

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset

Betonirakenteet - SYL 3



Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset

Betonirakenteet - SYL 3

Tuotantotoiminnan ohjaus

ISBN 951-726-768-1
TIEH 2210005-2001

Edita Oyj
Helsinki 2002

Julkaisua myy:
Tiehallinto, julkaisumyynti
telefaksi 0204 22 2652
e-mail julkaisumyynti@tiehallinto.fi

TIEHALLINTO
Siltatekniikka
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 22 150

Alkusanat

Sillanrakentamisen yleiset laatuvaatimukset paikallavalettavien betonirakenteiden ja betonielementtirakenteiden osalta on aikaisemmin esitetty SYL 3:n painoksessa elokuulta 1996. Edelliseen painokseen on lisätty laatuvaatimuksia ja laatuvaatimusten hylkäysrajoja. Pakkasenkestävän betonin laatuvaatimukset, valmistusta ja laadunvalvontaa ja kelpoisuuden osoittamista koskevat ohjeet on siirretty erillisjulkaisuun. Asiakirjaa on täydennetty sen käytöstä saatujen kokemusten perusteella ja sen laadinnassa on otettu huomioon Tiehallinnon ulkopuolisten asiantuntijaelimien laatimissa normeissa, ohjeissa ja standardeissa tapahtuneet muutokset.

Tämän uusitun Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten Betonirakenteet osan laadintaa on ohjannut DI Ossi Räsänen Tiehallinnon siltatekniikasta. Asiakirjan tekstiluonnokset on valmistellut TkT Seppo Matala (Matala Consulting).

Lausuntojen perusteella tehdyt muutokset, tarkistukset ja viimeistelyt on tehty Tiehallinnon siltayksikössä.

Helsingissä joulukuussa 2001

Tiehallinto
Siltayksikkö

SISÄLTÖ

3 BETONIRAKENTEET - SYL 3

3.1 YLEISTÄ	9
3.1.1 Soveltaminen	9
3.1.2 Muussa maassa valmistettu tuote	9
3.1.3 Käsitteet, merkinnät ja lyhenteet	9
3.1.4 Tekniset työsuunnitelmat	10
3.1.5 Työnjohto	10
3.1.6 Laadunvarmistus ja kelpoisuuden osoittaminen	10
3.1.7 Kontaktitappien asentaminen sähkökemiallisia mittauksia varten	10
3.2 RAKENNEOSAKOHTAISET VAATIMUKSET JA OHJEET	11
3.2.1 Peruslaatat	11
3.2.1.1 Sijainti	11
3.2.1.2 Mittatarkkuus	11
3.2.1.3 Betonipeitteen paksuus	12
3.2.1.4 Tartuntojen sijainti	13
3.2.1.5 Pinnat	13
3.2.2 Pääty- ja välituet	14
3.2.2.1 Yleistä	14
3.2.2.2 Sijainti	14
3.2.2.3 Mittatarkkuus	15
3.2.2.4 Betonipeitteen paksuus	16
3.2.2.5 Pinnat	17
3.2.3 Päälysrakenne	18
3.2.3.1 Sijainti	18
3.2.3.2 Mittatarkkuus	19
3.2.3.3 Betonipeitteen paksuus	21
3.2.3.4 Pinnat	21
3.2.4 Elementtirakenteet	23
3.2.4.1 Yleistä	23
3.2.4.2 Mittatarkkuus	23
3.2.4.3 Betonipeitteen paksuus	24
3.2.4.4 Pinnat	24
3.2.4.5 Nostolaitteet ja -lenkit	25
3.2.4.6 Elementteihin tehtävät merkinnät	25
3.2.5 Betonipinnan kiviverhous	25
3.2.5.1 Yleistä	25
3.2.5.2 Verhouskivien mittatarkkuus	26
3.2.5.3 Pinnat	26
3.2.5.4 Saumat	26
3.2.6 Betonipinnan teräslevyverhous	27
3.2.7 Maanvastaisen betonipinnan kosteuseristys	27
3.2.7.1 Yleistä	27
3.2.7.2 Kaksinkertainen kumibitumisively	27
3.2.7.3 Kermieristys	28
3.2.7.4 Ruiskutettava bitumimassa	28
3.2.7.5 Pystysalaojamatot ja -levyt	28
3.3 MATERIAALIT	28
3.3.1 Betoni	28
3.3.1.1 Osa-aineet	28
3.3.1.2 Betonimassa ja betoni	29

3.3.1.3	Betonimassan valmistaminen	29
3.3.1.4	Laadunvalvonta	29
3.3.1.5	Kelpoisuuden osoittaminen	30
3.3.1.6	Dokumentointi	31
3.3.2	Pakkasenkestävä betoni	31
3.3.2.1	Yleistä	31
3.3.2.2	Laatuvaatimukset (menetelmä A)	31
3.3.2.3	Valmistus ja laadunvalvonta (menetelmä A)	31
3.3.2.4	Kelpoisuuden osoittaminen (menetelmä A)	32
3.3.2.5	Laatuvaatimukset (menetelmä B)	32
3.3.2.6	Valmistus ja laadunvalvonta (menetelmä B)	33
3.3.2.7	Kelpoisuuden osoittaminen (menetelmä B)	33
3.3.2.8	Dokumentointi	34
3.3.3	Ruiskubetoni	34
3.3.3.1	Yleistä	34
3.3.3.2	Laatuvaatimukset	34
3.3.3.3	Valmistus	34
3.3.3.4	Laadunvalvonta	35
3.3.3.5	Kelpoisuuden osoittaminen	35
3.3.3.6	Dokumentointi	35
3.3.4	Sementtipohjaiset laastit	35
3.3.4.1	Yleistä	35
3.3.4.2	Injektointilaasti	36
3.3.4.3	Sauma- ja paikkauslaastit	36
3.3.5	Polymeeripitoiset rakennusaineet	36
3.3.5.1	Yleistä	36
3.3.5.2	Polymeeripitoinen betoni ja laasti	37
3.3.5.3	Betonimuovi ja polymeerimassa	38
3.3.6	Kuitubetoni ja -laasti	38
3.3.6.1	Yleistä	38
3.3.6.2	Teräskuiduilla kuidutettu betoni ja laasti	39
3.3.6.3	Muovikuiduilla kuidutettu betoni ja laasti	39
3.3.7	Betoniterästagot	39
3.3.8	Epoksinnoitettut betoniterästagot	39
3.3.8.1	Materiaalivaatimukset	39
3.3.8.2	Pinnoitettuja betoniterästankoja koskevat vaatimukset	40
3.3.8.3	Laadunvalvonta ja korjaustoimenpiteet	40
3.3.8.4	Kelpoisuuden osoittaminen	40
3.3.8.5	Dokumentointi	41
3.3.9	Jänneteräokset, jänneet ja jännemenetelmät	42
3.3.10	Muut teräsosat	42
3.4	TYÖNSUORITUS	43
3.4.1	Yleistä	43
3.4.2	Telineet ja muotit	43
3.4.2.1	Suunnitelmat	43
3.4.2.2	Muotti ja teline	44
3.4.2.3	Telineiden ja muottien purkaminen	45
3.4.2.4	Laadunvalvonta	45
3.4.3	Raudoitustyöt	45
3.4.3.1	Suunnitelma	45
3.4.3.2	Betoniterästankojen ja jänneiden sijaintitoleranssit	46
3.4.3.3	Raudoitteiden ja jänneiden kuljetus, varastointi ja käsittely	47
3.4.3.4	Raudoitteiden asentaminen	47
3.4.3.5	Laadunvalvonta ja korjaavat toimenpiteet	48

3.4.3.6 Kelpoisuuden osoittaminen	48
3.4.4 Betonityöt	48
3.4.4.1 Yleistä	48
3.4.4.2 Suunnitelma	48
3.4.4.3 Betonoinnin valmistelu	50
3.4.4.4 Betonointi	50
3.4.4.5 Työsaumojen tekeminen ja käsittely	51
3.4.4.6 Pintojen jälkihoito, viimeistely ja suojaus	52
3.4.4.7 Tartuntojen kiinnittäminen	53
3.4.4.8 Korjaus- ja viimeistelytyöt	53
3.4.4.9 Laadunvalvonta	54
3.4.4.10 Kelpoisuuden osoittaminen	54
3.4.4.11 Dokumentointi	55
3.4.5 Massiivisten rakenteiden betonointi	55
3.4.5.1 Suunnitelma	55
3.4.5.2 Laadunvalvonta	56
3.4.5.3 Kelpoisuuden osoittaminen	56
3.4.5.4 Dokumentointi	56
3.4.6 Betonointi kylmällä säällä	56
3.4.6.1 Suunnitelma	56
3.4.6.2 Betonoinnin valmistelu	57
3.4.6.3 Betonointi	57
3.4.6.4 Jälkihoito ja lämpösuojaus	57
3.4.6.5 Laadunvalvonta	58
3.4.6.6 Kelpoisuuden osoittaminen	58
3.4.6.7 Dokumentointi	58
3.4.7 Vedenalainen betonointi	58
3.4.7.1 Yleistä	58
3.4.7.2 Yleiset laatuvaatimukset	58
3.4.7.3 Suunnitelma (Menettely A)	58
3.4.7.4 Suunnitelma (Menettely B)	60
3.4.7.5 Laadunvalvonta	60
3.4.7.6 Kelpoisuuden osoittaminen (Menettely A)	60
3.4.7.7 Kelpoisuuden osoittaminen (Menettely B)	61
3.4.7.8 Dokumentointi	61
3.4.8 Ruiskubetonointi	61
3.4.8.1 Suunnitelma	61
3.4.8.2 Kalusto	62
3.4.8.3 Ruiskutettavan pinnan käsittely	62
3.4.8.4 Ruiskutus	62
3.4.8.5 Pintojen viimeistely, jälkihoito ja suojaus	62
3.4.8.6 Laadunvalvonta	63
3.4.8.7 Kelpoisuuden osoittaminen	63
3.4.8.8 Dokumentointi	63
3.4.9 Jännittämistyöt	63
3.4.9.1 Suunnitelma	63
3.4.9.2 Jännittämisvoiman ja venymän sallitut poikkeamat	64
3.4.9.3 Jännittämisen valmistelu	64
3.4.9.4 Jännittäminen	65
3.4.9.5 Injektointi	65
3.4.9.6 Laadunvalvonta	66
3.4.9.7 Kelpoisuuden osoittaminen	67
3.4.9.8 Dokumentointi	67
3.4.10 Elementtien valmistus, käsittely, kuljetus ja asennus	67

3.4.10.1	Yleistä	67
3.4.10.2	Suunnitelmat	68
3.4.10.3	Valmistus	68
3.4.10.4	Siirrot ja varastointi	69
3.4.10.5	Kuljetus	69
3.4.10.6	Asennuskalusto	69
3.4.10.7	Nostopaikan kantavuus ja vahvistaminen	69
3.4.10.8	Sillan käyttö asennusalueena	70
3.4.10.9	Elementtien väliaikainen tukeminen	70
3.4.10.10	Saumaukset, liitokset ja täydennysvalut	70
3.4.10.11	Valmistajan tunnusmerkin sijoittaminen	71
3.4.10.12	Rakenteen jännittäminen ja injektointi	71
3.4.10.13	Viimeistelytyöt	71
3.4.10.14	Työnaikaiset tarkastukset	71
3.4.10.15	Kelpoisuuden osoittaminen ja korjaavat toimenpiteet	71
3.4.10.16	Dokumentointi	72
3.5	KIRJALLISUUSLUETTELO	72
3.6	LIITTEET	74

3 BETONIRAKENTEET - SYL 3

3.1 YLEISTÄ

3.1.1 Soveltaminen

- .1 Näitä sillanrakentamisen yleisiä laatuvaatimuksia käytetään rakennettaessa paikallavalettavia betonirakenteita sekä betonielementtejä ja niistä koottuja rakenteita ja asetettaessa laatuvaatimuksia korjauskohteisiin.
- .2 Tässä asiakirjassa esitettyjen vaatimusten ja ohjeiden lisäksi noudatetaan sillan rakennussuunnitelmassa sekä sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten osassa Yleinen osa (SYL 1) esitettyjä vaatimuksia ja ohjeita.
- .3 Kohdassa 3.2 on esitetty rakenneosakohtaiset vaatimukset ja ohjeet sekä rakenneosien kelpoisuuden osoittamista ja siihen liittyvää dokumentointia koskevat vaatimukset. Kohdassa 3.3 on esitetty materiaaleja ja niiden valmistamista koskevia vaatimuksia ja ohjeita. Kohdassa 3.4 on esitetty työnsuoritusta koskevat vaatimukset sekä eräitä työtapoja koskevia ohjeita.

3.1.2 Muussa maassa valmistettu tuote

- .1 Tuote, joka on valmistettu toisessa Euroopan unionin maassa tai muussa Euroopan talousalueeseen kuuluvassa maassa, tulee katsoa hakemuksesta tässä julkaisussa esitettyjen laatuvaatimusten mukaiseksi seuraavin edellytyksin:
 - Testaukset ja tarkastukset on valmistajamaassa suoritettu Suomessa käytettävien tai vastaavan laatu- ja turvallisuustason antavien muiden menetelmien ja vaatimusten mukaisesti ja tulokset osoittavat tuotteen täyttävän sille asetetut vaatimukset.
 - Testaukset ja tarkastukset suorittanut laitos on valmistajamaan näihin tehtäviin hyväksymä.

3.1.3 Käsitteet, merkinnät ja lyhenteet

- .1 Tästä Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten osasta Betonirakenteet käytetään lyhennettä SYL 3.
- .2 Jäljempänä käytetään Suomen Rakentamismääräyskokoelmaan kuuluvissa ohjeissa "B4 Betonirakenteet, ohjeet 2001" /1/ esitettyjä ja määriteltyjä käsitteitä ja merkintöjä. Edellä mainituista ohjeista käytetään lyhennettä "ohjeet B4".
- .3 Sillanrakentamisen yleisten laatuvaatimusten osassa Yleinen osa (SYL 1) on määritelty yleiset siltojen rakentamiseen ja niiden laadun varmistamiseen liittyvät käsitteet ja lyhenteet. SILKO-ohjeessa 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaalina /2/ on määritelty polymeereihin liittyvät käsitteet.

- .4 Betonitöillä tarkoitetaan työkokonaisuutta, johon kuuluvat betonointi valmistavine toimenpiteineen, työsaumojen tekeminen ja käsittely, jälkihoito, viimeistely ja suojaus sekä muut samassa yhteydessä tehtävät työt.
- .5 Jännittämistöillä tarkoitetaan työkokonaisuutta, johon kuuluvat jännittäminen ja injektointi sekä muut samassa yhteydessä tehtävät työt.
- .6 Sideaineella tarkoitetaan rakennussementtiä ja betoniin valmistuksen yhteydessä mahdollisesti lisättäviä seosaineita kuten lentotuhkaa, masuunikuonajauhetta ja silikaa.
- .7 Sideaineen kokonaismäärällä tarkoitetaan rakennussementin ja seosaineiden yhteismäärää.

3.1.4 Tekniset työsuunnitelmat

- .1 Ellei sillan rakennussuunnitelmassa muuta esitetä, laaditaan ainakin seuraavat erilliset tekniset työsuunnitelmat:
 - teline- ja muottisuunnitelmat
 - raudoitustyösuunnitelmat
 - betonityösuunnitelmat
 - jännittämistöiden suunnitelmat
 - elementtien valmistussuunnitelma (tarvittaessa)
 - elementtien käsittely- ja kuljetussuunnitelma
 - elementtien asennussuunnitelma.
- .2 Edellä lueteltuja suunnitelmia voidaan tarvittaessa koota laajemmiksi kokonaisuuksiksi tai jakaa osiin.
- .3 Suunnitelmien laadintaa koskevat vaatimukset ja ohjeet on esitetty kohdassa 3.4.

3.1.5 Työnjohto

- .1 Betonitöitä johtamaan määrätään betonityönjohtaja, joka täyttää ohjeiden B4 /1/ kohdassa 1.2.3 asetetut vaatimukset. Betonitöiden johtamisessa noudetaan lisäksi ohjeiden B4 kohdan 4.2.1 määräyksiä.

3.1.6 Laadunvarmistus ja kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Laadunvarmistuksessa ja kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan SYL 1:n kohdissa 1.3, 1.4 ja 1.5 ja ohjeiden B4 kohdissa 5, 6 ja 7.3 sekä jäljempänä tässä asiakirjassa esitettyjä vaatimuksia ja ohjeita.

3.1.7 Kontaktitappien asentaminen sähkökemiallisia mittauksia varten

- .1 Betonirakenteisiin asennetaan raudoituksen yhteydessä kontaktitapit sähkökemiallisia mittauksia varten. Kontaktitappien sijainti esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

- .2 Tappeina käytetään \varnothing 12 mm kuumasinkittyä hitsattavaa betoniterästankoa (A 500 HW). Tappien ulkonema rakenteen pinnasta on 30 mm \pm 10 mm. Tappit hitsataan lähinnä pintaa oleviin päätankoihin. Sinkitys poistetaan tapista hitsausalueelta. Tangon näkyviin jäävän pään on oltava kuumasinkitty.

3.2 RAKENNEOSAKOHTAISET VAATIMUKSET JA OHJEET

3.2.1 Peruslaatat

3.2.1.1 Sijainti

Peruslaattojen sijainti vaakatasossa

- .1 Peruslaatan sallittu sijaintipoikkeama vaakatasossa runkopisteiden tai maastoon pysyvästi merkityn mittasuoran suhteen on 100 mm. Hylkäysraja on 200 mm.
- .2 Peruslaatan sijainti vaakatasossa tarkastetaan laatan nurkkapisteiden kohdilta.
- .3 Jos samalla tuella on kaksi peruslaattaa tai useampia peruslaattoja, on niiden keskipisteiden välisen etäisyyden sallittu poikkeama \pm 50 mm. Hylkäysraja on \pm 200 mm.

Peruslaatan yläpinnan korkeusasema

- .4 Peruslaatan yläpinnan korkeusaseman sallitut poikkeamat ovat +100 mm ja -50 mm. Hylkäysrajat ovat vastaavasti +200 ja -100 mm. Sallitut poikkeamat eivät sisällä veden alla betonoidun laatan sallittua ylipaksuutta. Ellei asiaa tarkemmin selvitetä, otaksutaan ylipaksuudeksi 200 mm.
- .5 Korkeusasema tarkastetaan laatan nurkkapisteiden kohdalta. Jos peruslaatan pituus tai leveys on suurempi kuin 10,0 m, tarkastetaan korkeusasema myös peruslaatan sivun keskikohdalta.

Sillan laaturaporttiin kirjattavat asiat

- .6 Sillan laaturaporttiin kirjataan SYL 1:n kohdassa 1.4.8.2 esitetyn lisäksi tuitain peruslaatan yläpinnan korkeustiedot. Lisäksi ilmoitetaan, onko veden alla betonoidun laatan sallittu ylipaksuus piikattu pois, jos sillan rakennussuunnitelmassa on esitetty sitä koskeva vaatimus.

3.2.1.2 Mittatarkkuus

Peruslaatan leveys ja pituus

- .1 Peruslaatan vaakamittojen sallittu mittapoikkeama on \pm 100 mm. Hylkäysraja on \pm 200 mm.

- .2 Peruslaatan leveys ja pituus mitataan laatan sivuilta ja päistä laatan yläpinnan tasossa. Jos laatan pituus tai leveys ylittää 10,0 m, tarkastetaan mitta myös laatan puolivälistä.

Peruslaatan paksuus

- .3 Peruslaatan paksuuden sallitut poikkeamat ovat +100 mm ja -50 mm. Hylkäysrajat ovat vastaavasti +200 ja -100 mm. Kallionvaraisen peruslaatan paksuuden sallitussa poikkeamassa hyväksytään lisäksi kalliopinnan epätasaisuuden aiheuttama tilaajan hyväksymä peruslaatan lisäkorkeus.
- .4 Peruslaatan paksuus määritetään perustamistason ja peruslaatan yläpinnan korkeusmittausten perusteella. Perustamistason korkeus määritetään SYL 2:n kohdan 2.3.3 mukaisesti. Peruslaatan yläpinnan korkeusaseman mittaaminen on esitetty kohdassa 3.2.1.1.5.

3.2.1.3 Betonipeitteen paksuus

Maata tai kalliota vasten betonoitava pinta

- .1 Raudoitusta ja työraudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus ei missään kohdassa saa alittaa suunnitelmassa määritettyä arvoa enempää kuin 25 mm.
- .2 Betonipeitteen paksuus tarkastetaan mittaamalla tankojen etäisyys peruskuopan pohjasta niistä kohdista, joissa se on pienimmillään. Näiden kohtien sijainti ja mittaustulokset ilmoitetaan mittauspöytäkirjassa. Jos sallittujen poikkeamien ylityksiä havaitaan, korjataan raudoituksen tuenta ja uusitaan mitaus. Tilaajan edustajalle luovutetaan asennetun raudoituksen mittaustiedot.
- .3 Perusmaan varaan raudoituksia tuettaessa ei keskimääräinen jännitys välkkeen alla saa olla suurempi kuin 0,2 N/mm². Välkkeen tukipinnan on oltava vähintään 5000 mm². Välkkeitä käytetään vähintään 4 kpl/m².

Muottia vasten valetut pinnat ja laatan yläpinta

- .4 Raudoitusta ja työraudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus ei missään kohdassa saa alittaa suunnitelmassa määritettyä arvoa enempää kuin 10 mm. Hylkäysraja on 15 mm.
- .5 Betonipeitteen paksuus tarkastetaan kaikilla pinnoilla betonipeitemittarilla alueelta, jonka pinta-ala on vähintään 10 % tarkastettavan pinnan alasta. Mittauksia tehdään mittausalueella vähintään yksi jokaista tarkastettavan teräksen pituusmetriä kohti satunnaisista paikoista ja kuitenkin aina yhteensä vähintään 6 kpl. Tarkastettavalla teräksellä tarkoitetaan mittauskohdassa lähinnä pintaa olevaa raudoitusta tai työraudoitusta.

Tarkastettavan pinnan mittausalueen sijainnin määrittää tilaajan edustaja, ellei asiasta muuta sovita.

- .6 Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan pinnoittain betonipeitteen paksuuden toleranssin ylitykset ja niiden sijainti sekä betonipeitteen mitattu paksuuden pienin ja suurin arvo.

- .7 Veden alla betonoitaessa ja silloin kun muotti jätetään paikoilleen, tarkastetaan tankojen etäisyydet muottipinnasta ennen betonointia. Samalla tarkastetaan välikkeiden riittävyys. Jos havaitaan sallittua suurempia poikkeavuuksia, korjataan rauditus ja sen tuenta. Tarkastuksesta tehdään merkintä tarkastuspöytäkirjaan.

3.2.1.4 Tartuntojen sijainti

- .1 Betoniterästankojen tartuntojen sijaintia koskevat yläpuolisen rakenteen raudituksen sijaintia koskevat vaatimukset.
- .2 Tartuntojen sijainti ja tuenta tarkastetaan ennen peruslaatan betonointia. Tarkastuksesta tehdään merkintä tarkastuspöytäkirjaan.

3.2.1.5 Pinnat

Muottia vasten valetut pinnat

- .1 Muottia vasten valetun pinnan on täytettävä luokitusohjeen by 40, Betonipinnat /3/ luokan 3b vaatimukset. Ohjeesta poiketen huokosten laatuvaatimukset koskevat halkaisijaltaan vähintään 5 mm:n huokosia. Luokitusohjeessa esitetyillä betonipintojen laatutekijöiden vaatimuksilla tarkoitetaan tässä asiakirjassa eroja virheettömään pintaan nähden.
- .2 Betonipinnan laatuluokka osoitetaan luokitusohjeita by 40, Betonipinnat ja jäljempänä esitettyjä täydentäviä ohjeita soveltaen. Tarkastus- ja mittauspöytäkirjaan tehdään merkinnät SYL 1:n kohdan 1.4.5.3 mukaisesti. Jos pinta ei jonkin laatutekijän tai joidenkin laatutekijöiden osalta täytä asetettuja vaatimuksia, voidaan se korjata, jonka jälkeen pinta tarkastetaan ja luokitellaan uudelleen.

Pinnalla tarkoitetaan esim. yhtä peruslaatan päätypintaa.

- .3 Valuvioista mitataan pinnoittain niiden lukumäärä 100 m² kohti ja suurin koko. Valuviat korjataan aina.
- .4 Huokosten koko- ja määramittausten avulla selvitetään laatuvaatimuksen täyttyminen tai alittavan alueen suuruus ja sijainti.

Valuhuokosten mittaus aloitetaan pinnan huonoimmalta alueelta. Huokosten määrien mittauksessa voidaan käyttää apuna 500 mm * 500 mm rajauskehikkoa.

- .5 Nystermän, syvennyksen, hammastuksen, valupurseen, valuhaavan sekä pinnan käyryyden ja aaltoilun osalta tehdään silmämääräinen tarkastus. Tarvittaessa tarkastusta täydennetään mittauksin.

Kuivatyönä valetun peruslaatan yläpinta

- .6 Kuivatyönä valetun peruslaatan yläpinnan on täytettävä luokitusohjeiden by 40, Betonipinnat puuhierretylle 2-luokan pinnalle asetetut vaatimukset. Väri vaihtelua koskevia vaatimuksia ei kuitenkaan sovelleta.

- .7 Pohjaveden yläpuoliset pinnat tehdään kalteviksi siten, ettei vesi muodosta lätäköitä pinnalle.
- .8 Peruslaatan yläpinta tarkastetaan ja luokitellaan noudattaen luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat ja edellä tässä kohdassa esitetyt mittaus- ja tarkastus- ja dokumentointiohjeita.

Veden alla valetun peruslaatan yläpinta

- .9 Veden alla valetun peruslaatan yläpintaan valuvaiheessa mahdollisesti muodostuvat "patit" tasataan.

Peruslaatan pintojen halkeilu

- .10 Pinnoissa sallittu halkeamakoko on 0,4 mm. Rengaskehän pohjalaatassa sallittu halkeamakoko on 0,2 mm.
- .11 Leveydeltään suurimman sallitun halkeamaleveyden suuruisten tai tätä pienempien halkeamien yhteenlaskettu sallittu pituus yhden neliömetrin alueella on 1 m. Leveydeltään alle 0,1 mm halkeamia ei tarkastelussa oteta huomioon.
- .12 Halkeaman pituus mitataan halkeaman etenemissuunnassa murtoviivana. Murtoviiva koostuu 150 mm:n pituisista janoista, joiden päätepisteet sijoittuvat halkeaman kohdille.
- .13 Muut kuin sallitut halkeamat injektoidaan tai imeytetään kapillaarisesti Tiehallinnon hyväksymällä aineella ja menetelmällä.

Ks. SILKO-ohjeet 2.236 /6/ Halkeaman injektointi epoksilla ja 2.239 /7/ Halkeaman kapillaarinen imeytys.

3.2.2 Pääty- ja välituet

3.2.2.1 Yleistä

- .1 Seuraavassa esitetyt vaatimukset ja ohjeet koskevat sillan pääty- ja välitukia sekä kehäsiltojen jalkoja.

3.2.2.2 Sijainti

Pääty- ja välitukien sijainti vaakatasossa.

- .1 Pääty- ja välituen sijainnin sallittu poikkeama vaakatasossa suunnitelmanmukaisesta sijainnista runkopisteiden tai maastoon pysyvästi merkityn mittasuoran suhteen on sekä tukilinjan että sitä vastaan kohtisuorassa suunnassa ± 40 mm. Sijainti vaakatasossa mitataan tuen yläpään tasossa tarkkailutappien (SYL 1 1.5.3.1) kohdilta. Hylkäysraja on ± 60 mm.
- .2 Pääty- ja välitukien on sijaittava siten, että valmiin sillan sallitut rakentamispikkeamat eivät ylitä (ks. SYL 1:n kohta 1.2).

- .3 Pääty- ja välitukien sijainti peruslaattaan nähden saa poiketa suunnitelmamukaisesta sijainnista sekä tukilinjan suunnassa että kohtisuorassa suunnassa sitä vastaan enintään 60 mm. Hylkäysraja on 90 mm.
- .4 Kahden vierekkäisen samalla tukilinjalla olevan välituen keskinäinen etäisyys saa poiketa suunnitelmanmukaisesta etäisyydestä enintään 30 mm. Hylkäysraja on 90 mm.
- .5 Tukien etäisyydet peruslaatan reunoista ja vierekkäisten välitukien keskinäiset etäisyydet mitataan tukien alapään tasossa kohdista, joissa poikkeamat suunnitelman mukaisiin arvoihin ovat suurimmat.

Tukien yläpintojen korkeusasema

- .6 Tuen yläpinnan korkeusaseman sallittu poikkeama on ± 20 mm. Hylkäysraja on ± 40 mm.
- .7 Tuen yläpinnan korkeusasema mitataan tarkkailutappien (SYL 1 1.5.3.1) kohdilta.
- .8 Laakeritason korkeusasema ja muut mitat tarkistetaan ottaen huomioon laakereiden niille asettamat mahdolliset lisävaatimukset.

3.2.2.3 Mittatarkkuus

Poikkileikkausmitat

- .1 Pääty- ja välituen poikkileikkausmitoissa sallitaan ohjeiden B4 /1/ kohdan 4.2.7 taulukossa 4.9 esitetty poikkeamat. Hylkäysrajat ovat edellä esitetyn taulukon 2-kertaiset arvot.
- .2 Suorakaiteen muotoisten tukien poikkileikkausmitat tarkastetaan yleensä mittaamalla tuen leveys ja paksuus sekä tuen ala- että yläpäästä. Pyöreän pilarin halkaisija mitataan tukilinjan suunnassa ja kohtisuorassa suunnassa sitä vastaan.
- .3 Leveän, yleensä seinämäisen rakenteen (tuen leveys suurempi kuin 5,0 m) paksuus mitataan tasavälein enintään 5,0 m:n etäisyydellä toisistaan olevien pystytasojen kohdalta tuen ala- ja yläpäästä.

Tuen alapään paksuus selvitetään esim. mittaamalla muotin alaosan leveys ja muotin etäisyys peruslaatan reunasta ennen betonointia. Betonoinnin jälkeen mitataan etäisyydet peruslaatan reunasta uudelleen ja määritetään tuen alapään paksuus mittaustulosten perusteella.

- .4 Korkeiden rakenteiden (korkeus yli 5,0 m) poikkileikkausmitat tarkastetaan tasavälein ja enintään 5,0 m:n etäisyydellä toisistaan olevien vaakatasojen kohdalta.

Rakenteiden käyryys

- .5 Tukien käyryyden poikkeama mielivaltaisella, vähintään 2 m:n mittauspituudella saa olla enintään $\pm 0,3$ % suunnitelman mukaiseen muotoon verrattuna,

kuitenkin enintään ± 30 mm. Käyryys tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa mittauksin. Hylkäysraja on 2 m:n mittauspituudella $\pm 0,6$ %, kuitenkin enintään ± 60 mm.

Tukien käyryys mitataan rakenteen pinnan käyryytenä. Betonipintojen by 40:n mukaiset käyryyden ja aaltoilun laatuvaatimukset 1,5 m:n mittauspituudella on esitetty kohdassa 3.2.2.5.

- .6 Reunapalkin käyryys mitataan puolen metrin välein sillan pituussuunnassa paalutuksen suuntaan edeten.

Rakenteiden kaltevuudet

- .7 Pääty- ja välituen yläpinnat tehdään kalteviksi siten, ettei vesi muodosta lamikoita rakenteen yläpinnalle.

Pilarin, seinämäisen välituen tai päätytuen pysty- tai vinopinnan sallittu kaltevuuspoikkeama on esitetty SYL 1:n kohdassa 1.2.10.

3.2.2.4 Betonipeitteen paksuus

- .1 Raudoitusta ja työraudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus ei missään kohdassa saa alittaa suunnitelmassa määritettyä arvoa enempää kuin 5 mm. Alituksen hylkäysraja on 10 mm.

Välikkeitä käytetään raudoituksen tukemiseen riittävästi, jotta rauditus ei pääse taipumaan liian lähelle pintaa. Välikkeet kiinnitetään alumiininauloilla.

Suorakaiteen muotoisissa pilareissa käytetään työteräksiä ja välikkeitä nurkkien molemmin puolin ja pyöreissä pilareissa vähintään neljässä pystyrivissä. Välikejako on korkeintaan 1,2 metriä.

Seinissä välikkeitä käytetään vähintään 1,0 metrin ruuduissa. Niissä seinissä, joissa välikkeiden kiinnittäminen ei ole mahdollista nau-laamalla, käytetään välikkeitä, jotka pysyvät paikoillaan luotettavasti ilman nau-lausta.

Palkkien raudoitteiden tuennassa noudatetaan kohdassa 3.2.3.3 annettuja ohjeita.

- .2 Betonipeitteen paksuus tarkastetaan kaikilla pinnoilla betonipeitemittarilla alueelta, jonka pinta-ala on vähintään 10 % tarkastettavan pinnan alasta. Mittauksia tehdään mittausalueella vähintään yksi jokaista tarkastettavan tangon pituusmetriä kohti satunnaisista paikoista ja kuitenkin aina yhteensä vähintään 6 kpl. Tarkastettavalla tangolla tarkoitetaan mittauskohdassa lähinnä pintaa olevaa raudoitusta tai työraudoitusta.

Tarkastettavan pinnan mittausalueen määrittää tilaajan edustaja, ellei asiasta muuta sovita.

- .3 Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan pinnoittain betonipeitteen paksuuden toleranssin ylitykset ja niiden sijainti sekä betonipeitteen paksuuden pienin ja suurin arvo.
- .4 Kohdat, joissa laatuvaatimus alittuu, merkitään rakenteeseen.
- .5 Veden alla betonoitaessa ja silloin, kun väli- tai päätytuen muotti jätetään paikoilleen, tarkastetaan betoniterästankojen etäisyydet muottipinnasta ennen betonointia. Samalla tarkastetaan välikkeiden riittävyys. Jos sallittua suurempia poikkeavuuksia tai puutteellisuuksia välikkeiden laadussa tai määrässä havaitaan, korjataan raudoitus ja sen tuenta. Tarkastuksesta tehdään merkintä tarkastuspöytäkirjaan.

3.2.2.5 Pinnat

Muottia vasten valetut pinnat

- .1 Näkyviin jäävän pinnan on täytettävä luokitusohjeiden by 40, Betonipinnat /3/ luokan 2 vaatimukset. Ohjeesta poiketen em. pinnan huokosten laatuvaatimukset koskevat halkaisijaltaan vähintään 5 mm:n huokosia. Betonipinnan väri vaihtelun on täytettävä väri vaihteluluokan 2 vaatimukset.
- .2 Näkymättömiin jäävän pinnan on täytettävä luokan 3b mukaiset vaatimukset.
- .3 Muottikangasta vasten valetun pinnan on täytettävä luokitusohjeiden by 40, Betonipinnat kohdan 3.3 luokitustaulukossa esitetyt luokan 2 ja väri vaihtelu luokan 2 vaatimukset. Huokosten (\varnothing 2-8 mm) ja valuvikojen osalta pinnan on täytettävä em. luokitustaulukon vaatimukset, jotka eivät ole suluissa.
- .4 Luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat esitetyillä betonipintojen laatutekijöiden vaatimuksilla tarkoitetaan tässä asiakirjassa eroja virheettömään pintaan nähden.
- .5 Betonipinnan laatuluokka osoitetaan pinnoittain luokitusohjeita by 40, Betonipinnat ja jäljempänä esitettyjä täydentäviä ohjeita soveltaen. Tarkastuspöytäkirjaan merkitään kunkin laatutekijän osalta laatuvaatimusten alitukset ja niiden sijainti ellei muuta ole vaadittu. Jos pinta ei jonkin laatutekijän osalta täytettyä asetettuja vaatimuksia, voidaan se korjata, jonka jälkeen pinta tarkastetaan ja luokitellaan uudelleen.
- .6 Aaltoilu ja käyryys tarkastetaan kuljettamalla 1500 mm pituista viivainta ensiksi pystyasennossa vaakasuunnassa pinnan päästä päähän siten, että koko pinta tulee tarkastetuksi. Tämän jälkeen kuljetetaan viivainta vaakasuunnassa ylhäältä alas siirtyen systemaattisesti esim. vasemmalta oikealle, jolloin jälleen koko pinta tulee tarkastetuksi. Kaarevat pystysuorat pinnat tarkastetaan pystysuorassa olevaa viivainta käyttäen.
- .7 Valuvioista kirjataan tarkastuspöytäkirjaan pinnoittain niiden lukumäärä 100 m² kohti ja suurin koko. Valuviat korjataan aina.
- .8 Valuhaavat, kuopat, syvennykset, hammastukset, valupurseet ja nystermät tarkastetaan silmämääräisesti ja mittaamalla pinnoittain niiden koko ja määrä.

- .9 Valuhuokokset mitataan aluksi pinnoittain huonoimmalta 500 mm * 500 mm suuruiselta alueelta. Tämän jälkeen selvitetään laatuvaatimuksen alittavan alueen suuruus. Tarkastettavaan pintaan merkitään laatuvaatimuksen alittava alue.

Pinnalla tarkoitetaan kaikkia yhden tuen muottia vasten valettuja pintoja.

Yläpinnat

- .10 Pääty- ja välitukien yläpinnan on täytettävä luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat /3/ puuhierretylle 1-luokan pinnalle asetetut vaatimukset. Pinnan väri- vaihtelun on täytettävä väri- vaihteluluokan 3 vaatimus.
- .11 Pääty- ja välituen yläpinnan tarkastuksessa, mittauksessa ja tulosten dokumentoinnissa noudatetaan soveltaen edellä tässä kohdassa esitettyjä mittaus-, tarkastus- ja dokumentointiohjeita.

Pinnalla tarkoitetaan yhden väli- tai päätytuen kaikkia yläpintoja.

Pääty- ja välitukien pintojen halkeilu

- .12 Maanvastaisissa pinnoissa ei saa olla rakenteen läpi ulottuvia vuotavia halkeamia. Vedenpinnan vaihtelualueilla ja tieltä roiskuvan suolaveden ja -sumun vaikutusalueella sallittu halkeamakoko on 0,2 mm. Jännitetyissä rakenteissa (esim. tukien poikkipalkit) sallittu halkeamakoko on 0,1 mm. Muissa pinnoissa sallittu halkeamakoko 0,3 mm.

Suolattavilla tieosilla tieltä roiskuvan suolaveden ja -sumun vaikutusalueen katsotaan ulottuvan viiden metrin etäisyydelle ja neljän metrin korkeuteen ajoradan reunasta mitattuna.

- .13 Leveydeltään suurimman sallitun halkeamaleveyden suuruisten tai tätä pienempien halkeamien yhteenlaskettu sallittu pituus yhden neliömetrin alueella on vedenpinnan vaihtelualueilla ja tieltä roiskuvan suolaveden ja -sumun vaikutusalueella ja jännitetyissä rakenteissa enintään 0,5 m ja muissa pinnoissa enintään 1 m. Halkeaman pituus mitataan kohdan 3.2.1.5.12 mukaisesti. Leveydeltään alle 0,1 mm halkeamia ei tarkastelussa oteta huomioon.
- .14 Rakenteen läpi ulottuvat vuotavat halkeamat sekä muut kuin sallitut halkeamat injektoidaan tai imeytetään kapillaarisesti Tiehallinnon hyväksymällä aineella ja menetelmällä.

Ks. SILKO-ohjeet 2.236 /6/ Halkeaman injektointi epoksilla ja 2.239 /7/ Halkeaman kapillaarinen imeytys.

3.2.3 Päällysrakenne

3.2.3.1 Sijainti

Päällysrakenteen sijainti vaaka- ja pystytasossa

- .1 Päällysrakenteen sijaintia sekä sen mittaamista ja dokumentointia koskevat yleiset vaatimukset on esitetty SYL 1:n kohdassa 1.2.

- .2 Tuella olevan poikkipalkin aseman sallittu poikkeama laakerin suhteen sillan pituussuunnassa on ± 10 mm. Hylkäysraja on ± 20 mm.
- .3 Pääkannattajan epäkeskeisyyden sallittu poikkeama laakerin suhteen sillan poikkisuunnassa on ± 10 mm. Hylkäysraja on ± 20 mm.
- .4 Maatuen otsamuurin ja päällysrakenteen välisen raon leveyden sallittu poikkeama on ± 10 mm. Hylkäysraja on ± 20 mm.
- .5 Päällysrakenteen sijainti alusrakenteiden ja laakereiden suhteen tarkastetaan ennen päällysrakenteen raudoitusta. Jos sallittua suurempia poikkeavuuksia havaitaan, muotti korjataan. Tarkastuksista ja niiden tuloksista tehdään merkintä tarkastuspöytäkirjaan.

Liittopalkkisillan kansilaatan sijainti palkiston suhteen

- .6 Liittopalkkisillan kansilaatan sillan poikkisuuntaisen sijainnin sallittu poikkeama alla olevan teräspalkiston suhteen on ± 20 mm. Hylkäysraja on ± 30 mm.
- .7 Sijainnilla tarkoitetaan kansilaatan keskilinjän epäkeskeisyyttä kannen alla olevaan teräspalkistoon nähden. Se määritetään jänneväleittäin mittaamalla sillan poikkisuuntaisten ulokkeiden pituudet ennen kannen betonointia. Pituudet mitataan tukien kohdalta, aukkojen keskeltä ja jänteiden neljännespisteistä.
- .8 Jos sallittua suurempia poikkeavuuksia havaitaan, muotti korjataan. Tarkastuksesta ja sen tuloksista tehdään merkintä tarkastuspöytäkirjaan.

3.2.3.2 Mittatarkkuus

Poikkileikkausmittoja koskevat vaatimukset

- .1 Päällysrakenteen poikkileikkausmitoissa sallitaan ohjeiden B4 /1/ kohdan 4.2.7 taulukossa 4.9 esitetty poikkeamat. Hylkäysrajat ovat edellä mainitun taulukon 2-kertaiset arvot.

Vaakamittojen tarkastaminen

- .2 Päällysrakenteen vaakasuorat mitat tarkastetaan ennen raudoitustöitä muoteista. Mittaukset tehdään päällysrakenteen päistä, tukien kohdalta, aukkojen puolivälistä ja jänneväliden neljäsosapisteistä.
- .3 Valmis päällysrakenne mitataan päistä ja tukien kohdilta. Lisäksi päällysrakenne tarkastetaan silmämääräisesti. Jos vaakamittojen sallittua suurempia ylityksiä ei havaita, tehdään siitä merkintä tarkastuspöytäkirjaan. Muussa tapauksessa mitataan vaakamitat arvonvähennysten määrittämisen vaatimalla tarkkuudella.

Sillan hyödyllinen leveys sekä ajoradan ja korotetun jk- ja pp- tien leveydet tarkastetaan SYL 1:n kohdan 1.2.3 mukaisesti.

Pystymittojen varmistaminen

- .4 Laattojen paksuudet ja palkkien korkeudet varmistetaan esim. betonoitaessa käytettävien, oikeaan korkeuteen asennettavien ohjureiden avulla. Niiden yläpinnan korkeudet mitataan 5,0 m:n välein paalutuksen suunnassa edeten ja päällysrakenteen päästä aloittaen. Ohjureiden paikallaan pysyminen betonoinnin aikana varmistetaan luotettavalla tavalla.
- .5 Laattojen reunojen paksuudet ja reunapalkkien korkeudet mitataan päällysrakenteen päistä ja tukien kohdilta. Reunapalkkien korkeudet mitataan lisäksi aukkojen puolivälistä ja jänneväljen neljäsosapisteistä. Lisäksi päällysrakenteen pystymitat tarkastetaan silmämääräisesti.

Yläpinnan kaltevuudet

- .6 Päällysrakenteen yläpinnan pituus- ja poikkikaltevuuden sallittu poikkeama on $\pm 0,5$ %. Hylkäysraja on ± 1 %. Vesi ei saa jäädä seisomaan lätäköiksi pinnoille.
- .7 Pituuskaltevuus tarkastetaan vaaitsemalla yläpinnan korkeus 5,0 m:n välein sekä sillan keskilinjalta että molempien reunapalkkien vierestä. Poikkikaltevuus tarkastetaan tielinjaa vastaan kohtisuorassa suunnassa 5,0 m:n välein päällysrakenteen taitepisteistä edeten paalutuksen suunnassa päällysrakenteen päästä aloittaen.

Päällysrakenteen muoto

- .8 Päällysrakenteen muotoa sekä sen mittaamista ja dokumentointia koskevat vaatimukset on esitetty SYL 1:n kohdassa 1.2.

Päällysrakenteen käyryys

- .9 Näkyviin jäävän betonisen päällysrakenteen käyryyden poikkeama mielivaltaisella, vähintään 2 m:n mittauspituudella saa olla enintään 0,25 % suunnitelman mukaiseen muotoon verrattuna. Yli 0,5 % poikkeamaa käyryydessä ei hyväksytä.

Päällysrakenteen käyryys mitataan rakenteen pinnan käyryytensä.

- .10 Eri rakenneosien käyryys tarkastetaan silmämääräisesti ja tarvittaessa mitauksin.

Betonipintojen luokitusohjeen by 40:n /3/ mukaiset pintojen käyryyden ja aaltoilun laatuvaatimukset 1,5 m:n mittauspituudella on esitetty kohdassa 3.2.3.4.

- .11 Reunapalkin käyryys mitataan puolen metrin välein sillan pituussuunnassa paalutuksen suuntaan edeten. Jos sillassa on sillan pituussuuntaiset siipimuurit, määritetään käyryys siipimuurien päihin asti.

3.2.3.3 Betonipeitteen paksuus

- .1 Raudoitusta ja työraudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus ei missään kohdassa saa alittaa suunnitelmassa määritettyä arvoa enempää kuin 5 mm. Hylkäysraja on 10 mm.

Välikkeitä käytetään raudoitteiden tukemiseen riittävästi, jotta tangot eivät pääse taipumaan liian lähelle pintaa.

Palkin alapinnassa käytetään vähintään kahta työtankoa (harjatankoa) Ø 12 mm, joiden alla välikejako on korkeintaan 500 mm.

Palkin kyljissä ja muissa hakaraudoitetuissa pystypinnoissa käytetään vähintään kahta sivupinnan suuntaista työtankoa (harjatankoa) Ø 10 - 12 mm sekä niiden ja muottilaudoituksen välissä välikkeitä, joiden väli on enintään 1,2 metriä.

Palkin yläpinnan raudoitus tuetaan yleensä pukkien varaan.

Reunapalkkien raudoitus tuetaan ilman työtankoja käyttäen riittävää välikemäärää.

Seinämaisten rakenteiden pystypintojen työtankojen väli on enintään 1,2 m.

- .2 Betonipeitteen paksuus tarkastetaan kaikilla pinnoilla betonipeitemittarilla alueelta, jonka pinta-ala on vähintään 5 % koko tarkastettavan pinnan alasta. Mittauksia tehdään mittausalueella vähintään yksi jokaista tarkastettavan tangon pituusmetriä kohti satunnaisista paikoista ja kuitenkin aina vähintään 6 kpl. Tarkastettavalla tangolla tarkoitetaan mittauskohdassa lähinnä pintaa olevaa raudoitusta tai työraudoitusta.

Tarkastettavan pinnan mittausalueen määrittää tilaajan edustaja, ellei asiasta muuta sovita.

- .3 Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan pinnoittain betonipeitteen paksuuden toleranssin ylitykset ja niiden sijainti sekä betonipeitteen paksuuden pienin ja suurin arvo.
- .4 Kohdat, joissa laatuvaatimus alittuu, merkitään rakenteeseen.

3.2.3.4 Pinnat

Muottia vasten valetut pinnat

- .1 Päällysrakenteen muottia vasten valetun, näkyvän pinnan on täytettävä luokitusohjeiden by 40, Betonipinnat /3/ luokan 2 vaatimukset. Ohjeesta poiketen em. pinnan huokosten laatuvaatimukset koskevat halkaisijaltaan vähintään 5 mm:n huokosia. Betonipintojen väri vaihtelun on täytettävä väri vaihteluluokan 2 vaatimukset.
- .2 Näkymättömiin jäävän pinnan on täytettävä luokitusohjeiden by 40, Betonipinnat luokan 3b vaatimukset.

Näkymättömiin jääviä pintoja ovat esim. kotelopalkin sisäpinnat.

- .3 Muottikangasta vasten valetun pinnan on täytettävä by 40:n kohdan 3.3 luokitustaulukossa esitetyt luokan 2 ja värivaihteluluokan 2 vaatimukset. Huokosten (\varnothing 2-8 mm) ja valuvikojen osalta pinnan on täytettävä em. luokitustaulukon ne vaatimukset, jotka eivät ole suluissa.
- .4 Luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat esitetyillä betonipintojen laatutekijöiden vaatimuksilla tarkoitetaan tässä asiakirjassa eroja virheettömään pintaan nähden.
- .5 Pintojen kelpoisuus osoitetaan ja tulokset dokumentoidaan kohdassa 3.2.2.5 esitetyjä ohjeita soveltaen.

Pinnalla tarkoitetaan muottia vasten valettuja joko päällysrakenteen näkyviä pintoja tai näkymättömiä pintoja (yleensä pintoja, joille on asetettu samat laatuvaatimukset).

Yläpinnat

- .6 Päällysrakenteen eristettävän yläpinnan on täytettävä luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat /3/ puuhierretylle pinnalle asetetut 1-luokan vaatimukset. Käyryyttä ja aaltoilua koskevat vaatimukset ovat kuitenkin seuraavat: enintään 4 mm 2 metrin matkalla ja enintään 2 mm 0,5 metrin matkalla. Lisäksi edellytetään, että vesi ei saa jäädä seisomaan lätäköiksi pinnoille. Värivaihtelua koskevaa vaatimusta ei sovelleta.

Ellei pinta täytä vaatimuksia, se korjataan tilaajan hyväksymällä tavalla esim. hiomalla kohoumat pois tai täyttämällä kuopat juotolaastilla tai –massalla (ks. SILKO-ohjeet 3.231 Paikkausaineet /4/ ja 2.231 Paikkaus ilman muotteja /5/).

Paikkausaineen tarttuminen alustaansa varmistetaan poistamalla sementtiliima, pöly ym. tartuntaa heikentävät aineet korjattavalta pinnalta ennen korjausaineen levittämistä. Tämän lisäksi selvitetään ennakkoon, tarttuuko paikkauksen päälle tuleva eriste paikkausaineeseen. Tartunnan parantamiseksi sirotellaan tarvittaessa kvartsihiekkaa sitoutumattoman paikkauslaastin päälle. Ylimääräinen hiekka poistetaan korjatulta pinnalta paikkauslaastin kovetuttua.

- .7 Reunapalkkien ja muiden betonisten näkyviin jäävien yläpintojen on täytettävä täytettävä luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat puuhierretylle 1-luokan pinnalle asetetut vaatimukset. Pintojen värivaihtelun on täytettävä värivaihteluluokan 2 vaatimukset.
- .8 Päällysrakenteen yläpintojen tarkastuksessa noudatetaan soveltaen edellä tässä kohdassa esitettyjä mittaus-, tarkastus- ja dokumentointiohjeita.

Pinnalla tarkoitetaan joko päällysrakenteen eristettävää yläpintaa, molempia reunapalkkien yläpintoja tai muita betonista valetun rakenteen pinnoittamattomia yläpintoja, joille on asetettu samat laatuvaatimukset.

Päällysrakenteen pintojen halkeilu

- .9 Jännitetyissä rakenteissa ja reunapalkin yläpinnassa ei sallita 0,1 mm suurempia halkeamia. Muissa pinnoissa sallittu halkeamakoko on 0,2 mm.
- .10 Leveydeltään suurimman sallitun halkeamaleveyden suuruisten tai tätä pienempien halkeamien yhteenlaskettu pituus yhden neliömetrin alueella saa olla enintään 0,5 m. Leveydeltään alle 0,1 mm halkeamia ei tarkastelussa oteta huomioon. Halkeaman pituus mitataan kohdan 3.2.1.5.12 mukaisesti.
- .11 Reunapalkeissa sallitaan yksi poikkihalkeama yhden metrin matkalla. Reunapalkkien ylä- ja sivupinnoissa ei sallita sillan pituussuuntaista halkeilua.
- .12 Muut kuin sallitut halkeamat injektoidaan tai imeytetään kapillaarisesti Tiehallinnon hyväksymällä aineella ja menetelmällä.

Ks. SILKO-ohjeet 2.236 /6/ Halkeaman injektointi epoksilla ja 2.239 /7/ Halkeaman kapillaarinen imeytys.

3.2.4 Elementtirakenteet**3.2.4.1 Yleistä**

- .1 Elementtirakenteita koskevat SYL 1:ssä ja tämän asiakirjan kohdassa 3.1 esitetyt yleiset vaatimukset ja ohjeet, ellei jäljempänä ole muuta mainittu.
- .2 Elementtien valmistuksessa käytettäviä materiaaleja ja elementtien valmistusta koskevat jäljempänä kohdissa 3.3 ja 3.4 esitetyt materiaalivaatimukset sekä materiaalien valmistukseen ja työn suoritukseen liittyvät ohjeet.
- .3 Jäljempänä käytetään SBK:n julkaisussa Betonielementtien toleranssit osassa 1.21 Opastavia tietoja /17/ määriteltyjä käsitteitä.

3.2.4.2 Mittatarkkuus*Rakentamistoleranssit*

- .1 Valmiin sillan mittatarkkuusvaatimukset (rakentamistoleranssit) ja hylkäysrajat on esitetty SYL 1:n kohdassa 1.2. Tämän lisäksi edellytetään, että SBK:n julkaisussa Betonielementtien toleranssit osassa 1.20 määritellyt normaaliuokan mukaiset rakentamistoleranssit täyttyvät.
- .2 Laakerin sijainti elementin pituus- ja poikkisuunnassa saa poiketa ominaisarvosta ± 5 mm. Hylkäysraja on ± 10 mm. Etäisyydet mitataan laakerin keskikohdalta.
- .3 Kun liikenne kulkee suoraan elementtien päällä, saa päällysrakenteen elementtien välinen hammastus elementtien yläpinnan tasossa olla enintään 5 mm. Hylkäysraja on 10 mm.
- .4 Sauman hammastus saa olla näkyvissä pinnoissa enintään 5 mm. Hylkäysraja on 10 mm.

Elementtien valmistustoleranssit

- .5 Elementtien valmistustoleranssit on esitetty SBK:n julkaisun Betonielementtien toleranssit osassa 1.20 Vaatimukset /17/.
- .6 Jos rakentamistoleranssit, urakoitsijan käyttämä työtarkkuus tai asennustoleranssit edellyttävät elementeiltä suunnitelmasta poikkeavia mittoja tai edellä esitettyä suurempaa valmistustarkkuutta, on urakoitsijan muutettava elementtien mittoja tai valmistustoleransseja siten, että valmiin rakenteen mittatarkkuusvaatimukset täyttyvät.

Kelpoisuuden osoittaminen

- .7 Elementtien mitat tarkastetaan ja niiden kelpoisuus mittatarkkuuden osalta osoitetaan SBK:n julkaisun Betonielementtien toleranssit osan Opastavia tietoja /17/ kohtien 5 ja 6 mukaisesti.
- .8 Elementtirakenteiden kelpoisuuden osoittamista on käsitelty kohdassa 3.4.10.15.

3.2.4.3 Betonipeitteen paksuus*Vaatimukset*

- .1 Raudoitusta ja työraudoitusta suojaavan betonipeitteen paksuus ei saa alittaa suunnitelmassa esitettyä arvoa enempää kuin 5 mm. Hylkäysraja on 10 mm.
- .2 Betonipeitteen paksuudesta vähennetään pinnan profiloinnin (esim. harjaus, pesu tai uritus) syvyys.

Kelpoisuuden osoittaminen

- .3 Betonipeitteen paksuus tarkastetaan jokaisen elementin kaikilla pinnoilla betonipeitemittarilla alueelta, jonka pinta-ala on vähintään 10 % koko tarkastettavan pinnan alasta. Mittauksia tehdään mittausalueella vähintään yksi jokaista tarkastettavan tangon pituusmetriä kohti satunnaisista paikoista ja kuitenkin aina yhteensä vähintään 6 kpl. Tarkastettavalla tangolla tarkoitetaan mittauskohdassa lähinnä pintaa olevaa raudoitusta tai työraudoitusta.

Tarkastettavan alueen sijainnin määrittää tilaajan edustaja, ellei asiasta muuta sovita.

- .4 Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan pinnoittain betonipeitteen paksuuden toleranssin ylitykset ja niiden sijainti sekä betonipeitteen paksuuden pienin ja suurin arvo.

3.2.4.4 Pinnat*Muottia vasten valetut pinnat*

- .1 Elementtien muottia vasten valettujen pintojen on täytettävä edellä kohdissa 3.2.2.5 ja 3.2.3.4 esitetyt vaatimukset.

- .2 Laakerin kohdalla pinnan poikkeama tasosta (tasopoikkeama) saa olla enintään 2 mm.

Hierrettyt pinnat

- .3 Hierrettyjen pintojen on täytettävä luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat /3/ puuhierretylle 1-luokan pinnalle asetetut vaatimukset.

Pintojen halkeilu

- .4 Pintojen halkeilun on täytettävä edellä kohdissa 3.2.2.5 ja 3.2.3.4 esitetyt vaatimukset.

Kelpoisuuden osoittaminen

- .5 Pintojen kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan soveltuvien osien luokitusohjeessa by 40, Betonipinnat /3/ sekä edellä kohdissa 3.2.2.5 ja 3.2.3.4 kuvattuja paikalla betonoitujen rakenteiden pintojen kelpoisuuden osoittamiseen liittyviä menettelyitä.

3.2.4.5 Nostolaitteet ja -lenkit

- .1 Elementtien nostolaitteet ja -lenkit tehdään ohjeiden B4 /1/ kohdan 4.1.2.4 mukaisesti.
- .2 Nostokiinnikkeiden sijaintitoleranssit ovat:
- pituussuunnassa ± 100 mm
 - poikkisuunnassa ± 50 mm.

3.2.4.6 Elementteihin tehtävät merkinnät

- .1 Elementteihin tehdään ohjeiden B4 kohdan 4.2.5.1 mukaiset pysyvät merkinnät.
- .2 Merkinnät tehdään elementtien päihin sellaisiin paikkoihin, että ne ovat luettavissa vielä asennuksen jälkeen ennen saumojen betonointia.
- .3 Elementtien numerot tai muut tunnuksot merkitään toteumapiirustuksiin.

3.2.5 Betonipinnan kiviverhous

3.2.5.1 Yleistä

- .1 Tässä kohdassa käsitellään alusrakenteissa käytettävää, paksuista kivilautoista tehtyä kiviverhousa.

Kiviverhousratkaisuja on esitetty julkaisuissa /28/ ja /29/.

- .2 Kiviverhotulle rakenteelle asetetaan samat mitta- ja muototarkkuusvaatimukset kuin vastaavalle verhoamattomalle rakenteelle. Mittaukset tehdään kivien etupintojen reunoilta.

- .3 Verhouskivien on oltava hyvälaatuista graniittia tai muuta hyväksyttävää syväkivilajia.

Rakennuskivien ominaisuudet on esitetty SILKO-ohjeessa 1.501 Luonnonkivi verhousemateriaalina /8/.

- .4 Kelpoisuus rakenteen mittatarkkuuden osalta osoitetaan soveltaen kohdassa 3.2.2.3 esitettyä menettelyä.

3.2.5.2 Verhouskivien mittatarkkuus

Kivien mitat

- .1 Kivien korkeus saa vaihdella niiden ollessa eri kerroksissa ± 30 mm ja samassa kerroksessa ± 5 mm. Hylkäysrajat ovat vastaavasti ± 60 ja ± 10 mm. Kiven pituuden on oltava sama tai suurempi kuin sen korkeus ei kuitenkaan alle 400 mm.
- .2 Kivien korkeus ja pituus tarkastetaan työn aikana. Sallitun poikkeaman ylittäviä kiviä ei saa käyttää.
- .3 Mitat tarkastetaan myös valmiista rakenteesta ensin silmämääräisesti ja tämän jälkeen mittaamalla kriittisistä paikoista. Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan kunkin vaatimuksen osalta suurimmat havaitut poikkeamat.

Saumapintojen leveydet

- .4 Vaakasuurien saumapintojen (tukipintojen) pienemmän mitan on oltava vähintään 80 mm. Mitat tarkastetaan työn aikana saumapinnoittain. Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan saumoittain pienin mitattu mitta. Jos tukipintavaatimuksen alituksia havaitaan, korjataan rakenne.

3.2.5.3 Pinnat

- .1 Lohkopintaisen kiven etupintaan tehdään koppi (kiven etupinnan poikkeama perustasosta), jonka korkeus on enintään 50 mm. Kivien etupintojen reunoihin tehdään 40-50 mm leveät tasaiset kaistat. Pinnassa ei saa esiintyä yli 10 mm syvyisiä saumaustason takapuolelle ulottuvia kuoppia.
- .2 Koppi ja kuopat tarkastetaan työn aikana silmämääräisesti. Rajatapauksissa niiden suuruus mitataan. Jos ylityksiä havaitaan, kivi hylätään.
- .3 Kiviverhousten ulkopintojen on oltava puhtaita.

3.2.5.4 Saumat

- .1 Sauman leveys on $20 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$.
- .2 Saumojen leveydet tarkastetaan työn aikana heti sauman valmistuttua. Jos mittatoleranssin ylityksiä havaitaan, korjataan rakenne. Saumat tarkastetaan myös valmiista rakenteesta. Tarkastuspöytäkirjaan kirjataan saumaleveyksien mitatut suurimmat ja pienimmät arvot.

- .3 Sauman pintaosa saumataan vähintään 25 mm syvyydeltä Tiehallinnon hyväksymällä pakkasenkestävällä saumauslaastilla.

Kiviverhouksen saumat tiivistetään ennen betonointia siten, ettei betonia pääse valumaan näkyville pinnoille.

Saumapintojen etureunoille asetetaan saumarimat ja niiden taakse teräs-, betoni-, muovi- tai kivikappaleet siten, että kivet saadaan tuettua tukevasti oikeaan asentoon. Betonin kovetuttua saumarimat poistetaan ja saumat saumataan.

3.2.6 Betonipinnan teräslevyverhous

Laatuvaatimukset

- .1 Teräslevyverhouksen on täytettävä suunnitelmassa esitetyt vaatimukset.

Työnsuoritus

- .2 Teräslevyt hitsataan yhteen käyttäen ruostumattomia lisäaineita kyseisen teräslaadun standardia noudattaen.
- .3 Hitsisaumat peitataan tarkoitukseen soveltuvalla peittäusmassalla valmistajan ohjeita noudattaen.
- .4 Teräslevyihin tehdyt aukot paikataan ja paikkausten taustat täytetään tilaajan edustajan hyväksymällä tavalla.

Teräslevyjä on käsiteltävä varovasti puhtain työkaluin ja nostolaittein varoen naarmuttamasta niitä.

- .5 Muilta osin työnsuorituksessa noudatetaan soveltuvin osin SYL 4:ssä esitetyt vaatimuksia ja ohjeita.

Kelpoisuuden osoittaminen

- .6 Kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan soveltuvin osin SYL 4:ssä esitetyt vaatimuksia.

3.2.7 Maanvastaisen betonipinnan kosteuseristys

3.2.7.1 Yleistä

- .1 Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään kosteuseristettävät pinnat ja eristystavat.

3.2.7.2 Kaksinkertainen kumibitumisively

- .1 Betonipinnan on oltava puhdas ja kuiva ennen eristystä. Tartuntasively tehdään kumibitumiliuoksella KBL 20/100 (0,2...0,3 kg/m²). Eristys tehdään kaksinkertaisena kumibitumisivelynä KB 100 vähintään (2 x 1 kg/m²). Eristys päätetään näkyvillä pinnoilla noin 200 mm suunnitelman mukaisen maanpin-

nan alapuolelle. Kumibitumiliuoksen ja kumibitumin on täytettävä SYL 6 kohdan 6.2.2 laatuvaatimukset.

- .2 Tartuntasively ja kumibitumisivelyt tarkastetaan silmämääräisesti ja ainemennekkien mukaan.

3.2.7.3 Kermieristys

- .1 Tartuntasively tehdään kumibitumiliuoksella KBL 20/100 (0,2...0,3 kg/m²). Kumibitumiliuoksen on täytettävä SYL 6 liitteen 2 laatuvaatimukset.
- .2 Kermieristys tehdään yksikerroskermieristysenä. Kermien on täytettävä SYL 6 liitteen 6 käyttöluokka 3:n laatuvaatimukset.
- .3 Kermit kiinnitetään yläpäästään myös naulaamalla alustaansa.
- .4 Kermin kiinnitys tarkastetaan ristiviiltokokeella SYL 6 kohdan 6.2.6.2.3 mukaisesti.

3.2.7.4 Ruiskutettava eristysmassa

- .1 Eristys tehdään ja tarkastetaan SYL 6 kohtien 6.2.3.5 ja 6.2.6.4 mukaisesti.

3.2.7.5 Pystysalaojamatot ja -levyt

- .1 Pystysalaojamattojen tai -levyjen on oltava Tiehallinnon hyväksymää tyyppiä.
- .2 Pystysalaojamattojen tai -levyjen on päästettävä siltarakenteesta suotautuva kosteus poistumaan, mutta estettävä ulkopuolelta tulevan kosteuden pääsy rakenteeseen.

3.3 MATERIAALIT

3.3.1 Betoni

3.3.1.1 Osa-aineet

- .1 Betonin osa-aineiden on täytettävä Suomen rakentamismääräyskokoelmassa niille asetetut vaatimukset, ellei jäljempänä ole muuta mainittu.

Tällä hetkellä voimassaolevat vaatimukset on esitetty ohjeiden B4 /1/ kohdissa 4.1.1.1 ja 7.

Ohjeissa B4 edellytetään mm., että sementti /26/ on CE-merkittyä ja kaikki seosaineet kuuluvat Turvatekniikan keskuksen tarkastuksen piiriin. Runkoaineena käytetyn kiviaineksen on oltava rapautumaton ja sen kloridipitoisuus saa olla enintään 0,02 painoprosenttia. Lentotuhkan on oltava A-luokan tuhkaa ja sen hehkutushäviön on oltava alle 5 % ja korkealujuusbetonissa alle 3 %.

- .2 Meriveden käyttö betonin valmistuksessa sekä kloridipohjaisten lisäaineiden käyttö on kielletty. Jäljempänä on annettu tarkempia betonin osa-aineita koskevia vaatimuksia mm. pakkasenkestävään betoniin käytettävistä osa-aineista.

3.3.1.2 Betonimassa ja betoni

- .1 Betonimassalla on oltava sellaiset ominaisuudet, että se tarkoitukseen soveltuvia menetelmiä käyttäen tiivistettynä ja jälkihoidettuna kovettuttuaan täyttää kaikki suunnitelmassa ja tässä asiakirjassa betonille asetetut vaatimukset.
- .2 Kovettuneella betonilla on oltava sillan rakennussuunnitelman mukaiset lujuus, säilyvyys- ja muut ominaisuudet.
- .3 Betonimassa valmistetaan ympäristöministeriön hyväksymän tarkastajan valvomassa valmistuslaitoksessa.
- .4 Itsetiivistyvä betoni ei sisälly näihin ohjeisiin. Itsetiivistyvän betonin valmistamisessa, laadunvalvonnassa ja kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan erikseen Tiehallinnon hyväksymää menettelyä.

3.3.1.3 Betonimassan valmistaminen

- .1 Betonin laatu valitaan ottaen huomioon sillan rakennussuunnitelmassa ja tässä asiakirjassa esitetyt vaatimukset sekä vallitsevat olosuhteet ja käytettävät työmenetelmät.

Betonin koostumus voidaan valita aikaisempien laadunvalvonta- ja kelpoisuuskokeiden tulosten perusteella.

- .2 Jos aikaisempia tuloksia ei ole käytettävissä, tehdään ennakkokokeet vaadittujen ominaisuuksien selvittämiseksi.

Betonin osa-aineiden määrät mitataan ohjeiden B4 kohdan 4.2.4.3 mukaisesti.

- .3 Jos sulfaatinkestävää portlandsementtiä käytetään kloridikorroosiorasitettuisissa rakennelmissä kuten meriveden vaihtelualueen ja roiskeiden alaisissa rakenteissa, reunapalkeissa ja risteys- ja alikulkusiltojen pilareissa, lisätään betonin tiiviyn parantamiseksi betonimassaan silikaa 2 – 5 % sideaineen määrästä.

3.3.1.4 Laadunvalvonta

- .1 Betonin laatua valvotaan valmistusvaiheessa ohjeiden B4 kohdan 5 mukaisesti.
- .2 Ennakko- ja kelpoisuuskokeiden suunnitelmat toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen ennakkokokeiden aloittamista.
- .3 Ennen betonimassan sijoittamista muottiin osoitetaan, että betonimassa täyttää siltä vaaditut ominaisuudet. Tämä tapahtuu toimittamalla tilaajan edusta-

jalle ennakkokokeiden tulokset ja suhteitustiedot liitteenä 1 olevalla lomakkeella viimeistään viikkoa ennen rakenteen betonointia.

3.3.1.5 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Ellei sillan rakennussuunnitelmassa ole muuta mainittu, testataan betonin puristuslujuus 28 vuorokauden iässä. Jos tämä ei ole mahdollista muutetaan testaustulosten lukuarvot yleisesti hyväksyttäviä kertoimia käyttäen vastaamaan 28 vuorokauden lujuutta.
- .2 Kovettuneen pakkasenkestävän (P-lukubetoni) betonin, joka on valmistettu menetelmällä A (kohta 3.3.2), puristuslujuuden kelpoisuus osoitetaan tutkimalla betonin lujuus kimmovasaralla Tiehallinnon ohjeen 60/2001 /24/ mukaisesti ottaen huomioon menetelmän käyttörajoitukset. Jos tutkittavan pinnan muotissa on käytetty muottikangasta ja betonin suunnittelulujuus on enintään K40, on pinnasta mitatun lujuuden oltava vähintään 5 MPa korkeampi kuin suunnitelman mukainen lujuus.

Kimmovasaramenetelmää ei voida käyttää, kun betonin puristuslujuusvaatimus on > 45 MPa. Kimmovasaraa ei voida myöskään käyttää jäätyneen pinnan testaamiseen.
- .3 Jos betoni ei ole P-lukubetonia tai jos kimmovasaramenetelmää ei voida käyttää, betonin puristuslujuuden kelpoisuus tutkitaan ohjeiden B4 kohdan 6.3 mukaisesti. Arvosteluerää kohden tehdään vähintään 6 koekappaleita ja vähintään 1 koekappale alkavaa 100 betoni-m³ kohti. Rakennuspaikalla tehtäviä koekappaleita tulee olla vähintään puolet arvosteluerän koekappaleista. Rakennuspaikalla tehtävät koekappaleet ja valmisbetonilaitoksen koekappaleista vähintään puolet tulee testata hyväksytyssä koetuslaitoksessa.
- .4 Jos puristuslujuustulokset eivät täytä vaatimuksia tai työn aikana on todettu, ettei betonointi, jälkihoito tai lämpösuojaus ole onnistunut suunnitellulla tavalla (esim. valupinnoissa esiintyy useissa kohdin harvavalua tai halkeilua), voi tilaaja määrätä kelpoisuuden osoitettavaksi rakenteesta irrotettavien koekappaleiden avulla. (Ks. ohjeet B4, kohta 6.3.4).
- .5 Betonin kelpoisuus pakkasenkestävyyden suhteen osoitetaan kohdissa 3.3.2.4 ja 3.3.2.7 esitetyllä tavalla.
- .6 Betonin kelpoisuus muiden ominaisuuksien suhteen osoitetaan ohjeiden B4 kohdan 6.3.7 mukaisesti. Koekappaleet testataan hyväksytyssä koetuslaitoksessa.
- .7 Kohdissa 3.3.2, 3.3.3, 3.4.5, 3.4.6, 3.4.7 ja 3.4.8 on lisäksi esitetty lisävaatimuksia massiivisten rakenteiden, kylmällä säällä valetun betonin, vedenalaisen betonin ja ruiskubetonin kelpoisuuden osoittamiseksi.
- .8 Kohdassa 3.4.10.15 on esitetty vaatimuksia betonielementtien kelpoisuuden osoittamiseksi betonin puristuslujuuden suhteen.

3.3.1.6 Dokumentointi

- .1 Betonin valmistuksesta rakennuspaikalla tai valmisbetonilaitoksessa tehdään ohjeiden B4 kohdan 5.1 mukaiset muistiinpanot.
- .2 Työmaalla tehdyt muistiinpanot luovutetaan tilaajan edustajalle.
- .3 Valmisbetonilaitoksella tehdyt muistiinpanot sekä laadunvalvontakokeiden tulokset säilytetään tilaajan mahdollisia tarkastuksia varten vähintään kymmenen vuotta.

3.3.2 Pakkasenkestävä betoni

3.3.2.1 Yleistä

- .1 Pakkasenkestävä betoni (P-lukubetoni) valmistetaan joko tämän asiakirjan ja julkaisun "Siltabetonien P-lukumenettely" /25/ mukaisesti (menetelmällä A) tai käyttäen muuta Tiehallinnon hyväksymää menetelmää (menetelmällä B).
- .2 Valmistettaessa betoni menetelmällä A suhteitetaan betoni ja ennakkokokeet tehdään julkaisun /25/ mukaisesti ja kelpoisuus osoitetaan julkaisussa /25/ ja jäljempänä kohdassa 3.3.2.4 esitetyllä tavalla.
- .3 Valmistettaessa betoni menetelmällä B tehdään ennakkokokeet kohdan 3.3.2.5 mukaisesti. Kelpoisuus osoitetaan rakenteesta porattujen näytteiden avulla käyttäen standardin SFS 5449 mukaista 50 kierroksen pakkassuola-koetta kohdan 3.3.2.6 mukaisesti.

3.3.2.2 Laatuvaatimukset (menetelmä A)

- .1 Valmistettaessa pakkasenkestävä betoni menetelmällä A betonin on täytettävä sillan rakennussuunnitelmassa esitetyt puristuslujuus- ja pakkasenkestävyysvaatimukset, kohdan 3.4.4.6 jälkihoitoa koskevat vaatimukset ja julkaisun /25/ osan I kohdan 3 suhteitusta koskevat vaatimukset.

3.3.2.3 Valmistus ja laadunvalvonta (menetelmä A)

Valmistus

- .1 Ks. julkaisu /25/ osa I kohta 3.
- .2 Ennakkokokeet tehdään julkaisun /25/ osan I kohdan 4.2 mukaisesti.
- .3 Muilta osin noudatetaan kohdissa 3.3.1.1 - 3.3.1.3 betonille ja sen osa-aineille sekä betonimassan valmistamiselle asetettuja vaatimuksia.

Laadunvalvonta

- .4 Ks. julkaisu /25/ osa I kohta 4.1.
- .5 Betonimassan vaaditut ominaisuudet selvitetään työn aikana mittaamalla ilmamäärä ja laskemalla P-luku julkaisun /25/ osan I kohdan 4.3 mukaisesti.

- .6 Ilmamäärä mitataan standardin SFS-EN 12350-7 /27/ mukaisella painemittarimenetelmällä.

Painemittarimenetelmässä suositellaan käytettäväksi laitetta, jonka painesäiliön tilavuus on vähintään 8 dm³, kun runkoaineen suurin raekoko on 16 mm tai suurempi. Tärysauvatiivistyksessä sauvan nostoajaksi suositellaan vähintään 5 sekuntia.

3.3.2.4 Kelpoisuuden osoittaminen (menetelmä A)

- .1 P-luku lasketaan suhteitustietojen ja ilmamäärän perusteella käyttäen julkaisun /25/ osa I kaavaa I.1. P-lukujen keskiarvon on täytettävä suunnitelmassa asetettu vaatimus. Yksi kolmesta peräkkäisestä P-luvusta saa alittaa vaatimuksen enintään 20 %.
- .2 Kovettuneen betonin kelpoisuutta pakkasenkestävyyden suhteen ei tarvitse erikseen osoittaa, jos betonimassa on todettu tältä osin kelpolliseksi. Tällöin edellytetään kuitenkin, että puristuslujuus on ennakkokokeiden mukainen, massa on tiivistynyt hyvin ja betoni on suojattu ja jälkihoidettu tilaajan hyväksymällä tavalla.
- .3 Elleivät kaikki edellä luetellut ehdot täyty, harkitsee tilaaja tapaus tapaukselta täydentävien tutkimusten tarpeellisuuden.
- .4 Täydentävää tutkimusta varten porataan rakenteesta näytteet, joille tehdään standardin SFS 5449 mukainen 50 kierroksen. Pakkasenkestävyysluku P lasketaan koetulosten perusteella kaavalla

$$P = k_{VA} \cdot 200 / \Delta V_{50} ,$$

jossa ΔV_{50} on standardin SFS 5449 mukaisella hyväksytyssä koetuslaitoksessa tehdyllä pakkassuolakokeella todettu 50 kierroksen rapautuma tilavuusprosentteina ja k_{VA} on julkaisun /25/ osa I kaavan I.3 mukainen betonin vanhenemisen huomioon ottava kerroin.

- .5 Täydentävästä tutkimuksesta laaditaan tilaajan hyväksymä suunnitelma ohjeiden B4 kohdan 6.3.4 mukaisesti. Poranäytteiden paikat valitaan siten, että tutkittavan rakenneosan betonista saadaan mahdollisimman kattava ja oikea kuva.
- .6 Täydentävän tutkimuksen perusteella määritettyjen P-lukujen keskiarvon on täytettävä suunnitelmassa asetettu vaatimus. Korkeintaan yksi kolmesta peräkkäisestä tuloksesta saa alittaa vaatimuksen enintään 20%.

3.3.2.5 Laatuvaatimukset (menetelmä B)

- .1 Menetelmällä B valmistetun betonin on täytettävä sillan rakennussuunnitelmassa esitetyt puristuslujuus- ja pakkasenkestävyysvaatimukset.
- .2 Betonin ilmamäärän on oltava ennakkokokeita vastaava.
- .3 Massakokeet tehdään julkaisun /25/ osan I kohdan 4.2 mukaan.

- .4 Ennakkokokeet tehdään seuraavien kohtien 3.3.2.5.5 ja 3.3.2.5.6 mukaisesti.
- .5 Kovettuneen betonin pakkasenkestävyyden selvittämistä varten valmistetaan ennakkokokeena kuusi 100 mm kuutiokoe kappaletta, joista kolmelle tehdään tavallinen standardin SFS 5449 mukainen 75 kierroksen pakkassuolakoe ja kolmelle 75 kierroksen pakkassuolakoe siten, että betonin karbonatisoitumisen ja toistuvan kastumiskuivumisilmiön vaikutus tulee huomioon otetuksi.

Jälkimmäisessä erikoiskokeessa jälkihoitoajan päättymisen jälkeen kappaleet kuivataan 70 % suhteellisessa kosteudessa ja +50 °C lämpötilassa yhden viikon ajan. Tämän jälkeen kappaleet asetetaan hiilidioksidikaappiin 70 % suhteelliseen kosteuteen, +20 °C lämpötilaan ja 5 % hiilidioksidipitoisuuteen kahden kuukauden ajaksi. Tämän jälkeen koekappaleet imeytetään vedessä yhden viikon ajan, jonka jälkeen käynnistetään 75 kierroksen pakkassuolakoe, jossa jokaisen 10 kierroksen jälkeen kappaleet kuivataan viikon ajan 40 % suhteellisessa kosteudessa ja +20 °C lämpötilassa.

- .6 Kohdan 3.3.2.5.5 mukaisen erikoiskokeen tulos ilmoitetaan kertoimella k_{VB} . Se saadaan jakamalla normaalikokeen tilavuusrapautuma-arvot erikoiskokeen tilavuusrapautuma-arvoilla 50 ja 75 jäädytyskulutuskerroksen kohdalla ja määrittämällä edellä saatujen arvojen keskiarvo. Kerroin k_{VB} saa olla enintään yksi.

3.3.2.6 Valmistus ja laadunvalvonta (menetelmä B)

- .1 Betonimassan vaaditut ominaisuudet selvitetään työn aikana suhteitustietojen, ennakkokokeiden tulosten, ilmamäärämittausten ja muiden työmaalla massasta tehtyjen mittausten ja havaintojen perusteella.
- .2 Suhteitustietojen, ennakkokokeiden ja muun tarvittavan aineiston perusteella osoitetaan, että betoni täyttää asetetut lujuus ja pakkasenkestävyysvaatimukset.
- .3 Pakkaskestävyysluku P lasketaan koetulosten perusteella kaavalla

$$P = k_{VB} \cdot 200 / \Delta V_{50},$$

jossa ΔV_{50} on standardin SFS 5449 mukaisella hyväksytyssä koetuslaitoksessa tehdyllä pakkassuolakokeella todettu 50 kierroksen rapautuma tilavuusprosentteina ja k_{VB} on kohdan 3.3.2.5.6 mukainen kerroin k_{VB} .

- .4 Ennakkokokeiden avulla tai muulla Tiehallinnon hyväksymällä tavalla osoitetaan, että pakkasenkestävyysominaisuudet eivät heikkene sallittua enempää betonin vanhetessa.

3.3.2.7 Kelpoisuuden osoittaminen (menetelmä B)

- .1 Kovettuneen betonin kelpoisuus pakkasenkestävyyden suhteen osoitetaan rakenteesta porattujen näytteiden avulla käyttäen standardin SFS 5449 mukaista 50 kierroksen pakkassuolakoetta kohdan 3.3.2.6.3 mukaisella tavalla.

- .2 Näytteinä käytetään rakenteesta porattavia läpimitaltaan vähintään 100 mm lieriönäytteitä tai betonoinnin aikana valmistettavia 100 mm kuutiokoekappaleita.
- .3 Poranäytteiden määriä ja paikkoja sekä tutkimustuloksia koskevat edellä kohdassa 3.3.2.4 esitetyt vaatimukset.

3.3.2.8 Dokumentointi

- .1 Ks. kohta 3.3.1.6

3.3.3 Ruiskubetoni

3.3.3.1 Yleistä

- .1 Ruiskubetoni luokitellaan rakenteellisten vaatimusten ja toimintatavan mukaan neljään laatuluokkaan.
- .2 I-laatuluokan kohteissa edellytetään, että työnjohtajalla ja ruiskuttajalla on vähintään yhden vuoden kokemus ruiskubetonointitoista.
- .3 II-laatuluokan kohteissa edellytetään, että työnjohtajalla ja ruiskuttajalla on vähintään kuuden kuukauden kokemus ruiskubetonointitoista.
- .4 III- ja IV-laatuluokan kohteissa ei ruiskuttajalle aseteta pätevyysvaatimuksia, mutta jos ruiskuttajan kokemus on vähäinen, tehdään työ ruiskubetonointitoista kokemusta omaavan työnjohtajan alaisuudessa.
- .5 Edellä esitetyn lisäksi on työnjohtajan aina täytettävä kohdan 3.1.5 vaatimukset.

3.3.3.2 Laatuvaatimukset

- .1 Ellei jäljempänä ole muuta esitetty koskevat ruiskubetonia edellä kohdissa 3.3.1 ja 3.3.2 esitetyt vaatimukset.
- .2 Poiketen siitä, mitä on esitetty kohdassa 3.3.2, ei pakkasenkestävälle ruiskubetonille aseteta minimi-ilmamäärävaatimusta.

Ruiskubetonin osa-aineiden valintaa koskevia ohjeita on annettu julkaisun by 29 /9/ kohdassa 3.1 ja SILKO-ohjeessa 1.232 /30/ Betonointi ruiskuttamalla.

3.3.3.3 Valmistus

- .1 Ruiskubetonin valmistuksessa noudatetaan soveltuvin osin edellä esitetyissä kohdissa betonia ja sen osa-aineita sekä betonin valmistusta koskevia vaatimuksia ja ohjeita.

Ruiskubetonin valmistusta koskevia yksityiskohtaisia ohjeita on annettu kohdassa 3.4.8 sekä julkaisun by 29 kohdassa 5.4 ja SILKO-

ohjeissa 1.232 /30/ Betonointi ruiskuttamalla ja 2.234 /31/ Korjaus ruiskubetonoinnilla.

3.3.3.4 Laadunvalvonta

- .1 Betonin vaaditut ominaisuudet selvitetään ja varmistetaan ennakkokokeiden avulla. Ennakkokokeiden sijasta tai rinnalla voidaan käyttää myös aikaisemmasta tuotannosta saatuja tietoja.

Ennakkokokeiden avulla selvitetään (märkämenetelmää käytettäessä) mm. kiihdytteen annostus ja sen vaikutus betonin ominaisuuksiin.

Jos betonilta vaaditaan pakkasenkestävyyttä, tehdään ennakkokokeet kohdan 3.3.2.3.2 mukaisesti (menetelmällä A) tai kohdan 3.3.2.5.4 mukaisesti (menetelmällä B).

3.3.3.5 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Ruiskubetonin kelpoisuus puristuslujuuden ja vedenpitävyyden osalta osoitetaan joko ruiskutetuista koelaatoista tai rakenteesta otettujen näytteiden avulla liitteen 2 kohtien 1 ja 2 mukaisesti.
- .2 Betonin kelpoisuus pakkasenkestävyyden osalta osoitetaan standardin SFS 5449 mukaisen 50 kierroksen pakkassuolakokeen avulla kohdan 3.3.2.7 mukaisesti käyttäen joko ruiskutetuista koelaatoista tai rakenteesta porattuja koekappaleita. Koekappaleita pakkasenkestävyyskokeita varten otetaan yhtä paljon kuin puristuslujuuskokeita varten.
- .3 Betonin kelpoisuus muiden vaadittujen ominaisuuksien osalta osoitetaan tilaajan hyväksymällä tavalla.

3.3.3.6 Dokumentointi

- .1 Urakoitsijan on toimitettava tilaajan edustajalle tiedot betonin osa-aineista ja niiden suhteista, ennakkokokeiden tulokset sekä kaikkien kelpoisuuden toteamiseksi tehtyjen kokeiden ja mittausten tulokset.

3.3.4 Sementtipohjaiset laastit

3.3.4.1 Yleistä

- .1 Ellei jäljempänä ole muuta esitetty koskevat sementtipohjaisia laasteja ja niiden osa-aineita edellä kohdissa 3.3.1 ja 3.3.2 esitetyt vaatimukset.
- .2 Laastien kelpoisuus vaadittujen ominaisuuksien suhteen osoitetaan tilaajan hyväksymällä tavalla.

Sementtipohjaista laastia, jossa on polymeeriä yli 5 %, voidaan nimittää myös polymeerisementtilaastiksi (ks. kohta 3.3.5).

3.3.4.2 Injektointilaasti

- .1 Injektointilaastin aineiden ja suhteituksen on oltava tilaajan hyväksymä ja standardin SFS-EN 447 /23/ mukainen.
- .2 Laastin tulee täyttää standardin SFS-EN 447 kohdassa 4 laastin osa-aineille asetetut vaatimukset.
- .3 Laastin vesisementtisuhde saa olla enintään 0,44.
- .4 Laastin ominaisuuksien on täytettävä standardin SFS-EN 447 kohdassa 5 esitetyt notkean tilan juoksevuus- ja vedenerottumisvaatimukset ja kovettuneen tilan tilavuudenmuutosvaatimukset. Laastin lujuuden tulee täyttää standardin SFS-EN 447 kohdassa 5 esitetyt lujuusvaatimukset tai RakMK B4:n kohdassa 6.3.8 esitetyt vaatimukset.
- .5 Laastin annostellaan ja sekoitetaan standardin SFS-EN 447 mukaisesti.
- .6 Kokeiden suoritustapa on esitetty SFS-EN 445:ssä /21/.
- .7 Kokeet tehdään injektointiin käytettävästä massasta. Kokeiden määrät on esitetty SFS-EN 446:ssa /22/.

3.3.4.3 Saumaus- ja paikkauslaastit

- .1 Laastin on täytettävä suunnitelmassa esitetyt käyttö- ja työskentelyolosuhteiden mukaan määräytyvät vaatimukset. Laastin on oltava Tiehallinnon hyväksymää tyyppiä ja sillä on oltava hyväksyttävä käyttöseloste.
- .2 Kun laasti täyttää edellisessä kohdassa esitetyt vaatimukset, ei ennakkokokeita eikä kelpoisuuskokeita vaadita, jos kelpoisuus voidaan luotettavasti varmistaa laastin valmistajan ja rakentajan laadunhallintajärjestelmien avulla. Muussa tapauksessa tehdään ennakko- ja kelpoisuuskokeet Tiehallinnon hyväksymän suunnitelman mukaisesti.

Paikkauslaasteja koskevia tietoja on annettu SILKO-ohjeessa 3.231 Paikkausaineet /4/.

- .3 Laastin kelpoisuus puristuslujuuden suhteen osoitetaan käyttäen halkaisijaltaan 100 mm:n lieriökoekappaleita, joiden korkeus on 100 mm.

3.3.5 Polymeeripitoiset rakennusaineet

3.3.5.1 Yleistä

- .1 Polymeeripitoisten rakennusaineiden on täytettävä sillan rakennussuunnitelmassa niille asetetut vaatimukset.
- .2 Polymeeripitoisen rakennusaineen ominaisuudet varmistetaan yleensä ennakko- ja kelpoisuuskokeiden avulla. Ennakko- ja kelpoisuuskoesuunnitelmat toimitetaan tilaajan edustajalle ennen ennakkokokeiden tekemistä. Tiedot

osa-aineista ja niiden suhteista sekä ennakkokokeiden tuloksista toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikko ennen työn aloittamista.

- .3 Polymeeripitoisten rakennusaineiden puristuslujuus tutkitaan yleensä huoneen lämpötilassa. Jos osa-aineiden ominaisuudet tai niiden suhteet antavat siihen aihetta, voi tilaajan edustaja määrätä koekappaleet puristettavaksi käyttöolosuhteita vastaavassa lämpötilassa.
- .4 Jos rakennusaineelle on asetettu värivaatimus, on väri hyväksytettävä tilaajalla ennen töiden aloittamista riittävän suuren näytekappaleen avulla.
- .5 Polymeeripitoisten rakennusaineiden jälkihoito suoritetaan osa-aineiden valmistajien antamien ohjeiden sekä ennakkokokeiden antamien tulosten pohjalta.

3.3.5.2 Polymeeripitoinen betoni ja laasti

Yleistä

- .1 Polymeeripitoisen betonin ja laastin sideaineena on sementin ja polymeerin muodostama komposiitti. Jos polymeeriä on enintään 5 % sementin painosta, jolloin tuotetta kutsutaan polymeerimuunnosbetoniksi (PMC), polymeeri toimii lähinnä lisäaineen tavoin. Tällöin betoni valmistetaan ja testataan kohdan 3.3.1 mukaisesti. Jos polymeeriä on yli 5 % sementin painosta, jolloin kysymyksessä on polymeerisementtibetoni (PCC), noudatetaan kohdassa 3.3.5.1 sekä jäljempänä annettuja ohjeita.

Polymeeripitoisia betoneita ja laasteja koskevia lisätietoja on annettu mm. SILKO-ohjeessa 1.202 Polymeerit sillankorjausmateriaaleina /2/.

Vakiobetoneita koskevia tietoja on annettu SILKO-ohjeessa 3.211 Vakiobetonit /10/.

Polymeerisementtibetoni

- .2 Polymeerisementtibetonissa käytettävät lateksit sisältävät polymeeriä yleensä n. 50 % lateksin märkäpainosta. Sementtinä käytetään portlandsementtiä yleensä enintään 380 kg/m³. Kiviaineksen suurin raekoko ≥ 4 mm.
- .3 Polymeerisementtibetonin puristuslujuus tutkitaan ja kelpoisuus osoitetaan työmaalla tehtävien normikoekappaleiden avulla ohjeiden B4 kohdan 6.3.3 mukaisesti. Koekappaleet jälkihoidetaan samalla tavalla kuin rakenteeseen tuleva betoni. Koekappaleet testataan hyväksytyssä koetuslaitoksessa.
- .4 Polymeerisementtibetonin kelpoisuus pakkasenkestävyyden suhteen osoitetaan yleensä kohdassa 3.3.2.7 kuvatulla menetelmällä B. Käytettäessä Tiehallinnon hyväksymässä suhteituksessa esitettyä lateksivalmistetta ja Tiehallinnon hyväksymää jälkihoitomenettelyä osoitetaan pakkasenkestävyys menetelmällä A kohdan 3.3.2.4 mukaisesti, jolloin vanhennuskerroin on 1 ja jälkihoitokerroin on 1.

Polymeerisementtilaasti

- .5 Polymeerisementtilaastissa kiviaineksen suurin raekoko on < 4 mm.
- .6 Laastin kelpoisuus osoitetaan kuten paikkauslaastin kelpoisuus kohdassa 3.3.4.3.
- .7 Jos laastissa on polymeeriä yli 10 % sementin painosta, ei laastin pakkasenkestävyyttä tarvitse tutkia, kun P-lukuvaatimus $\leq P30$.

3.3.5.3 Betonimuovi ja polymeerimassa

- .1 Betonimuovissa (PC) ja polymeerimassassa (paikkausmassassa) sideaineena on polymeeri. Betonimuovissa kiviaineksen suurin raekoko vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan 4 mm:stä yli 20 mm:iin ja polymeeriä käytetään 100-300 kg/m³. Polymeerimassassa hiekan raekoko on alle 4 mm ja polymeeripitoisuus 250 - 600 kg/m³.

Betonimuoveja ja polymeerimassoja koskevia lisätietoja on annettu mm. SILKO-ohjeissa Polymeerit sillankorjausmateriaaleina 1.202 /2/ ja Paikkausaineet 3.231 /4/.

- .2 Betonimuovin puristuslujuuden mittauksessa käytetään lieriökoekappaleita, joiden halkaisija on 100 mm ja korkeus 100 mm. Koekappaleita tehdään ja testataan yksi kappale jokaisesta sekoituserästä.
- .3 Koekappaleiden määrän ollessa alle kuusi on jokaisen testaustuloksen täytettävä asetettu vaatimus. Koekappaleiden määrän ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin kuusi käytetään kelpoisuuskriteerinä ohjeiden B4 kohdan 6.3.5 mukaisesti laskettua vertailulujuutta.
- .4 Betonimuovin pakkasenkestävyyttä ei tarvitse osoittaa.
- .5 Polymeerimassojen kelpoisuus osoitetaan kuten paikkauslaastin kelpoisuus kohdassa 3.3.4.3.

3.3.6 Kuitubetoni ja -laasti**3.3.6.1 Yleistä**

- .1 Jäljempänä esitetyt vaatimukset ja ohjeet koskevat betonia ja laastia sekä polymeeripitoista betonia ja laastia, joissa käytetään teräs- tai muovikuituja.
- .2 Kuidutetun betonin ja laastin on täytettävä sille suunnitelmassa ja jäljempänä asetetut vaatimukset.
- .3 Betonin ominaisuudet tutkitaan ennakkokokeiden ja kelpoisuuskokeiden avulla. Ennako- ja kelpoisuuskoesuunnitelmat toimitetaan tilaajan edustajalle ennen ennakkokokeiden tekemistä. Tiedot betonin osa-aineista, kuiduista ja niiden suhteista sekä ennakkokokeiden tuloksista toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikko ennen betonointia.

- .4 Kuidutetun betonin puristuslujuuden kelpoisuus osoitetaan ohjeiden B4 kohdan 6.3 mukaisesti. Arvosteluerää kohden tehdään vähintään 6 koe-kappaletta ja vähintään 1 koekappale alkavaa 100 betoni-m³ kohti. Raken-nuspaikalla tehtäviä koekappaleita tulee olla vähintään puolet arvosteluerän koekappaleista. Rakennuspaikalla tehtävät koekappaleet ja valmisbetonilaitoksen koekappaleista vähintään puolet tulee testata hyväksytyssä koetus-laitoksessa.
- .5 Kuidutetun betonin, joka on valmistettu kohdan 3.3.2 mukaisesti menetelmällä A, pakkasenkestävyys tutkitaan kohdassa 3.3.2.4 kuvatulla menetelmällä A.
- .6 Jos vetolujuudelle on asetettu vaatimus, tehdään vetolujuuden tutkimista varten jokaisesta arvosteluerästä kolme sauvamaista koekappaletta, sen koko on 100 * 100 * 500 mm³. Vetolujuus tutkitaan taivutuskokeella. Kaikkien testaustulosten on täytettävä asetettu vaatimus.
- .7 Kuidutetun laastin kelpoisuus osoitetaan soveltaen edellä esitettyjä ohjeita.

3.3.6.2 Teräskuiduilla kuidutettu betoni ja laasti

- .1 Kuitujen määrä teräskuiduilla kuidutetussa betonissa vaihtelee käyttötarpeesta ja kuitutyypistä riippuen yleensä välillä 50 - 75 kg/m³.

Kuituja sekoitettaessa on paakkuuntumisen estämiseen kiinnitettävä erityistä huomiota.

Massa notkistetaan siten, että painuma ei ylitä 130 mm.

3.3.6.3 Muovikuiduilla kuidutettu betoni ja laasti

- .1 Kuitujen määrä muovikuiduilla kuidutetussa betonissa vaihtelee käyttötarkoituksesta ja kuitutyypistä riippuen yleensä välillä 0,9 - 2,7 kg/m³.

Muovikuidut sekoitetaan siten, että kuidut jakaantuvat tasaisesti.

3.3.7 Betoniterästangot

- .1 Betoniterästankojen tulee olla sertifioituja ja niiden jatkosten on oltava Tiehallinnon hyväksymää tyyppiä.

Tankojen on täytettävä SFS-standardien tai vastaavat vaatimukset.

- .2 Betoniterästankojen ja niiden jatkosten laatua valvotaan ohjeiden B4 kohdan 5.3.1 mukaisesti. Betoniterästankojen, niiden hitsausjatkosten ja mekaanisten jatkosten kelpoisuus osoitetaan ohjeiden B4 kohtien 6.4.1, 6.4.2 ja 6.4.3 mukaisesti.

3.3.8 Epoksinnoitetut betoniterästangot

3.3.8.1 Materiaalivaatimukset

- .1 Betoniterästankojen on oltava Tiehallinnon hyväksymää tyyppiä.

- .2 Epoksinpinnoitteen ja sen korjausaineen on täytettävä Tiehallinnon hyväksymän standardin mukaiset vaatimukset.

Esim. BS 7295 : Part 2 : 1990 /11/ on eräs hyväksyttävä standardi.

3.3.8.2 Pinnoitettuja betoniterästankoja koskevat vaatimukset

SFS-standardien mukaiset terästangot

- .1 Käytettäessä SFS-standardien mukaisia betoniterästankoja on pinnoitettujen tankojen täytettävä silmämääräisissä tarkastuksissa ja liitteessä 3 kuvatuissa kokeissa laatuvaatimukset 3.3.8.2.2-5.
- .2 Pinnoitteessa ei saa olla paljain silmin havaittavia vaurioita.
- .3 Huokoisuustarkastuksessa todettavia huokosia saa olla keskimäärin enintään 5 kpl/m.
- .4 Pinnoitteen tartunnan tulee olla sellainen, ettei se halkeile taivutuskokeessa eikä siinä ole taivutuskokeen jälkeen märkäsienimenetelmällä todettavia vaurioita enempää kuin 5 kpl/m.
- .5 Pinnoitettujen tankojen kriittisen tartuntalujuuden keskiarvon on oltava vähintään 80 % pinnoittamattomien tankojen kriittisestä tartuntalujuudesta, kun kriittinen tartuntalujuus on pienempi arvoista: teräksen kuormittamattoman pään liukumaa 0,05 mm tai 0,25 mm vastaava jännitys.

Muut betoniterästangot

- .6 Käytettäessä muita kuin SFS-standardin mukaisia betoniterästankoja on pinnoitettujen tankojen täytettävä Tiehallinnon hyväksymän standardin mukaiset vaatimukset.

3.3.8.3 Laadunvalvonta ja korjaustoimenpiteet

- .1 Yleensä edellytetään, että pinnoitetut tangot kuuluvat tarkastetun valmistuksen piiriin. Vaihtoehtoisesti tilaaja voi hyväksyä menettelyn, jonka mukaisesti valmistukseen liittyen tehdään laatusuunnitelma, joka toimitetaan tilaajalle.
- .2 Tankojen kunto tarkastetaan niiden saavuttua työmaalle. Työmaalle toimitettujen tankojen pinnoitteessa ei saa olla vaurioita, joiden koko on suurempi kuin 50 mm², eikä vaurioiden yhteispinta-ala saa olla suurempi kuin 2 % tangon kokonaispinta-alasta. Kaikki paljain silmin havaittavat vauriot korjataan tilaajan hyväksymällä tavalla.
- .3 Vastaavanlaiset tarkastukset ja korjaustoimenpiteet tehdään välittömästi ennen betonointia.

3.3.8.4 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Jos pinnoitetut tangot kuuluvat tarkastetun valmistuksen piiriin, ei työmaakohtaisia kelpoisuuskokeita tehdä. Kelpoisuus osoitetaan pinnoitettujen tan-

kojen mukana toimitettavien dokumenttien ja betoniterästangoissa tai tankonipuissa olevien tunnusten avulla.

- .2 Jos tankojen pinnoittaminen ei kuulu tarkastetun valmistuksen piiriin ja valmistuksessa käytetään SFS-standardien mukaisia betoniterästankoja, tutkitaan pinnoitetut tangot liitteessä 3 kuvattuja menetelmiä käyttäen seuraavien kohtien 3.3.8.4.3-6 mukaisesti.
- .3 Kaikki pinnoitetut betoniterästangot tarkastetaan silmämääräisesti.
- .4 Pinnoitteen huokoisuus tutkitaan yhdestä täysimittaisesta tangosta ja haasta kerran kutakin tankoläpimittaa ja alkavaa 20 tangon erää kohti tangon koko pituudelta.
- .5 Pinnoitteen tartunta tutkitaan taivutuskokeen avulla yhdestä näytteestä kutakin tankoläpimittaa ja taulukosta 1 saatavaa alkavaa tonnimäärää kohti. Taivutuskoea varten tarvittavan näytteen pituus on 1,5 m.

Taulukko 1: Otanta betoniterästangon pinnoitteen tartuntatutkimuksia varten

Tangon läpimitta	Tonnimäärä
≤ 16 mm	1
20 - 32 mm	2

- .6 Pinnoitettujen tankojen tartunta betoniin tutkitaan tartuntavetokokeen avulla. Tartuntavetokokeita varten otetaan vähintään yksi näyte kutakin alkavaa 40 tangon erää kohti, yhteensä vähintään 2 kpl. Näytteet valitaan halkaisijaltaan lähinnä 20 mm olevista tangoista. Näytteen on oltava suora ja pituudeltaan 1,5 m. Kutakin pinnoitettua koetankoa kohti valitaan yksi samaa valmistuserää edustava pinnoittamaton tanko.
- .7 Ellei asiasta toisin sovita, valitsee tilaajan edustaja pinnoitetut tangot, joista näytteet otetaan.
- .8 Jos käytetään muita kuin SFS-standardin mukaisia betoniterästankoja eikä pinnoittaminen kuulu tarkastetun valmistuksen piiriin, osoitetaan pinnoitettujen betoniterästankojen kelpoisuus Tiehallinnon hyväksymän standardin mukaisesti. Jos jokin testin tulos ei täytä vaatimusta, tutkitaan samasta tarkastuserästä kaksinkertainen määrä näytteitä testillä, josta on saatu hylätty tulos. Jos uusintakokeiden tulokset täyttävät vaatimukset, katsotaan erä kelvolliseksi. Jos jokin tulos alittaa vaatimuksen, eivät tarkastuserään kuuluvat teräkset täytä tutkittavan ominaisuuden osalta vaatimuksia.

3.3.8.5 Dokumentointi

- .1 Tilaajan edustajalle toimitetaan asiakirjat, joista käyvät selville seuraavat tiedot:
 - tunnistetiedot betoniterästangoista
 - pinnoittamo ja pinnoitettujen tankojen toimituserä
 - epoksipulverin valmistaja ja toimituserä

- korjausaine
 - pinnoitettujen tankojen koetustulokset (jos kysymyksessä ei ole tarkastettu valmistus)
 - pinnoituserä ja -ajankohta sekä standardit tai ohjeet, joiden mukaisesti tanko on pinnoitettu
 - pinnoitteen koetulokset (erikseen pyydettyäessä)
 - valmistajan ilmoittama aika, jonka aikana pinnoitetut tangot voidaan taivuttaa
 - valmistajan vakuutus, josta käy selville, että pinnoite ja pinnoitetut tangot täyttävät tilaajan niille asettamat vaatimukset
 - tarkastuslaitoksen nimi tai tunnus, jos sellaista on käytetty.
- .2 Valmistajan ja tarkastuslaitoksen tekemien tarkastusten ja kokeiden tulokset säilytetään pinnoittamossa tilaajan mahdollisia tarkastuksia varten 10 vuoden ajan toimitusajankohdasta lukien.

3.3.9 Jänneteräkset, jännteet ja jännemenetelmät

- .1 Jänneterästen (esim. punosten, lankojen ja tankojen), jännteiden ja jännemenetelmien on täytettävä sillan rakennussuunnitelmassa ja voimassaolevissa käyttöselosteissa esitetyt vaatimukset. Käyttöselosteiden on oltava työmaalla.
- .2 Jänneterästen korroosioaste saa olla enintään 2. Korroosioaste määritetään ohjeen Jänneterästen korroosioasteen määrittäminen /18/ mukaisesti.
- .3 Jos jänneteräksistä ja jännteistä on tehty laadunvalvontasopimus hyväksytyn tutkimuskeskuksen kanssa tai niiden valmistuksen valvonta on järjestetty muulla vastaavalla Tiehallinnon hyväksymällä tavalla, ei työmaakohtaisia kelpoisuuskokeita tarvitse tehdä. Terästen ja jännteiden on täytettävä niille asetetut vaatimukset sekä luovutettujen dokumenttien että silmämääräisen tarkastuksen perusteella.
- .4 Ellei jänneterästen ja jännteiden valmistuksen laadunvalvonta ole järjestetty Tiehallinnon hyväksymällä tavalla tai jos silmämääräisessä tarkastuksessa tai luovutettujen dokumenttien perusteella todetaan, että ne eivät täytä asetettuja vaatimuksia, tutkitaan niiden kelpoisuus ohjeiden B4 kohdan 6.4.5 mukaisesti.
- .5 Ankkurikappaleet, jatkokset ja suojaputket varusteineen tarkastetaan silmämääräisesti ja mittaamalla. Jos poikkeavuuksia havaitaan suhteessa käyttöselosteen vaatimuksiin, on tarvikkeet ja varusteet hyväksyttävä tilaajalla.

3.3.10 Muut teräsosat

- .1 Muita teräsosia koskevat vaatimukset on esitetty ohjeiden B4 kohdassa 4.1.2.4.
- .2 Voimia siirtävät tangot ja teräsosat valmistetaan valvotuissa olosuhteissa. Tangot ja teräsosat kuljetetaan työmaalle siten, etteivät niiden ominaisuudet heikkene.

Tankojen ja teräsosien valmistus tapahtuu valvotuissa olosuhteissa silloin, kun tuotanto kuuluu tarkastetun valmistuksen piiriin tai valmistusta valvotaan laatusuunnitelman puitteissa.

- .3 Kuumasinkittyjä teräsosia koskevat vaatimukset on esitetty SYL 4:n kohdassa 4.5.4.1.
- .4 Muiden teräsosien laatua valvotaan ohjeiden B4 kohdan 5.3.1 mukaisesti ja niiden kelpoisuus osoitetaan ohjeiden B4 kohdan 6.4.4 mukaisesti.

3.4 TYÖNSUORITUS

3.4.1 Yleistä

- .1 Työt tehdään suunnitelmallisesti. Laadunvarmistus järjestetään siten, että sillan rakennussuunnitelmassa esitetyt laatuvaatimukset täyttyvät.
- .2 Työtä varten laaditaan kohdassa 3.1.3 luetellut erilliset tekniset työsuunnitelmat (vrt. myös SYL 1:n kohta 1.4.4). Lisäksi laaditaan SYL 1:n kohtien 1.4.2 ja 1.4.3 mukaiset urakan ja työvaiheiden laatusuunnitelmat.
- .3 Työt suunnitellaan ja tehdään ja niitä valvotaan jäljempänä annettujen vaatimusten ja ohjeiden mukaisesti.

3.4.2 Telineet ja muotit

3.4.2.1 Suunnitelmat

- .1 Telinesuunnitelmasta vastaavalla suunnittelijalla tulee olla vähintään rakennusinsinöörin tutkinto sekä kokemusta siltojen telinesuunnittelussa.
- .2 Urakoitsijan edustajan tarkastama ja hyväksymä telinesuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikkoa ennen sillan pääty- tai välitukien ja viimeistään kaksi viikkoa ennen päällysrakenteen telineistöiden aloittamista.
- .3 Rautatien ylikulkusillan telinesuunnitelma lähetetään aina viimeistään kaksi viikkoa ennen telineistöiden aloittamista tarkastettavaksi Tiehallintoon (Siltatekninen tuki) ja tiedoksi Ratahallintokeskuksen käyttämälle asiantuntijalle (Oy VR-Rata Ab:n siltaryhmä). Lisäksi telinesuunnitelma, jossa on yleisen liikenteen kulkuaukkoja tai kun telineissä käytetään teräksistä kannatinkalustoa, sekä teräksisen liittopalkkisillan telinesuunnitelma tai tavanomaisesta poikkeava telinesuunnitelma (esimerkiksi kaari- ja holvisillat) lähetetään aina tiedoksi Tiehallintoon (Siltatekninen tuki).
- .4 Telinesuunnitelmaa laadittaessa kaikki esiintyvät kuormitustapaukset otetaan huomioon sekä selvitetään niiden vaikutus teline- ja siltarakenteeseen. Telineelle annetaan sillan kannen taipuman lisäksi ennakkokorotus, joka vastaa teline tukien painumia ja kannattimien taipumia. Telinepainumat ja taipumat tulee rajoittaa myös siten, että sillan rakennemitat pysyvät toleranssien sisällä. Telineen ja muotin muodonmuutokset tai niiltä tulevat kuormat eivät

saa aiheuttaa sillan rakenteisiin halkeilua eikä sellaisia pysyviä jännityksiä, joita ei ole otettu tai oteta huomioon sillan suunnitelmassa.

Tukitelineiden suunnittelussa, rakentamisessa ja purkamisessa noudatetaan ohjeita Siltojen tukitelineet /20/ ja RIL 147 Tukitelineet /12/.

Työtelineiden suunnitelmissa ja rakentamisessa noudatetaan soveltuvin osin kyseisen työtelinetyypin SFS standardia.

3.4.2.2 Muotti ja teline

- .1 Muottimateriaali valitaan siten, että sillan rakennussuunnitelmassa esitetyt laatuvaatimukset ja kohdassa 3.2 esitetyt betonipintojen laatuvaatimukset täyttyvät.
- .2 Muottikankaan, sen kiinnitystavan ja muottikankaan alla käytettävän muottimateriaalin tulee olla Tiehallinnon hyväksymiä.
- .3 Kalustotelineillä tulee olla Tiehallinnon hyväksymä käyttöseloste tai vastaava käyttöohje.

Muotissa ei saa olla niin suuria rakoja, että sementtiliiman valuminen niistä heikentää rakenteen ikää tai likaa alapuolisia rakenteita, ympäristöä, liikenneaukon läpi kulkevia ajoneuvoja tai henkilöitä.

Näkyviin jäävät ulkonevat kulmat viistetään 20 x 20 mm² kolmiorimalla. Rakenteeseen jäävät muottisiteet ja niiden suojaputket (muottivälikkeet) tai esim. telinekonsolit eivät saa aiheuttaa rakenteen ulkonäön heikkenemistä eikä betonirakenteen halkeiluvaaraa.

Betonin sisään jäävien telinerakenteiden ja teräksisten muottisiteiden päiden ympärille tehdään varauskolot, joiden syvyys on vähintään sama kuin teräksiä suojaavan betonipeitteen paksuus. Teräksisten telinekonsolien varaus tehdään rakenteeseen sisäänpäin laajenevaksi.

Reunapalkkien muotit tuetaan muotin ulkopuolisin sitein. Reunapalkissa ei käytetä betonipintaa lävistäviä muottisiteitä.

Alumiinisia muottisiteitä voidaan käyttää ilman varauskoloa näkyvissä betonipinnoissa, jotka eivät ole alttiita jatkuvalle kastumiselle ja suolavedelle tai joita ei pinnoiteta.

Jos näkyviin jäävä pinta pinnoitetaan, muottisiteiden päiden varauskolot tehdään rakenteen molemmin puolin.

Näkyviin jäävissä pinnoissa muottisiteinä voidaan käyttää ilman varauskoloa muoviputken tai eterniittiputken sisään asennettuja poistettavia terässiteitä.

Pysyvästi veden alle jäävissä ja maanvastaisissa pinnoissa käytetään teräs- tai alumiinisiteitä ilman varauskoloa.

Toispuoleisen vedenpaineen alaisissa rakenteissa käytetään tilaajan hyväksymiä vedenpitäviin rakenteisiin tarkoitettuja muottisiteitä.

Liikuntasaumavälissä ja mm. kaidekolovarauksissa käytetään solumuovia tai vastaavaa materiaalia, joka ei kasteltaessa paisu, lämmetessä haitallisesti laajene tai päästä väriä.

Kevennysputkien ja muiden varausten sekä niiden siteiden tulee kestää valunaikaiset rasitukset. Niiden mitat ja sijoitus saavat muuttua enintään 20 mm.

3.4.2.3 Telineiden ja muottien purkaminen

- .1 Telineet ja muotit on purettava siten, ettei liian nopea kuormituksen siirtyminen telineeltä siltarakenteelle aiheuta vauriota. Purku ei saa vaarantaa työturvallisuutta tai yleistä liikennettä.

Jännitettyjen rakenteiden telineet eivät saa estää jännittämisestä aiheutuvia kokoonpuristumia ja telineet on tarvittaessa laskettava jännitystyön aikana niin, ettei telinetukien ja -kannattimien kimmoisen muodonmuutoksen palautumisesta aiheudu liian suuria jännityksiä siltarakenteelle. Telineiden laskeminen esitetään jännittämistöiden suunnitelmassa.

Yleensä edellytetään, että betonin puristuslujuus on vähintään 80 % nimellislujudesta ennen kantavien telineiden purkua. Sivumuotit puretaan aikaisintaan silloin, kun betonin puristuslujuus on 5 MPa.

3.4.2.4 Laadunvalvonta

- .1 Teline- ja muottitöistä laaditaan työvaihekohtainen laatusuunnitelma.
- .2 Telineiden ja muottien tulee olla hyväksytyn suunnitelman mukaisia (ks. kohta 3.4.2.1).
- .3 Telinesuunnittelija tarkastaa ja hyväksyy telinerakenteet ennen betonointia. Betonityönjohtaja voi tarkastaa tavanomaiset puutelineet, joissa ei ole kulkuaukkoja. Tarkastuksesta tehdään aina merkintä työmaapäiväkirjaan.
- .4 Betonityönjohtaja tarkastaa muotit ennen betonointia. Tarkastuksesta tehdään aina merkintä työmaapäiväkirjaan.

Betonityönjohtajan on valvottava telineiden ja muottien kestävyyttä ja painumia valutyön aikana.

3.4.3 Raudoitustyöt

3.4.3.1 Suunnitelma

- .1 Raudoitustyösuunnitelmassa esitetään mm. esivalmisteisten raudoitteiden käyttö, pinnoitettujen betoniterästankojen käsittelyyn liittyvät asiat sekä betoniterästankojen ja jänteiden tuenta. Raudoitustyösuunnitelma laaditaan varmistamaan sitä, että valmis rauditus täyttää sille sillan rakennussuunnitel-

massa ja ohjeiden B4 kohdissa 4.2.3 ja 4.2.7 sekä jäljempänä esitetyt vaatimukset.

- .2 Suunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikko ennen raudoitustöiden aloittamista.

3.4.3.2 Betoniterästankojen ja jänteiden sijaintitoleranssit

- .1 Raudoitteiden mitoissa on otettava huomioon muottien ja raudoitteiden valmistus- ja asennustoleranssit siten, että rauditus mahtuu rakenteeseen ja ettei raudoitusta suojaava betonipeite alitu.
- .2 Betoniterästankojen sijainnin on täytettävä ohjeiden B4 kohdissa 4.2.3 ja 4.2.7 esitetyt vaatimukset. Sen lisäksi edellytetään, että tankojen sijainti täyttää seuraavat toleranssit:
 - taivutetun rakenteen yhdensuuntaisten vedettyjen pääterästen keskinäinen etäisyys rakenteen toimivassa suunnassa ± 10 mm, hylkäysraja ± 15 mm
 - muiden yhdensuuntaisten tankojen keskinäinen etäisyys ± 50 mm, hylkäysraja ± 75 mm
 - yhdensuuntaisten tankojen vapaan välin vähimmäisarvoa ei saa alittaa 5 mm enempää
 - tangon pituussuuntainen poikkeama ± 100 mm, hylkäysraja ± 150 mm.
- .3 Ankkurijänteiden sijaintitoleranssit:
 - jänteen etäisyys taivutussuunnassa kauempana jänteestä olevasta rakenteen reunasta saa poiketa korkeintaan 2 % teoreettisesta etäisyydestä. (Suurempaa tarkkuutta kuin ± 5 mm ei kuitenkaan vaadita. Toisaalta poikkeama ei saa olla suurempi kuin 20 mm.)
 - yhdensuuntaisten jänteiden väli taivutuksen suunnassa ± 10 mm, hylkäysraja ± 15 mm
 - jänteiden väli muussa kuin taivutuksen suunnassa ± 20 mm, hylkäysraja ± 30 mm
 - ankkurikappaleen sijainti pysty- ja vaakasuunnassa ± 10 mm, hylkäysraja ± 15 mm
 - ankkurikappaleen sijainti jänteen pituussuunnassa rakenteen päissä ± 30 mm, hylkäysraja ± 45 mm
 - ankkurikappaleen sijainti jänteen suunnassa kentässä ± 100 mm, hylkäysraja ± 150 mm
 - ankkurin suunta saa poiketa korkeintaan 1 % ankkuroitavan jänteen suunnasta, hylkäysraja 1,5 %.
- .4 Tartuntajänteiden sijaintitoleranssit:
 - jänteen asema rakenteen toimivassa suunnassa 1,5 % rakenteen mitasta (Suurin vaadittu tarkkuus on kuitenkin ± 5 mm eikä poikkeama toisaalta saa olla koskaan 15 mm suurempi)
 - jänteen taitekohdan sijainti elementin pituussuunnassa ± 100 mm, hylkäysraja ± 150 mm
 - muut toleranssit samat kuin ankkurijänteillä.

- .5 Hylkäysrajoja pienemmät, mutta sijaintitoleransseja suuremmatkin poikkeamat voidaan hyväksyä, jos laskelmin osoitetaan, että niistä ei ole haittaa rakenteen varmuudelle, toiminnalle tai liittyville rakenneosille. Ne eivät saa estää rakenneosan moitteetonta betonointia.

3.4.3.3 Raudoitteiden ja jätteiden kuljetus, varastointi ja käsittely

- .1 Kaikkia betoniterästankoja ja erityisesti jänneteräksiä, jätteitä sekä epoksi-pinnoitettuja tankoja ja raudoitteita on käsiteltävä siten, että ne eivät vaurioidu kuljetuksen, varastoinnin, siirtojen, katkaisun, taivutusten ja asennuksen aikana.

Kuljetuksen, varastoinnin ja siirtojen aikana epoksinnoitettut betoniterästangot tuetaan puisten välikkeiden avulla. Siirrot tehdään nostamalla, käyttäen nostoliinoja.

Pinnoitettut betoniterästangot niputetaan riittävän tiheästi olevilla pehmustetuilla siteillä, siten että teräkset eivät pääse hankautumaan toisiaan vasten siirtojen aikana.

Katkaistaessa ja taivutettaessa epoksinnoitettuja betoniterästankoja pehmustetaan kuljettimien rullat ja taivutuskoneen teräksiä koskettavat pinnat (esim. kumilla tai nahalla).

Epoksinnoitettujen betoniterästankojen katkaisupinnat ja käsittelyssä vaurioituneet alueet käsitellään epoksinnoitteen korjausaineella (ks. kohta 3.3.8.1). Irtonainen pinnoite poistetaan vaurion ympäristöstä. Vaurio puhdistetaan teräsharjaamalla. Korjausaine levitetään kuivaan vauriokohtaan.

3.4.3.4 Raudoitteiden asentaminen

- .1 Näkyviin jäävien pintojen raudoitteet sidotaan paikoilleen käyttäen kuuma-sinkittyjä tai muita ruostumattomia ja löystymättömiä siteitä. Siteiden päät eivät saa jäädä vaadittuun suojabetonikerrokseen.

Raudoitteet tuetaan tai sidotaan paikoilleen käyttäen Tiehallinnon hyväksymiä tukia, välikkeitä ja siteitä siten, etteivät ne työn aikana siirry pois paikoiltaan tai taivu haitallisessa määrin.

Raudoitteiden suunnitelmanmukainen asema ja etäisyys muottipinnasta varmistetaan käyttämällä työtankoja, erillisiä tukia tai välikkeitä. Välikkeitä on oltava niin tiheässä, etteivät ne murru tai pääse haitallisesti painumaan muottilaudoitukseen.

Välikkeiden on oltava riittävän lujia, säilyviä ja betonin värisiä sekä muodoltaan sellaisia, ettei niiden kohdalle muodostu onteloita. Talvitöissä käytetään höyrytyksen ja lämmityksen kestäviä välikkeitä ja siteitä.

Välikkeen korkeuden on oltava 2-4 mm suurempi kuin välikkeen varassa olevan betoniterästangon betonipeite. Välikejakoa suunniteltaessa otetaan huomioon tankojen painon lisäksi työnaikainen

pintakuorma, vähintään 1,5 kN/m². Leimapaine tavanomaisia lauta-muotteja käytettäessä ei saa olla suurempi kuin 4,5 N/mm². Lisäksi otetaan huomioon työraudoituksen taipuma.

Muottien pohjille pudonneet siteet poistetaan huolellisesti ennen betonointia.

Epoksinnoitetut betoniterästagot sidotaan käyttäen muovisia tai muovipinnoitettuja siteitä ja tuetaan käyttäen ei-metallisia tukia.

Kohdassa 3.2 on lisäksi annettu raudoitteiden tuentaa koskevia rakenneosakohtaisia ohjeita.

3.4.3.5 Laadunvalvonta ja korjaavat toimenpiteet

- .1 Laadunvalvontamittaukset tehdään ja poikkeavuudet korjataan työn edistymisen mukaisesti. Ks. myös kohta 3.3.8.3.
- .2 Mittaustulokset luovutetaan asianmukaisesti allekirjoitettuna tilaajan edustajalle ennen betonointia.
- .3 Rauditus tarkastetaan ennen betonointia.
- .4 Jänteiden suojaputket ja halkaisuteräkset tarkastetaan ennen betonointia ja putkissa esiintyvät reiät, kolhut jne. korjataan.

3.4.3.6 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Rauditustyön kelpoisuus osoitetaan raudoituksen tarkastuksen tuloksena syntyvän pöytäkirjan avulla tai muulla tilaajan hyväksymällä tavalla.

3.4.4 Betonityöt

3.4.4.1 Yleistä

- .1 Betonin valmistukseen, laadunvalvontaan ja kelpoisuuden osoittamiseen liittyvät vaatimukset ja ohjeet on esitetty edellä kohdassa 3.3.

Betoni kuljetetaan työmaalle yleensä sekoitin- tai pyörintäsäiliöautoilla siten, että kuljetuksen aikana ei tapahdu haitallista massan erottumista ja sitoutumista.

3.4.4.2 Suunnitelma

- .1 Betonitöitä varten laaditaan betonityösuunnitelma, jota tarkennetaan tarvitta- vilta osin ennen kutakin betonointia. Myös betonimassan ominaisuuksia saa- tetaan joutua muuttamaan aikaisemmista valukohteista saatujen kokemusten perusteella. Tällöin noudatetaan soveltaen edellä kohdassa 3.3 esitettyjä vaatimuksia ja ohjeita.

- .2 Betonityösuunnitelma sisältää soveltuvien osien kohtien 3.4.4.2.3-9 mukaiset tiedot.
- .3 Tiedot betonointikohteesta:
 - betonointikohteen ja betonointityön yleiskuvaus (esim. rakenteen massiivisuus ja liittyvät rakenteet)
 - betonille asetetut erityisvaatimukset (mm. P-lukuvaatimus), työskentelyolosuhteiden asettamat vaatimukset (esim. varautuminen kuivan, lämpimän ja tuulisen sään varalta), jne.
 - käytettävissä oleva kalusto ja tekniikat.
- .4 Työnjohto ja työvoima:
 - vastaava betonityönjohtaja
 - työvuorot
 - työryhmät ja niiden tehtävät
 - varahenkilöstö.
- .5 Aikataulu:
 - lähtötiedot (esim. muottien ja työsaumapintojen puhdistamisen sekä muiden valmistelutöiden vaatima aika, sallitut nousu- ja kiertonopeudet, laskeutumistauot, muut suunnitellut tauot, työsauman rakentamisen sekä pinnan suojauksen ja viimeistelyn vaatima aika)
 - betonointinopeudet rakenneosittain
 - betonimassan toimitusaikataulu
 - työaikataulu.
- .6 Betonoinnin valmistelu ja betonointi:
 - valmistelu
 - kovettumisen aikaisten lämpötilakenttien ja lujuudenkehityksen suunnittelu (vrt. kohta 3.4.5)
 - toimenpiteet halkeilun rajoittamiseksi liittyvissä rakenteissa
 - ilmamäärän mittaukset työmaalla
 - massan siirto betonointikohteeseen
 - tiivistys
 - jälkitärytys ja sen ajankohta
 - työsauman tekeminen
 - tartuntojen kiinnittäminen
 - varautuminen häiriöihin
 - varautuminen kylmän sään varalta (vrt. kohta 3.4.6)
 - vedenalaisen betonoinnin vaatimukset (vrt. kohta 3.4.7).
- .7 Pintojen viimeistely, jälkihoito ja suojaus
 - halkeilun rajoittamistoimenpiteet betonin kypsymisen varhaisvaiheessa ja sitoutumisen ja kovettumisen aikana
 - vahaisjälkihoitoaineen käyttö
 - jälkihierto
 - jälkihoitoaineen käyttö tai muu jälkihoito- ja suojaustoimenpide.

.8 Toimenpiteet betonin kovettumisen aikana:

- lämpötilamittaukset
- lujuudenkehityksen seuranta
- varautuminen häiriöihin.

.9 Korjaus- ja viimeistelytyöt

.10 Suunnitelma luovutetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikko ennen kyseisen rakenneosan betonointia. Vedenalaisen betonoinnin osalta noudatetaan tästä poikkeavaa menettelyä (ks. kohdat 3.4.7.3 ja 3.4.7.4).

3.4.4.3 Betonoinnin valmistelu

Betonoinnin valmistelulla luodaan edellytykset sille, että valmis rakenne täyttää asetetut vaatimukset. Tällöin kiinnitetään huomiota mm. seuraaviin asioihin:

- betonin lämpötilan ja lujuuden kehittyminen kovettumisen aikana (ks. tarkemmin kohta 3.4.5)
- betonin saannin varmistaminen toimituskatkon sattuessa
- varautuminen sähkökatkoksiin ja betonointikaluston vaurioihin
- muotti- ja työsaumapintojen puhdistaminen
- työsaumapintojen ja lautamuottien kasteleminen
- työ- ja liikuntasäulemarakenteiden kiinnitysten tarkastaminen valukuormille.

Työsaumapinnat kastellaan hyvissä ajoin, yleensä 12-14 tuntia ennen betonointia.

Lautamuotit kastellaan siten, että ne ovat betonointia aloitettaessa tiiviit ja niin kosteat, ettei sementtiliima imeydy niihin.

Viimeisen kastelukerran jälkeen muottipinnoille jääneen veden on ehdittävä haihtua ennen betonointia.

Levyvuotit öljytään ennen raudoituksen asentamista. Vuotioöljy levitetään tasaisesti muottipinnalle valmistajan ohjeita noudattaen.

3.4.4.4 Betonointi

.1 Betonointi on tehtävä siten, että betonimassa ei erotu, muotti täytyy kaikilta osin, raudoitus ei siirry, betonimassa tiivistyy riittävästi ja että betonimassan haitallista painumista ei esiinny.

Massa siirretään muottiin niin pienissä erissä ja sellaista menetelmää käyttäen, että raudoitus ei siirry betonoinnin aikana pois paikoiltaan.

Massan vapaa pudotuskorkeus on enintään 1,5 m.

Kiertonopeus valitaan siten, ettei alempi kerros ehdi sitoutua ennen sen päälle tulevan kerroksen betonointia.

Massa otetaan muotteihin ja tiivistetään 250-300 mm kerroksina. Samalla jälkitärytetään edellinen valukerros.

Optimaalinen tärytysaika riippuu mm. betonimassan ominaisuuksista, valmiille rakenteelle asetetuista vaatimuksista ja täryttimen tehosta. Esim., kun betoni on jäykkää ja kiviaineksen suurin raekoko on 32 mm tai suurempi, käytetään normaalitehoista tärytintä (suurtaajuusmuuttaja tärysauva Ø 55-65 mm) ja 800 s/m³ tärytysaikaa. Kun betoni on notkeaa tai nesteytettyä, valitaan pienempitehoinen tärytin ja lyhyempi tärytysaika.

Kantavien laattojen ja palkkien yläpinta jälkitärytetään ennen betonin sitoutumista, ei kuitenkaan liian aikaisin.

Pystysuorien rakenteiden betonoinnissa rajoitetaan nousunopeus niin, ettei haitallisia painumia synny. Rakenteen poikkileikkausmuutoksen kohdalla pidetään tarvittaessa tauko ja suoritetaan betonin jälkitärytys.

Seinämäisten rakenteiden suurin nousunopeus on 300 mm/h. Pilareissa suurin nousunopeus on 500 mm/h.

Suurempaa nousunopeutta voidaan käyttää, jos massa hidastetaan ja jälkitärytetään edellyttäen, että tämä on otettu huomioon muotteja mitoitettaessa.

Valettaessa palkkeja ja laattoja yhtä aikaa niitä tukevien seinien ja pilareiden kanssa pidetään alapuolisen rakenneosan valun jälkeen riittävän pitkä laskeutumistauko. Betoni jälkitärytetään ennen betonoinnin jatkamista.

Jos palkin pohjalla on tiheä raudoitus, otetaan sinne hienojakoista ja notkistettua massaa niin paksult, että tankojen alapuolella oleva tila täyttyy. Samanlaista massaa käytetään tarvittaessa myös muualla tiheästi raudoitetuilla alueilla.

Valettaessa palkit ja kansilaatta samalla kertaa pidetään palkin vaalamisen jälkeen valutauko ja jälkitärytetään valettu betoni ennen kannen betonointia.

Erityistä huomiota kiinnitetään ennen betonointia asennettujen kevennysputkien, varausten muottien, elementtien, kiinnikkeiden yms. alustojen täyttämiseen ja täryttämiseen.

Jos reunapalkki valetaan jälkityönä, vähennetään betonimassan vesimäärää käyttäen notkistetta.

3.4.4.5 Työsaumojen tekeminen ja käsittely

- .1 Työsaumat tehdään ja niiden pinnat käsitellään ennen seuraavan osan betonointia siten, että rakenteesta tulee monoliittinen ja kaikki muut laatuvaatimukset täyttävä rakenne.

Työsaumojen rajaamat rakenneosat betonoidaan yhtäjaksoisesti. Jos valu joudutaan lopettamaan kesken, rakennetaan työsauma suunnittelijan antamien ohjeiden mukaisesti.

.2 Työsaumoissa ei saa käyttää työsaumaverkkoa.

Työsaumana käytetään yleensä ns. pestyä työsaumaa. Työsauma korkeapainepestään siten, että betonin kiviaines paljastuu. Pesun oikea aika selvitetään ennakkokokeilla. Työsauman pesu on esitetty Betonirakenteiden säilyvyysohjeessa by 32 /13/.

Vaakasuora työsauma karhennetaan esim. harjaamalla betonin pinta sitoutumisen alkuvaiheessa.

Työsauma voidaan korvata vähintään 1,5 m levyisellä hidastetulla betonikaistalla. Betonia hidastetaan niin paljon, että työtä jatktaessa uusi betonimassa voidaan täryttäen liittää vanhaan. Veden haihtuminen hidastetusta betonista estetään varhaisvaiheen jälkihoitoaineen, muovikalvon tai muun tähän tarkoitukseen soveltuvan peitteen avulla.

3.4.4.6 Pintojen jälkihoito, viimeistely ja suojaus

.1 Pintojen kosteajälkihoitoaika on vähintään 7 vuorokautta, elleivät kovettumisolosuhteet vaadi pitempää jälkihoitoa.

Valupinnat sekä muottia vasten valetut pinnat jälkihoidetaan, suojataan kuivumiselta ja tarvittaessa lämpösuojataan (myös kesällä) lämpötilaerojen rajoittamiseksi siten, että betonin lujuuden kasvu varmistuu ja betonipinnan halkeilu vältetään. Pinnat hierretään suunnitelman edellyttämällä tavalla.

Aurinkoisella ja/tai tuulisella säällä ja käytettäessä korkealujuusbetonia valupinnalle levitetään välittömästi varhaisvaiheen jälkihoitoaine tai muovikalvo veden haihtumisen estämiseksi. Pinnan hiertämisen jälkeen heti, kun pinta kestää vettä, se kastellaan sumuttamalla tai ruiskutetaan tehokas varsinainen jälkihoitoaine ja suojataan uudelleen tiiviillä peitteellä. Tarvittaessa vettä sumutetaan peitteen alle.

Tiehallinnon hyväksymä varhaisvaiheen jälkihoitoaine on aine, joka levitetään betonipinnalle välittömästi valutapahtuman jälkeen ennen jälkitärytystä ja jälkihiertoa.

.2 Varsinaisen jälkihoitoaineen on estettävä veden haihtuminen siten, että haihtuva vesimäärä on $\leq 550 \text{ g/m}^2$ 72 tunnin aikana (normin ASTM C 156 mukaisesti mitattuna). Aine levitetään valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti.

.3 Edellä esitetyt vaatimukset täyttävän jälkihoidon katsotaan vastaavan 3,5 vuorokauden mittaista kosteajälkihoitoa. Normaaliolosuhteissa riittää, että 3,5 vuorokauden jälkeen valusta tehdään yksi uusintaruiskutus tai korvataan uusintaruiskutus 3,5 vuorokauden kosteajälkihoidolla.

- .4 Polymeerisementtibetonia ja betonimuovia käytettäessä pinnat jälkihoidetaan valmistajan ohjeita noudattaen.

3.4.4.7 Tartuntojen kiinnittäminen

- .1 Tartuntojen sijainnin tulee täyttää raudoitteiden sijaintitoleransseista kohdassa 3.4.3.2 asetetut vaatimukset.

Betoniin tulevat tartuntaraidoitteet (raudoituskori) asennetaan paikoilleen yleensä ennen betonointia. Betonointi suoritetaan raudoituskorin kohdalla erityistä huolellisuutta noudattaen.

Betonia otetaan raudoituskorin sisä- ja ulkopuolelle siten, ettei betonimassa siilaannu korin lävitse. Massa tiivistetään huolellisesti sekä korin sisä- että ulkopuolelta.

Tilaajan edustajan luvalla voidaan joissakin tapauksissa painaa ja tukea tartunnat jälkikäteen paikoilleen ennen betonin sitoutumista. Vaihtoehtoisesti teräkset kiinnitetään betonin kovettuttua niitä varten porattuihin reikiin injektoimalla alla olevia ohjeita soveltaen.

Kalliotartunnat kiinnitetään käyttäen juotoslaastia tai -massaa, jolla on riittävät betoniteräksiä suojaavat ominaisuudet. Täyttö aloitetaan letkun avulla reiän pohjalta. Tartunnat painetaan injektoituun reikään ja tuetaan paikoilleen kovettumisen ajaksi. Tartunnat voidaan kiinnittää kallioon sementtilaastia käyttäen. Tällöin laastin vesisementtisuhte on ≤ 0.50 . Laastin runkoaineen suurin raekoko on ≤ 3 mm ja kallioon poratun reiän halkaisija vähintään 10 mm suurempi kuin teräksen halkaisija.

Kuivissa olosuhteissa reikä puhdistetaan ennen injektointia paineilmalla tai voimakkaalla imurilla. Reiän tiiviys todetaan täyttämällä reikä vedellä. Jos vesi ei pysy reiässä, se injektoidaan sementtilaastilla ja porataan auki uudelleen ja varmistetaan sen tiiviys.

Jos reiässä on likaista vettä, se puhdistetaan painamalla puhdasta vettä injektointiputken avulla reiän pohjalle. Tämän jälkeen jatketaan kuten edellä.

Tartuntojen kelpoisuuden osoittamista koskevat vaatimukset on esitetty kohdassa 3.4.4.10.

3.4.4.8 Korjaus- ja viimeistelytyöt

- .1 Telineiden asennuskolot ja -reiät, muottisiteiden kolot sekä betonoinnin jälkeen havaitut harvavalut, halkeamat ja muut poikkeavuudet ja puutteellisuudet korjataan tilaajan hyväksymiä korjausaineita ja työtapoja käyttäen. Rakenteet viimeistellään vastaamaan asetettuja vaatimuksia.

Jos betonivaluun jätetyt teräksiset ja alumiiniset muottisiteet katkaistaan siteiden päiden varauskolojen pohjilta (ks. kohta 3.4.2.2), varauskolot paikataan Tiehallinnon hyväksymällä valumattomalla paikkauslaastilla tai -massalla.

Betonivaluun jätetyt teräksiset telinepalkit katkaistaan asennuskolojen pohjalta ja kolot paikataan kuten edellä. Jos palkit on kiilattu alusrakenteisiin jätettyihin reikiin, päättää tilaajan edustaja tapaus tapaukselta täytetäänkö reiät betonilla, paikkauslaastilla tai paikkausmassalla vai peitetäänkö ne teräslevyillä vai suojataanko reiät esim. kuumasinkityillä teräsverkoilla. Jos reiät täytetään betonilla tai juotoslaastilla, käytetään betonoinnissa painelaatikkoa. Jos reiät peitetään teräslevyillä, käytetään kuumasinkittyjä levyjä ja ruuveja.

Jos muottisiteiden ympärillä on käytetty muovi- tai eterniittiputkia, teräksiset muottisiteet poistetaan ja putket suljetaan joko betonin värisillä tulpilla tai laastipaikoilla. Paikan värisävy varmistetaan kokeilemalla. Maanvastaisissa rakenteissa olevien putkien päätyosat täytetään vedenpitävästi paikkauslaastilla ja muovi- tai kumitulpilla.

Muut kuin sallitut halkeamat ja maanvastaisten rakenteiden vuotavat halkeamat injektoidaan. Ks. SILKO-ohjeet 2.236 /6/, 2.237 /14/, 2.239 /7/ ja 3.235 /16/.

Muottilaudoituksen jätteet ja valupurseet poistetaan näkyvistä pinnoista. Sidelangat ja naulat katkaistaan.

Korjaus- ja paikkaustöistä on annettu yksityiskohtaisia ohjeita SILKO-ohjeissa.

3.4.4.9 Laadunvalvonta

- .1 Betonitöistä laaditaan työvaihekohtainen laatusuunnitelma.
- .2 Betonitöiden aikana valvotaan, että työ tehdään laadittujen suunnitelmien mukaisesti, tehdään tarvittavat mittaukset ja laaditaan asiaankuuluvat muisiinpanot.

3.4.4.10 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Betonitöiden kelpoisuus osoitetaan tutkimalla kovettuneen betonin ominaisuudet kohdassa 3.3.1.5 kuvatulla tavalla sekä tarkastamalla betonoitu rakenne.
- .2 Tartuntojen kiinnittyminen betonirakenteeseen tai kallioon tutkitaan tarvittaessa tartuntavetokokeen avulla. Tutkittavan teräksen on irtoamatta kestettävä vetovoima, joka on 65 % sen myötölujuudesta. Vetokoe tehdään joka 20:lle ja vähintään kolmelle tartunnalle. Jos joku tartunnoista pettää, tutkitaan kaikki tartunnat. Tartunnat, jotka eivät täytä kelpoisuuskriteeriä korvataan uusilla tartunnoilla.
- .3 Tartuntojen kiinnittymistä betonirakenteeseen tai kallioon ei tarvitse tutkia edellä esitetyllä tavalla, jos tartuntoihin ei kohdistu vetorasiuksia.
- .4 Vedettyjen betonirakenteeseen kiinnittyvien tartuntojen kiinnittymistä ei tutkita, kun tartunnat on asennettu paikoilleen ennen betonointia.

3.4.4.11 Dokumentointi

- .1 Betonoinnista pidetään pöytäkirjaa tilaajan hyväksymällä lomakkeella. Vastaavasti pidetään pöytäkirjaa tartuntojen vetokokeista. Pöytäkirjat luovutetaan tilaajan edustajalle.
- .2 Kaikki tarkastuksissa todetut poikkeavuudet kuten harvavalut ja halkeamat (korjatut ja korjaamatta jätetyt) merkitään rakenneosan mittapiirustuksiin. Piirustukset toimitetaan tilaajan edustajalle.

3.4.5 Massiivisten rakenteiden betonointi

3.4.5.1 Suunnitelma

- .1 Massiivisten rakenteiden betonitoita varten laaditaan betonityösuunnitelma (ks. myös kohta 3.4.4.2).

Rakenne katsotaan massiiviseksi, jos se on mitoiltaan niin suuri, että on tarpeen ryhtyä toimenpiteisiin hydrataatiolämmöstä johtuvien tilavuudenmuutosten aiheuttaman halkeilun rajoittamiseksi.

- .2 Massiivisten rakenteiden muotit, betonointi ja valupinnan jälkihoito, viimeistely ja suojaus tai jäähdytys suunnitellaan siten, ettei betonin korkean lämpötilan aiheuttamaa lujuuskatoa synny eikä lämpötilan muutoksista ja lämpötilaeroista ja muista syistä johtuvaa halkeilua pääse tapahtumaan. Jollei lämpötilaa voida kohtuullisin kustannuksin pitää riittävän alhaisena (enintään +60 °C), otetaan odotettavissa oleva lujuuskato huomioon suhteituslujuutta määrittäessä.
- .3 Betonimassan koostumus ja lämpötila sekä valupinnan suojaus suunnitellaan siten, ettei lämpötilaero betonoitavan rakenneosan minkään poikkileikkauksen eri osien välillä (esim. lämpötilaero pilarin tietyssä poikkileikkauksessa sisäosan ja pinnan välillä) ole suurempi kuin 20 °C.
- .4 Jos betonoitava rakenneosa ei pääse lämmön nousun ja laskun aikana vapaasti liikkumaan, huolehditaan lisäksi siitä, ettei betonoitavan ja tähän liittyvän rakenteen keskimääräisten lämpötilojen ero ylitä 20 °C.

Betonimassan lämpötila ja lämpötilan nousu pidetään riittävän alhaisena vähentämällä sementin määrää esim. notkistavan lisäaineen avulla, käyttämällä normaalisti kovettuvaa tai alhaislämpösementtiä, korvaamalla osa sementistä masuunikuonalla tai lentotuhkalla tai jäähdyttämällä betonia tai sen osa-aineita.

Liittyvissä rakenteissa asennetaan tarvittaessa aikaisemmin valetavan rakenteen sisään lämpövastuslankoja.

Jotta lämpötilaerot rakenteen sisällä eivät muodostu liian suuriksi, muotit tarvittaessa lämpöeristetään ja valupinta peitetään lämpöä eristävällä peitteellä.

Korkealujuusbetoneita käytettäessä voi lämpötilan muutoksista johtuvia ongelmia esiintyä jo ohuissa rakenteissa. Ellei lämpötiloja, niiden kohoamista ja lämpötilaeroja voida arvioida aikaisemmista tois-

tä saatujen kokemusten perusteella, selvitetään asia etukäteen laskennallisia menetelmiä käyttäen tai kokeellisesti. Suunnitelmassa esitetään muotipurkuajankohta ja toimenpiteet lämpötilan nousun aiheuttamien ongelmien välttämiseksi (esim. lämpösuojaus, jäähdytys tai lämmittäminen).

Muotit puretaan ja mahdollisesti käytetyt peitteet poistetaan siten, että rakenteen lämpötila laskee tasaisesti ja että lämpötilaerot pysyvät sallituissa rajoissa.

3.4.5.2 Laadunvalvonta

- .1 Ks. kohta 3.4.4.9.
- .2 Betonimassan ja kovettuneen betonin lämpötiloja ja lujuudenkehitystä seurataan tilaajan hyväksymällä tavalla.

Betonin lujuudenkehitys voidaan arvioida lämpötilamittaustietojen perusteella laskennallisesti käytössä olevilla tietokoneohjelmilla. Poikkeuksen muodostavat jännitetyt rakenteet sekä rakenteet, joihin liittyy turvallisuusriskejä. Tällöin lujuudenkehitystä seurataan myös ns. olosuhdekoekappaleiden avulla.

Lämpötilamittaukset tehdään käyttäen betonin sisään asennettuja mittausantureita.

Betonin pinnan lämpötila mitataan 20 mm syvyydestä.

3.4.5.3 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Arvosteltaessa rakenteen kelpoisuutta puristuslujuuden osalta otetaan betonin korkeasta lämpötilasta johtuva lujuuskato huomioon.
- .2 Ellei tarkempia selvityksiä tehdä, otaksutaan, että betonin vertailulujuuden alenema on 20 %, kun betonin korkein lämpötila on +80 °C. Vastaavasti otaksutaan, että lujuuden alenema on nolla, kun betonin korkein lämpötila on +60 °C. Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti.

3.4.5.4 Dokumentointi

- .1 Lämpötilamittausten tulokset kirjataan. Mittaustulokset sekä mahdolliset lujuuskatoon ja lujuudenkehitykseen liittyvät laskelmat luovutetaan tilaajan edustajalle.

3.4.6 Betonointi kylmällä säällä

3.4.6.1 Suunnitelma

- .1 Suunnitelma kylmällä säällä betonointia varten laaditaan ottaen huomioon kylmien olosuhteiden betonimassalle, betonoinnille, jälkihoidolle ja suojaukselle asettamat vaatimukset. Ks. myös kohta 3.4.4.2.

Kylmällä säällä betonointiin on syytä varautua aina, kun vuorokauden keskilämpötilan odotetaan laskevan alle +5 °C.

Tyypillisiä kylmällä säällä betonointiin liittyviä suunnittelun lähtökoh-
tia ovat mm. vaadittu muottien ja telineiden purkulujuus, vallitsevat
sääolosuhteet, betonimassan jäähtymisnopeus kuljetusten ja siirto-
jen aikana, betonin lämmöntuotto kovettumisvaiheessa, lämmitys-
laitteiden lämmöntuotto sekä erilaisten lämpösuojauksien ominai-
suudet.

Eräänä suunnittelun lähtökohtana voidaan käyttää ohjeiden RIL 149
/15/ kohdan 6.3.1 toimenpideluettelo.

3.4.6.2 Betonoinnin valmistelu

- .1 Jos valettava rakenneosa ei pääse vapaasti liikkumaan alustansa tai liittyvän rakenteen suhteen, huolehditaan siitä, ettei poikkileikkausten keskimääräinen lämpötilaero ylitä 20 °C.

Valettavan rakenneosan alla oleva perusmaa tai kallio, liittyvät ra-
kenteet sekä muotit ja rauditus lämmitetään, sulatetaan ja lämpö-
suojataan ennen betonointia.

3.4.6.3 Betonointi

- .1 Betonimassan lämpötilan on oltava betonoitaessa vähintään +5 °C eikä se saa missään vaiheessa laskea 0 °C alapuolelle.

Massan lämpötila arvioidaan etukäteen laskennallista menetelmää
käyttäen julkaisun RIL 149 kohdan 6.7.2 mukaista periaatetta nou-
dattaen.

3.4.6.4 Jälkihoito ja lämpösuojaus

Betoni jälkihoitetaan kohdan 3.4.4.6 mukaisesti. Lämpösuojauksen
ja lämmityksen avulla varmistetaan betonin kovettuminen suun-
nitellulla tavalla. Lisäksi huolehditaan siitä, ettei lämpötilaero raken-
neosan poikkileikkauksen eri osien välillä, lämpötilan nouseminen
tai veden ja lämmön haihtuminen valupinnasta aiheuta rakentee-
seen halkeamia.

Jos käytetään kosteajälkihoitoa, kerätään käytetty vesi talteen, en-
nen kuin se pääsee jäätymään. Vaihtoehtoisesti käytetään kostu-
tettuja peitteitä tai massaa, joka sitoo vapaan veden.

Lämmitys ja lämpösuojaus suunnitellaan ja toteutetaan siten, ettei
betonin lämpötila nouse korkeammaksi kuin +60 °C.

Valupinta lämpöeristetään niin nopeasti kuin mahdollista. Eristeen
avulla huolehditaan siitä, että lämpötilaero valupinnan ja rakenteen
sisäosien välillä on enintään 20 °C.

Lämmitystä jatketaan, kunnes telineiden purkulujuus on saavutettu.
Lämmitys lopetetaan viimeistään vuorokausi ennen muottien purka-
mista.

3.4.6.5 Laadunvalvonta

- .1 Ks. kohta 3.4.4.9.
- .2 Joidenkin lisä- ja seosaineiden vaikutuksesta betonin lujuudenkehitys hidastuu normaalia kylmemmissä olosuhteissa olennaisesti. Ellei aineiden vaikutuksia tunneta aikaisemmasta tuotannosta saatujen kokemusten perusteella riittävän tarkasti, selvitetään ne ennakkokokeiden avulla.
- .3 Betonin lämpötiloja ja lujuudenkehitystä seurataan edellä kohdassa 3.4.5.2 esitetyllä tavalla.

3.4.6.6 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Betonin korkeasta lämpötilasta johtuva lujuuskato otetaan huomioon kohdassa 3.4.5.3 esitetyllä tavalla.

3.4.6.7 Dokumentointi

- .1 Ks. kohta 3.4.5.4.

3.4.7 Vedenalainen betonointi

3.4.7.1 Yleistä

- .1 Vedenalaiset rakenteet betonoidaan kohdassa 3.4.7.3 annettujen ohjeiden mukaisesti (menettely A) tai muulla urakoitsijan valitsemalla tavalla (menettely B). Käytettäessä menettelyä A osoitetaan rakenteen kelpoisuus jäljempänä kohdassa 3.4.7.6 esitetyllä tavalla ilman rakennekoekappaleita. Menettelyä B käytettäessä osoitetaan rakenteen kelpoisuus rakennekoekappaleiden avulla ellei asiasta toisin sovita.

3.4.7.2 Yleiset laatuvaatimukset

- .1 Sillan rakennussuunnitelmassa esitetään vedenalaisille betonitöille hankekohtaiset laatuvaatimukset.
- .2 Vedenalaisten betonitöiden laadunvarmistustoimenpiteet työnsuorituksen ja betonin kelpoisuuden osoittamiseksi esitetään sillan rakennussuunnitelmassa.

Laadunvarmistustoimenpiteenä voi olla videokuvaukset, vesipainekoe porareistä, sydännäyteporaus, injektointi tai ultraäänimittaus yksin tai yhdistettynä keskenään.

3.4.7.3 Suunnitelma (Menettely A)

- .1 Vedenalainen rakenne betonoidaan käyttäen contractor-menetelmää tai soveltaen sitä jäljempänä tarkemmin määritellyillä tavoilla.

- .2 Betonia suhteitettaessa ja betonityösuunnitelmaa laadittaessa otetaan huomioon seuraavaa:
- Betonimassasta tehtävien normikoekappaleiden vertailulujuuden on oltava vähintään 5 MPa suurempi kuin suunnittelulujuus.
 - Betonimassa suhteitetaan hyvin koossa pysyväksi ja siinä käytetään riittävän pitkää hidastusta. Massan kartiokokeella mitatun painuman on oltava välillä 100-170 mm.
 - Sideaineen kokonaismääränä käytetään betonointia aloitettaessa vähintään 350 kg/m³ ja muulloin vähintään 300 kg/m³.
 - Tarvittaessa massassa käytetään sementin ja hienoaineksen huuhtoutumista pienentävää lisäainetta.
 - Betonointiputket tuetaan paikoilleen siten, että ne eivät liiku vaakasuunnassa betonoinnin aikana.
 - Betonointi aloitetaan muotin alimmasta kohdasta käyttäen tarvittaessa aloitustulppaa ja betonointi tapahtuu yhtäjaksoisesti. Keskeytys ei saa olla betonoinnin missään vaiheessa yhtä tuntia pitempi.
 - Betonipinnan nousunopeuden on oltava vähintään 300 mm tunnissa. Nousunopeus voi kuitenkin olla pienempi ja keskeytys betonoinnissa pitempi, jos massaa hidastetaan vastaavasti enemmän.
 - Valuputkina käytetään $\varnothing \geq 250$ mm pystysuoria betonointiputkia, joiden välimatka on korkeintaan neljä metriä ja etäisyys muotista enintään kaksi metriä. Betonoitavan rakenteen paksuuden ollessa alle kaksi metriä saa valuputkien väli olla korkeintaan kaksi kertaa rakenteen paksuus ja etäisyys muotista korkeintaan rakenteen paksuuden suuruinen. Lisäksi huolehditaan siitä, että betonoinnin päättyessä betonointiputkien yläpään korkeus valupinnasta on vähintään neljä metriä ja veden pinnasta vähintään 1,5 m.
 - Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää pienempiä valuputkia, jolloin betoni pumpataan paineella suoraan betonointiputkiin. Betonointiputken tai sen alapään läpimitan on oltava tällöin vähintään 20 % suurempi kuin jakeluputken läpimitta.
 - Rakenne voidaan betonoida myös käyttäen betonipumpun jakeluputkea tai sen jatkeena olevaa linjaputkea, jota nostellaan betonoinnin aikana ylös ja siirretään betonoinnin etenemisen mukaan vaakasuunnassa. Putken alapäässä on tällöin oltava läppälaite, jonka avulla estetään betonimassan valuminen veteen putken siirron aikana.
 - Betonointiputken alapää pidetään valetun massan sisällä 0,5-1,0 metrin syvyydessä.
 - Jatkettaessa betonointia kuivatyönä tyhjennetään muotin yläosa vedestä vasta, kun betoni on saavuttanut vähintään 5 MPa lujuuden.

- Rakenneosaa betonoidaan yleensä ylikorkeaksi. Ylimääräinen betoni poistetaan tarvittaessa kokonaan ja aina liittyvien rakenteiden kohdalta. Uppobetonia käytettäessä ylikorkeutta ei kuitenkaan tarvita.
- .3 Betonin suhteitustiedot, ennakkokokeiden tulokset ja betonityösuunnitelma toimitetaan tilaajan hyväksyttäväksi viimeistään kaksi viikkoa ennen rakenneosan betonointia.

3.4.7.4 Suunnitelma (Menettely B)

- .1 Menettelyä B käytettäessä betoni suhteitetaan ja betonointitapa valitaan siten, että betonimassa, kovettunut betoni ja valmis rakenne täyttävät sillan rakennussuunnitelmassa asetetut vaatimukset.
- .2 Betonin suhteitustiedot, ennakkokokeiden tulokset ja betonityösuunnitelma toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään kaksi viikkoa ennen rakenneosan betonointia.

3.4.7.5 Laadunvalvonta

- .1 Ks. kohta 3.4.4.9 ja 3.4.5.2.
- .2 Laadunvalvonnassa noudatetaan sillan rakennussuunnitelmassa esitettyjä vedenalaisten betonitöiden laadunvalvontaohjeita.
- .3 Betonoinnin aikana valvotaan, ettei vettä pääse valuputkeen. Jos näin tapahtuu, tehdään siitä merkintä betonointipöytäkirjaan. Paikka, jossa ylimääräistä vettä on päässyt sekoittumaan betoniin, merkitään rakenneosan mittapiirustukseen.
- .4 Betonointipöytäkirjaan tehdään lisäksi tarkat merkinnät kaikista poikkeamista betonityösuunnitelmasta.
- .5 Betonin lämpötiloja seurataan kohdassa 3.4.5.2 esitetyllä tavalla.

3.4.7.6 Kelpoisuuden osoittaminen (Menettely A)

- .1 Betonitöiden kelpoisuus osoitetaan sillan rakennussuunnitelman mukaisilla laadunvarmistustoimenpiteillä kuten suhteitustietojen, betonimassasta tehtyjen normikoe-kappaleiden sekä työn aikana ja valmiista rakenteesta tehtyjen kokeiden ja havaintojen perusteella.
- .2 Betonin puristuslujuus tutkitaan käyttäen normikoe-kappaleita. Koe-kappaleiden vertailulujuuden on oltava vähintään 5 MPa korkeampi kuin suunnitellu-juus. Jos koe-kappaleiden vertailulujuus alittaa vaatimuksen tai työnaikana on todettu poiketun hyväksytystä suunnitelmasta tai valmista rakennetta tarkastettaessa löydetään poikkeavuuksia (esim. harvavalua), voi tilaajan edustaja määrätä rakenneosan kelpoisuuden osoitettavaksi rakenteesta porattavien koe-kappaleiden avulla. Näytteitä porataan tällöin taulukon 2 mukaisesti.
- .3 Poraliieriö on läpimitaltaan 100 mm. Jokaisesta poratusta tangosta sahataan kolme lieriötä (korkeus 100 mm) laboratoriokokeita varten.

Taulukko 2: Porausten määrät veden alla betonoidun rakenteen kelpoisuuden osoittamiseksi

Rakenneosan tilavuus	0-100 m ³	100-200 m ³	> 200 m ³
Porausten määrä	2	4	6

- .4 Porausten paikat ja lieriönäytteiden ottokohdat määrittää tilaajan edustaja. Porauskohdat ja näytteet valitaan siten, että rakenneosan betonista saadaan mahdollisimman totuudenmukainen kuva.

3.4.7.7 Kelpoisuuden osoittaminen (Menettely B)

- .1 Menettelyä B käytettäessä rakenneosan kelpoisuus todetaan sillan rakennus-suunnitelman mukaisilla laadunvarmistustoimenpiteillä, tarkastamalla työn lopputulos ja tutkimalla vaaditut betonin ominaisuudet rakennekoekappaleiden avulla.
- .2 Poraussuunnitelma laaditaan ja koekappaleet otetaan edellä esitetyllä tavalla.

3.4.7.8 Dokumentointi

- .1 Sen lisäksi, mitä on vaadittu dokumentoitavaksi edellä kohdissa 3.4.5.4 ja 3.4.7.5, merkitään rakenneosan mittapiirustukseen porauskohdat sekä lieriönäytteiden paikat.

3.4.8 Ruiskubetonointi

3.4.8.1 Suunnitelma

- .1 Ruiskubetonoinnista laaditaan suunnitelma, joka toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään viikko ennen betonointia. Suunnitelmassa esitetään mm.:
- mallityö
 - ruiskubetonointimenetelmä
 - ruiskubetonille ja sen osa-aineille asetettavat vaatimukset
 - kalustolle ja suojavälineille asetettavat vaatimukset
 - työnjohdon ja ruiskuttajan pätevyysvaatimukset
 - ruiskubetonin valmistaminen ja kuljetus
 - ruiskutettavalle pinnalle ja ruiskutusolosuhteille asetettavat vaatimukset
 - ruiskubetonin tartuntalujuus ja paksuus
 - ruiskutusohjeet
 - pinnan käsittely, suojaus ja jälkihoito
 - laadunvalvonta
 - kelpoisuuden osoittaminen
 - dokumentointi.

Suunnitelman laadinnassa voidaan käyttää apuna ohjeita by 29 Ruiskubetoniohjeet /9/ ja SILKO-ohjeet 1.232 /30/ ja 2.234 /31/. Ks. myös kohta 3.3.3.

3.4.8.2 Kalusto

- .1 Märkämenetelmää ja nestemäistä kiihdytettä käytettäessä ruiskutuslaitteistossa on oltava sellainen laite, jolla sen annostusta säädellessä. Annostin kalibroidaan ennen työn aloittamista ja kalibrointi tarkistetaan viikoittain. Annostimessa on oltava mittari, josta käy selville kulloinkin pumpattavan kiihdytteen määrä. Annostimen tarkkuuden on oltava sellainen, että kiihdytteen määrän vaihtelu jää pienemmäksi kuin 30 %.

3.4.8.3 Ruiskutettavan pinnan käsittely

Ruiskutettava pinta puhdistetaan irtonaisista aineksista, pölystä ja heikkolujuusisesta betonista. Puhdistuksen jälkeen poistetaan pinnassa oleva ylimääräinen vesi ennen ruiskutusta.

Vanha betonipinta tai muu huokoinen pinta pidetään kosteana noin vuorokauden ajan ennen ruiskutusta.

Ruiskutettavan pinnan yksityiskohtaisia käsittelyohjeita on annettu kohdan 3.4.8.1 julkaisuissa.

3.4.8.4 Ruiskutus

Ruiskutus tehdään niin ohuina kerroksina, että tuore massa kiinnittyy hyvin alustaansa. Kerrosten tulee olla kuitenkin niin paksuja, että pintojen jälkihoito voidaan tehdä hyvin.

Seuraavaa kerrosta ei ruiskuteta, ennen kuin edellinen kerros on kovettunut riittävästi. Ennen ruiskuttamista poistetaan hukkaroiske ja tarkastetaan edellisen kerroksen kiinnittyminen alustaansa.

Hierrettävässä pinnassa käytetään massaa, jonka suurin raekoko on 4 mm.

Muita ruiskutus- ja tarkastusohjeita on annettu kohdan 3.4.8.1 julkaisuissa.

3.4.8.5 Pintojen viimeistely, jälkihoito ja suojaus

- .1 Pintoja jälkihoidetaan vähintään seitsemän vuorokautta. Jälkihoitoa jatketaan, kunnes betonin lujuus on vähintään 60 % suunnittelulujuudesta. Vedenpitävyyttä vaadittaessa jälkihoitoa jatketaan, kunnes lujuus on 80 % suunnittelulujuudesta.

Ruiskubetonipinnat viimeistellään, jälkihoidetaan ja suojataan kohdan 3.4.4.6 mukaisesti.

Jos ruiskubetonirakenne tehdään kahtena tai useampana erikseen ruiskutettavana kerroksena, välikerrokset kosteajälkihoidetaan. Vesikastelu aloitetaan, kun pinta kestää kastelun, kuitenkin viimeistään silloin, kun pintaan ilmestyy vaaleita läikkeitä.

3.4.8.6 Laadunvalvonta

- .1 Ks. kohta 3.4.4.9.

Ruiskutuksen laadunvalvonnasta on annettu ohjeita kohdan 3.4.8.1 julkaisuissa.

3.4.8.7 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Ruiskubetonin kelpoisuus osoitetaan kohdassa 3.3.3.5 esitetyllä tavalla.
- .2 Jos betonin kelpoisuus osoitetaan ruiskutetuista koelaatoista otettujen näytteiden avulla, edellytetään, että varsinaista rakennetta betonoitaessa käytetään samanlaista massaa ja että ruiskutus tapahtuu samalla tavalla kuin koe-kappaleita tehtäessä. Lisäksi edellytetään, että jälkihoito on tehty betoni-työ-suunnitelman mukaisesti ja että betonointi on silmämääräisen tarkastuk-sen mukaan onnistunut suunnitellulla tavalla. Jos näin ei ole tapahtunut, voi tilaa-jan edustaja vaatia, että betonointityön kelpoisuus osoitetaan rakentees-ta porattujen näytteiden avulla.

Rakenteesta porataan näytteitä mm. silloin, kun epäillään, että beto-niterästankojen taustat eivät ole täyttyneet.

- .3 Tilaajan edustajan niin vaatiessa määritetään ruiskubetonin kerrospaksuus poraamalla reikä sen läpi ja mittaamalla reiästä kerroksen paksuus. Reiät täytetään mittauksen jälkeen tilaajan hyväksymällä tavalla. Kerrospaksuus-mittauksia tehdään yksi jokaista 50 m² kohden, kuitenkin vähintään kolme jo-kaiselta erikseen ruiskutetulta alueelta.

Kerrospaksuuksia ei tarvitse selvittää poraamalla, jos paksuus voi-daan mitata luotettavasti muulla tavalla.

- .4 Tartunta alustaan ja eri kerrosten välillä määritetään vaadittaessa liitteen 2 kohdan 3 mukaisesti.

Tilaajan edustaja määrää tartuntalujuuden tutkittavaksi, jos on pe-rusteltua syytä otaksua, että ruiskubetonoidun kerroksen tartunta alustaansa tai aikaisemmin betonoituun kerrokseen ei ole riittävä.

3.4.8.8 Dokumentointi

- .1 Jos kelpoisuuden toteamisessa käytetään rakenteesta porattuja näytteitä, merkitään porauskohdat mittapiirustuksiin, jotka luovutetaan tilaajan edus-tajalle.

3.4.9 Jännittämistyöt

3.4.9.1 Suunnitelma

- .1 Jännittämistöistä laaditaan tekninen työsuunnitelma, joka toimitetaan tilaajal-le hyväksyttäväksi kaksi viikkoa ennen jännittämistöiden aloittamista. Suun-nitelma laaditaan Tiehallinnon hyväksymälle lomakkeelle.

.2 Suunnitelmassa esitetään seuraavat asiat:

- työnjohtaja ja työntekijät
- aikataulu
- jännemenetelmä
- jännetyypit ja laskenta-arvot
- betonin lujuus jännittämishetkellä
- suurin sallittu jännevoima
- ankkurointiliukuma, venymiin sisältyvät muodonmuutokset ja rakenteen kimmoinen kokoonpuristuma
- puristimien ja mittalaitteiden ominaistiedot ja kalibrointi
- jännittämisjärjestys
- lasketut venymät ja jännittämisvoimat jännittämisen eri vaiheissa
- muotin tukirakenteiden säätö ja purkaminen
- betonin lujuudenkehityksen seuranta
- injektointi
- muut asiat.

3.4.9.2 Jännittämisvoiman ja venymän sallitut poikkeamat

- .1 Jännittämisvoiman suurin sallittu poikkeama jännittämissuunnitelman arvosta on yhdessä jänteessä $\pm 5 \%$ ja jänteiden yhteenlasketussa voimassa $\pm 3 \%$. Venymän suurin sallittu poikkeama suunnitelman arvosta on yhdessä jänteessä $+5$, -0% ja jänteissä yhteensä $+3$, -0% . Lisäksi jännittämisvoiman ja venymän poikkeamien itseisarvojen summa saa olla enintään 5% yksittäisessä jänteessä ja 3% jänteissä yhteensä.
- .2 Jos suunnitelman mukaista venymää ei saavuteta yhdessä jänteessä lasketulla voiman arvolla, saa voimaa lisätä korkeintaan 5% . Jos sallituissa rajoissa olevaa venymää ei vielääkään saavuteta, selvitetään syy ja tarkistetaan jännittämissuunnitelma. Vastaavasti menetellään, jos venymä ylittyy yksittäisessä jänteessä lasketulla voiman arvolla yli 5% .
- .3 Jos sallituissa rajoissa oleva yksittäisen jänteen venymä saavutetaan lasketua pienemmällä voimalla, saa voiman negatiivisen poikkeaman itseisarvon ja venymän poikkeaman summa olla enintään 5% . Jos voiman ja venymän poikkeamien summa ylittää sallitun arvon, selvitetään syy ja tarkistetaan suunnitelma.

3.4.9.3 Jännittämisen valmistelu

- .1 Jänneteräksöt puhdistetaan ennen asennusta. Jänneteräksissä ei saa olla syöpymiä. Ne saavat olla korkeintaan kevyesti pintaruostuneita. Jänneterästen korroosioaste saa olla enintään kaksi määritettynä ohjeen /18/ menetelytapaa noudattaen.
- .2 Betonin lujuuden tulee olla riittävä (suunnitelman mukainen) ennen jännittämistä.

Betonin lujuudenkehitystä seuraamalla varmistutaan siitä, että rakenne kestää jännittämisvaiheessa sille tulevat rasitukset. Lujuudenkehitystä tarkkaillaan kimmo-vasarakokeilla, lämpöastevuorokau-

sien avulla ja testaamalla rakenteen kanssa samoissa olosuhteissa säilytettyjä koekappaleita (olosuhdekoekappaleet).

Olosuhdekoekappaleita tehdään betonointikertaa kohti vähintään kolme kappaletta betonoinnin päättyessä.

Lämpötilamittaukset tehdään betoniin asennetuista putkista tai käyttäen mittausantureita. Myös ulkoilman tai rakennetta ympäröivän veden lämpötilaa tarkkaillaan.

Ennen jännittämisen aloittamista puretaan muotit ankkurointialueelta ja rakenteen sivulta ja varmistetaan, ettei rakenteessa ole betonintivaurioita.

Lisäksi varmistetaan, että jännittämisestä aiheutuvat rakenteen piteuden muutokset pääsevät tapahtumaan suunnitellulla tavalla.

Liikkuvien laakereiden asennuslevyt poistetaan ennen rakenteen jännittämistä.

3.4.9.4 Jännittäminen

- .1 Rakenne jännitetään käyttäen Tiehallinnon hyväksymää jännemenetelmää. Käyttöselosteen on oltava työmaalla.
- .2 Jännittämisestä on ilmoitettava tilaajan edustajalle viimeistään kaksi vuorokautta ennen työn aloittamista.
- .3 Jännittämistyön aikana betonin lämpötilan on oltava vähintään +5 °C. Ympäristön lämpötilan tulee olla yli -10 °C.

Jännittämisen avulla varmistetaan, että rakenteeseen syntyy suunnitelman mukainen jännitystila.

Jännittämisessä käytetään kalibroitua kalustoa. Kalibrointitodistus ei saa olla yhtä vuotta vanhempi. Voiman ja venymän mittauksen epätarkkuus saa olla enintään 2 %.

Jännittämisen aikana kannatintelineet lasketaan jännittämistyösuunnitelman mukaisesti.

- .4 Jänneterästen (esim. punosten, lankojen tai tankojen) päitten katkaisuaika-kohta jännittämisen jälkeen ilmoitetaan tilaajan edustajalle ennen katkaisutyötä.
- .5 Jälkijännittämisen estävien työvaiheiden suoritus ei ole sallittua ennen kuin jännittämisspöytäkirjat on esitetty tilaajan edustajalle.

3.4.9.5 Injektointi

- .1 Injektoinnissa noudatetaan standardissa SFS-EN 445 /21/ esitettyjä vaatimuksia injektointilaitteiden ja injektointimenettelyn suhteen.

- .2 Jännittämistyöt suunnitellaan siten, että jänneet voidaan injektoida heti jännittämisen jälkeen.
- .3 Jännittämistyön ajoituessa kylmälle säälle suojataan rakenne siten, että ilman ja rakenteen lämpötila on vähintään 5 °C. Injektointilaastin lämpötilan on oltava vähintään 10 °C.
- .4 Laastin ja rakenteen lämpötila ei saa injektointiaessa ylittää +25 °C.
- .5 Injektoinnin aloittamisen ajankohta ilmoitetaan tilaajan edustajalle ennen injektointityötä.

Jos lämpötila laskee yllättäen eikä rakennetta voida tämän vuoksi heti injektoida, lämmitetään rakennetta niin paljon, että injektointi voidaan tehdä suuremmista viivytyksistä. Ellei näin voida menetellä, jänneteräkset suojataan väliaikaisesti pitämällä ilman suhteellinen kosteus suojaputkissa alle 40 %:ssa.

Suojaputkia ei saa huuhdella vedellä.

Suojaputket injektoidaan yhtäjaksoisesti yksi kerrallaan ja injektointia jatketaan niin kauan, että suojaputken toisesta päästä ja apuputkista purkautuva laasti on täysivahvuista. Apuputket suljetaan työn edistymisen mukaan.

- .6 Jos suojaputki injektoinnin aikana tukkeutuu, laaditaan korjaussuunnitelma, joka toimitetaan tilaajan edustajalle tarkastettavaksi.
- .7 Kylmällä säällä pidetään rakenne vähintään +5 °C lämpötilassa vähintään yksi vuorokausi ennen ja kolme vuorokautta jälkeen injektoinnin.

3.4.9.6 Laadunvalvonta

- .1 Jännittämistöistä laaditaan työvaihekohtainen laatusuunnitelma ottaen huomioon SFS-EN 446:ssa /22/ esitetyt menettelyt.
- .2 Jänneteräkset ankkureineen ja halkaisuteräksineen tarkastetaan ennen rakenteen betonointia.
- .3 Jännittämisen aikana tarkkaillaan mm. rakenteen kokoonpuristumista, taipumaa ja halkeamien syntymistä. Laskettua suurempien muodonmuutosten tai halkeamien ilmaantuessa jännittäminen keskeytetään.
- .4 Selvitetään vaurioiden syyt ja laaditaan suunnitelma vaurioiden korjaamista ja jännittämistyön loppuun suorittamista varten.
- .5 Injektointilaastin laadunvalvonnassa noudatetaan standardissa SFS-EN 445 esitettyjä koemenetelmiä ja standardin SFS-EN 446 kohdan 8.4 mukaista näytteenottotiheyttä.

Tilavuudenmuutoskokeena suositellaan käytettäväksi standardin SFS-EN 445 kohdan 3.4.3 mukaista astiamenetelmää.

- .6 Jännittämisestä ja injektoinnista laaditaan pöytäkirjat Tiehallinnon hyväksymälle kaavakkeelle.

3.4.9.7 Kelpoisuuden osoittaminen

- .1 Jännittämistöiden kelpoisuus osoitetaan jännittämis- ja injektointipöytäkirjojen avulla.

3.4.9.8 Dokumentointi

- .1 Jännittämis- ja injektointipöytäkirjat, betonin ja laastin puristuslujuustiedot sekä rakenteen muodonmuutosten mittaustulokset luovutetaan tilaajan edustajalle.

3.4.10 Elementtien valmistus, käsittely, kuljetus ja asennus

3.4.10.1 Yleistä

Elementtien valmistus valmistuslaitoksessa

- .1 Elementit valmistetaan tarkastetun valmistuksen piiriin kuuluvassa valmistuslaitoksessa.
- .2 Valmistuslaitoksella on oltava tarkastajan hyväksymä, toimiva laadunhallintajärjestelmä. Laadunhallintajärjestelmäasiakirjoissa käsitellään ainakin seuraavat asiat:
- organisaatio
 - tuotantotilat ja varastot
 - koneet ja laitteet
 - vaakojen sekä testaus- ja mittausvälineiden kalibrointi ja niiden käyttöohjeet
 - raaka-aineet ja tarvikkeet sekä niiden vastaanottotarkastukset
 - muottien rakentaminen sekä niiden mittojen tarkastus, puhdistus ja käsittely
 - raudotteiden, nostolenkkien ja muiden metalliosien valmistus ja asennus sekä niiden sijainnin ja mittojen tarkastus
 - betonimassan koostumus ja valmistus sekä massakokeet ja kokeet kovettuneella betonilla
 - elementtien betonointi, pintojen käsittely, jälkihoito, suojaus ja lämpökäsittely sekä näihin työvaiheisiin liittyvät työnaikaiset tarkastukset
 - muottien purkulujuuden määrittäminen ja muottien purkaminen
 - elementtien jännittämislajuuden määrittäminen ja jännittäminen sekä työvaiheeseen liittyvät kalibroinnit ja tarkastukset
 - elementtien merkitseminen
 - valmiiden elementtien tarkastaminen
 - elementtien siirrot, varastointi ja tukeminen
 - elementtien kuljetus työmaalle
 - elementtien kelpoisuuden osoittaminen
 - materiaalien ja tarvikkeiden hankintaan sekä elementtien valmistukseen, käsittelyyn ja kuljetukseen liittyvien tietojen dokumentointi
 - sisäinen laaturaportointi ja reklamaatioiden käsittely.

- .3 Tilaajan edustajalla on oikeus tutustua elementtien valmistuslaitoksen laadunhallintajärjestelmäasiakirjoihin.

Elementtien valmistus työmaalla

- .4 Elementtien valmistuksessa, laadunvalvonnassa ja kelpoisuuden osoittamisessa noudatetaan soveltuvin osin edellä esitettyjä paikallavalettavien rakenteiden tekemiseen liittyviä vaatimuksia ja ohjeita.

3.4.10.2 Suunnitelmat

- .1 Elementtien valmistukseen, käsittelyyn ja kuljetukseen liittyviä erillisiä työ- ja laatusuunnitelmia ei yleensä laadita, ellei suunnitelma tai elementtien valmistuslaitoksen laadunhallintajärjestelmä niitä edellytä.

Suunnitelmat laaditaan, jos elementtien valmistus tapahtuu työmaalla tai valmistuslaitoksen laadunhallintajärjestelmäasiakirjat eivät ole näiltä osin riittävän yksityiskohtaiset.

- .2 Elementtien asennuksesta laaditaan asennussuunnitelma, joka toimitetaan tilaajan edustajalle vähintään viikko ennen asennustöiden aloittamista.

- .3 Asennussuunnitelmassa esitetään ainakin seuraavat asiat:

- työnjohto
- asennuspaikalla tehtävät järjestelyt
- asennuskalusto
- elementtien asennusjärjestys ja -aikataulu
- asennustapa ja -toleranssit
- elementtien työnaikainen tuenta
- elementtien saumaus ja liitokset
- täydennysvalut
- rakenteen jännittäminen
- viimeistelytyöt
- asennuksen laadunvalvonta
- elementtirakenteen kelpoisuuden osoittaminen.

- .4 Elementeistä kootun rakenteen jännittämisestä ja injektoinnista laaditaan jännittämissuunnitelma, jossa käsitellään samat asiat kuin paikallavalettavien rakenteiden jännittämissuunnitelmassa (ks. kohta 3.4.9.1).

3.4.10.3 Valmistus

- .1 Elementtien lämpökäsittelystä tehdään yksityiskohtainen kuvaus. Siinä esitetään mm. lämmitysmenetelmä, betonin lämpötila betonoitaessa ja sen jälkeen eri vaiheissa, vaiheiden kesto, lämpötilan ja lämpötilaerojen mittaustapa ja arvio betonin lujuudenkehityksestä sekä veden haihtumisen estäminen.
- .2 Elementtien lämpökäsittelyn aiheuttama lujuuskato otetaan huomioon betonin suhteituslujuutta valittaessa. Lujuuskato selvitetään ennakkokokeiden tai muun luotettavan selvityksen perusteella (vrt. kohta 3.4.5.2).

Elementtien pystypintoihin ruiskutetaan heti muottien purkamisen jälkeen Tiehallinnon hyväksymä jälkihoitoaine. Kuivalla säällä ja muulloinkin, kun halkeamien muodostumisvaara on ilmeinen, elementit suojataan paketoimalla ne muovikalvon sisään (ks. kohta 3.4.4.6).

3.4.10.4 Siirrot ja varastointi

- .1 Elementteihin ei saa siirron ja varastoinnin aikana tulla halkeamia eikä pysyviä muodonmuutoksia.
- .2 Ellei laskelmin muuta osoiteta on betonin puristuslujuuden oltava elementtejä siirrettäessä vähintään 70 % suunnittelulujuudesta.
- .3 Lisäksi huolehditaan siitä, että siirron edellyttämät jänneet on jännitetty ja mahdollisesti tarvittavat lisätuet on asetettu paikoilleen.

3.4.10.5 Kuljetus

- .1 Elementtien kuljetusta ja nostoja varten laaditaan kirjalliset ja tapauskohtaiset ohjeet. Ohjeissa käsitellään mm. seuraavat asiat:
 - nostoelimet ja -kohdat
 - elementtien tuentatapa ja -pisteet
 - elementtien suojaus.
- .2 Elementit suojataan kuljetuksen aikana likaantumiselta ja suolaroiskeelta.
- .3 Elementteihin ei saa tulla kuljetuksen ja työmaalla tapahtuvien nostojen aikana halkeamia eikä pysyviä muodonmuutoksia.

Ellei elementeiltä vaadittua kuljetuksen aikaista lujuutta selvitetä laskelmin, kuljetetaan elementit valmistuspaikalta työmaalle vasta sitten, kun betoni on saavuttanut suunnittelulujuuden.

3.4.10.6 Asennuskalusto

- .1 Elementtien asentamiseen varataan sellainen kalusto, että työ voidaan tehdä luotettavasti työn tuloksen laadusta ja työturvallisuudesta tinkimättä.

3.4.10.7 Nostopaikan kantavuus ja vahvistaminen

- .1 Nostopaikan kantavuus selvitetään riittävää asiantuntemusta käyttäen. Tarpeen vaatiessa maaperän kantavuutta parannetaan. Nostopaikan kantavuuden arvioiminen ja tarvittavien vahvistustoimenpiteiden suunnittelu on annettava vaativissa tapauksissa pätevän geoteknisen asiantuntijan tehtäväksi.
- .2 Kantavuustarkasteluihin liittyvät laskelmat ja maaperän vahvistussuunnitelmat toimitetaan tilaajan edustajalle.

3.4.10.8 Sillan käyttö asennusalustana

- .1 Olemassa olevan sillan tai jo asennetun sillan osan käyttäminen asennusalustana edellyttää tilaajan lupaa. Mahdollisesti tarvittavat kantavuustarkastelut teetetään Tiehallinnon hyväksymällä tavalla joko sillan suunnittelijalla tai vastaavan pätevyyden omaavalla asiantuntijalla.
- .2 Kantavuustarkasteluihin liittyvät laskelmat toimitetaan tilaajan edustajalle viimeistään kaksi viikkoa ennen asennuksen aloittamista.

3.4.10.9 Elementtien väliaikainen tukeminen

- .1 Tarpeen vaatiessa elementit tuetaan asennuksen aikana paikoilleen väliaikaisesti. Ellei työnaikaista tuentaa ole esitetty suunnitelmassa, on urakoitsijan mitoitettava tuet itse määräyksenmukaisille kuormille.
- .2 Työnaikaisia tukia varten ei elementteihin saa tehdä pysyviä kiinnikkeitä ilman tilaajan edustajan lupaa.

3.4.10.10 Saumat, liitokset ja täydennysvalut

- .1 Saumat tehdään Tiehallinnon hyväksymällä saumauslaastilla tai –massalla. Saumausaineelta edellytetään riittäviä säilyvyys-, tartunta- ja muodonmuutosominaisuuksia. Sen on säilytettävä toimintakykynsä lämpötila-alueella –40 °C...+70 °C sekä kestettävä tiesuolojen, laimeiden happojen ja emästen sekä otsonin ja UV-säteilyn vaikutusta. Suojaamattoman kansirakenteen saumassa käytettävän saumausaineen on lisäksi kestettävä öljyn ja bensiinin vaikutusta. Näkyvän sauman saumausaineen on oltava väriltään harmaa ellei suunnitelmassa esitetä muuta väriä.

Hyväksyttäviä saumausmassoja on esitetty SILKO-ohjeessa 3.731/19/.

- .2 Juotosvalut betonilla, juotoslaastilla tai -massalla sekä liimaukset epoksiliimalla tehdään ohjeen B4 kohdan 4.2.5.3 mukaisesti.
- .3 Hitsauskiinnitykset tehdään SYL 4:n vaatimuksia ja ohjeita noudattaen. Suunnitelmaan kuulumattomia hitsausliitoksia ei saa tehdä ilman tilaajan edustajan lupaa.

Täydennysvaluja suunniteltaessa ja valmisteltaessa pidetään huolta siitä, että pinnat, joita vasten betonoidaan, ovat riittävän karkeita.

Kylmällä säällä elementit lämmitetään niin, että pinta, jota vasten valetaan, on sula.

Täydennysvalujen ja saumausten lämpösuojauksia suunniteltaessa huolehditaan siitä, että lämpö ei karkaa elementtien kautta.

3.4.10.11 Valmistajan tunnusmerkin sijoittaminen

- .1 Valmistaja saa sijoittaa rakenteeseen tunnusmerkkinsä tilaajan edustajan hyväksymällä tavalla. Ks. myös kohta 3.2.4.6 Elementteihin tehtävät merkin-

nät.

3.4.10.12 Rakenteen jännittäminen ja injektointi

- .1 Jännittämistä ja injektointia koskevat edellä kohdassa 3.4.9 esitetyt vaatimukset ja ohjeet.

Ennen jännittämistä varmistetaan siitä, että elementit sopivat toisiinsa suunnitelman edellyttämien toleranssien puitteissa.

3.4.10.13 Viimeistelytyöt

- .1 Elementit korjataan ja viimeistellään kohdan 3.4.4.8 mukaisesti.
- .2 Asennuksessa käytetyt apurakenteet puretaan. Rakenne ja asennuspaikka siistitään kaikilta osiltaan.

3.4.10.14 Työnaikaiset tarkastukset

- .1 Elementtien kunto ja mitat tarkastetaan ennen asentamista. Sellaisia elementtejä, jotka eivät täytä laatuvaatimuksia ei saa asentaa paikoilleen ilman tilaajan edustajan lupaa.
- .2 Elementtien muoto ja sijainti tarkastetaan ennen saumausta.
- .3 Saumausbetonin, -laastin, -massan ja epoksiliiman riittävästä lujuudesta varmistetaan ennen rakenteen jännittämistä.

3.4.10.15 Kelpoisuuden osoittaminen ja korjaavat toimenpiteet

- .1 Elementtirakenteen kelpoisuus osoitetaan ja korjaavat toimenpiteet suunnitellaan ja toteutetaan kohdan 3.1.6 mukaisesti ottaen huomioon, mitä kelpoisuuden osoittamisesta ja korjaavista toimenpiteistä on esitetty kohdissa 3.2.4, 3.4.3.6, 3.4.4.10, 3.4.5.3, 3.4.6.6, 3.4.8.7 ja 3.4.9.7.
- .2 Elementtien toimituslujuuden toteamiseksi tehtyjen puristuslujuuskokeiden tuloksia voidaan käyttää hyväksi osoitettaessa betonin kelpoisuutta puristuslujuuden osalta, jos valmistussuunnitelmassa on voitu luotettavasti osoittaa, että betoni ennen rakenteen käyttöönottoa saavuttaa suunnitelmanmukaisen lujuuden.
- .3 Tilaajan edustajan kanssa voidaan sopia myös betonin puristuslujuus tutkimisesta rakennekoekappaleista. Tällöin menetellään seuraavasti: Viimeksi valetusta elementistä porataan kaksi koekappaletta betonointikertaa kohti, kuitenkin vähintään yksi jokaista alkavaa 100 m³ kohti. Lisäksi huolehditaan siitä, että koko toimitusta kohti koekappaleiden määrä on vähintään kuusi. Kaikkien koekappaleiden puristuslujuuden on täytettävä asetettu vaatimus. Jos jokin koetuloksista alittaa vaatimuksen, porataan elementeistä lisäko-

kappaleet, joiden lukumäärä on sama kuin ensimmäisellä kerralla. Vertailulujuus lasketaan tämän jälkeen kaikkien koekappaleiden puristuslujuustulosten perusteella.

- .4 Elementtien toimittajan on luovutettava kirjallinen selvitys paalujen lujuudenkehityksestä puristuslujuus- ja lämpötilanmittaustuloksineen tilaajan edustajalle.

3.4.10.16 Dokumentointi

- .1 Elementtien valmistukseen, käsittelyyn ja kuljetuksiin liittyvät suunnitelmat ja muistiinpanot säilytetään tilaajan mahdollisia tarkastuksia varten vähintään 10 vuotta.
- .2 Työmaalla tehtyihin töihin liittyvät suunnitelmat ja muistiinpanot luovutetaan tilaajan edustajalle.

3.5 KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Ympäristöministeriö 2000. B4 Suomen rakentamismääräyskokoelma, Betonirakenteet, ohjeet 2001.
- /2/ Betonirakenteet. Polymeerit sillankorjausmateriaalina. Tielaitos, tiehallitus TIEL 730095-SILKO 1.202.
- /3/ by 40-1994, Betonipinnat. Helsinki. Suomen Betoniyhdistys r.y. ISBN 951-9365-68-0.
- /4/ Betonirakenteet. Paikkausaineet. Tielaitos, siltakeskus TIEL 2230097-SILKO 3.231.
- /5/ Betonirakenteet. Paikkaus ilman muotteja. Tielaitos, siltakeskus TIEL 2230096-SILKO 2.231.
- /6/ Betonirakenteet. Halkeaman injektointi epoksilla. Tielaitos, siltakeskus TIEL 2230096-SILKO 2.236.
- /7/ Betonirakenteet. Halkeaman kapillaarinen imeytys. Tielaitos, siltakeskus TIEL 2230096-SILKO 2.239.
- /8/ Kivirakenteet. Luonnonkivi verhouksmateriaalina. Tie- ja vesirakennushallitus TVH 730095-SILKO 1.501.
- /9/ by 29-1988. Ruiskubetoniohjeet. Suomen Betoniyhdistys r.y. ISBN 951-9365-32-X, ISSN 0358-5239.
- /10/ Betonirakenteet. Vakiobetonit. Tiehallinto, siltayksikkö. TIEL 2230097-SILKO 3.211.
- /11/ BS 7295, British Standard: Part 2: 1990. Fusion Bonded epoxy coated carbon steel bars for the reinforcement of concrete. ISBN 0580 18316 5.

- /12/ RIL 147-1993. Tukitelineet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. ISBN 951-758-307-9.
- /13/ by 32-1992. Betonirakenteiden säilyvyysohjeet ja käyttöikämitoitus. Suomen Betoniyhdistys r. y. ISBN 951-9365-54-0, ISSN 0358-5239.
- /14/ Betonirakenteet. Sementti-injektointi. Tielaitos, siltakeskus. TIEL 2230096-SILKO 2.237.
- /15/ RIL 149-1995 Betonityöohjeet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. ISBN 951-758-341-9
- /16/ Betonirakenteet. Injektointi-, imeytys- ja sulkuaineet. Tielaitos, siltakeskus TIEL 2230097-SILKO 3.235.
- /17/ Betonielementtien toleranssit. SBK 1993. Julkaisu 1.20 Vaatimukset. Julkaisu 1.21 Opastavia tietoja. Suomen Betoniteollisuuden Keskusjärjestö. ISBN 951-9365-58-3.
- /18/ Jänneterästen korroosioasteen määrittäminen. TIEL siltakeskus, 15.6.1994 94/20/Sk-279.
- /19/ Saumaussmassat. Saumarakenteet. Tielaitos. TIEH 730097-SILKO 3.731
- /20/ Siltojen tukitelineet. Tielaitos, siltakeskus, 1996, TIEL 2170009 ISBN 951-726-154-3
- /21/ SFS-EN 445. 1996. Jänneterästen injektointilaastit, Testausmenetelmät, Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. 12 s.
- /22/ SFS-EN 446. 1996. Jänneterästen injektointilaastit, Injektointimenettelyt, Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. 8 s.
- /23/ SFS-EN 447. 1996. Jänneterästen injektointilaastit, Tavallisen laastin määrittely, Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. 5 s.
- /24/ Kimmovasaran käyttäjän ohje. Tiehallinto, Siltayksikkö, Tiehallinnon selvityksiä 60/2001, TIEH 3200706. Helsinki 2001.
- /25/ Siltabetonien P-lukumenettely. Tiehallinto, Siltayksikkö, Tielaitoksen selvityksiä 46/2000. Helsinki 2000.
- /26/ Sementtistandardi SFS-EN 197-1. Sementti – Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus.
- /27/ Standardi SFS-EN 12350-7. Tuoreen betonin testaus – Osa 7: Ilmamäärä, Painemenetelmät.
- /28/ Siltojen betonirakenteiden pinnat, Suunnittelu. Tiehallinto, Siltayksikkö, TIEL 2170012. Helsinki 2000.
- /29/ Siltojen betonirakenteiden pinnat, Siltakohtaisten laatuvaatimusten ja työtapaehdotusten mallit. Tiehallinto, Siltayksikkö, TIEL 2170013. Helsinki 2000.

/30/ Betonirakenteet. Betonointi ruiskuttamalla. Tielaitos, siltakeskus TIEL
2230095-SILKO 1.232.

/31/ Betonirakenteet. Korjaus ruiskubetonoimalla. Tielaitos, siltakeskus TIEL
2230096-SILKO 2.234.

3.6 LIITTEET

Liite 1: Betonin suhteitustiedot (lomake)

Liite 2: Ruiskubetonin ominaisuuksien tutkiminen koelaatoista ja rakenteesta otetuista näytteistä

Liite 3: Epoksinnoitettujen betoniterästankojen testausmenetelmät

BETONIN SUHTEITUSTIEDOT:

Työkohde/Rakenneosa: _____		
Betonin valmistaja: _____		
Suunnittelulujuus: _____ MPa Pakkasenkestävyytluku: _____		
Vaadittu ilmamäärä: _____ % Suurin raekoko: _____ mm Notkeus: _____ sVB		
SIDEAINEET:		
Rakennussementin tuotenimi/valmistaja: _____		
Rakennussementin tyyppi- ja luokkatunnus: _____		
Rakennussementin määrä:	_____	kg/m ³
Silikajauheen määrä:	_____	kg/m ³
Masuunikuonajauheen määrä:	_____	kg/m ³
Lentotuhkan määrä:	_____	kg/m ³
TEHOLLINEN VESIMÄÄRÄ:		
(Kokonaismäärä = kiviaineksen pintavesi + sekoitusvesi + lisäaineiden sisältämä) _____ kg/m ³		
VESISIDEAINESUHDE:		
(tehollinen vesimäärä / sideainemäärä) _____		
KIVIAINES (kuiva-ainemäärä):	_____	kg/m ³
HIENOAINESMÄÄRÄ (sideaine + alle 0,25 mm kiviaines):	_____	kg/m ³
SUHTEITUSLUJUUS:	_____	MPa
ILMAMÄÄRÄ TEHTAALLA:	_____	%
LISÄAINEET:	Merkki:	Annostus % sideaineen painosta
Huokoste:	_____	_____
Notkiste:	_____	_____
Hidaste:	_____	_____
<u>ENNAKKOKOKEIDEN TULOKSET:</u>		
Puristuslujuus: _____ MPa	P-luku: _____	Ilma: _____ %
Tiheys: _____ kg/m ³		
Työstettävyys testattu valukokeella:	kyllä _____	ei _____
Ilmamäärän väheneminen selvitetty kuljetuksen aikana:	kyllä _____	ei _____
Laatinut: _____		
Tarkastanut: _____		
Tilaajan merkinnät: _____		

RUISKUBETONIN OMINAISUUKSIEN TUTKIMINEN KOELAATOISTA JA RAKENTEESTA OTETUISTA NÄYTTEISTÄ

1. Betonin ominaisuudet ruiskutetuista koelaatoista otetuista näytteistä

Koelaatat tehdään ruiskuttamalla muotteihin. Jos ruiskubetonissa käytetään kiihdytettä, tulee sen menekin olla sama kuin arvosteluerää ruiskutettaessa käytetty suurin kiihdytemenekki.

Arvosteluerät ja rakennuspaikalla arvosteluerää kohden tehtävien kelpoisuuskoekappaleiden (ruiskutetut laatat) määrät puristuslujuuden osalta ovat taulukon 1 mukaiset. Kuivaseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin kelpoisuuden osoittamisessa käytetään tarkastamatonta valmistusta koskevia koekappalemääriä.

Puristuslujuus todetaan standardin SFS 4474 mukaisesti. Koetuloksista laaditaan vertailulujuuslaskelma ohjeiden B4 mukaisesti.

Betonin vedenpitävyyden toteamiseksi tehdään vähintään kolme kelpoisuuskoekappaletta (ruiskutettua laattaa) kutakin ruiskutettavaa 300 m³:n betonimäärää kohden. Kuivaseosmenetelmässä betonimäärä lasketaan kuivaseosmääränä. Vedenpitävyys todetaan standardia SFS 4476 soveltaen siten, että näytteen korkeus on 120 mm.

Taulukko 1. Arvosteluerät ja arvosteluerää kohden tehtävien ruiskutettavien laattojen/kelpoisuuskoekappaleiden määrät puristuslujuuden osalta

Lujuus- luokka	Betonin valmistuksen valvonta	Arvosteluerä V m ³	Ruiskutettavat laatat/Koekappaleet (kpl) 1)
≤ K30	Tarkastettu	≤ 900	6
	valmistus	> 900	V/150
	Tarkastamaton	< 75	6
	valmistus	75-675	9
		> 675	V/75
≥ K35	Tarkastettu	≤ 600	6
	valmistus	> 600	V/100
	Tarkastamaton	< 50	6
	valmistus	50-450	9
		> 450	V/50

1) Jokaisesta laatasta valmistetaan yksi koekappale

Puristuslujuuden toteamiseksi tehtävät koelaatat ruiskutetaan puiisiin 500 * 500 * 120 mm³ suuruisiin muotteihin yhtä paksuina kerroksina kuin itse rakennekin siten, että koelaatan kokonaispaksuus on 120 -140 mm. Vedenpitävyyden toteamiseksi tehtävien laattojen tulee olla korkeudeltaan n. 140 mm. Kerrosten ruiskutusten välinen aika on sama kuin varsinaisessa työssä. Laatat säilytetään työmaalla, kunnes ne ovat riittävän lujia standardin SFS 5341 mukaiseen säilytykseen.

2. Betonin ominaisuudet rakenteesta otetuista näytteistä

Rakenteesta otettavien näytteiden irrotuksessa, säilytyksessä ja valmistuksessa noudatetaan standardin SFS 5341 ohjeita.

Rakenteet jaetaan arvostelueriin laatu- ja lujuusluokittain ja siten, että arvostelu-erään kuuluvien rakenteiden valmistus- ja jälkihoitomenetelmät ja kiihdytteen menekit eivät oleellisesti poikkea toisistaan. Arvosteluerät ja arvosteluerää kohti otettavien koekappaleiden vähimmäismäärät ovat taulukon 1 mukaiset. Kuivaseosmenetelmässä arvosteluerän suuruus lasketaan kuivaseosmääränä ja käytetään tarkastamattoman valmistuksen koekappalemääriä.

Puristuslujuus todetaan standardin SFS 4474 mukaisesti. Koetuloksista laaditaan vertailulujuuslaskelma ohjeiden B4 mukaisesti.

3. Tartuntalujuuden määrittäminen

Tartuntalujuus määritetään joko rakenteesta poratusta koekappaleesta standardin SFS 5445 mukaisesti tai vetämällä koekappale irti rakenteesta standardin SFS 5446 mukaisesti. Jos näyte irtaana porauksen yhteydessä ennen varsinaista koetta, otetaan samalta alueelta uusi näyte.

Tartuntalujuuskokeet tehdään samassa laajuudessa kuin puristuslujuuskokeet. Tartuntalujuuskokeista tehdään selostus, josta ilmenevät koepaikat, tulokset, murtokohdat ja epäonnistuneet näytteenotot. Selostus luovutetaan tilaajan edustajalle.

EPOKSIPINNOITETTUIJEN BETONITERÄSTANKOJEN TESTAUSMENETELMÄT

1 Huokoisuustarkastus

Huokoisuustarkastus tehdään märkäsienimenetelmällä, jolloin käytetään tarkastettua 67,5 voltin jännitteellä toimivaa märkäsienimittaria. Koetangot tutkitaan kokonaisuudessaan.

Pinnoitetta poistetaan tangon pinnasta tai siihen tehdään tangon pintaan ulottuva viilto ja kuorittuun tai viillettyyn kohtaan kiinnitetään mittarin hauenleuka. Sieni kostutetaan vedellä ja kosteaa sientä kuljetetaan tankoa pitkin. Pinnoitevaurion kohdalla mittari antaa äänimerkin.

Menetelmällä voidaan tutkia mm. pinnoitevaurioiden keskimääräinen esiintymistiheys tangon pituusyksikköä kohti.

2 Taivutuskoe

Taivutuskokeen avulla tutkitaan pinnoitteen ja betoniterästangon välistä tartuntaa.

Kokeessa käytetään 1,5 m mittaista suoraa tankoa. Ennen koekappaleen taivuttamista tarkastetaan pinnoitteen vauriot silmämääräisesti ja märkäsienimenetelmällä. Koekappale, jonka lämpötilan tulee olla tasainen ja korkeintaan + 15 °C, taivutetaan 180° taivutussäteen ollessa ohjeiden B4 taulukon 4.6 mukainen. Taivutuskoneen tankoa koskettavat pinnat pehmustetaan.

Taivutuksen jälkeen koekappaleiden pinnan vauriot tarkastetaan ensiksi silmämääräisesti ja sen jälkeen märkäsienimenetelmällä.

3 Tartuntavetokoe

Tartuntalujuus määritetään tartuntavetokokeella, joka tehdään vähintään kahdella pinnoitetulla ja kahdella pinnoittamattomalla koetangolla.

Koetangot valetaan pituussuuntaisesti betoniprisman, 250 x 250 x 300 mm³, keskelle. Betoniprisman raudoituksena on symmetrisesti koetankoa 100 mm:n säteellä ympäröivä hitsattu raudoiteverkko, jonka silmäkoko on 50 x 50 mm² ja verkon tangot ovat molemmissa suunnissa halkaisijaltaan 8 mm. Raudoiteverkko ulottuu prisman läpi.

Tartuntavetokoe tehdään vetämällä tanko ulos betoniprismasta. Vetovoimaa nostetaan tasaisesti tartuntavoiman suurimpaan arvoon saakka. Samanaikaisesti mitataan tangon liukuman arvot kuormittamattoman pään puolelta.

Samanaikaisesti edellä mainittujen betonikuutioiden kanssa valetaan kuusi kuutiota, 100 x 100 x 100 mm³, puristuslujuuden määrittämistä varten. Kuutiot säilytetään samoissa olosuhteissa (kosteus 95...100 % ja lämpötila 20 ±2 °C) kuin tartuntavetokokeen kuutiot ja puristetaan samanaikaisesti tartuntavetokokeen kanssa aikaisintaan 28 vrk:n iässä.

Tartuntavetokokeen tulosten perusteella lasketaan pinnoitettujen ja pinnoittamattomien koetankojen tartuntajännityksen keskiarvo liukuman arvoilla 0,05 ja 0,25 mm.