lisäarvoa.

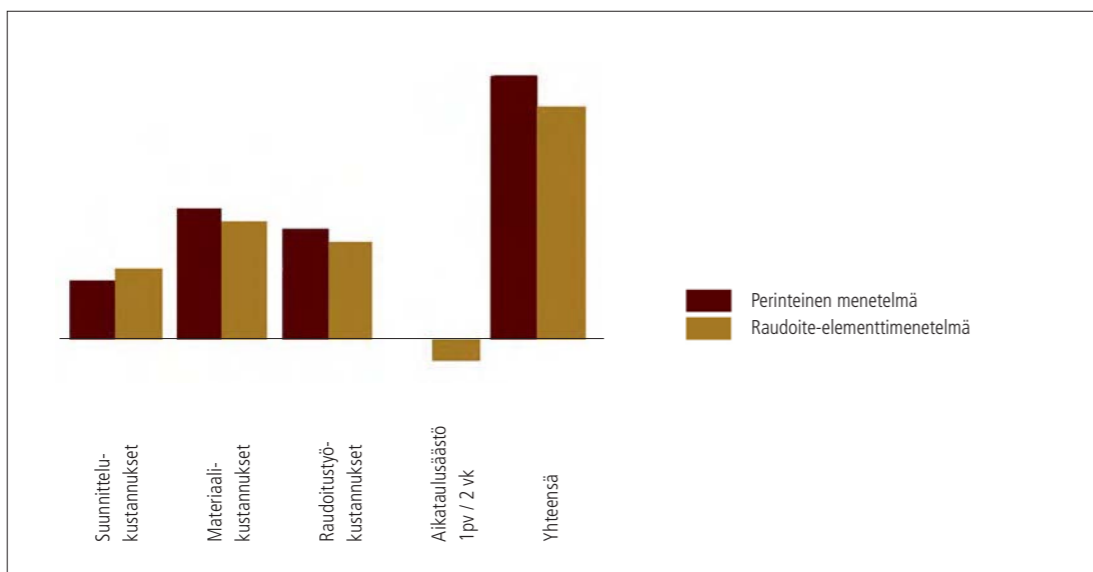
Rakennushankkeelle tyypillistä on suunnittelu- ja toteutusvaiheen kiire. Se johtuu yleensä virheellisestä päätöksenteon priorisoinnista. "Kaupantekoon" kulutetaan arvokasta suunnittelu- ja toteutusaikaa.

Kaaviokuvassa Prosessin kulkukaavio (s.60) on esitetty malli raudoitusprosessin kulusta pilottikohteissa. Seuraavassa kuvan kohdat tarkennettuina:

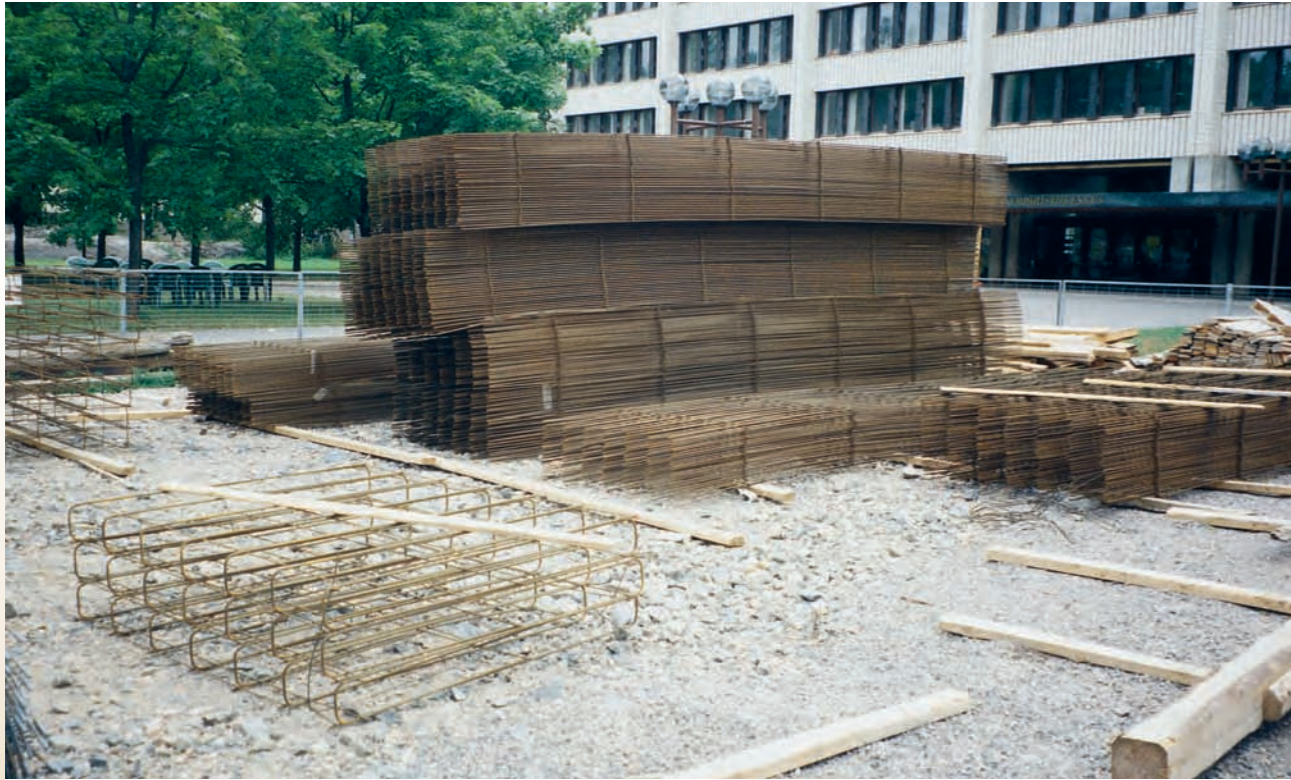
Projektin kulku:

1. Tavoitepalaveri
 - hankkeen päätavoite
 - kaikkien osallistujien osatavoitteet
 - osallistujat: urakoitsija, rakennuttaja, suunnittelija ja materiaalitoimittajat (betoni, muotit, raudotteet)
2. Suunnitelmat
 - tavoitepalaverissa sovitulla tavalla
3. Tarjouspyyntö, tarjous ja valinta
 - suunnitelmien mukaisesti
 - rutiinomaisesti, nopeasti
 - =>säästöt on tehty jo suunnitteluvaiheessa
4. Toimitukset
 - tavoitepalaverissa ja suunnitelmissa sovitulla tavalla
5. Seuranta ja palaute
 - seuranta työmaalla
 - => palaute ja korjaavat toimenpiteet välittömästi

Prosesseille on tyypillistä voimakas alkupainotteisuus, jossa korostuu osallistujien yhteinen tavoitehakuisuus heti projek-



Myös raudoitusratkaisuja verrattaessa tulee valinta tehdä kokonaiskustannusten perusteella.



tin alusta lähtien.

Prosessi lähtee liikkeelle urakoitsijan järjestämällä tavoitepalaverilla. Pilottikohteissa palaveriin osallistuivat pääurakoitsija, rakennesuunnittelija sekä urakoitsijan valitsemat ehdokkaat materiaalityöntekijiksi. Runkovaiheen tavoitepalaveriin materiaalityöntekijästä kutsuttiin betonin, raudotteiden ja muottien toimittajaehdokkaat. Jälkeenpäin havaittiin, että talotekniikan integroiminen runkoprosessiin olisi ollut hyödyllistä jo tässä vaiheessa.

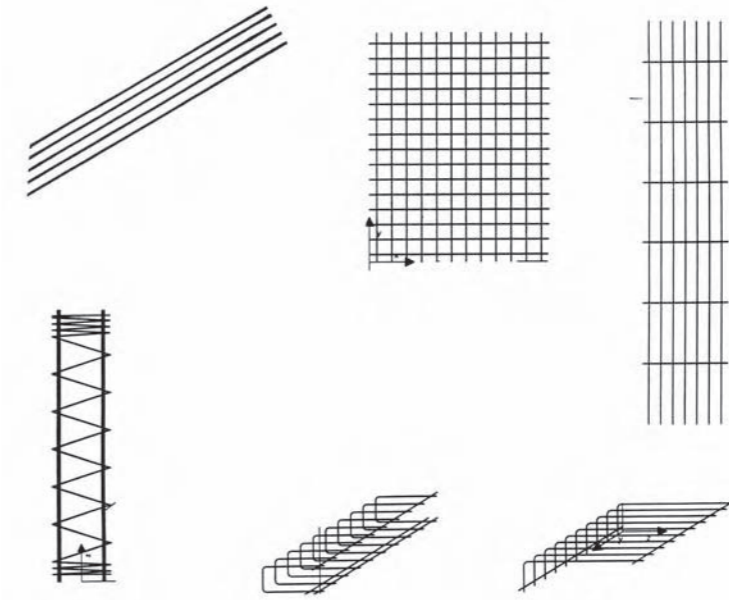
Tavoitepalaverin tarkoitus on esittää hankkeen päätavoite (esim. valmistumisaika) ja määrittää siten kullekin osakokonaisuudelle oma tavoitteensa (esim. muottikiertonopeus), jolla mainittu päätavoite saavutetaan. Palaverissa hahmotettavat toteuttamisen alustavat mallit, joita osallistujat alkavat jalostaa rakennesuunnittelijan ja urakoitsijan kanssa lopulliseksi suunnitelmaksi.

Tässä vaiheessa kaikki osallistujat saavat käsityksen oman työpanoksen merkityksestä hankkeen onnistumiseksi sekä toisten osallistujien tarpeet. Laatutermein ilmaistuna hankkeen sisäisen asiakasketjun asettamat vaatimukset selvitetään.

Raudotteiden osalta voidaan tavoitepalaverissa suunnitella myös logistiikkaan, tiedonvälitykseen, asentamiseen ja laadunvarmistamiseen liittyviä seikkoja.

Suunnitteluvaihetta helpottamaan on RTT:n paikallavalkansioon kerätty raudoitteellisuuden esittämät malliraudoitetyypit (kuva s.63). Näiden raudoitetyyppien käyttäminen edesauttaa raudoitustyön sujumista työmaalla ja raudotteiden edullista valmistamista raudoitetehtaalla.

Suunnitelmien pohjalta urakoitsija lähettää tarjouspyynn-



Tavallisen työmaaraudoituksen peruskomponentteja. katso Lisää tietoa kirjoituksen lopussa.

nöt haluamilleen materiaalityöntekijöille. Tavanomaisen rakennushankkeen raudotteiden tarjouspyyntö-tarjous-valinta-vaihe pitää viedä läpi noin 2 - 4 päivän sisällä. Tässä vaiheessa ei enää hankkeen edullisuuteen juurikaan voi vaikuttaa. Merkittävimmät edullisuustekijät on jo löytyä lukkoon tavoitepalaverissa ja sitä seuranneessa suunnittelussa.

Toteutusvaiheessa urakoitsija ja materiaalityöntekijät pitävät kiinteätä yhteyttä ja reagoivat nopeasti muutostarpeen havaittuaan. Toteutuksen seuranta ja palaute luo mahdollisuuden osapuolien kehittämiselle seuraavia projekteja varten.

Edellä kuvatun prosessin havaittiin edesauttavan laatuajattelun keskeisen teeman "kerralla valmiiksi" saavuttamista.

Kokonaisuus ratkaisee

Kuten edellä mainittiin rakennus koostuu osista ja osasuorituksista, joilla kullakin on vaikutuksensa lopputulokseen. Perinteisesti on keskitytty vertailemaan kunkin osakokonaisuuden halpuutta erillisinä osina. Menestyksellisempää on verrata kokonaisuusien edullisuutta.

Raudoituksen osalta tämä merkitsee vertailun siirtymistä yksinomaan teräksen kilohintavertailusta esim. rungon edullisuuden vertailuun. Kustannuksia tai kustannussäästöjä syntyy merkittävästi suunnittelusta, raudoitustyöstä sekä raudoitamisen kerrannaisvaikutuksista mm. seuraaviin kustannuksiin (kaavio s. 60):

- muottikustannukset (kiertonopeus, tarvittava määrä)
- betonointikustannukset (betonin valinta)
- työmaan yleiskustannuksiin (aikataulusäästö)

Raudotteisiin ja raudoitustyöhön liittyen havaittiin voimakasta raudoitusratkaisujen yksinkertaistamisen tarvetta. Rakennetyypistä riippumatta voidaan raudoitukselle suunnitella hitsatuilla raudotteilla tehtävä runkorauditus, jota täydennetään irtotankoraudotteilla. Rakenteen monimuotoisuudesta riippuen vaihtelee irtotankoraudotteiden määrä 10 - 30 % välillä. Lauttasaaren pilottikohteen pilarilaatta-runkojen laattojen raudoituksessa raudotteiden keskinäinen osuus oli: hitsattuja pääraudotteita 77 %, hitsattuja reunahakakoreja 9 %, tukipukkeja 4 % ja täydentäviä irtoteräksiä 10 %.

Yksinkertainen tehokasta

Yksinkertainen raudoitusratkaisu tarkoittaa yleensä selkeitä toistuvia raudoituskenttiä, joista suoranaisesti seuraavat kokonaisedullisuuden vaikuttavat tekijät:

- sarjavalmistuksen mahdollisuus,
- asennusnopeuden paraneminen,
- käytettävän työvoiman kustannustaso alenee,
- laatuvirheiden määrä pienenee ja
- logistiikka selkeytyy.



Yläpinnan raudoituksen esivalmistettu tukipukki.

Esivalmistettu hakakori toimii laatan reunan raudoituksena ja yläpinnan raudoituksen tukena.

Raudoitussuunnitelmat ja raudoitetyypit

Erityisesti suunnittelussa tulee pyrkiä detaljien yksinkertaiseen toteutettavuuteen. RTT:n paikallavalukansiossa on esitetty pilarilaattarungon toimivia detaljiratkaisuja.

Pilottiprojekteissa keskityttiin työn sujuvuuden varmistamiseen, sillä kussakin kohteessa vaativa betonointiaikataulu kuitisti raudoittamiseen käytettävän ajan huomattavan lyhyeksi. Tästä syystä työteräsiin kiinnitettiin erityistä huomiota. Alapinnan raudoitteiden tukemiseen käytettiin kaikissa kohteissa muovikorokkeita, joiden todettiin huolellisesti asennettuna toimivan moitteetta.

Yläpinnan raudoitteiden tukemiseksi oli yleensä tarjolla kaksi vaihtoehtoa: paikan päällä irtoteräksistä väännettävät Z-tuet tai esivalmistetut Tammet -tukipukit (kuva s.64). Ura-koitsijat ovat yleensä suunnitteluvaiheessa taipuvaisia valitsemaan itsevalmistettavat Z-tuet, mutta kaikissa kohteissa voitiin työn aikana todeta tukipukkien olevan tällä hetkellä ainoa tukemistapa tavoiteltaessa nopeata raudoitustahtia ja korkealaatuista lopputulosta.

Laattojen reunojen haoitukseen keksittiin entistä tehokkaampi hakakorimalli (kuva s.64). Käytetty hakakori seisoo itseksensä, joten sen asennusnopeus on merkittävästi suurempi verrattuna perinteiseen hakamalliin. Hakakori toimii lisäksi yläpinnan raudoitteiden tukena, mikä vähentää työterästarvetta laattojen reuna-alueilla.

Tammet Oy on kehittänyt kaistaraudoitustekniikkaa vakioimalla raudoitteita: kaikissa kaistaraudoitteissa on sama jako (200 mm) ja sama leveys (1200 mm). Yhdessä kaistaraudoit-

teessa on siten seitsemän kappaletta toimivia pääteräksiä, jotka ovat halkaisijaltaan 10 mm tai 12 mm. Asentamalla kaistaraudoitteita päällekkäin saadaan teräsmäärää kasvatettua helposti. Kaistaraudoitteiden pituuksia on myös vakioitu käytännöstä saatujen kokemusten perusteella: yleisimmät pituudet ovat 2,50 m, 3,33 m ja 5,00 m. Kaistaraudoitteiden vakiointi parantaa niiden saatavuutta lyhyelläkin toimitusajalla.

Yhteenveto

Parhaaseen lopputulokseen päästään ymmärtämällä sekä suunnittelu- että toteutusvaiheessa edullisen raudoituksen periaatteet. Suunnittelussa tulee pyrkiä paitsi rakenteiden kestävyys- ja säilyvyyden varmistamiseen, myös kokonaisedullisuuteen ajatellen koko rakennusosaa ja rakennusta. Raudoitteiden kohdalla tämä ei merkitse teräsmäärän vaan erilaisten raudoitetyyppien minimointia. Tällöin vastaavasti lisätään tehokkuutta ja saadaan työ sujumaan niin, että raudoitusten asentaminen ei muodostu muita töitä hidastavaksi työvaiheeksi.

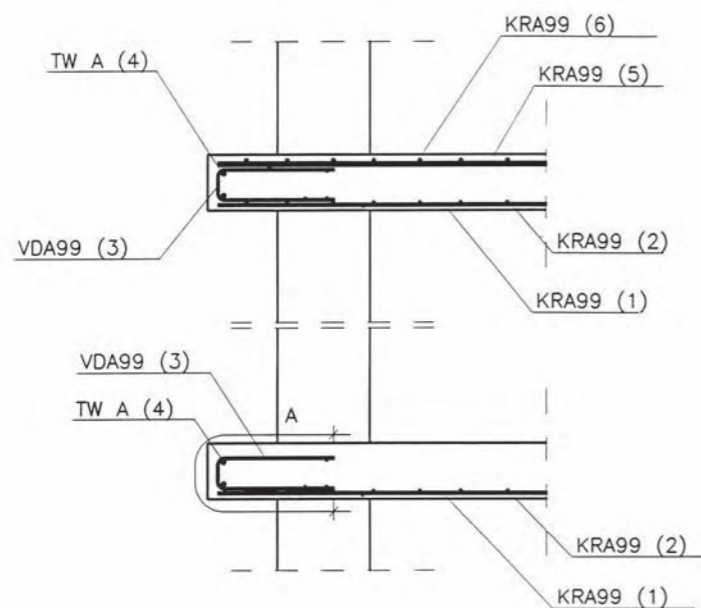
Suunnittelija voi helposti tarkastaa raudoitussuunnitelman järjestyksen tekemällä raudoiteluettelon. Paitsi että luettelo helpottaa raudoitteiden valmistusta, se kertoo myös, onko erilaisia tyyppisiä liikaa ja onko sarjapituus vastaavasti liian pieni. Teollinen raudoittaminen edellyttää riittävän pitkiä sarjoja ollakseen todella nimensä mukaista!

Raudoiteluettelosta on myös helppo tarkistaa raudoitteiden ulkomitat ja painot, joilla on merkitystä kuljetusten ja asentamisen sujuvuuteen. Luettelossa on hyvä olla listattuna

työteräksetkin, erityisesti tukipukit. Tukipukkilinjat pitää merkitä piirustuksiin. Tämä helpottaa raudoitteiden asennusta.

Toteutusvaiheessa tärkeää on toimitusten suunnittelu ja raudoitteiden tilaaminen riittävän ajoissa, jolloin välttyään turhalta kiireeltä ja raudoitteet saadaan työmaalle täsmälleen sovittuna aikana. Tarjous-tilaus -vaihe ei vie paljon aikaa, kun raudoitteet on hyvin suunniteltu jo etukäteen aloituspalaverissa käytyjen keskustelujen pohjalta. Suunnitteluvaiheessa on siis lyöty lukkoon järkevin ja edullisin vaihtoehto, joten tarjousvaiheessa vain hinnoitellaan tuotteet.

Laadukkaasti ja taloudellisesti toteutetun kohteen tunnusmerkki on tiivis yhteistyö rakentamisen eri osapuolien välillä jo suunnittelu- ja työmaan käynnistysvaiheessa samoin kuin itse rakentamisen aikana. Yhteistyönä tehty suunnittelu, toteutus ja seuranta kussakin osakokonaisuudessa takaa paitsi yksittäisen rakennusprojektin onnistumisen myös koko rakennusalan kehittymisen oikeaan, loppukäyttäjää palvelemaan suuntaan.



Esimerkki paikallavaletun rungon yksinkertaisesta raudoitusratkaisusta.

Kehittynyt raudoitustekniikka

Teknillisen korkeakoulun Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osaston Talonrakennustekniikan laboratoriossa on suoritettu Kestävä Kivitalo -projektiin liittyen tavoitetutkimus paikallavalettujen rakenteiden raudoitustekniikan kehittämiseksi.

Osatutkimus 1:

Paikallavalutekniikassa tarvittavien raudotteiden selvittäminen sekä perusteet erilaisten raudotteiden määrälle, jaolle ja koolle:

- epäsymmetrisen, tasaisen kuorman vaikutus taivutusmomenttiin
- pistekuorman aiheuttama poikittainen taivutusmomentti
- tukipainuman vaikutus laatan jakoraudoitukseen
- lämpötilaeron aiheuttama jakoterästarve
- estetyn kutistuman aiheuttama jakoraudoitustarve

Tulosteet:

- Pekkala, Tero: Teräsbetonilaattojen jakorauditus. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Diplomityö. 1997.
- Lydman, Mika; Lahdenperä, Tommi; Pekkala, Tero; Huovinen, Seppo: Teräsbetonilaatan raudituksen ankkurointi ja jakorauditus. TKK Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 74. 1997.

Osatutkimus 2:

Plastisuusteknisen mitoituksen perusteiden tarkistus kylmämuokatuilla teräksillä.

- Jatkuvan teräsbetonilaatan muodonmuutoskyky, kun raudoituksena on kylmämuokattu, harjakuviainen irtotankorauditus
- Epälineaarisen teorian käyttö poikkileikkauksen tasapainotilan analysoinnissa
- Sitkeyskriteeri murtotilanteessa, vähimmäisraudoitusaste
- Plastisen kylmäkapasiteetin analyttinen tarkastelu

Tulosteet:

- Lydman, Mika: Taivutetun teräsbetonilaatan plastinen muodonmuutoskyky. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 3196. 1997.
- Lydman, Mika; Huovinen, Seppo: Teräsbetonilaatan plastinen muodonmuutoskyky. Irtotangoilla raudoitettujen teräsbetonilaatat. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 73. 1997.
- Lydman, Mika: Teräsbetonilaatan plastinen muodonmuutoskyky. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Lisensiaattityö, 1998.

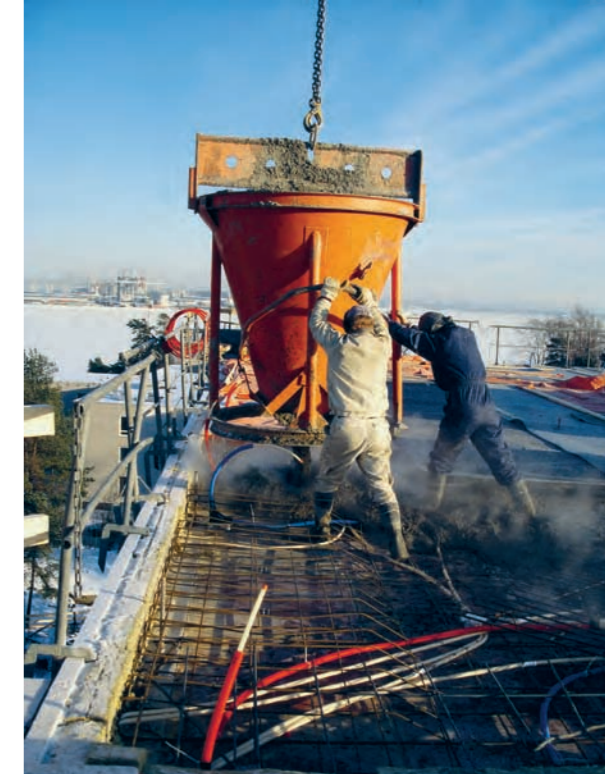
Osatutkimus 3:

Terästen ankkuroinnin laskentamenetelmät ja tuille vietävän teräsmäärän määrittäminen.

- ankkurointitarpeen ja kapasiteetin selvitys
- ristiliitoksen ankkurointikapasiteetti
- tuille vietävän raudituksen määrä eri normien määräysten mukaan.

Tulosteet:

- Lahdenperä, Tommi: Betoniraudituksen ankkurointi eräissä erikoistapauksissa. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Diplomityö 1997.
- Lydman, Mika; Lahdenperä, Tommi; Pekkala, Tero; Huovinen, Seppo: Teräsbetonilaatan raudituksen ankkurointi ja jakorauditus. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 74. 1997.
- Sistonen, Esko; Lydman, Mika; Huovinen, Seppo: Betonoinnin lisäkerroin ristiliitosten ankkurointimitoitussyhtälössä. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu. 1998.



Osatutkimus 4:

Liitosdetaljien ja niissä tarvittavien raudotteiden kehittämisen paikallavalutekniikkaa varten.

- pilarin ja laatan välinen liitos, raudotteet ja niiden suunnitteluperusteet
- laatan murtovarmuuden kokeellinen selvitys
- eri parametrien vaikutuksista laatan lävistymiseen

Tulosteet:

- Sistonen, Esko: Teräsbetonilaatan lävistyskapasiteetin laskentakaavan geometrinen malli. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 69. 1997.
- Sistonen, Esko; Lydman, Mika; Huovinen, Seppo: Teräsbetonilaatan lävistyskapasiteetin laskentakaavan geometrisen malli. TKK, Talonrakennustekniikan laboratorio. Julkaisu 69. 1997.
- Liu, Kemin: Punching shear reinforcement for reinforced concrete slabs. HUT. Laboratory of Structural Engineering and Building Physics. Licentiate Thesis. 1997.

Tavoitetutkimuksen johtaja:

Apulaisprofessori Seppo Huovinen
TKK, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto
Talonrakennustekniikan laboratorio.



Bamtec-mattoraidoitea levitetään työmaalla.

Mattoraidoite nimeltä Bamtec

Bamtec-raidoite on rullalle pakattu rakennuskohteeseen räätälöity mattomainen raidoite. Sillä saavutetaan moninkertainen asennusteho verrattuna perinteisiin raidoitusmenetelmiin. Asennuksessa matto nostetaan laatan reunalle asennusvälikkeiden tai tukien päälle ja pakkaussiteet avataan. Tämän jälkeen matto kohdistetaan ja suunnataan sekä rullataan auki tavallisesti jalkavoimia käyttäen. Yhden maton asennus kestää 4- 10 minuuttia maton koosta riippuen.

Bamtec raidoitematot valmistetaan standardin mukaisesti hitsattavasta 8...32 mm betoniteräksestä, ja mattoa pitää koossa ohutlevynauhat 1,55 m välein.

Maton koko on enimmillään 15 x n.20 m. Paino on enintään 1,5 tonnia, eli raidoitteen asennukseen tarvitaan nosturia. Laatan muodot ja aukot huomioidaan maton valmistuksessa, jotta työmaalla tehtävä työ olisi mahdollisimman vähäinen.

Bamtec-mattoraidoite on myös ensimmäisiä raidoitusalan järjestelmiä, jossa tietokoneavusteinen mitoitus ja suunnittelu on yhdistetty ja suunnittelutulos on käytetty sellaisenaan tuotannon ohjaukseen.

Mattoraidoite on kehitetty Saksassa ja se on suojattu patentilla. Fundian Betoni-teräsrühmä teki vuonna 2000 pohjoismaita kattavan lisenssisopimuksen Bam AG:n kanssa.

Suomessa ensimmäinen kohde on Skanskan rakentama Neptunus Herttoniemessä, jossa pihakannen laatat raidoiteaan Bamtec mattoraidoiteilla. Kuvassa näkyy myös uusi pihakannen lävistysvahvike, Fundian patentoima UFO.

Lisää tietoa:

- By 201 Betonitekniiikan oppikirja 2004. Suomen Betonitieto Oy
- Tammet Oy esitteet
- Ratu 22-0274 Raidoitus, menekit ja menetelmät
- Paikallavalurakentaminen, useita julkaisuja sisältävä kansio 1995. (RTT) Betonikeskus Ry

6. Betonointi