

EPS-muotin tuenta uudella tuenta- menetelmällä

Soklex-perustusvalumuotit

Timo Oksanen

Opinnäytetyö

Joulukuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Rakennustuotanto ja rakennesuunnittelu

Tekijä(t) Oksanen, Timo	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2016
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi EPS-muotin tuenta uudella tuentamenetelmällä Soklex-EPS-muoteille		
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Hannu Haapamaa, Reijo Pitkänen, Jussi Korpinen		
Toimeksiantaja(t) Hannu Piispanen, SX Perustus Oy		
Tiivistelmä <p>Työn tilaajana on SX Perustus Oy, joka valmistaa Soklex-perustusvalumuotteja. Soklex-perustusvalumuotteja on valmistettu 1980-luvulta lähtien ja niiden tuentana on käytetty vierustäyttöjä tai puutavaratuenta. Vierustäytöillä tuettaessa maa-ainekset ovat valmiina rakentamisen jatkoa varten, joka nopeuttaa rakentamista. Puutavarasta tehty tuenta synnyttää paljon jätepuutavaraa.</p> <p>Perustus aliurakointi markkinoita hallitsevat vanerimuottiurakoitsijat edullisuutensa vuoksi. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää EPS-muoteille uudenlainen tuentamenetelmä, joka olisi helppokäyttöinen ja uudelleen käytettävä. Se kilpailisi vanerimuottien kanssa ajallisesti ja työmäärältään, mutta sillä on etuna EPS-muottipinta vaneriin nähden.</p> <p>Työn tavoitteena oli myös perehtyä laajemmin perustusten suunnitteluun ja muottityöhön ja betonointiin, erityisesti Soklex-tuotteilla. Toteutus tehtiin yhdessä tilaajan ja ohjaavien opettajien kanssa. Aihetta käsittelevää kirjallisuutta oli mm. RIL 147-2006, BY 210 ja BY201.</p> <p>Tuloksena saatiin esitys muotintuentamenetelmästä, joka on mitoitettu valupaineelle. Keskeisiä kriteereitä menetelmälle olivat koonnin ja purun helppous, edullisuus, keveys, kuljetusystävällisyys ja pitkäikäisyys.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Perustus, Muotti, Muotintuenta		
Muut tiedot		

Author(s) Oksanen Timo	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2016 Language of publication: Finish
	Number of pages 45	Permission for web publication: X
Title of publication A new kind of support-selection method with EPS molds For Soklex EPS-molds		
Degree programme Civil engineering		
Supervisor(s) Hannu Haapamaa, Reijo Pitkänen, Jussi Korpinen		
Assigned by Hannu Piispanen, SX Perustus Oy		
Abstract <p>The client is SX Perustus Oy, which manufactures Soklex foundation casting molds. Soklex foundation casting molds has made from the 1980s and a beam is used to flank refills or wood bracing. Establish-ing a subcontracting market is dominated by plywood formwork contractors because of low price. The aim was to develop a new EPS-molds kind of support systems, which should be easy to use and re-use.</p> <p>Establishing a subcontracting market is dominated by plywood formwork contractors because of low price. The aim of this study was to develop an EPS molds a new kind of support-selection method, which should be easy to use and reusable. It would compete with plywood molds in time and amount of work, but it has the advantage of an EPS mold surface with respect to the plywood.</p> <p>The aim was also to study more broadly the design of foundations and moldworks and concreting, especially Soklex-products. Implementation was carried out in conjunction with the client and the supervising teachers. The subject was literature mm. RIL 147-2006, BY 210, BY201 and welded pro-files.</p> <p>Resulted in the presentation support systems of the mold, which is rated casting pressure. The key criteria for this method was easy to assemble and disassemble, affordability, light weight, transporta-tion friendliness and longevity.</p>		
Keywords/tags (subjects) Foundation, foundation mold and the mold support		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Perustusvaluista	6
1.1	Rakennuksen perustukset	6
1.2	Työn lähtökohdat	7
1.3	Työn tavoitteet	8
1.4	Menetelmät.....	8
2	Anturaperustukset.....	9
2.1	Maankäyttö ja rakennuslaki	9
2.2	Perustustavat.....	10
2.3	Kuormitukset	12
2.4	Mitoitusperusteet kantavuudelle.....	14
2.5	Mitoitusperusteet anturan kestävyydelle.....	18
3	Muotit ja niiden tukirakenteet.....	26
3.1	Seinämuotit	26
3.2	Muottisiteet.....	27
3.3	Muottipinta	28
3.4	Muottien tukirakenteet ja niiden suunnittelu	28
3.5	Muottiin kohdistuva valupaine	30
3.6	Muottityön suunnittelu	33
3.7	Muottijärjestelmän valinta.....	34
4	Soklex –tuotteet	36
4.1	Yleistä	36
4.2	Soveltuvuus	36
4.3	Mallit.....	37
4.4	Muottien asennus	37
4.5	Muottien tuenta vierustäytöillä	38
4.6	Betonointi.....	38

4.7	Lopputulos.....	38
5	Soklex VM02 uudistettu versio ja sen tuentajärjestelmä	39
5.1	Uusi muottijärjestelmä ja sen käyttötarkoitus.....	39
5.2	Perustuksille tulevat kuormat	39
5.3	Valupaine.....	39
5.4	EPS –muotin kestävyys (kokoonturistuma).....	40
6	Pohdinta.....	40
6.1	Opinnäytetyön toteutus.....	40
6.2	Opinnäytetyön tulokset ja niiden luotettavuus	41
6.3	41	
	Lähteet	42
7	Kaavat	43
8	Taulukot.....	44
9	Kuvat.....	44
10	Kuvio.....	44
	Liitteet.....	46

Kuviot

Kuvio 1.	<i>Betonimassan aiheuttama valupaine p_0</i>	31
Kuvio 2.	<i>Valupaineen Korjauskerroin k_T</i>	32

Taulukot

Taulukko 1.	Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO) Koottu taulukko	13-14
Taulukko 2.	Leikkausraudoittamattomien rakenneosien kestävyys.....	20
Taulukko 3.	Murtorajatilojen osavarmuusluvut.....	25
Taulukko 4.	Vähimmäisraudoitusmäärä	25
Talukko 5.	Sidetankojen sallitut kuormat.....	27
Taulukko 6.	Korjauskerroin k_H	32

Taulukko 7. Korjauskerroin k _Y	32
Taulukko 8. Betonimassan notkeusluokkien likimääräiset raja-arvot	33
Taulukko 9. Yhteenveto kuormista ja niiden osavarmuuskertoimista (RIL144)	33

Alkulause

Tämä insinööryö tehtiin SX Perustus Oy:lle. Haluan kiittää kaikkia projektissa mukana olleita. Erityiset kiitokset esitän työn valvojalle Jyväskylän ammattikorkeakoulun Lehtori Hannu Haapamaalle ja työn ohjaajalle Hannu Piispaselle SX Perustus Oy:stä. Suuret kiitokset esitän myös Soklex-tuotteiden käyttäjälle kirvesmies Heikki Muittarille oivallisista neuvoista.

Tuotekehittelyn toteuttamisessa yritykselle onnistuttiin ajallisiin tavoitteisiin nähden välttävästi. Toivon, että SX Perustus Oy:lle on työn lopputuloksesta suuresti apua. Tulevaisuus ja markkinat näyttivät, miten hyvin uusi tuote saadaan tuotantoon ja palvelemaan asiakkaita. Samalla tullaan saamaan palautetta ja kehitysideoita liittyen tuotteeseen.

Jyväskylässä 12.12.2016

Timo Oksanen

Käsitteitä

Keskeisten käsitteiden määritelmät on koottu EN-standardien ja Suomen rakentamismääräyskokoelman määritelmien pohjalta.

EPS	Solupolystyreeni eriste eli kansankielellä styroxia
Käyttörajatila	tila, jonka ylittämisen jälkeen rakenteelle tai rakenneosalle asetetut käyttökelpoisuusvaatimukset eivät enää täyty
Murtorajatila	sortumiseen tai muuhun senkaltaiseen rakenteen vaurioitumistapaan liittyvä tila
Osavarmuusluku	on lukuarvo, jolla ominaiskuorma kerrotaan mitoitus-kuorman saamiseksi tai jolla materiaalin ominaislujuus jaetaan mitoituslujuuden saamiseksi
Konsolidaatiopainuma	on perustusten painuman laskentamenetelmä. Menetelmällä lasketaan eri maakerrosten painumat ja summataan ne. Menetelmän on kehittänyt Ohde-Janbu.
Valupaine	Valupaineella tarkoitetaan betonivalun muottiin kohdistavaa painetta [kN/m ²]

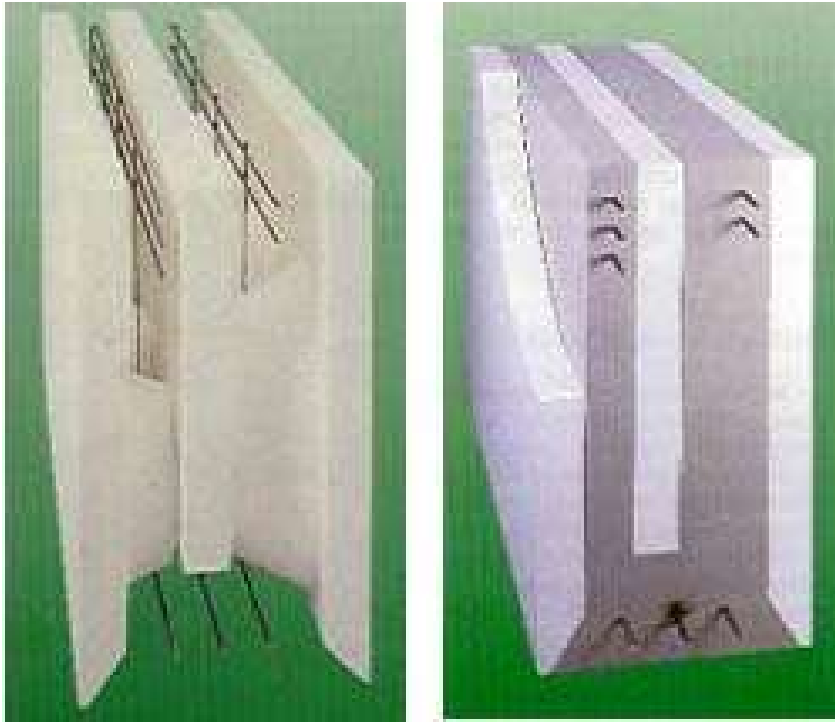
1 Perustusvaluista

1.1 Rakennuksen perustukset

Rakennuksen perustukset ovat yksi tärkeimmistä sen rakenneosista. Niiden painumia ja muodonmuutoksia on syytä välttää, sillä niiden korjaaminen jälkikäteen on hankalaa ja maksaa paljon.

Maanvaraisten anturoiden suunnittelu ja mitoitus ovat keskeisiä rakennesuunnittelijan toimenkuvaan kuuluvia tehtäviä, jotka vaativat perinteisen rakennesuunnittelun lisäksi ymmärrystä geotekniikkaan liittyvistä perusasioista. Tavanomaiset maanvaraiset anturat toteutetaan teräsbetonirakenteisina, jolloin betonirakennesuunnittelun näkökulmasta ne toimivat joko raudoitettuna tai raudoittamattomana rakenteena.

Perustusvaluuottityön kehittämisessä on mahdollisuuksia. Markkinointia hallitsee työmenetelmänä vanerimuotti -työmenetelmä. Näissä heikkouksia ovat purkutyöstä syntyvä betoninen puujäte ja betonin menekki. Hannu Piispanen on kehitellyt uudentyypistä antura- ja sokkelimuottimenetelmää 80-luvulta lähtien. Muottipinta on solupolystyreeniä (EPS). Tämä soveltuu perustusten lämmöneristeeksi, joten sitä ei tarvitse purkaa piiloon jäävältä perustuspinnalta. Eristepaksuuden valitsee rakennesuunnittelija Soklex:in tarjoamista mallista. Soklex-perustusvaluuotit on myös valmiiksi raudoitettu rakennesuunnitelmien tarpeiden mukaan. Betonin menekki on tavalliseen valusokkeliin verrattuna pienempi, sillä Soklex-muotissa on EPS-kennot kolmenkymmenen senttimetrin välein.



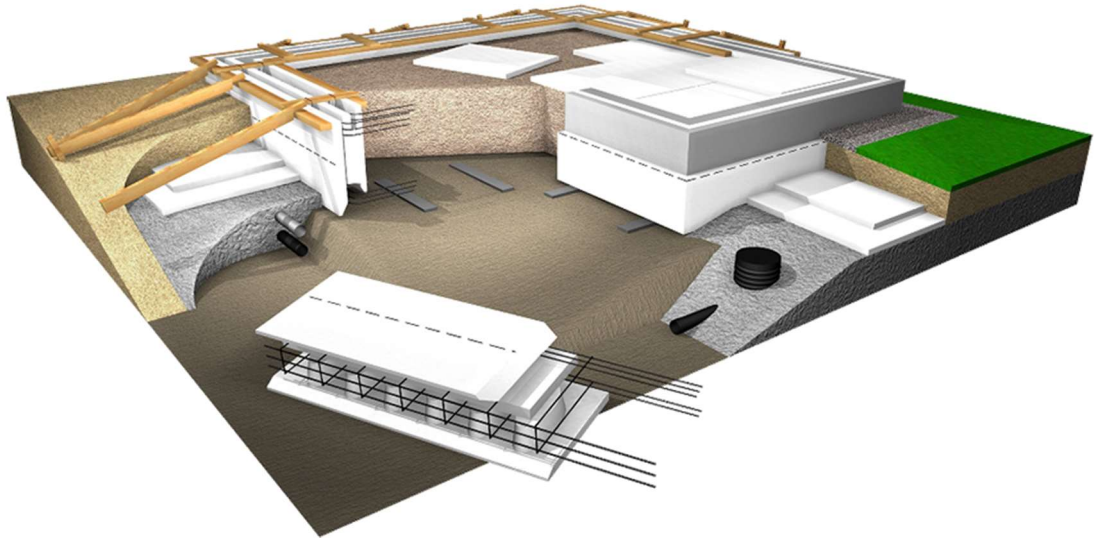
Kuva 1 Soklex -muotti

1.2 Työn lähtökohdat

Soklex-muotti on tuettu useimmiten tekemällä maa-aineksella vie-rustäytöt (sora, hiekka tai salaojasepeli) betonivalua varten. Maa-täyttö tehdään 100-150 mm näkyvän sokkeliosan alarajan yläpuolelle saakka. Yläpää on tuettu puutavaralla (esim. 100x50 mm tai 2kpl 100x32 mm), sitoen rimasolkien (esim. 50x32 mm) avulla ne yhteen. Lisäksi muotti on tuettu 3-4 metrin välein maahan tukeutuvilla vino-tuilla. Anturat ja sokkeli valetaan samalla valukerralla. Valun jäl-keen maatayttöjä tarvitsee kaivaa vain sokkelin ulkopinnan eristeen katkaisua varten. Muuten maataytöt ovat valmiina rakentamisen jat-kamista varten.

Soklex-muotteja on tuettu myös puutavarasta tehdyillä tuentamene-telmillä. Tämä menetelmä on usein myös kohtuullisen hidas ja likai-sen puutavaran kierrätys tai uusiokäyttö on hankalaa.

Soklex-muotin asentamiseen on laskettu 0,35 työtuntia juoksumetriä kohden työparilta. Työpari käsittää yhden rakennusammattimiehen (RAM) ja yhden rakennusapumiehen (RM).



Kuva 2 Soklex -muotin käyttö

1.3 Työn tavoitteet

Tämän insinööriyön tavoitteena on perehtyä perusteellisesti perustuksiin Soklex-menetelmällä ja kehitellä uudenlainen tuentamenetelmä Soklex-perustusvalu-
muoteille, sekä leventää jatkuvien anturoiden kantavuusleveyttä 600 millimetriin. Työ käsittelee myös laajemmin perustuksia, niiden kestävyksiä ja muottityötä.

Rakennustyömailla kireiden aikataulujen tai kaivinkoneiden puutteen sekä maa-ainespuutteiden vuoksi hitaat vierustäytöt ovat EPS-muottityön kehitettävä osa-alue. Näitä työmaita varten Soklex-muotit tarvitsevat helposti kasattavan, edullisen, kestävä-
vän ja helposti kuljetettavan muotin tuentajärjestelmän.

1.4 Menetelmät

EPS-muotin ulkopuolelle mitoitettava teräsputkikehikon mitoitus tehdään teräsmitoitusten mukaan. Kuormat saadaan laskemalla teoreettinen valupaine ja johtamalla se teräsputkirakenteelle. Lähtökohteisesti 800 millimetriä korkea sokkeliosalle tulisi kolme vaakaputkea ja n. 2-3 metrin välein pystytuki, joka olisi tuettu maahan säädettävällä vinotuella.

Anturan vaadittava leveys ($b=600$) saadaan asentamalla muotin ala-osaan galvanoidut pellit kuudenkymmenen asteen kulmaan vaakatasoon nähden. Betoni siirtää puristusvoimat 60 asteen kulmassa ilman raudoitusta (Piispanen, 2016).

2 Anturaperustukset

2.1 Maankäyttö ja rakennuslaki

Maa- ja pohjarakenteet on suunniteltava ja toteutettava siten, että niillä säilyy riittävä lujuus ja vakavuus murtumista vastaan koko suunnitellun käyttöajan. Rakenteiden painumien, siirtymien, kier-tymien ja muodonmuutosten on pysyttävä niin pieninä, etteivät ra-kenteet rikkoonnu haitallisesti, eivätkä aiheuta vaaraa käyttäjilleen tai ympäristölle. Suunnittelussa on huomioitava rakennuspaikalla ja sen ympärillä vallitsevat olosuhteet ja rakenteet. Pohjarakenteita suunniteltaessa tämä tarkoittaa rakennuspaikan pohjaolosuhteiden tunnistamista ja pohjarakenteiden mitoittamista ko. pohjaolosuhteet huomioiden yleisesti hyväksytyillä laskentamenetelmillä. Anturape-rustusten tekeminen eloperäisten maiden varaan ei ole sallittua. Pohjarakenteet on mitoitettava niin, että jännitykset rakenteissa ja riittävän suuressa osassa perustuksia vasten olevaa maapohjaa pysy-vät myötörajan jännityksiä pienempinä.

Perustukset ja muut pohjarakenteet on suunniteltava ja rakennet-tava niin, että ne kestävät ja toimivat koko suunnitellun käyttöiän. Perustusten ja muiden pohjarakenteiden käyttöikä on osoitettava käyttämällä ratkaisuja ja materiaaleja, joiden toiminta perustuksi-na ja muina pohjarakenteina tunnetaan riittävän pitkältä ajalta. Muussa tapauksessa ratkaisut ja materiaalit on koestettava puolu-eettomassa tutkimuslaitoksessa, sillä rasitusmäärän ja -tason yhdis-telmällä, joka perustukseen tai muuhun pohjarakenteeseen voi kohdistua sen käyttöaikana. [Ympäristöministeriö. 2004. s.15]

Anturaperustusten koko mitoitetaan geoteknisesti siten, että varmuus maapoh-jan murtumista vastaan on riittävä ja että perustusten painumat ja painuma-erot pysyvät perustettavan rakenteen sietämissä rajoissa. [Maankäyttö ja ra-kennuslaki, 2004.s17]

Pohjarakenteiden välityksellä tulevat kuormat jaetaan yleensä joko karkearakeiselle maapohjalle tai moreenipohjalle. Karkearakeisella maapohjalla tarkoitetaan kiviariinaa, jossa on yli 16 millimetristä ki-viainesta.

Anturaperustuksen perustussyvyys on vähintään 0,5 m viereisestä maanpinnasta mitattuna. Yleensä perustussyvytenä käytetään 0,8 metriä, koska mahdollinen routaeristys on mahdollista maakerrokseen. Rakennuksen sisäalueilla perustussyvyys voi olla pienempi. Pe-rusmuurianturan leveys on vähintään 0,3 m ja pilarianturan koko vähintään 0,4 m x 0,4 m. Anturaperustuksen paksuus on yleensä niin suuri, että sitä voidaan pitää kantavaan maapohjaan verrattuna jäykkänä.

Anturan kantokyky mitoitetaan tunnetulla kantavuuskaavalla, jolla otetaan huomioon perustussyvyys ja perustuksen koko ja kuormitusresultantin vinous sekä tarvittaessa maanpinnan kaltevuus. Perustussyvyys ja maanpinnan kaltevuus otetaan huomioon alimman maanpinnan tai lattiatason mukaan, jotka voivat esiintyä rakennus- tai käyttöaikana, kun perustus on kuormitettu.

Anturaperustusten geoteknisen mitoituksen tärkein osa on painumien ja painumaerojen laskenta, koska se yleensä ratkaisee, voidaanko anturaperustusta käyttää. Anturaperustusten tekeminen hienorakeisten maakerrosten varaan edellyttää, että kantavat rakenteet sietävät hienorakeisten maakerrosten koonpuristumisesta aiheutuvat painumaerot. Anturaperustusten tekeminen eloperäisten tai pehmeiden hienorakeisten maakerrosten varaan ei ole tarkoituksenmukaista. [Maankäyttö ja rakennuslaki, 2004.s17-18]

Lämpimien rakennusten yhteydessä käytettävä routimaton perustussyvyys riippuu maata vasten olevien tilojen lämpötilasta ja alapohjan lämmönerityksestä tai ryömintätilan lämpötilasta sekä lisäksi perustusten rakenteesta.

2.2 Perustustavat

Perustustavan valintaan vaikuttavat perusmaankantavuus, alapohjarakenne, rakennukselta tulevat kuormat ja sallittu painuma. Perustustavan valitsee usein pohjarakennesuunnittelija, mutta pienemmissä kohteissa rakennesuunnittelija maaperätutkimusta ja arkkitehdin tai tilaajan vaatimuksia kuunnellen. Vaihtoehtoisesti geotekninen suunnittelija laskee sallitun painuman perusteella kantokestävyyden ja kirjaa sen geotekniseen suunnitteluraporttiin, jonka perusteella rakennesuunnittelija voi suunnitella perustukset. Perustamistapa valitaan perustamisolosuhteiden mukaan.

Maanvaraisperustus

Maanvarainen perustaminen tulee kyseeseen, kun perusmaa on karkeaa tai hienojakoista sekä routimatonta. Maa-aines on tällöin ominaisuuksiltaan tarpeeksi kantavaa. Jos perusmaa on kapillaarista, hienoa hiekkaa tai silttiä, joudutaan siihen tekemään massan vaihto ja paksumpi kiviaines-arina. Tämä on halvin, yksinkertaisin ja yleisin perustamistapa.

Rakennetun täytön varaan perustaminen

Rakennus joudutaan perustamaan rakennetun täytön varaan, jos kantava maa-aineskerros on liian lähellä paaluille, esimerkiksi jos pintamaassa on savea kaksi metriä laajalla alueella, eikä kustannussyistä haluta tehdä maa-ainevaihtoja. Tämä sopii pienemmille rakennuksille, muun muassa piharakennuksille.

Paaluperustaminen

Painuvalla maaperällä voidaan perustukset joutua paaluttamaan. Tähän joudutaan runsaassa 10 %:ssa hankkeista, tilanne tulee usein eteen erityisesti kaupunkien tiuhaan rakennetuilla kaava-alueilla. Maaperän kantavuutta vahvistetaan lyömällä paalut riittävän syväälle, olosuhteiden salliessa peruskallioon asti. Paaluja ei saa suunnitella alle kolme metrisiksi. Jos paalu joudutaan katkaisemaan alle puolitoista metriseksi, sitä ei hyväksytä paaluksi sen epästabilisuuden vuoksi. Paalut voivat olla teräsbetoni- tai teräspaaluja. Paalujen päälle valetaan joko pilarianturat tai jatkuva-antura, joihin mitoitetaan riittävä rauditus.

Kallion varaan perustaminen

Kalliolle voidaan perustaa, kun kallio on sopivalla syvyydellä. Pienemmät rakennukset voidaan perustaa suoraan kallion päälle, jos kallio on ehjä ja tasainen. Muissa tapauksissa, jos rakennus on laaja, kalliossa on ruhje tai kallion pinta epätasainen, joudutaan kalliolle tekemään ensin arina.

Maapohjan vahvistaminen ennen perustamista

Maapohjaa voidaan stabiloida ennen sen päälle perustamista. Maapohjaa voidaan stabiloida esimerkiksi suihkuinjektoimalla. Tämä on harvinainen ja kallis tapa, mutta voidaan joutua tekemään erikoistapauksissa.

Anturamallit

Erilaisia anturamalleja ovat jatkuva-anturaperustus, pilarianturaperustus ja reunavahvistettu laatta-perustus.

Jatkuva-antura on perustustapana kaikista suosituin ja sopii kantavalle maaperälle hyvin. Anturan päälle tuleva sokkeli voidaan joko valaa teräsbetonista, muurata harkoista tai valaa valuharkoilla.

Pilarianturaperustusta voidaan käyttää hyvin kantavalla maaperällä. Pilareiden väliin tulee mitoittaa riittävän vahvat rakenteet. Usein alapohjat tehdään näissä kohteissa maanvaraiseksi.

Reunavahvistettu laatta sopii perustusratkaisuksi erityisesti silloin, kun maan kantokyky on heikohko. Jäykkä, yhtenäiseksi valettu laatta jakaa rakennuksen painon koko rakennuksen kattamalle alalle, jolloin merkittävä painuminen voidaan välttää. Hyvänä puolena reunavahvistetussa laatussa on myös se, että laatta muotitetaan, raudoitetaan ja valetaan kerralla.

Alapohja voidaan tehdä myös joko maanvaraiseksi tai ryömintätilaiseksi eli rossipohjaksi, että se pääsee tuulettumaan. Tuulettuvassa alapohjassa alapohjan omapaino ja hyötykuormat ohjataan perustuksille, toisin kuin maanvarainen alapohjalaatta tehdään aina ”kelluvaksi”, jolloin laatta siirtää kuormat suoraan alapuolella oleville maakerroksille.

2.3 Kuormitukset

Momentit ja leikkausvoimat arvioidaan STR-rajatilassa käyttäen eurokoodin SFS-EN 1990 ja sen kansallisen liitteen kaavoja (6.10a) tai (6.10b). Kaavojen arvoista epäedullisempi mitoittaa anturan. Taivutusmomentin kannalta kriittinen poikkileikkaus on pilarin ulkopinnassa. Jos lävistys- tai leikkauskestävyys on liian pieni, kasvatetaan yleensä anturan korkeutta. [EN1997 Eurokoodi 7 Osa 6: Perustukset]

Taulukko 1 Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO)

Normaalisti vallitsevat ja tilapäiset mitoitusolot	Pysyvät kuormat		Määrävä muuttuva kuorma	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat
	Epäedulliset	Edulliset		
6.10a	$1,35 K_{FI} G_{kj,sup}$	$0,9 G_{kj,inf}$		
6.10b	$1,15 K_{FI} G_{kj,sup}$	$0,9 G_{kj,inf}$	$1,5 K_{FI} Q_{k,1}$	$1,5 K_{FI} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$
K_{FI} riippuu standardin SFS-EN 1990 liitteen B taulukon B2 mukaisesta luotettavuusluokasta seuraavasti				
CC3: $K_{FI} = 1,1$	<p>Suuret seuraamukset hengenmenetyksen tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yli 8 krs. asuin-, liike- ja konttorirakennukset • konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot, • raskaasti kuormitettut tai suuria jännevälejä sisältävät rakennukset. • Erikoisrakenteet kuten esim. suuret mastot ja tornit • Luiskat sekä penkereet ja muut rakenteet • hienorakeisten maalajien alueilla siirtymien haittavaikutuksille herkissä ympäristöissä. 			
CC2: $K_{FI} = 1,0$	<p>Keskisuuret seuraamukset hengenmenetyksen tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia:</p> <p>Rakennukset ja rakenteet, jotka eivät kuulu luokkiin CC3 tai CC1: Tavanomaiset asuinrakennukset: omakotitalot, paritalot, rivitalot, luhtitalot, 2-8 krs. kerrostalot, jne</p>			
CC1: $K_{FI} = 0,9$	<p>Vähäiset seuraamukset hengenmenetyksen tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia:</p> <p>1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten esim. varastot</p> <p>Rakenteet, joiden vaurioitumisesta ei aiheudu merkittävää vaaraa kuten</p> <p>matalalla olevat alapohjat, ilman kellarituloja</p> <p>ryömintätilaiset vesikatot, kun yläpohja on varsinainen kantava rakenne</p> <p>sellaiset ulko- ja väliseinät, ikkunat, ovet ja vastaavat, joihin pääasiassa kohdistuu ilman paine-eroista aiheutuva sivuttaiskuormitus ja jotka eivät toimi kantavan tai jäykistävän rungon osana</p> <p>standardin SFS-EN 1993-1-3:n rakenneluokkien (structural class) II ja III muotolevyrakenteet.</p> <p>standardin SFS-EN 1993-1-3:n rakenneluokan (structural class) I muotolevyrakenteet levyyn taivutusta aiheuttaville pintaa vasten kohtisuorille kuormille</p>			

Ψ_0 Kuormien yhdistelykertoimet		
	Kuorma	Ψ_0
	Hyötykuorma asuintiloissa	0,7
	Hyötykuorma varastotiloissa	1,0
	Hyötykuorma muissa rakennusten tiloissa	0,7
	Lumi- tai jääkuorma	0,7
	Tuulikuorma	0,6

2.4 Mitoitusperusteet kantavuudelle

Anturaperustuksille (seinä- ja pilarianturat) on kolme mitoitusmenetelmää: (eurokoodi EN 1997 osa:1 kohta:6)

- Suora menetelmä – jokainen rajatila tarkastetaan laskemalla
- Epäsuora menetelmä – käytetään vertailukelpoista kokemusta ja testatausta määritettäessä käyttörajatilan parametreja, jotka täyttävät myös kaikkien kysymykseen tulevien rajatilojen vaatimukset (menetelmä on eurokoodissa EN 1997 pääasiassa ranskalaisen suunnittelu-käytännön takia, joten menetelmää ei käsitellä enempää tässä). Ohjeellisiin sääntöihin perustuva menetelmä, jossa käytetään otaksutua kantokestävyyttä
- Ohjeellisiin sääntöihin perustuva menetelmä, jossa käytetään otaksutua kantokestävyyttä.

Useimmissa anturaperustuksissa painuma on määräävä kriteeri. Perinteisesti painumaa on hallittu rajoittamalla pohjapainetta. Pohjapaineen rajoittaminen käytännössä tapahtuu suurentamalla anturan pinta-alaa. Ohjeellisiin sääntöihin perustuvassa menetelmässä voidaan yhä painumaa rajoittaa suurentamalla kantokestävyyden varmuuslukua. Poikkeuksena ovat pehmeät savet, joilla eurokoodi EN 1997- 1 edellyttää painumalaskelmia.

Suorassa menetelmässä jokainen rajatila tarkastetaan laskennallisesti. Murtorajatilassa maaperän kantokestävyys tarkistetaan käyttäen sekä maaparametrien että kuormien osavarmuuslukuja. Käyttörajatilassa lasketaan perustusten painuma ja tarkistetaan, ettei sallittu raja ylity.

Ohjeellisiin sääntöihin perustuvaa menetelmää voidaan käyttää, jos laskenta maaparametrien perusteella ei ole mahdollista tai tarpeellista ja suunnittelussa käytetään varmalla puolella olevia mitoitus-sääntöjä. Kussakin maassa nykyisin käytössä olevia ohjeellisiin sääntöihin perustuvia menetelmiä voidaan edelleen käyttää luokassa 1 ja alustaviin laskelmiin luokan 2 rakenteille.

Vaihtoehtoisesti geotekninen suunnittelija laskee sallitun painuman perusteella kantokestävyyden ja kirjaa sen geotekniseen suunnitte-luraporttiin. (Eurokoodi 7.)

Painumat

Rakennusten painumien laskentaan käytetään yleisesti niin sanottua tangenttimoduulimenetelmää. Menetelmässä suhteellinenkoonpuristuma lasketaan ödometrikokeesta saatavan jännityksestä riippuvan koonpuristuvuusmoduulin avulla. Koonpuristuvuusmoduulin jännitysriippuvuutta kuvataan moduuliluvun m ja jännityksen eksponentin avulla.

Anturaperustuksen konsolidaatiopainuman laskentaperiaate

Perustuksen alla oleva pohjamaa jaetaan pohjatutkimustulosten perusteella geoteknisiin kerroksiin, joiden paksuus on (Δh_i) . Kullekin kerrokselle i määritetään tai arvioidaan tehokas tilavuuspaino (γ_i) ja lasketaan maan omasta painosta aiheutuva jännitys (kuorma) (σ_{oi}) sekä perustuskuorman q aiheuttama pystysuora lisäjännitys $(\Delta\sigma_i)$ kerroksen keskellä. Tämän jälkeen määritetään kunkin kerroksen koonpuristuvuusmoduuli M_i koonpuristuvuuskoekokeiden avulla. Moduuli (M_i) määritetään jännitysalueelta $\Delta\sigma_{oi} \dots (\Delta\sigma_{oi} + \Delta\sigma_i)$. Perustuksen kokonaiskonsolidaatiopainuma (S_k) saadaan geoteknisten kerrosten painumien summana kaavasta (2.2).

Konsolidaatiopainuma lasketaan kaavasta:

$$S_k = \varepsilon * H \quad (1)$$

Jos maa on kerroksellista, lasketaan painuma kaavasta:

$$S_k = \sum_{i=1}^n (\varepsilon_i H_i) \quad (2)$$

ΔH_i	Maakerroksen paksuus
$(\varepsilon_i = \Sigma(\frac{\Delta\sigma_i}{M_i}))$	Ei käytetä yleensä tunnetun jännityslisäyksen synnyttämä suhteellinen kokoonpuristuma kerroksessa i
σ_i	Tehokas jännitys
M_i	Moduulivastus

Kun jännityseksponentti $\beta \neq 0$, eli maapohja on normaalisti kondolisoitunut ja kaikki uudet kuormat ovat maapohjalle lisäkuormaa:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{m\beta} * [\sigma_c + \Delta\sigma/\sigma_v]^\beta \quad (4)$$

Jos $\beta = 0,5$, voidaan kaava muuttaa yksinkertaisempaan muotoon:

$$\frac{\Delta h}{h} = \varepsilon = \frac{2}{m} * \left(\sqrt{\sigma_c + \frac{\Delta\sigma}{\sigma_v}} \right) - \left(\frac{\sigma_c}{\sigma_v} \right) \quad (5)$$

Jos $\beta = 0$, kuten yleensä savilla, saa kaava muodon:

$$\frac{\Delta h}{h} = \varepsilon = \frac{1}{m} * \ln \left(\frac{\sigma_c + \Delta\sigma}{\sigma_c} \right) \quad (6)$$

(Jääskeläinen 2011, 126, 127, 130; Liikennevirasto 44/200; 10,11).

σ_c jännityksen alkuarvo

$\Delta\sigma$ lisäjännitys

σ_v vertailujännitys 100 kN/m² (vakio)

Hienorakeisissa maalajeissa konsolidaatiopainuma tapahtuu hitaasti.

Konsolidaatiopainumaan kuluva aika arvioidaan kokoonpuristuvan maakerroksen paksuuden ja kokoonpuristuvuuskokeella määritetyn konsolidaatiokertoimen avulla.

Rakennuksen kokonaispainuman suuruutta lisää vielä pääosin rakennusaikana tapahtuva alkupainuma, jonka suuruus on yleensä 10...20 % kokonaispainumasta.

Eloperäisillä maalajeilla tapahtuu lisäksi merkittävää maakerroksen rakenteen vauriutumista pitkän ajan kuluessa.

Jos anturaperustusten pinta-ala tulisi suuremmaksi kuin puolet rakennuksen kokonaispohjapinta-alasta, tehdään rakennuksen alle tavallisesti yhtenäinen ns.

reunajäykistetty laatta. Laatta saattaa suurentaa rakennuksen kokonaispainumaa, mutta jäykkä laatta pienentää painumia. Laattaperustusta käytetään useimmiten pehmeiköälu-eilla kuivakuoren varaan perustettaessa.

Painumalaskelmia tehtäessä jäykän anturaperustuksen alapuolella vaikuttava pohjapaine (kosketuspaine) voidaan otaksua tasaisesti ja-kautuneeksi. Yhtenäistä laattaa käytettäessä pohjapaine voidaan otaksua tasaisesti jakautuneeksi vain alustavissa painumatarkaste-luissa, kun tutkitaan, onko maanvarainen perustaminen yleensä mahdollista. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa on taloudellisempaa käyttää esimerkiksi kuvan 5 mukaista likimääräistä pohjapaineen ja-kautumaa [14]. Parhaaseen tulokseen päästään numeerisilla menetelmillä, jotka ottavat huomioon rakenteen ja pohjamaan jäykkyyden sekä muodonmuutosten (taipumien) yhteensopivuuden. Jännityksen jakautuminen syvemmillä maakerroksissa (Δh) määritetään yleensä kimmoteorian perusteella.

Tavanomaisissa rivi- ja pientalokohteissa erillinen painumalaskelma ei ole yleensä tarpeen, jos rakennus on perustettu karkearakeiselle maalle tai moreenimaalle ja kantokyvyn kokonaisvarmuus on vähintään 2, 5...3 eikä perustustason alapuolella ole pehmeämpiä maakerroksia kuin perustustason kerros. Hienorakeisella alustalla painumalaskelma tai -arvio on aina tarpeen.

Menetelmän käytöstä on saatu joitakin huonoja kokemuksia pehmeillä savilla, joissa jännityksponentilla on käytetty negatiivisia arvoja. Nämä huonot kokemukset johtuvat kuitenkin virheistä, joita on tehty koska menetelmäjä sen parametrejä ei tunneta riittävän hyvin. Yleisin virhe on ollut, että moduulilukua ja jännityksponenttia käytetään yleisinä parametreinä ottamatta huomioon miltä jännitysväliltä ne on määritetty. Näin laskemalla voidaan saada hyvinkin suuria, täysin epätodellisia painumia. Tangenttimoduulimenetelmän parametrejä tulisikin muuntaa, mikäli jännityksponentin arvo on negatiivinen ja niitä käytetään esikonsolidaatiojännityksen arvolla, joka poikkeaa kokeen arvosta. Ainoastaan näin saadaan laskennan kokoonpuristuma vastaamaan ödometrikokeessa havaittua muodonmuutuskäyttäytymistä. Muuntamisen tärkeys kasvaa mitä suurempi negatiivinen lukuarvo jännityksponentilla (β) on ja mitä suurempi on ero esikonsolidaatiojännityksillä. Mikäli $\beta = 0$ ei moduuliluvun arvo muutu.

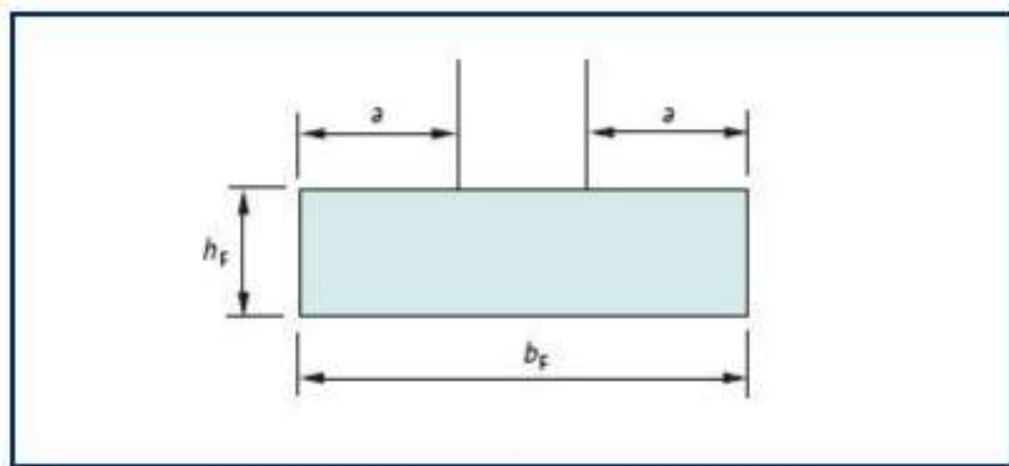
2.5 Mitoitusperusteet anturan kestävyydelle

Raudoittamattomat seinäanturat

Anturat pyritään tekemään mahdollisimman vähällä raudoituksella, kustannussyistä. Raudoitus pienentää kuitenkin betonin menekkiä, joten betonissa olisi hyvä käyttää jonkinlaisia leikkaus-, lävistysleikkaus- ja taivutusteräksiä.

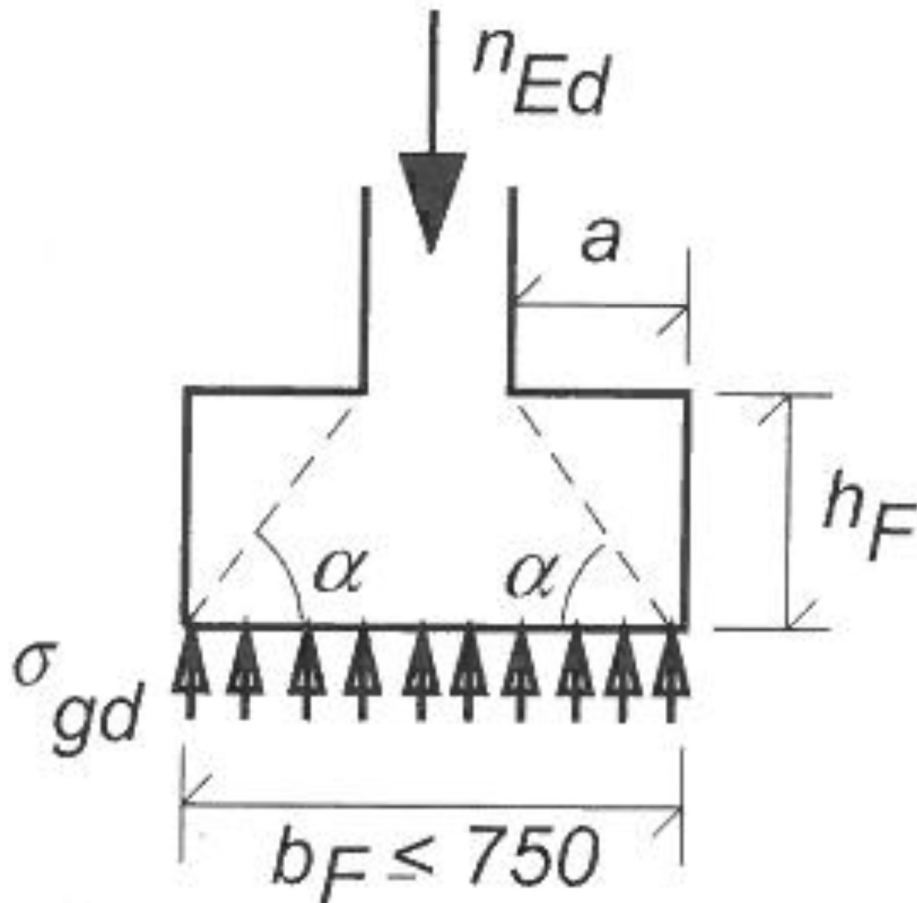
Antura voidaan tehdä raudoittamattomana, jos anturan paksuus h on tarpeeksi suuri verrattuna vapaaseen reunamittaan a verrattuna:

$$h_f = \left(\frac{a}{0,85}\right) * \sqrt{9\sigma_{gd}/f_{ctd}} \quad (7)$$



Kuva 3 Raudoittamattomien perustusten mitat (Betoniteollisuus, 1997)

Tällainen antura pysyy taivuttamattomana ja anturan kuorma siirtyy perusmaahan suorana puristuksena kuten pullomaisissa puristusdiagonaaleissa (kuva 5/6.5). Suuria anturoita ei pidä koskaan tehdä raudoittamattomana, koska betonin kovettumisen aikana lämmönkehitys aiheuttaa epätasaisen lämpötilan jakautumisen ja mahdollista halkeilua.



Kuva 4 Raudoittamattoman seinänturan mittaehdot: (BY 210, 2008)

$$a \leq 300 \text{ mm}, 300 \leq b_F \leq 750 \text{ mm}$$

$$\alpha \geq 50^\circ \text{ karkearakeisella maalla, } h_F \geq 1,2a$$

$$\alpha \geq 60^\circ \text{ hienojakoisella maalla, } h_F \geq 1,7a$$

Kuvan 4 paksuusehtojen lisäksi tarkistetaan taivutuksen kannalta, et-tä anturan paksuus täyttää kaavan 8 ehto:

$$h_F/a \geq \sqrt{12n_{Ed}/(7 * b_F * f_{ctd.pl})} = f_{ctk}/\gamma_{c.pl} \quad (8)$$

,missä $\gamma_{c.pl}$ on raudoittamattoman betonin osavarmuusluku ($> \gamma_c$). Tämä ehto ei ole määräävä silloin kun pohjapaineen mitoitusarvo $\sigma_{gd} = n_{Ed}/b_F$ on pieni.

Eurocode 2 mukainen paksuusehto on:

$$h_F/a \geq 3,53 * \left(\frac{n_{Ed}}{b_F * f_{ctd}}; f_{ctd}\right) = f_{ctk,0,05}/\gamma_c \quad (9)$$

,mikä antaa samaa suuruusluokkaa olevan tuloksen kuin kuvan 4 eh-to $h_F/a \geq 1,7$.

Jatkuvassa anturassa tulee aina olla pituussuuntaiset teräkset 2 \varnothing 8...12 halkeilun rajoittamiseksi. Pituussuuntaiset teräkset ovat mi-toitettu taivutukselle (kts. s.28 Pääraudoitus).

Taulukko 2 $V_{Rd,c}$ rakenneosien kestävyys, MPa

ρ_1 (%)	Tehollinen korkeus, d (mm)							
	300	400	500	600	700	800	900	1000
0,25	0,47	0,43	0,40	0,38	0,36	0,35	0,35	0,34
0,50	0,54	0,51	0,48	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43
0,75	0,62	0,58	0,55	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49
1,00	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55	0,54
1,25	0,73	0,69	0,66	0,63	0,62	0,60	0,59	0,58
1,50	0,78	0,73	0,70	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62
1,75	0,82	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,66	0,65
$\geq 2,00$	0,85	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68
k	1,816	1,707	1,632	1,577	1,535	1,500	1,471	1,447
Huomautukset								
1Taulukkoarvot on laskettu kaavasta: $V_{Rd,c} = (0,18/\gamma_c) k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} \geq 0,035 k^{1,5} f_{ck}^{0,5}$								
jossa $k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$ ja $\rho_1 = A_s/(bd) \leq 0,02$ ja $\gamma_c = 1,5$								
2Tässä taulukossa $f_{ck} = 30$ MPa								
Kun $\rho_1 > 0,40$ %, käytetään seuraavia kertoimia:								
f_{ck} (MPa)	25	28	32	35	40	45	50	
Kerroin	0,94	0,98	1,02	1,05	1,10	1,14	1,19	

Raudoitetut maanvaraiset anturat

Kun maanvaraisessa anturassa tarvitaan raudoitusta, tulee varmistaa, että anturalla on riittävä:

- Taivutuskestävyys: raudoitettu antura tulee mitoittaa taivutukselle määrittämällä anturalle pääraudoitus taivutuksen suunnassa.
- Lävistyskestävyys (pilarianturat)

- Leikkauskestävyys (seinäanturat): anturarakenteet on taloudellista suunnitella leikkausraudoittamattomina. Leikkauslävistysmitoitus tehdään Suomessa toistaiseksi vanhan ohjeen mukaan käyttäen eurokoodin mukaisia kuormia ja materiaalitietoja. Maata vasten olevissa rakenteissa betonin suojapeitepaksuus (c_{nom}) on aina vähintään 50 mm.

Lävistyskestävyys (pilarianturat)

Eurokoodin EN 1992-1-1 Suomen kansallisen liitteen mukaan lävistysmitoitus tehdään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan B4 "Betonirakenteet, ohjeet" kohdan 2.2.2.7 mukaan seuraavasti:

Laatan betonin lävistyskapasiteetti lasketaan kaavasta:

$$V_c = k\beta(1 + 50 * \rho)udf_{ctd} \quad (10)$$

$$k=1,6-d \geq 1, \rho_c \geq 2400\text{kg/m}^3$$

$$k=1,0 \text{ kun } 1800\text{kg/m}^3 \leq \rho_c < 2400\text{kg/m}^3$$

$$k=0,85 \text{ kun } 1800\text{kg/m}^3 < \rho_c$$

$$\beta = 1+1,5*e/(A_U)^{1/2}$$

e	on lävistysvoiman epäkeskisyyden las-kettuna leikkautuvan alueen painopisteestä
A_U	on tuen reunasta etäisyydellä 0,5d olevan leikkauksen rajoittama pinta-ala
u	on tuen reunasta etäisyydellä 0,5d oleva piiri

Mitoituskuormat, materiaalilujuudet ja osavarmuusluvut määritetään kuitenkin eurokoodien mukaan. Vaikka lujuudet määritetään eurokoodin mukaan, tulee mahdollisen lävistysraudoituksen mitoituslujuus rajata arvoon 300 MPa rakentamismääräyskokoelman mukaan.

Tällä hetkellä voimassa olevan standardin SFS-EN 1992-1-1 kansallisessa liitteessä viitataan vielä vanhaan B-sarjaan. Lävistysmitoitus on kuitenkin muuttumassa seuraavassa kansallisessa liitteessä. Kansallinen liite oli lausunnolla jo keväällä 2015. (Tikanoja, 2016)

Leikkauskestävyys

Anturoiden paksuus valitaan yleensä tavanomaisissa rakennuskohteissa siten, että leikkausraudoitusta ei tarvita. Mitoittavan leikkausvoiman aiheuttama leikkausjännitys $V_{Ed} = V_{Ed} / (bd)$ ei saa ylittää leikkauskestävyyttä $V_{Rd,c}$. Leikkausraudoittamattoman anturan leikkauskestävyys $V_{Rd,c}$ saadaan taulukosta 2 (kts. Raudoittamattomat seinäanturat).

$V_{Rd,c}$ on leikkausraudoittamattoman rakenneosan leikkauskestävyyden mitoitusarvo

$V_{Rd,s}$ on leikkausraudoituksen myötäämiseen perustuva leikkauskestävyyden mitoitusarvo

$V_{Rd,max}$ on leikkauskestävyyden yläraja, joka perustuu betonin puristusmurtumiseen

Ilman leikkausraudoitusta olevan rakenneosan mitoitusarvo:

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c})k(100\rho_1\rho f_{ck})^{\frac{1}{3}} b_w d \quad (11)$$

$$C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$\rho_1 = A_s/(bd) \leq 0,02$$

$$\gamma_c = 1,5$$

Ehdon täytyy toteutua

$$V_{Rd,c} \geq 0,035k^{1,5} * f_{ck}^{0,5} \quad (12)$$

f_{ck} on betonin lieriöpuristuslujuus 28 vkr ikäisenä

Kun rakenneosassa on vertikaalinen leikkausraudoitus, leikkauskestävyys V_{Rd} on pienempi seuraavista kaavoista (2.10a ja 2.10b) saatavista arvoista:

$$V_{Rd,s} = A_{sw} z f_{ywd} \cot \theta / s \quad (13a)$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{sw} b_w z v_1 f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad (13b)$$

A_{sw}	on leikkausraudoituksen poikkileikkausala
z	anturan tehollinen korkeus
f_{ywd}	on leikkausraudoituksen myötölujuuden mitoitussarvo
Θ	on vaakatason ja puristuspaarteen välinen kulma
s	on leikkaushakojen väli
α_{sw}	1; jännittämättömissä rakenteissa
v_1	on leikkausvoiman vaikutuksesta halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin = v
b_w	palkin leveys

Pääraudoitus

Anturaan mitoitetaan aina jonkinlaiset taivutusteräket (pituussuuntaiset teräket). Jatkuva antura mitoitetaan taivutukselle niin, ettei anturaan pääse tulemaan merkittäviä halkeamia. Antura mitoitetaan palkkina. Mitoitetaan palkki neljän metrin jännävälillä, jolloin maa painuisi anturan alta noin neljän metrin matkalta. Palkin tukiväli olisi näin neljä metriä. Anturapalkki on jatkuva, mutta sen edullisuutta ei oteta mitoituksessa huomioon, sillä se voi olla joissain osin rakennusta neljä metriä pitkä sivumitaltaan.

Betoniteräspalkin pääraudoituksen mitoitus BY60 mukaan:

$$\mu \geq M_{Ed} / (b f_{cd}) \quad (14)$$

M_{Ed} Mitoittava taivutusmomentti

b Anturan tehollinen leveys

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

f_{ck} on betonin lieriöpuristuslujuuden ominaisarvo 28 vuorokauden ikäisenä

γ_c on betonin osavarmuusluku

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu} \quad (15)$$

Betonirakenteille aina suositeltava vetomurtuminen saadaan ehdolla:

$$\beta \leq \beta_b$$

$$\beta_b = \lambda \varepsilon_{au} / (\varepsilon_{au} + \varepsilon_{s1}) \quad (16)$$

$$\lambda = 0,8$$

$$\varepsilon_{au} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{s1} = f_{sk} / E_s$$

$$f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

(A500HW/B500B)

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon_{s1} = 1/420$$

$$\beta_b = 0,476 \quad , \text{ kun teräs on B500B}$$

$$A_s \geq \beta b d f_{cd} / f_{sd} \quad (17)$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

γ_c on betonin osavarmuusluku

$$f_{sd} = f_{sk} / \gamma_s$$

$f_{sk} = f_{yk}$ betoniteräksen myötö-
lujuuden ominaisarvo

γ_s on betoniteräksen osavar-
muusluku

Materiaaliosavarmuusluvut

Taulukko 3 Murtorajatilojen materiaaliosavarmuusluvut

1-luokan rakenteet

Mitoitustilanteet	betoni γ_c	betonite- räs γ_s	jännete- räs γ_s
Normaalisti vallitseva ja tilapäinen	1,35	1,1	1,1
Onnettomuus	1,2	1,0	1,0

2-luokan rakenteet

Mitoitustilanteet	betoni γ_c	betonite- räs γ_s	jännete- räs γ_s
Normaalisti vallitseva ja tilapäinen	1,5	1,15	1,15
Onnettomuus	1,2	1,0	1,0

Pääraudoituksen vähimmäisala

Pääraudoitusta tulee molemmissa suunnissa olla vähintään $A_{s,min} = 0,26 f_{ctm} b_t d / f_{yk}$, kuitenkin vähintään $0,0013 b_t d$ (ks. taulukko).

Taulukko 4 Vähimmäisraudoitusmäärä

f_{ck}	f_{ctm}	Vähimmäisraudoitus % ($0,26f_{ctm}/f_{yk}^a$)
25	2,6	0,13
28	2,8	0,14
30	2,9	0,15
32	3,0	0,16
35	3,2	0,17
40	3,5	0,18
45	3,8	0,20
50	4,1	0,21
Merkinnot a jossa $f_{yk} = 500$ MPa.		

Pääteräksien väliset etäisyydet

Raudoitustankojen vapaan välin tulee olla suurempi kuin

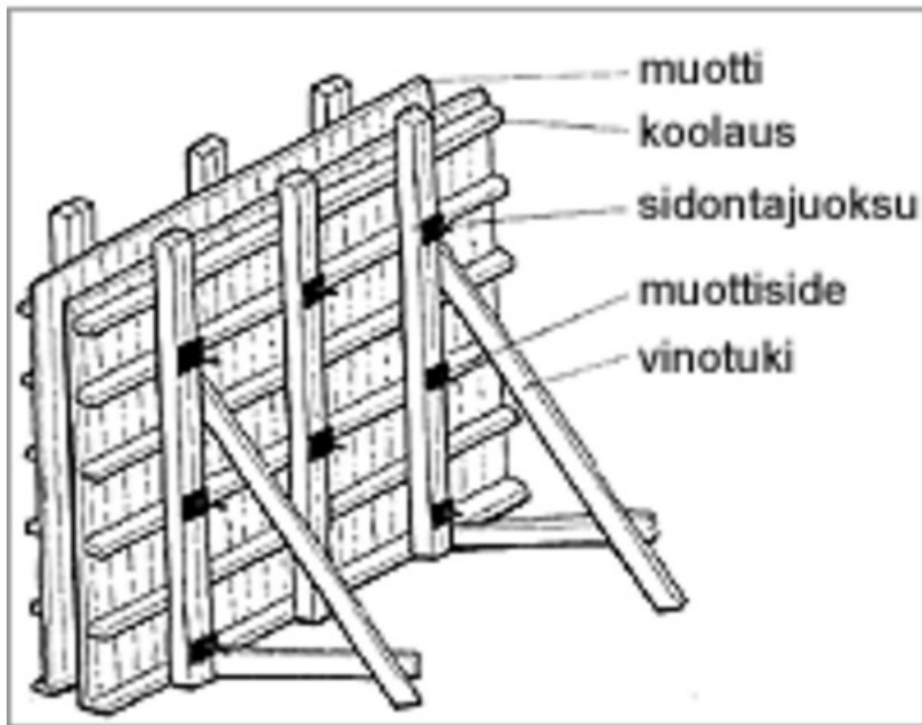
- raudoitustangon halkaisija
- raekoko + 3 mm
- 20 mm.

3 Muotit ja niiden tukirakenteet**3.1 Seinämuotit**

Muotin pääasiallinen tehtävä on kannattaa ja tukea betonimassaa sen kovettumisen ajan ja antaa rakenteelle suunniteltu asema ja muoto. Valmiin rakenteen täytyy täyttää mittatarkkuusvaatimukset sekä pinnan laatuvaatimukset.

Perinteisen seinämuotin pääosat ovat muottipinta, koolaus, juoksut, tuet ja muottisiteet. Seinämuotit tuetaan niin, että niillä on kaikissa rakennusvaiheissa riittävä varmuus kaatumista ja liukumista vastaan.

Seinämuotin pääosat ovat muottipinta, vaakakoolaus (vaakatuenta), pystyjuoksu (pystytuki), vinotuki ja muottiside.



Kuva 5 Seinämuotin osat

3.2 Muottisiteet

Muotit sidotaan toisiinsa käyttämällä mm. muottipultteja, vannete-räksiä ja vetotankoja, sekä pilarimuoteissa pilarisolkiä. Vetotangot on hyvä olla alumiinisia, jotta korroosion leviäminen raudoitukseen estetään ja sitä kautta mahdollinen betonin halkeaminen. Saman rakenteen muottisiteinä käytetään vain yhtä materiaalia.

Muottisiteet mitoitetaan valupaineen mukaan ja ne tulisi asettaa mahdollisimman kohtisuoraan muottipintaa vasten.

Talukko 5 Sidetankojen sallitut kuormat (VTT:n tutkimusselostus nro Bet8 1635, Espoo 1988)

Materiaali	∅ 10 mm	∅ 12 mm
S235JRG2 (Teräs 235)	12,0 kN	17,3 kN
AW6082 (Alumiini)	11,5 kN	16,5 kN

Muottisiteen venymä lasketaan kaavasta:

$$\Delta_1 \geq N * I / (E * A) \quad (18)$$

- Δ_l muottisiteen venymä
- N siteessä vaikuttava vetovoima
- E sideaineen kimmomoduuli
- A siteen poikkipinta-ala
- l muottisiteen pituus

Muottipuoliskoja väliin asennettavilla välikkeillä säädetään valulle sopiva paksuus. Välikkeinä käytetään esim, muoviputkia, alumiini- tai rst-teräsprofiilia. Välikkeinä käytettävät puukapulat tai ruostuvat terästangot on poistettava ennen kuin ne peittyvät betonimassaan

3.3 Muottipinta

Muottipinta voidaan tehdä esim. sahatavarasta, vanerista, teräksestä (esim. poimulevyt), lasikuidusta, muovista tai EPS:stä. Muottimateriaali valitaan lopullisten laatuvaatimusten mukaan. Muottipinta kiinnitetään tukirakenteeseen niin, ettei se pääse siirtymään valun aikana.

Muottipinta tehdään niin jäykästä aineesta, että valupinta ei näytä aaltoilevalta. Muottipinnan suurin sallittu taipuma on $L/300$ (L on tukiväli), elleivät lopulliset rakennuksen laatuvaatimukset aseta tiukempia vaatimuksia.

Näkyviin jäävän valun muottipinta tehdään aineominaisuuksiltaan ja mitoiltaan tasalaatuisesta materiaaleista, jotta valupinnan väristä tulee tasainen ja kuviosta säännöllinen.

Jos muottipinta öljytään, tehdään se tasaisesti ennen raudoittamista työturvallisuus huomioiden. Muottia liitettäessä vanhaan rakenteeseen tai valusaumaan varotaan valettujen pintojen ja tartuntojen öljyämistä. Valusaumaan ei saa tulla porrastusta. Esim. rimasaumojen tekeminen betonipintojen väliin on suositeltavaa.

3.4 Muottien tukirakenteet ja niiden suunnittelu

Tukirakenteet ovat teknisesti vaativia rakenteita. Niiden käyttö edellyttää aina suunnitelman laatimista ja mitoitusta, joka ottaa huomioon paitsi jännitykset myös painumat, taipumat ja liitosten siirtymät.

Muottien ja tukirakenteiden mitoitus on puu- ja teräsrakenteiden mitoitusta. Sitä ohjaavat puu- ja teräsrakenteiden suunnittelumenetelmät, ohjeet ja määräykset. Pienten yksiköiden järjestelmissä jää vastuu muottien kantavuudesta, vakavuudesta ja jäykkyydestä useimmiten työmaan johdolle.

Muottien ja tukirakenteiden suunnittelu poikkeaa muiden puu- ja teräsrakenteiden suunnittelusta mm:

- ne ovat väliaikaisia rakenteita
- ne on voitava purkaa
- niiden muodonmuutoksilla, erikoisesti taipumilla, on rakenteen ulkonäön vuoksi suuri merkitys.

Pystymuotin mitoituksessa ratkaisevat vaakasuorat kuormat

- Muottipaine
- vinot tuet
 - Mitoitetaan voimalle

$$F = \frac{G_c}{50} \quad (19)$$

G_c betonin massa

- massan tiivistäminen
- (tuulikuorma).

Lujuustarkastelu sisältää seuraavat tarkasteltavana olevaa rakenneosaa koskevat selvitykset:

- rakenneosan sijainti kohteessa
- rakenneosan staattinen malli
- rakenneosan kuormitusotaksumat
- mitoitusarkastelut.

Seinämuottien vinotueta on mitoitettava $g_{k1}/50$ suuruiselle vaakavoimalle jossa g_{k1} on valettavan betonin yläpuolisen puolikkaan massa.

3.5 Muottiin kohdistuva valupaine

Valupaine on muuttuva kuorma, joka vaikuttaa kohtisuoraan muotin pintaa vastaan. Sen vaikutus laskee, kun betoni on saavuttanut täry-tysrajan ja betoni alkaa jähmettyä.

Kun käytetään sauvatärytystä, valupaineen suuruus saadaan:

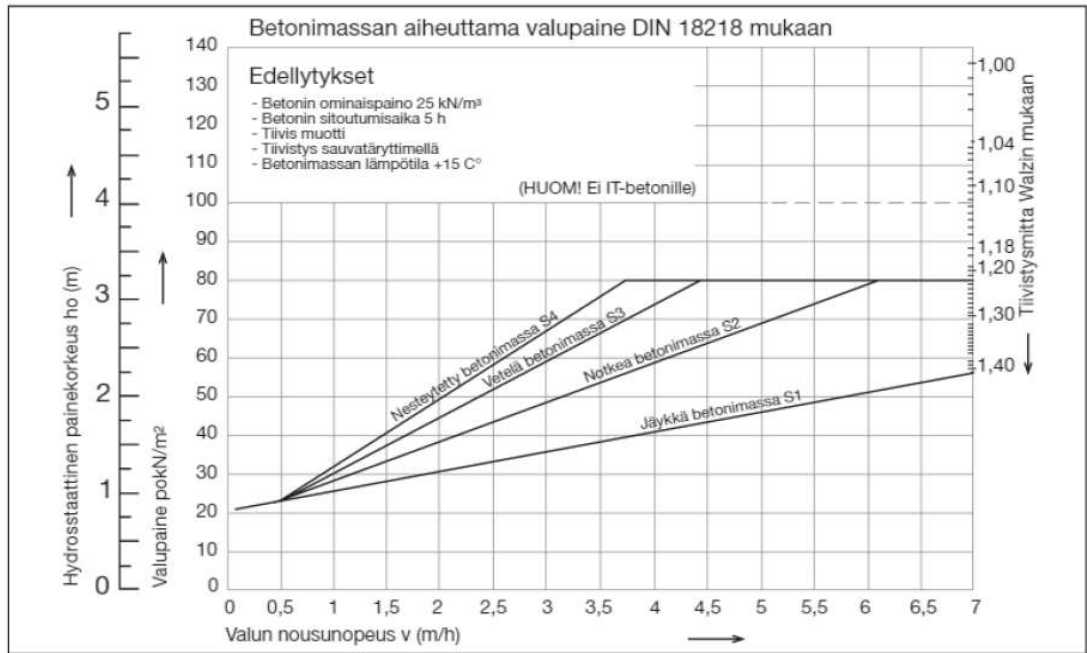
$$\rho = k_{\gamma} * k_H * k_T * \rho_0 \quad (20)$$

ρ_0	valupaineen perusarvo (kuvio 3.1)
k_T	betonimassan lämpötilan vaikutuksen korjauskerroin
k_H	betonimassan sitoutumisen hidastumisen korjauskerroin (Taulukko 2)
k_{γ}	betonimassan tilavuuspainon vaikutuksen korjauskertoimen (Taulukko 3)

Hydrostaattinen painekorkeus määräytyy vastaavasti kaavasta:

$$h = k_T * k_H * h_0 \quad (21)$$

h_0	hydrostaattisen painekorkeuden perusarvo (kuvio 3.1)
-------	--

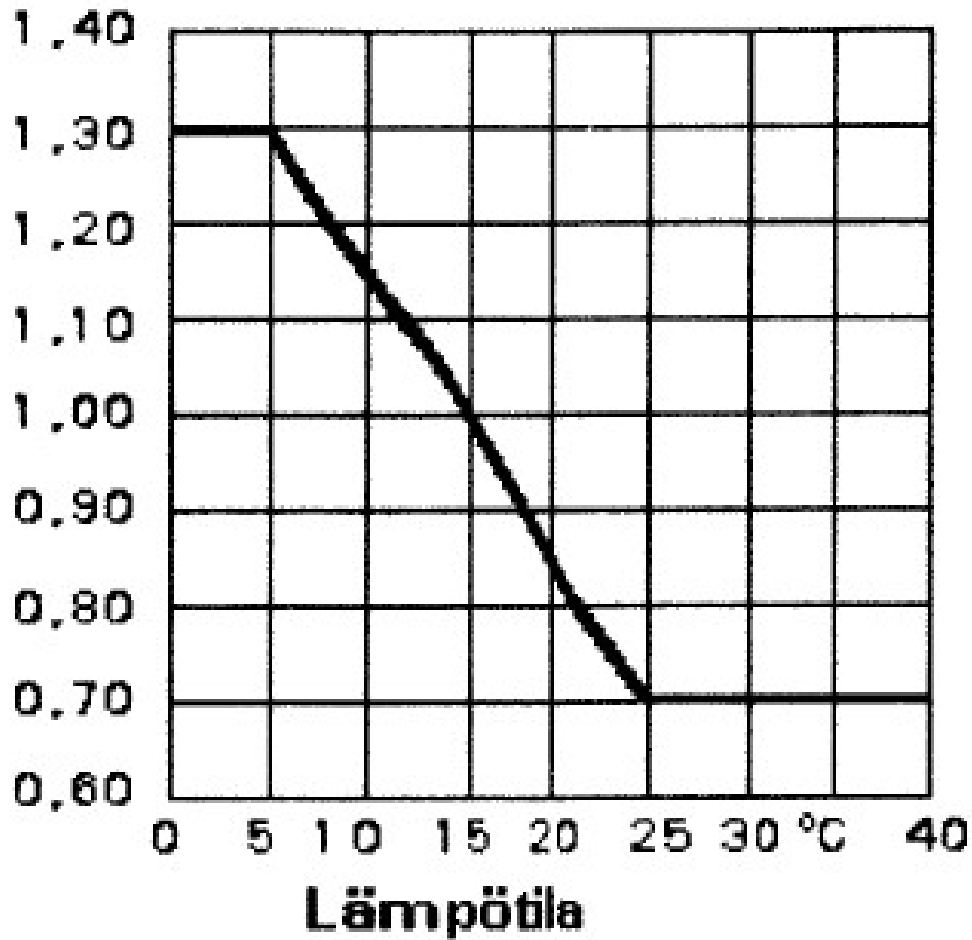


Kuvio 1 Betonimassan aiheuttama valupaine p_0 :

- 1 Hydrostaattinen painekorkeus h_0 (m)
- 2 Betonimassan notkeus käyrä (S1...S4)
- 3 Valun nousunopeus/tunti v (m/h)
- 4 Tiivistysmitta Walzin mukaan (käytetään vain yli 2 metriä korkeissa seinämuoteissa)

Betonimassan aiheuttama valupaineen perusarvo p_0 ja vastaava hydrostaattinen painekorkeus h_0 valun nousunopeuden ja notkeuden funktiona DIN 18218 mukaan. Betonimassan notkeusluokitus määritellään tarkemmin standardin SFS-En 206-1 (RIL 131) mukaan. (Ei sovellu itsetiivistyville betonimassoille.)

(Liitteenä selkeämpi kuva)



Kuvio 2. Betonimassan lämpötilan vaikutuksen korjauskertoimen k_T

Taulukko 6 Korjauskertoimen k_H , joka ottaa huomioon betonin sitoutumista hidastavan lisäaineen vaikutuksen valupaineeseen ja hydrostaattiseen painekorkeuteen betonimassan sitoutumisen hidastumisen korjauskertoimen

Betonimassan notkeus	Hidastusaika		
	5 h	15 h	24 h
Jäykkä	1,15	1,45	1,70
Plastinen	1,25	1,80	2,30
Notkea	1,40	2,15	2,70

Taulukko 7 Korjauskertoimen k_v , joka ottaa huomioon betonimassan tilavuuspainon vaikutuksen valupaineeseen

Tilavuus-paino (kN/m ³)	10	15	20	25	30	35	40
k_v	0,40	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6

Taulukko 8 Betonimassan notkeusluokkien likimääräiset raja-arvot

Notkeusluokka	Notkeuden likimääräinen raja-arvo	
	Betonikartion painuma [mm]	
Nesteytetty S4	160...210	
Vetelä S3	100...150	
Notkea S2	50...90	
Jäykkä S1	10...40	

Valupaineen varmuuskertoimet

Valupaineelle käytetään seuraavaa mitoituskaavaa

$$q_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} g_i + \gamma_{q1} g_{k1}) \quad (22)$$

g_i pysyvän kuorman ominaisarvo

q_{k1} vaikutuksiltaan määräävin muuttuvan kuorman ominaisarvo (valupaine)

Taulukko 9 Yhteenveto kuormista ja niiden osavarmuuskertoimista (RIL144)

Kuorma	Tun- nus	Sall. jänn. käyttöraja- tila	Rajatila-mi- toitus	kestoaika
Tukitelineen omapaino	γ_{gi}	1,00	1,2 tai 0,9	$\leq 1,5$ kk
Valupaine	γ_{q1}	1,00 tai 0,5	1,6 tai 0,8	≤ 10 h

, joista valitaan vaikutuksiltaan määräävin.

3.6 Muottityön suunnittelu

Muottityönsuunnittelu tulee kytkeä koko työmaan kone- ja kalusto-suunnitelman osaksi. Työmaan alkaessa, mielellään jo urakkalaskenta-aikana, tehdään mahdollisimman yksityiskohtainen kone- ja kalustoluettelo, josta ilmenee

- laitteet porakoneista nostureihin
- laitteiden kappalemäärät

- tarveajan alku- ja loppupäivämäärät
- tarveaika vuorokausina

Soklex-valumuotti elementit ovat helposti käsiteltävissä tavallisilla käsityökaluilla.

Muottien kokoamisessa tarvittavat työkalut:

- käsi- tai moottorisaha (eps-muotin työstämiseen)
- rullamitta
- suorakulma
- kulmahiomakone katkaisulaikalla tai voimapihdit
- teräsputki (kulmien teräsjatkosten taittamiseen)
- avokelamitta tai laseretäisyysmitta (ristimitan ottamiseen)
- pistolapio

Ennen asennuksen aloittamista maanpinta on tullut tarkistaa tasolaaserilla ja tiivistää tärylevyllä.

Muottityön suunnittelu on tehtävä ennen ko. työhön ryhtymistä ja laadittuja suunnitelmia on seurattava ja tarkennettava työn aikana. Muottisuunnittelun tavoitteena on oikean muottikaluston valinta siten, että se

- toteuttaa kohteen laatuvaatimukset
- työ etenee aikataulun mukaisesti ja
- muottikalustomäärä ja muottityökustannukset ovat taloudellisia.

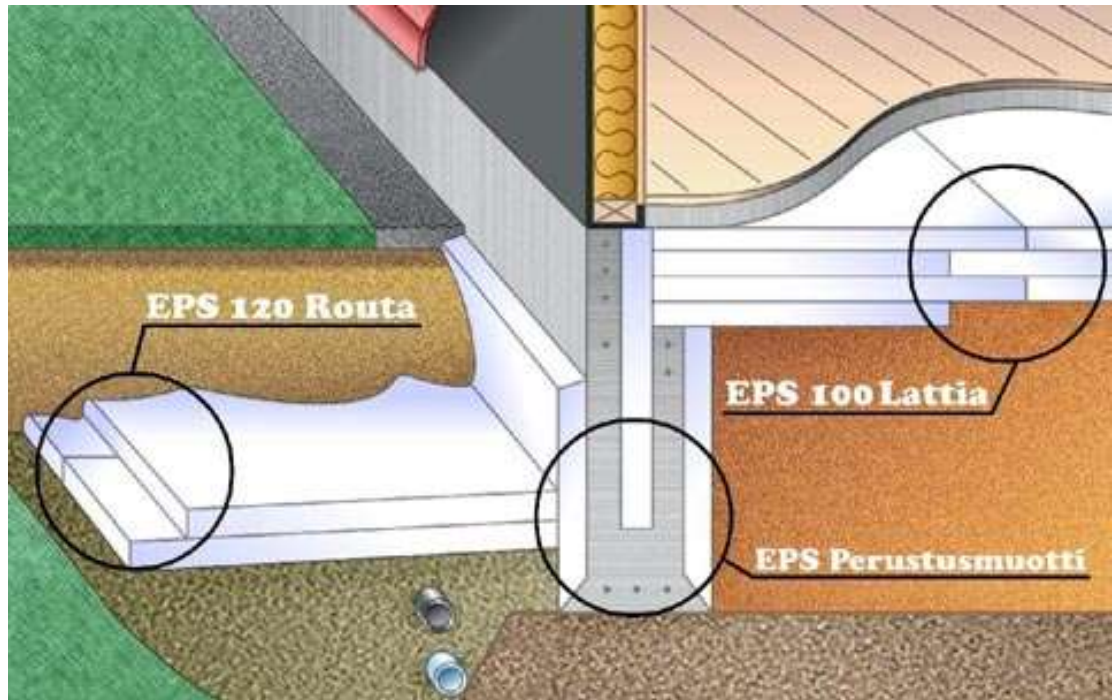
3.7 Muottijärjestelmän valinta

1. Työmaan lähtötietojen selvittäminen
 - a. laatuvaatimukset
 - b. aikataulut ja tekojärjestys
 - c. mahdollisista vaihtoehtoisista työtavoista ja työsaumoista
2. Muottityypin alustava valinta

- a. mahdollisesti kyseeseen tulevat muottikalustot ja niiden kustannusvertailu
3. Muottitarpeen määrittäminen
- a. muotitettava määrä
 - b. muottityöhön käytettävissä oleva aika
 - c. lasketaan päivittäinen muottityön määrä
4. Muottikustannusten määrittäminen
- a. kalustokustannukset
 - b. muottityökustannukset
 - c. muut kustannukset: jälkityö ja kalustohävikki
5. Muottikaluston valinta
6. Muottien käytön suunnittelu
- a. optimoidaan kalustomäärä ja työntekijä tarve kustannus- ja aikatehokkaaksi

(Betonitekniikan oppikirja By 201, 2004)

4 Soklex –tuotteet



Kuva 6 Soklex-tuotteet

4.1 Yleistä

Soklex-perustusvalumuotit ovat mittatarkkoja ja helposti työstettävissä tavallisilla käsityökaluilla. Myös nurkkien ja erkereiden teko työmaalla on vaivatonta. Hyvän lämmöneristyksen takia valutyöt voidaan tehdä myös talvella. Betonin menekki on Soklex-valmismuotin rakenteesta johtuen pienempi kuin lauta- ja vanerimuottia käytettäessä.

4.2 Soveltuvuus

Muotit ovat Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) tutkimia ja testaamia (GEO 431/1984 ja YKI 558/99). Soklex -perustusvalumuottielementit ovat aina 4000mm pitkiä, korkeudet vaihtelevat välillä 600-1200 mm rakennesuunnitelman mukaisesti. Muotin mitoitukseen vaikuttavat mm. seinärakenne, verhouksmateriaali, lattian korkeusasema sokkeliin nähden, näkyviin jäävän sokkelin korkeus ja perusmaan kantavuus. Soklex -muottien käyttökohteita ovat pien, rivi-, pienkerrostalot, lomarakennukset, maatalousrakennukset ja teollisuushallit. Soklex-

perustusjärjestelmiä voidaan käyttää maanvaraisena anturana ja sokkelina matalaperustuksissa, reuna-palkkina laattaperustuksissa ja palkkina paaluperustuksissa (niin te-räsbetoni- kuin teräspaalut). Muotteja voidaan käyttää kaikkien run-komateriaalien kanssa.

4.3 Mallit

EPS-halkaistut sokkelit soveltuvat lämpimien rakennusten perustamiseen. Halkaisemattomat muottimallit soveltuvat yleensä väliseinien, autotallien, terrassien, kuistien tai muiden kylmien rakennusten perustamiseen, joissa kylmäsilta on sallittu. Vakio-muottimallien korkeudet ovat 600, 800, 1000 ja 1200 mm. Kaikki muottimallit ovat valmiiksi raudoitettuja 600 mm jatkospituudella. Sokkelin osien dimensioita voidaan muuttaa portaattomasti tarvittaessa. Myös raudoitus tehdään tarvittaessa vahvemmaksi.

Soklex-perustusvalut ovat pienimuotoisia valuja. Korkeimmillaan saa 1400 mm korkeita muotteja. Leveimmän valumuotin (malli: EM13) sokkelin betoniainesleveys on 555mm, joka sisältää halkaisulevyn.

4.4 Muottien asennus

Kun maatyöt on tehty anturan alapinnan tasoon tiivistäen ja salaoja- ja sadevesiputket on asennettu, asennetaan sorakerroksen päälle muovilaudat oikeaan korkoon. Muovilautoja tulee olla jokaisen muotin alla vähintään kaksi kappaletta ja niiden yläpinta tulee vaaita molemmista päistä anturan alapinnan korkoon. Muottien asennus aloitetaan jostakin rakennuksen nurkasta, leikkaamalla nurkkakappaleiden päät toisiinsa sopiviksi. Liittyvät muotit työnnetään yhteen ja liittyvät jatkosteräket työnnetään leikkaushakojen sisäpuolelle. Jatkos-raudoitukset sidotaan toisiinsa sidontalangalla. EPS -muotit asennetaan kulmissa ja suoralla saumoista 6 millimetrin harjaterästapeilla yhteen. Kun sokkelipiiri on kauttaaltaan asennettu, suoritetaan tarkemittaukset: sivu- ja ristimitat, sekä kulmien suorudet.

4.5 Muottien tuenta vierustäytöillä

Vierustäytöt tehdään hiekkaa, soraa tai pientä murskettä käyttäen varovaisesti sisä- ja ulkopuolelta tasaisesti edeten. Maatäytön voi tehdä kummallakin puolella 100 - 150 mm sokkelin ulkopuolella olevan sokkelieristeen katkaisuviivan yläpuolelle. Muotin yläosa sidotaan 50x100 puutavara (lapeellaan) kiinnittämällä poikittaisilla riimoilla (50x32 tms.) ne yhteen. Lisäksi muotin yläreuna tuetaan 3-4 metrin välein maahan tuetuilla vinotuilla (esim. 50x100 puutavara).

4.6 Betonointi

Betonointi tehdään tasaisesti sisä- ja ulkokuren väliin (halkaistu sokkeli). Betonointi etenee enintään 400 millimetriä korkeina valukeroksina ja ne tiivistetään sauvatäryttimellä. Betonin kiviaineksen suositeltava raekoko on # 16 millimetriä ja notkeusluokka S3 (1-2 sVB notkea). Lujuusluokka määräytyy mitoituksien mukaan. Yleisesti perustuksissa käytetään C25/30 (K30) säänkestävää rakennebetonia. Kun muotti on valettu yläpintaan saakka, se hierretään tasaiseksi ja asennetaan siihen suunnitellut tartuntateräksiset ja muut tartunnat. Muottien yläpään tuenta ja sokkelin näkyvältä osalta EPS voidaan poistaa 2-5 vuorokauden jälkeen betonoinnista vallitsevista olosuhteista riippuen. Irrotettu sokkelin eristys voidaan käyttää esimerkiksi routaeristeenä.

4.7 Lopputulos

Lopputuloksena on lämmin, luja ja kokonaiskustannuksiltaan edullinen perustus. Sokkelin pinta on mattamainen ja karhea betonipinta, joka voidaan halutessaan käsitellä rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti.

5 Soklex VM02 uudistettu versio ja sen tuentajärjestelmä

5.1 Uusi muottijärjestelmä ja sen käyttötarkoitus

Tämä tuentajärjestelmä on kehitetty kestävämmään tavanomaisiin Sok-lex perustusvalumuotteihin, kuten 1 - 2 kerroksisten rakennuksien perustuksien tuentajärjestelmäksi. Tämä tuotekehittely on suunnattu Saarijärvelle tulevaan Jyväskylän ammattikorkeakoulun agrologi-yksikön laajennusrakennuksen perustuksiin. Rakennuksen perustukset tehdään maanvaraiseksi ja jatkuvan anturan leveys on 600 mm.

5.2 Perustuksille tulevat kuormat

Soklex –perustuksissa käytetään yleensä luotettavuusluokan CC2 rakennuksissa (KFI=1,0 kts kohta Taulukko 1 s.16). Joskus myös luotetta-vuusluokan CC3 rakennuksissa mm. urheilu- ja näyttelyhallit, katso-mot (KFI = 1,1).

Rakenteilta tulevat omapainot, tuulikuormat ja lumikuormat selviävät rakennesuunnitelmista.

5.3 Valupaine

Muunnettu VM02 mallin laskennallinen betonimenekki on 276l/m.

$$G_{\text{concrete}} = 0,276 \text{ m}^3/\text{m} * 25 \text{ kN}/\text{m}^3 = 6,9 \text{ kN}/\text{m}$$

$$A_{\text{ant.pohja}} = 0,6 \text{ m} * 1,0 \text{ m} = 0,6 \text{ m}^2$$

$$P_0 = G_{\text{concrete}} * A_{\text{ant.pohja}}$$

$$= 6,9 \text{ kN} / 0,6 \text{ m}^2 = 11,5 \text{ kN}/\text{m}^2$$

Muottiin kohdistuva valupaine: (kts. kohta 3.5)

$$p = k_{\gamma} * k_H * k_T * p_0$$

$$= 1,00 * 2,15 * 1,3 * 11,5 \text{ kN}/\text{m}^2$$

$$= 32,1 \text{ kN}/\text{m}^2 = 32,1 \text{ kPa}$$

5.4 EPS –muotin kestävyys (kokoonpuristuma)

SX-Perustuksen valmistamat EPS –tuotteet vastaavat puristuslujuudeltaan vähintään EPS 120 routa-eristeiden puristusominaisuuksia. Lyhytaikaisen puristuksen (EN-testimenetelmä EN 826), joilloin painuma jää alle 10%.

Näkyvään jäävän sokkelin-osan (h=300mm) sallittu poikittainen viruma (EPS:n painuma) on enintään 10mm. Se on tasainen koko sokkelin matkalla. Piiloon jäävän sokkelipinnalla ei ole kovin suurta merkitystä. Se vaikuttaa kuitenkin betonin menekkiin ja muottin kestävyteen.

Soklex –muottien ulkopuolen eristepaksuus vaihtelee 75 ja 100 millimetrin välillä. 100 millimetrin ulkopuolen eristeellä maksimi rasitus on 120 kPa, jolloin painuma jää alle 10 millimetrin. Ohuemman ulkopuolen eristeelle sallitaan suurempikin rasitus.

6 Pohdinta

6.1 Opinnäytetyön toteutus

Aloitin opinnäytetyön tekemisen maaliskuun lopulla 2016 perehtymällä aiheeseen. Muutaman tapaamisen työn tilaajan Soklex:in Hannu Piispasen kanssa jälkeen sain hyvän kuvan Soklex -tuotteesta ja sen jatkokehittämisestä. Huhtikuussa kävin Heikki Muittarin työmaalla Uraisilla, jossa oli menossa Soklex -muotin asennustyövaihe. Heikki kertoi kokemuksia Soklex-tuotteesta, mihin oli tyytyväinen. Hän tuki muotit maatyöillä ja sai tuotteesta kaiken hyödyn irti. Maatyöt oli tehty valmiiksi rakentamisen jatkamista varten.

Opinnäytetyöohjaaja Lehtori Hannu Haapamaa antoi työhöni omat linjauksensa ja ohjeistuksensa perustussuunnitteluun ja perustustyöhön liittyen. Ohjaaminen auttoi hahmottamaan perustuksia laajemminkin.

6.2 Opinnäytetyön tulokset ja niiden luotettavuus

Opinnäytetyön laskelmat on laskettu varmuuskertoimilla ja osaa tuloksista voidaan pitää ylimitoitettuna ja kustannuksiltaan kalliina toteuttaa. Muun muassa muottiin kohdistuva teoreettinen valupaineen suuruus osaltaan aiheutti sen, että EPS -muottia tukevat vaakaputkien täytyisi olla reiluhkoja. Tämä tekisi putkien kuljetuksen ja siirtelyn työmaalla melko vaikeaksi. Mikäli halutaan kustannustehokas ja käytännöllinen tuentamenetelmä, voisi järjestelmä olla kevyempikin. Työn tilaaja Hannu Piispainen tiesi kertoa, että muotti pysyy koossa ilman tukeakin, mutta betonipinnan suuruus ei toteuttane tällöin vaatimuksia.

Opinnäytetyön kehitystyön tuotoksena saatu tuentamenetelmä on tarkoitettu vielä kehitettäväksi ja se on vasta raakaversio tuotteesta, jonka yksityiskohdat täytyy kehittää sen käyttäjien toimesta pidemmälle.

6.3

Opinnäytetyötä aloittaessa suunnittelin työn hyödyntävän tilaaja enemmänkin, mutta insinööriö suuntautui enemmän rakennusinsinöörin opintoihin pohjautuvaan teoriaan. Tuotteen kehittäminen jäi osittain vähälle, toisaalta tämä vaatisi enemmän käytännön kokemusta aiheesta ja tuotteesta.

Tuotekehittelyn tuotos hyödyntää Soklex-tuotteiden käyttäjää. Entistä helpompi perustusvaluotin käyttö tulee helpottamaan sen myyntiä.

Lähteet

By koulutus Oy. 2010, Betonitekniikan oppikirja – By 201. kuudes painos. Helsinki. s.235

By koulutus Oy. 2008. Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus – BY 210. Helsinki. s.446

By koulutus Oy. 2009. Suunnitteluohje EC 2 – BY 60; osat 1-1. Helsinki.

Betoniteollisuus. 1997. EN 1997 Eurokoodi 7 – Geotekninen suunnittelu. [Verkkajulkaisu] http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_6_Perustukset.pdf

Piispanen Hannu. 2016. Haastattelu. 20.4.2016

Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry. 2006. RIL 147-2006 – Tukitelineet ja muotit. Helsinki: Hakapaino.

Suomen Rakennusinsinöörin liitto RIL ry. 2009. RIL 207-2009 – Geotekninen suunnittelu. Eurokoodin EN 1997-1 Suunnitteluohje. Helsinki: Hakapaino.

Tikanoja Timo. 2016. Sähköposti, 28. syyskuuta 2016.

Ympäristöministeriö. 2004. Maankäyttö ja rakennuslaki B3. Helsinki s.17-19. [Verkkajulkaisu] <http://www.finlex.fi/data/normit/17075-B3s.pdf>

7 Kaavat

- 1 *Painumakaava (yksinkertaistettu kaavasta 2)*
- 2 *Painumakaava kerroksellisessa maaperässä: Kankaan alueen stabiliteettilaskelmat ja laskentaparametrien määrittäminen: kaava 4.2; Samuli Tikkanen; 2012; Tampereen Yliopisto.*
- 3 *tunnetun jännityslisäyksen synnyttämä suhteellinen kokoonpuristuma kerroksessa i*
- 4 *Painuma, vakavuus- ja stabilointilaskenta geocalc -ohjelmistolla; Anttolainen Taru; 2016. Opinnäytetyö; Tampereen ammattikorkeakoulu; kaava 13.*
- 5 *Painuma, vakavuus- ja stabilointilaskenta geocalc -ohjelmistolla; Anttolainen Taru; 2016. Opinnäytetyö; Tampereen ammattikorkeakoulu; kaava 14.*
- 6 *Painuma, vakavuus- ja stabilointilaskenta geocalc -ohjelmistolla; Anttolainen Taru; 2016. Opinnäytetyö; Tampereen ammattikorkeakoulu; kaava 15.*
- 7 *Eurokoodi 7: Osa 6: Perustukset: Raudoittamattomat betoniperustukset*
- 8 *BY 210: Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus: s.446*
- 9 *Eurokoodi 2: Anturan paksuusehto*
- 10 *Suomen rakentamismääräyskokoelma B4: Betonirakenteet: Kaava 2.38*
- 11 *By60 kaava 6.2a*
- 12 *By60 kaava 6.2b*
- 13a *By60 kaava 6.8*
- 13b *By60 kaava 6.9*
- 14 *By60 s.69 mitoitus taivutukselle*
- 15 *By60 s.69 mitoitus taivutukselle*
- 16 *By60 s.69 mitoitus taivutukselle*
- 17 *BY60 s.69 mitoitus taivutukselle*
- 18 *RIL 147-2006: Kaava 18*
- 19 *RIL 248-2013, s. 19*
- 20 *RIL 147-2006: Kaava 2*
- 21 *RIL 147-2006: Kaava 3*
- 22 *RIL 147-2006: Kaava 1*

8 Taulukot

- Taulukko 1* *Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO) Koottu taulukko*
- EN1997 Eurokoodi 7 Osa 6: Perustukset: Taulukko 2
 - RIL201-2008: Kertoimia kuormien yhdistelyyn: Taulukko 6.1S.
 - RIL201-2008: Kertoimia kuormien yhdistelyyn: Taulukko A1.1(FI)
- Taulukko 2* *Leikkausraudoittamattomien rakenneosien kestävyys*
EN1997 Eurokoodi 7 Osa 6: Perustukset: Taulukko 8
- Taulukko 3* *Murtorajatiilojen osavarmuusluvut*
BY60: Suunnitteluohje EC2, 2009, Neljäs painos: Taulukko 2.1N
- Taulukko 4* *Vähimmäisraudoitusmäärä*
EN1997 Eurokoodi 7 Osa 6: Perustukset: Taulukko 9
- Talukko 5* *Sidetankojen sallitut kuormat*
VTT:n tutkimusselostus nro Bet8 1635, Espoo1988
- Taulukko 6* *Korjauskerroin k_H*
RIL 147-2006 Taulukko 3
- Taulukko 7* *Korjauskerroin k_Y*
RIL 147-2006 Taulukko 4
- Taulukko 8* *Betonimassan notkeusluokkien likimääräiset raja-arvot*
RIL 147-2006 Kuva 3
- Taulukko 9* *Yhteenveto kuormista ja niiden osavarmuuskertoimista (RIL144)*
RIL 147-2006 Taulukko 1

9 Kuvat

- Kuva 1* *Soklex-muotti: SX Perustus Oy:ltä*
- Kuva 2* *Soklex-muotin käyttö: SX Perustus Oy:ltä*
- Kuva 3* *Raudoittamattomien perustusten mitat (Betoniteollisuus, 1997)*
- Kuva 4* *Raudoittamattoman seinänturan mittaehdot (BY 210, 2008)*
- Kuva 5* *Seinämuotin osat (RIL 147-2006)*
- Kuva 6* *Soklex-tuotteet: SX Perustus Oy:ltä*

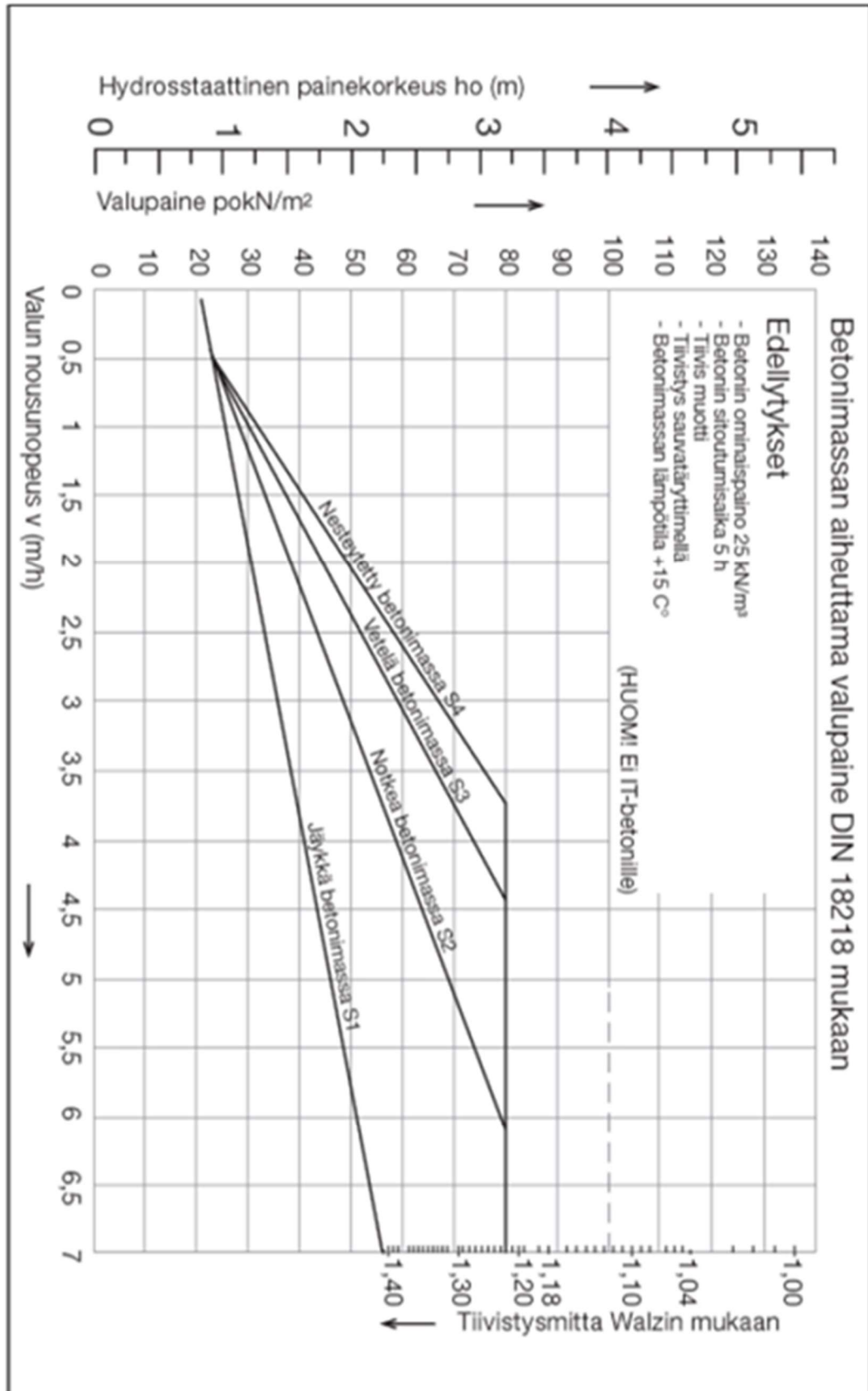
10 Kuvio

- Kuvio 1* *Betonimassan aiheuttama valupaine p_0*
RIL 147-2006 Kuva 3

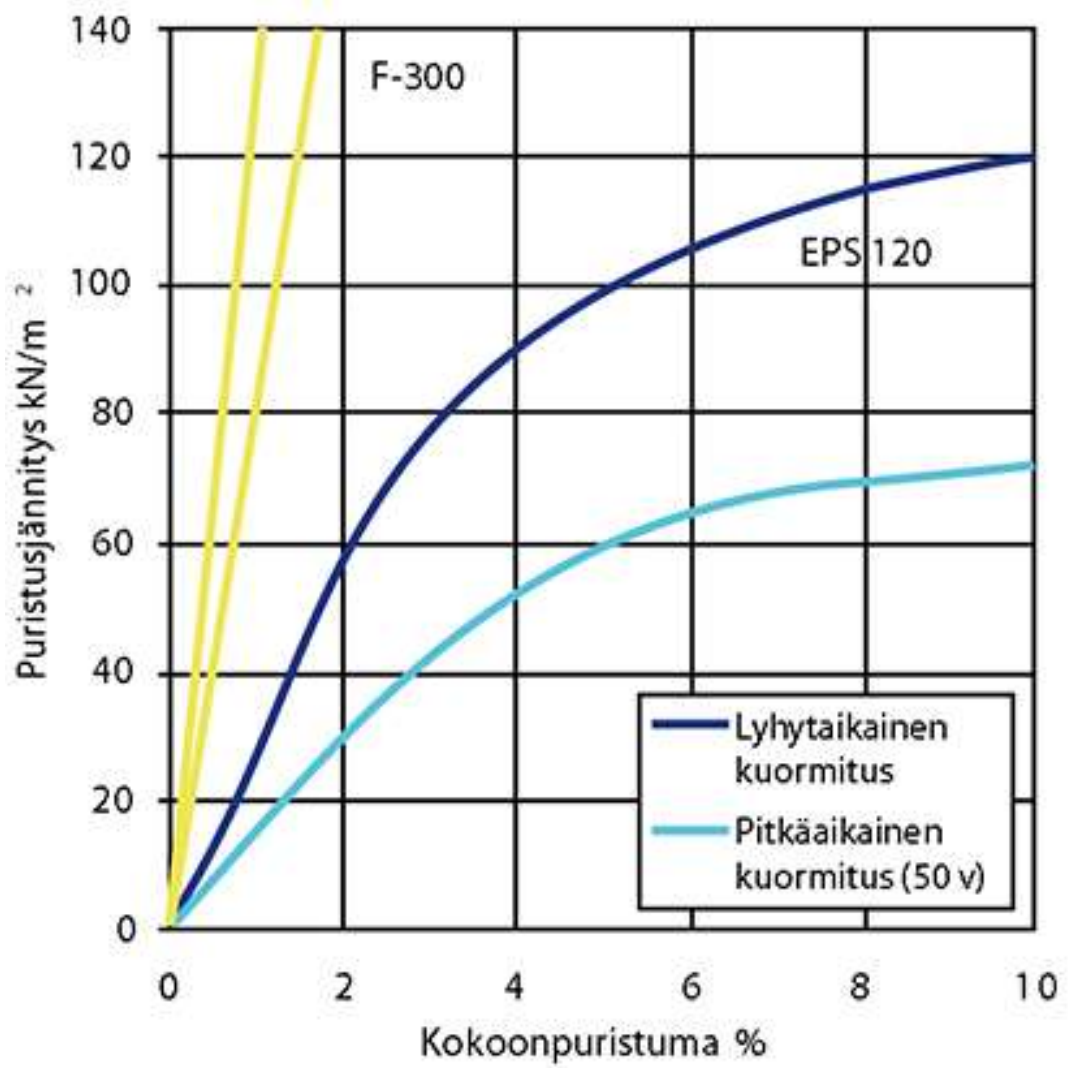
Kuvio 2 *Valupaineen Korjauskerroin k_T*
RIL 147-2006 Kuva 4

Liitteet

Liite 1. Betonimassan aiheuttama valupaine p_0 : RIL 147-2006 Kuva 3



Liite 2. EPS-eristeen kokoonpuristuma



<http://www.finnfoam.fi/index.php?clD=331>