

4 RUISKUBETONIN LAATUVAATIMUKSET

4.1 Ruiskubetonin ominaisuudet

Ruiskubetoni on korkealaatuista betonia, jonka lujuus voi vaihdella käyttötarkoituksesta riippuen seuraavasti:

— puristuslujuus	30 — 70 MN/m ²
— taivutusvetolujuus	5 — 10 “
— halkaisuvetolujuus	3,5 — 4,5 “
— tartuntalujuus	1,5 — 3 “

Märkäseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin hyviä ominaisuuksia ovat massan tasainen laatu ja lisäaineiden avulla saavutettava

- hyvä tartunta alustaan
- mahdollisuus ruiskuttaa paksuja kerroksia
- hyvä pakkasenkestävyys.

Kuivaseosmenetelmällä tehdyn ruiskubetonin hyvä laatu johtuu siitä, että betoni sinkoutuu alustaa vasten suurella nopeudella (80 — 170 m/s), jolloin isommat rakeet kimpoavat pois ja pintaan jäänyt sementtilaasti muodostaa hyvän tartuntakerroksen alustan ja kiviainesrakeiden välille. Betonoitava kerros tulee kauttaaltaan hyvin tiiviiksi, koska isom-

mat rakeet iskeytyvät suurella nopeudella aikaisemmin ruiskutettuun pintaan. Lisäksi veden tarve on sementtimäärään ja rakeisuuteen nähden vähäinen eli vesisementtisuhde on 0,40 — 0,45, mikä parantaa pakkasenkestävyyttä.

Sillankorjaustöissä on saatu hyviä kokemuksia tielaitoksen siltakeskuksen hyväksymistä kuivatuotteista, jotka sisältävät usein polymeerejä ja mahdollisesti mineraalista seosainetta kuten silikaa. Tuotekohtaisiin ominaisuuksiin on perehdyttävä huolellisesti. Vertailussa on otettava huomioon, että hyvästä massasta tehty raudoituksen betonipeite voi olla ohuempi, jolloin kalliimpi hinta kompensoituu pienemmällä massamäärällä. Työtä varten on laadittava työselitys yhteistoimin tuotteen valmistajan tai maahantuojan kanssa.

Ammattitaidolla tehty ruiskubetoni on yleensä tiivistä. Ruiskubetonoitu pinta on karhea, aaltoileva ja värisävyltään vaihteleva (kuvat 17 ja 18).



Kuva 17. Hyvä ruiskubetonipinta.



Kuva 18. Ruiskubetonipinnan värisävy vaihtelee häiritsevästi.

4.2 Ympäristöluokitus

Sillankorjaustöissä noudatetaan betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevän yleisohjeen /1/ taulukossa 8 esitettyä ympäristöluokitusta.

Betonin lujuusluokka määräytyy yleensä rakenteen alkuperäisen suunnittelulujuuden mukaan. Ellei tietoja ole saatavissa, käytetään betonia sillankorjausmateriaalina käsittelevän yleisohjeen /1/ tauluk-

koa 8. Lujuusluokkavaatimus ei ole korjaustöissä aina ehdoton, jos muut betonin säilyvyyden kannalta tärkeämmät ominaisuudet niin vaativat. Tästä on oltava maininta suunnitelma-asiakirjoissa. Ruiskubetonin lujuus ei saa olla 20 MN/m² suurempi kuin betonialustan lujuus.

4.3 Ruiskubetonin laatukriteerit

Ruiskubetonointityön yleiset olosuhdevaatimukset ovat

- ilman ja rakenteen lämpötila +5 — +20 °C
- tuulen nopeus alle 2 m/s
- työtä ei saa tehdä vesisateessa
- pintaan ei saa kohdistua suoraa auringon säteilyä.

Jos oloja ei saada paikallisin järjestelyin sopiviksi, tulos on varmistettava ennakkokokein.

Taulukossa 1 on esitetty ruiskubetonin laatuun vaikuttavia tekijöitä, jotka on otettava huomioon suunnittelussa ja ruiskutustyössä.

Taulukko 1. Ruiskubetonin laatutavoitteita ja menetelmiä niiden saavuttamiseksi.

LAATUTAVOITTEITA	MENETELMIÄ
Vaurioituneen betonin poisto niin, ettei synny halkeamia.	Suihkupuhdistus, jos poistosyvyys on alle 5 mm. Vesipiikkaus (yli 800 bar), jos poistosyvyys on yli 5 mm. Vesipiikkauksen jälkeen suurpainepesu.
Betonialustan puhdistus irtonaisista aineksista ja epäpuhtauksista.	Suihkupuhdistus hiekka- tai vesihiekka-puhalluksella.
Esikastelu niin, että alusta on riittävän kostea, muttei liian märkä (kiiltävä).	Runsas kastelu vuorokausi ennen ruiskutusta.
Plastisen halkeilun estäminen.	Kuituruiskubetoni. Ruiskubetonikerroksen jyrkkiä paksuusvaihteluita on vältettävä. Jälkihoito pintajännitystä pienentävällä jälkihoitoaineella välittömästi pinnan viimeistelyn jälkeen.
Kuivumisesta ja karbonatisoitumisesta johtuvien halkeamien estäminen.	Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan tai jälkihoito parafiinipohjaisella jälkihoitoaineella.
Hidas karbonatisoituminen.	Pieni vesisideainesuhde (alle 0,40). Ei mineraalisia seosaineita. Avonaisten huokosten sulkeminen hienorakeisemmalla pintalaastiruiskutuksella. Jälkihoito sumuttamalla vettä kahdesti päivässä viikon ajan.
Pinnan tummuusvaihtelun vähentäminen.	Mahdollisimman laajat, rajatut alueet pinnanajossa. Vesimäärän vakiointi.

4.4 Vakioruiskubetonin laatuvaatimukset

Tielaitoksen siltakeskuksen hyväksymiä vakioruiskubetoneita käytettäessä ei tarvita ennakkokokeita. Hyväksyntä perustuu Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen rakennustekniikkayksikön (VTT/RTE) tekemien testien tuloksiin. Testausohje on saatavissa VTT:n rakennustekniikkayksiköstä. Laatuvaatimukset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Vakioruiskubetonin laatuvaatimukset.

Ominaisuus	Yksikkö	Vaatus	Menetelmä
Puristuslujuus	MN/m ²	≥20	SFS 4474
Tartuntalujuus	N/mm ²	≥1,5	SFS 5441
Pakkasenkestävyys	kg/m ²	≤1,0 ^{*)}	SS 13 72 44 ^{**)}
Kutistuminen	‰	1,0	BY 22, kohta 5.1.2.7
Karbonatisoitumisnopeus	mm	≤10	NT BUILD 357
Tummuuden vaihteluväli	maks.	20	SS 81 20 03

^{*)} Edellyttää hidastuvaa rapautumisnopeutta.

^{**)} Hyväksyminen edellyttää myös hyväksyttyä tulosta jäädytysulatuskokeessa (SFS 5447)

4.5 Suhteitettavan ruiskubetonin laatuvaatimukset

Ruiskubetonimassa sekoitetaan mieluummin tehtaalla, mutta se voidaan valmistaa myös työmaalla. Jos ruiskutettavan massan määrä on yli 5 m³, työmaalla on tehtävä ennakkokoe, jossa varmistetaan, että seuraavat laatuvaatimukset täyttyvät:

- Puristuslujuuden (K) on oltava välillä $K_a < K < K_a + 20 \text{ MN/m}^2$, jossa K_a = betonialustan lujuus.
- Pakkasenkestävyysluokka määrätään yleisohjeen /1/ taulukon 8 avulla. Pakkasenkestävät rakenteet jaotellaan pakkasenkestävyysluokkiin

P20, P30, P50 ja P70. Betonin pakkasenkestävyys on sitä parempi mitä suurempi pakkasenkestävyysluku P on.

- Tartunnan alustaan on oltava vähintään 1,5 N/mm².
- Vapaa kutistuminen saa olla ns. peltimuottimenetelmällä /10/ mitattuna korkeintaan 0,5 ‰ (viikon kuluttua) tai 1,0 ‰ (neljän viikon kuluttua).

Työkohtaiset vaatimukset määrätään työselityksessä. Myös sallittavalle karbonatisoitumiselle on yleensä syytä esittää vaatimus.

4.6 Muut vaatimukset

Ruiskubetonille voidaan suunnitelmassa asettaa seuraavia lisävaatimuksia:

- Alustan tartuntalujuusvaatimus.
- Tiiviysvaatimus, joka on täsmennettävä laadunvarmistusmenetelmiseen työselityksessä.
- Sallittu väri vaihtelu.

- Sallittu epätasaisuus, joka on yleensä 10 mm kahden metrin oikolaudalla mitattuna.
- Pinnan laadun ennakkokoe.

Paljastetun raudoituksen pinnanpuhdistusaste on yleensä St 2 (SFS-ISO 8501-1).

5 RUISKUBETONOINTI

5.1 Toimintatekniikat

Ruiskubetoni on betonia, joka kuljetetaan ja tiivistetään paineilman avulla. Ruiskutusmenetelmiä ovat kuivaseosmenetelmä ja märkaseosmenetelmä. Paikkauksia voidaan tehdä myös ejektorilla, joka on yksinkertainen ja helposti liikuteltava laite.

Kuivaseosmenetelmässä tehdään kuivabetoniseos sementistä ja luonnonkuivasta kiviaineksesta. Tehdasvalmisteista kuivaseosta käytettäessä tarvitaan esikostutuslaitteet. Suositeltava vaakasuora massansiirtoetäisyys on 10—100 m ja pystysuora nostokorkeus voi olla korkeintaan 50 m. Hukkaroiske on kuivaruiskutuksessa melko suuri (10—30 %), joka pitää ottaa huomioon suojaamalla rakenteiden pinnat tarpeellisilta osin sekä estämällä roiskeiden suuntautuminen käytössä oleville liikenneväylille ja vesistöön.

Märkaseosmenetelmässä käytetään valmiiksi sekoitettua betonimassaa. Ruiskutettava massa on tasalaatuista koko ruiskutuksen ajan. Menetelmä sopii paksujen kerrosten ruiskuttamiseen. Vesisementtisuhde on korkea.

VTT/RAM on tehnyt ruiskubetonitutkimuksen /5/ tielaitoksen toimeksiannosta. Tutkimuksessa selvitettiin märkä- ja kuivaseosmenetelmällä ruiskutettujen koebetonikappaleiden

- puristuslujuus ja tiheys
- tartuntalujuus
- taivutuslujuus
- kapillaarinen veden imu
- karbonatisoituminen
- pakkassuolakestävyys
- mikrorakenne.

Kumpikaan ruiskutusmenetelmä ei osoittautunut oleellisesti toista paremmaksi minkään tutkitun ominaisuuden osalta.

Korjausrakentamisessa käytetään yleensä kuivaseosmenetelmää, mutta asia on harkittava kohteittain. Ruiskutusmenetelmien eroja on esitetty taulukossa /6/, johon on lisätty vertailu ejektointiin.

Taulukko 3. Kuiva- ja märkaseosmenetelmien ja ejektoinnin vertailu korjausrakentamisen näkökulmasta.

KUIVASEOSMENETELMÄ	MÄRKÄSEOSMENETELMÄ	EJEKTOINTI
+ Lisäaineita ei yleensä käytetä. + Pieni vesisideainesuhde. → Paremmat säilyvyysominaisuudet. + Pienikokoiset ja teknisesti yksinkertaiset laitteet. → Taloudellisuus ja joustavuus. + Sopii polymeerimassojen ruiskutukseen – Laatu riippuu ruiskuttajan ammattitaidosta. – Suurempi pölyäminen ruiskutuksen aikana. – (Suurempi hukkaroiske.) → Laatuominaisuudet sopivat paremmin korjausrakentamisen vaativampiin vaatimuksiin.	+ Ruiskutettava massa on tasalaatuista koko ajan. + Tehokkaampi laitteisto. – Runsas lisäaineiden käyttö (esim. kiihdytin). → Paksut ruiskutuskerrokset. – Suuri vesisideainesuhde. – Käsiruiskutus erittäin raskasta. – Isokokoiset laitteet (ruiskutusrobotit). → Sopii tehokkuutensa ansiosta hyvin kalliotunneleiden, uusien siltojen yms. ruiskutukseen.	+ Massa on tasalaatuista. + Pieni vesisideainesuhde. + Pienikokoinen ja yksinkertainen laite. + Taloudellinen paikkauksissa. → Sopii vain paikkauksiin.

5.1.1 Kuivaseosmenetelmä

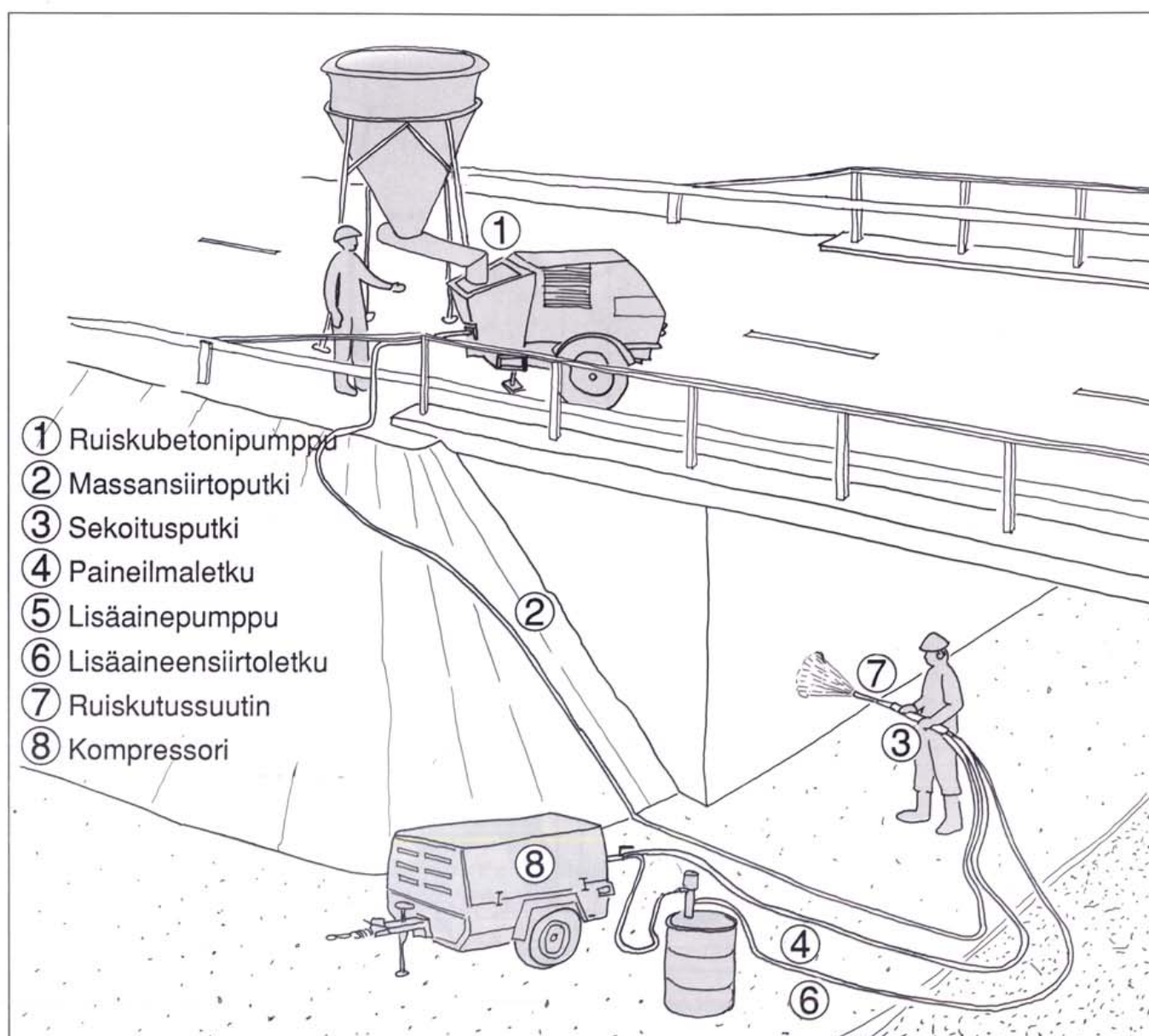
Kuivaseosruiskutuksessa tarvittava kalusto on seuraava (kuva 19):

- A. Kompressoreina käytetään yleensä dieselkäyttöisiä mäntä-, lamelli- tai ruuvikompressoreita. Paineilman tarve on 6 — 17 m³/min. Sähköaggregaatti tarvitaan, jos työmaalla ei ole sähköjakokeskusta.
- B. Paineilmaputkistona käytetään joko teräs- tai kumiputkia. Putkiston halkaisija on 25 — 150 mm. Putkistossa käytetään tarvittaessa paineilmasäiliöitä ja vedenerottimia.
- C. Betonitasku voi olla joko hydraulinen tai mekaaninen. Kuljettimen ja siilon yhdistelmää voidaan myös käyttää. Pienissä töissä massa lapioidaan betoniruiskuun. Mahdollinen massan esikostutus tehdään ennen ruiskuun siirtämistä.
- D. Betoniruiskuja on useita tyyppejä, joista revolveri(roottori)syöttötyyppi on yleisin ja pyörivällä annostelijalla varustettu painekammioityyppi uusien. Siltojen korjaustöissä on saatu tasalaatuisin

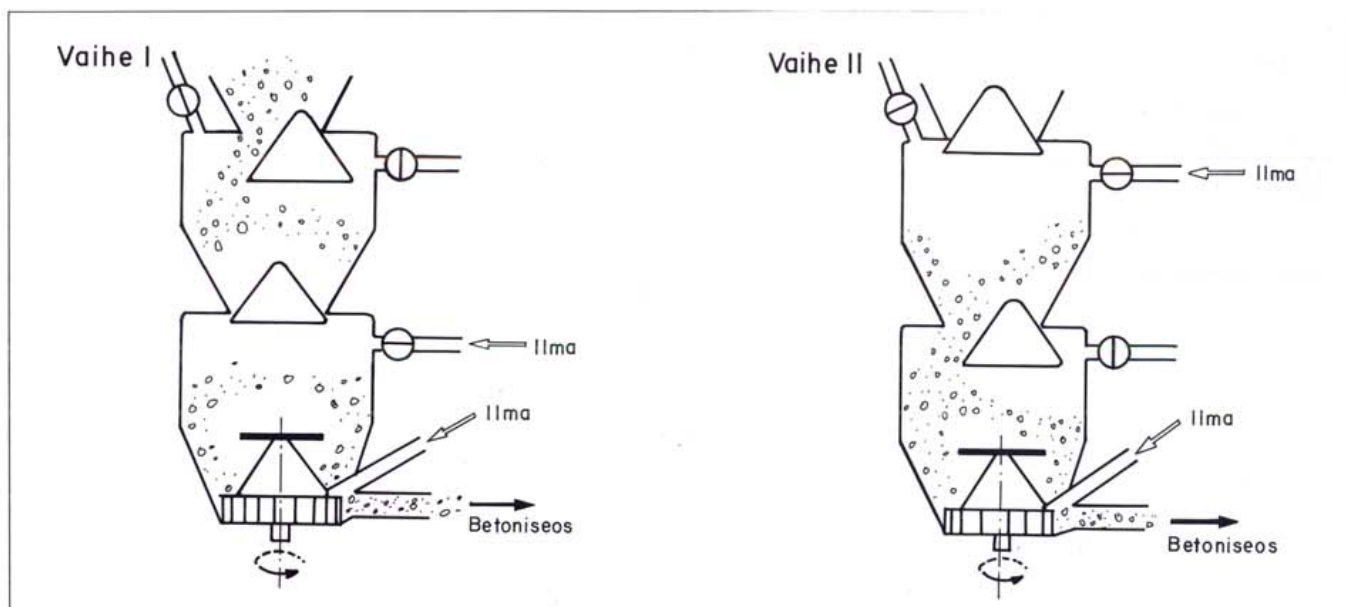
lopputulos useimmiten kaksoiskammioityyppillä. Betoniruiskujen toimintaperiaatteet selviävät kuvista 20—23.

- E. Painevesiasema tarvitaan, jos vettä ei saada vesijohtoverkostosta. Painevesiaseman muodostavat siirrettävä vesisäiliö, siipipumppu ja paineastia (50—150 l). Vesipaineen pitää olla tasainen ja 0,1—0,2 MPa (1—2 kp/cm²) suurempi kuin ilmanpaine. Tarvittava vesimäärä on korkeintaan 20 l/min.
- F. Painevesiputkistossa käytetään kumi- tai muoviletkua. Letkun halkaisija on 20—25 mm.
- G. Massansiirtoputkistossa käytetään kumista hiekanpuhallusletkua, jonka halkaisija on 30 — 50 mm.
- H. Sekoitussuuttimessa on runko, vesihana, vesiringas ja suukappale.

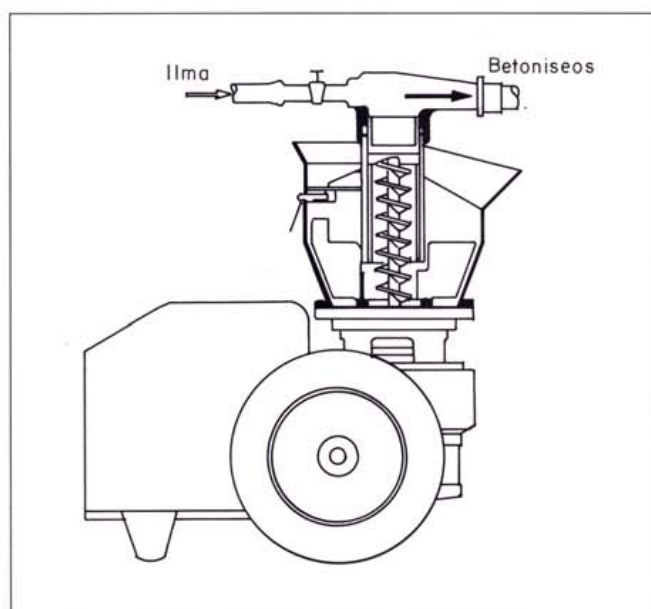
Markkinoilla on myös kevyitä pienempiin kohteisiin sopivia laitteita.



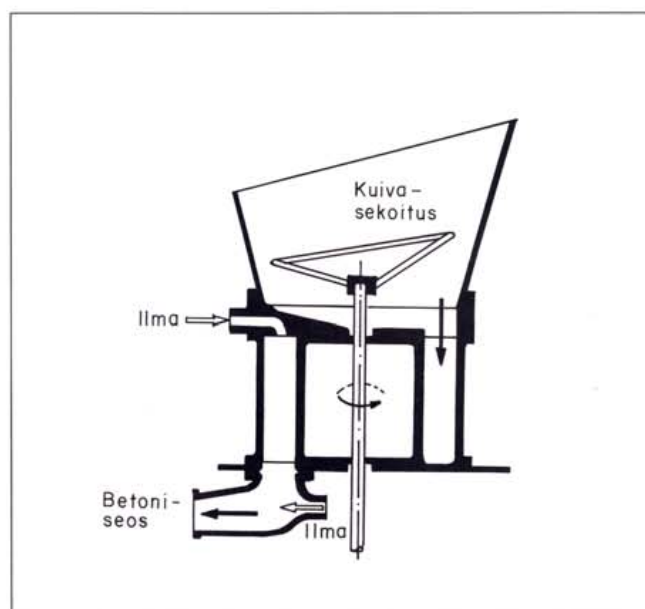
Kuva 19. Kuivaseosmenetelmän ruiskutuskalusto.



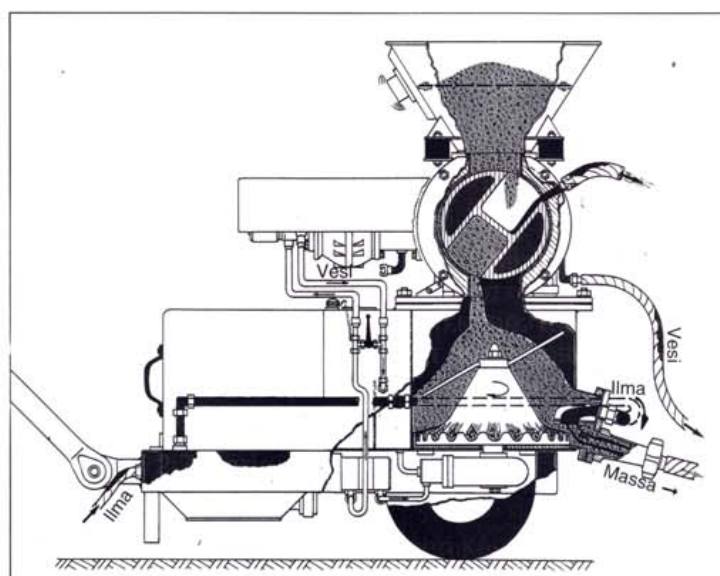
Kuva 20. Kaksoiskammioperiaatteella toimiva betoniruisku.



Kuva 21. Ruuvisyöttöperiaatteella toimiva betoniruisku.



Kuva 22. Roottori(revolveri)syöttöperiaatteella toimiva betoniruisku.

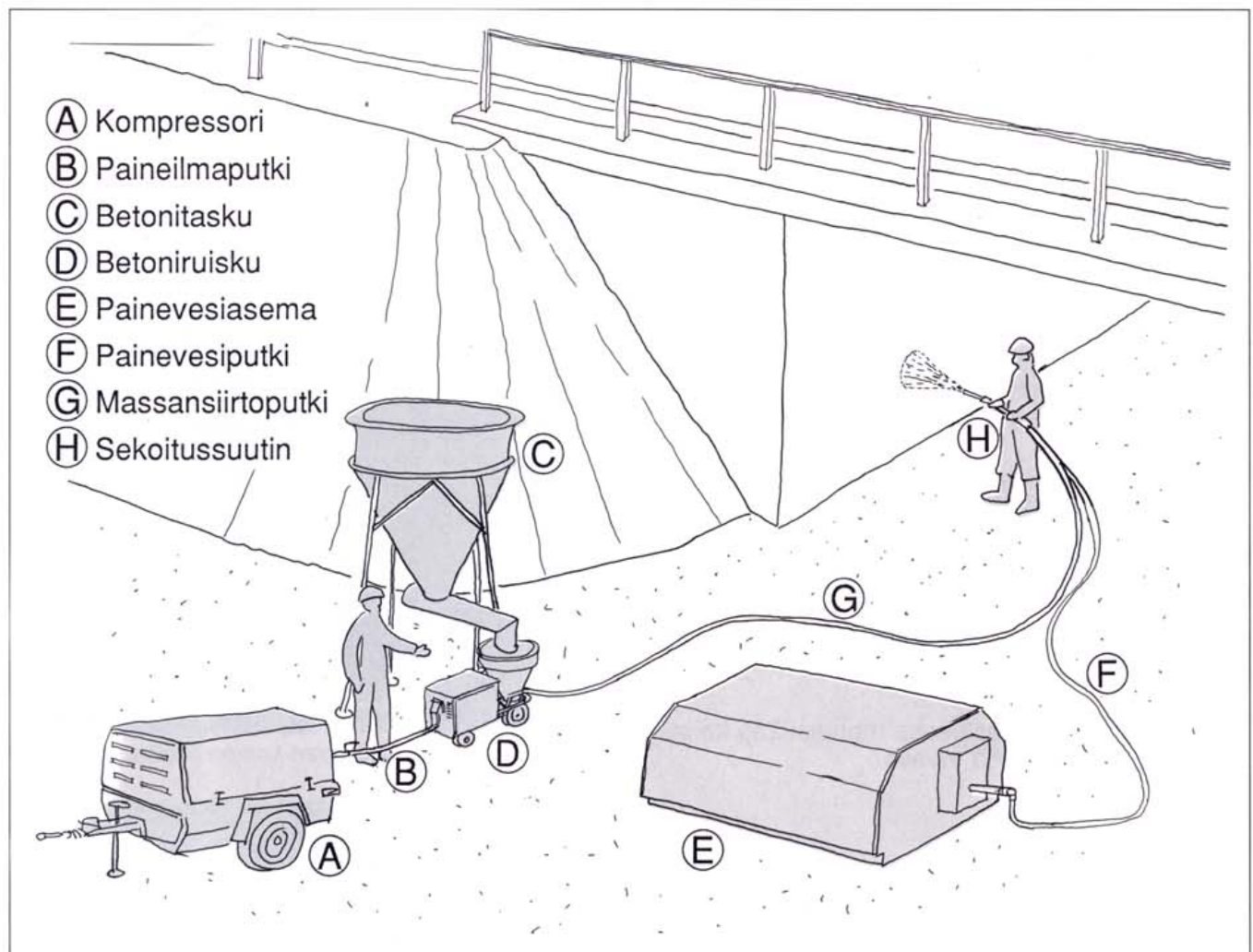


Kuva 23. Pyörivällä annostelijalla varustettu painekammio-
periaatteella toimiva betoniruisku.

5.1.2 Märkäseosmenetelmä

Märkäseosruiskutuksessa tarvittava kalusto on seuraava (kuva 24):

1. Jatkuvatoiminen ruiskubetonipumppu, jossa on hydraulinen tai mekaaninen betonitasku.
2. Massansiirtoputkistona käytetään joko teräs- tai kumiputkia. Putkiston halkaisija on 100 — 65 — 50 mm. Putkistossa on supistus- ja siirtymäkapaleita.
3. Sekoitusputki paineilma- ja lisäaine(kiihdytin)-liittymällä.
4. Paineilmaletkun halkaisija on 25 mm ja suositeltava pituus 20 m.
5. Lisäaineen annostelupumppu.
6. Lisäaineen siirtoletku, jonka halkaisija on 12,5 mm. Työpaine on 20 baaria.
7. Ruiskutussuutin, jossa on runko ja suukappale.
8. Kompressoreina käytetään yleensä dieselpäistisiä mäntä-, lamelli- tai ruuvikompressoreita. Vähimmäisteho on 2,5 m³ minuutissa 7 baarin paineella.



Kuva 24 Märkäseosmenetelmän ruiskutuskalusto.

5.1.3 Ruiskutus ejektorilla

Ejektorilla ruiskutettava laasti tarttuu hyvin alustaan ja sulloutuu tiiviiksi. Laastin kutistuminen on vähäistä, koska vesisideainesuhde on alhainen. Ejektori on rakenteeltaan yksinkertainen (kuva 25) ja sen käyttö on helppo oppia.

Hidastin parantaa laastin ominaisuuksia ja laastia voidaan valmistaa esim. päivän tarve. Hidastimen vaikutus on selvitettävä ennakkokokeella. Laastiin voidaan sekoittaa kuituja.



Kuva 25. Ruiskutusta ejektorilla.

5.2 Pintojen esikäsittely

Ruiskubetonin alustassa ei saa olla likaa, öljyä tai irtonaisia aineksia. Öljy tai rasva poistetaan ensin kemiallisesti. Vaurioitunut betoni poistetaan vesipiikkauslaitteella tai piikkausvasaralla (kuvat 26 ja 27). Vesipiikkaus on suositeltavin purkamismenetelmä varsinkin laajoilla pinnoilla. Vesipiikattu pinta huuhdellaan suurpainepesurilla. Vaurioitumattomat pinnat suihkupuhdistetaan.

Ruiskutettava pinta kastellaan ruiskutusta edeltävänä päivänä. Ruiskutuksen alkaessa pinnan pitää olla kostea, mutta se ei saa olla märkä (kiiltävä). Ruiskutettava pinta ei saa koskaan olla jäinen tai niin kylmä, että betonimassa voi jäättyä.

Hukkaroiskeet on aina poistettava ruiskutettavilta pinnoilta ja teräksistä.

Raudoitustangon paljastuessa menetellään korjausohjeessa /2/ esitetyllä tavalla.



Kuva 26. Ruiskubetonoitavan kaaren piikkausta.



Kuva 27. Maatuen vesipiikattu pinta.

5.3 Ruiskutus

Työsuunnitelma laaditaan riittävän ajoissa, jotta laitteiden ja tarvikkeiden saanti voidaan varmistaa. Samalla tulee selvitettyä työn riippuvuus ennakkokokeista. Ennakkokokeita tarvitaan, jos työhön liittyy erityisen vaativia rakenteita, joista mainitaan työselityksessä. Jos työ urakoidaan, urakoitsija esittää työsuunnitelman hyväksyttäväksi vähintään kaksi viikkoa ennen työn alkua. Työsuunnitelmassa esitetään

- ruiskutettavalle pinnalle ja ruiskutusolosuhteille asetettavat vaatimukset
- muottirakenteet
- kenttäjako ja ruiskutusjärjestys
- menettely pintavaatimuksen saavuttamiseksi
- pinnan käsittely, suojaus ja jälkihoito
- laadunvalvonta ja kelpoisuuskokeet
- työnjohdon ja ruiskuttajan pätevyys
- aikataulu
- tietojen taltiointi.

Työsuunnitelma perustuu työkohtaiseen työselitykseen.

Ruiskubetonimassan osa-aineet mitataan paino-osin. Sekoitus tehdään mieluummin pakkosekoittimella (kuva 28).

Kuivaseosmenetelmässä kiinnitetään erityistä huomiota vesimäärän säätelyyn, jolla on ratkaiseva vaikutus ruiskubetonin laatuun ja joka toisaalta perustuu ruiskuttajan näköhavaintoihin. Ruiskutuksesta on annettu yksityiskohtaiset ohjeet korjausohjeessa /2/.

Kerralla ruiskutettavan kerroksen enimmäispaksuus on pystysuorissa pinnoissa 30 mm ja vaakasuorissa pinnoissa 20 mm. Vähäiset kuopat voidaan täyttää 50 mm:n syvyydeltä yhdellä ruiskutuskerralla. Betonipeitevaatimuksen täyttymistä on seurattava erityisen tarkasti. Palkkien alapinnoissa, pilareissa tms. rakenteissa betonipeitteen paksuus ja särmien muoto saadaan oikeaksi, kun käytetään muotteja (kuva 29). Seinäpinnan paksuussmittauksessa voidaan käyttää apuna ns. kontaktitappeja ja niiden väliin pingotettuja teräslankoja tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tappeja.

Ruiskubetonin pintaa ei saa hiertää, jos massan raekoko on 0 — 8 mm. Jos pinta on hierrettävä tiukan tasaisuusvaatimuksen vuoksi tai ulkonäkösyistä, pintaan on ruiskutettava 5 — 10 mm:n hietokerros, jonka massan raekoko on 0 — 3 mm. Hierto tai kaavaus on tehtävä välittömästi ruiskutuksen jälkeen, varoen irrottamasta ruiskubetonikerrosta alustastaan (kuvat 30 ja 31).

Jos lopullisen pinnan värisävyn pitää olla tasainen, pintakerros (5 — 10 mm) ruiskutetaan lopuksi yhtäjaksoisesti (ns. pinnanajo) normaalia suuremmalla työpaineella ja kuivemmalla massalla.



Kuva 28. Ruiskubetonimassan sekoitusta pakkosekoittajalla.



Kuva 29. Palkkien ja pilareiden muodon säilyminen on varmistettu muottien avulla.



Kuva 30. Pinnan kaavausta.



Kuva 31. Pinnan hiertämistä.

5.4 Jälkihoito

Huolellisella ja riittävällä jälkihoidolla voidaan vaikuttaa oleellisesti ruiskubetonin säilyvyyteen eli pakkasenkestävyys paranee ja karbonatisoituminen hidastuu. Koska ruiskubetonimassassa on runsaasti sementtiä ja kerrokset ovat yleensä ohuita, kuivumiskutistuminen aiheuttaa halkeamia. Jälkihoito onkin aloitettava heti kun pinta kestää ja ennen kuin pintaan ilmestyy vaaleita läiskiä. Vesisumutus on suositeltavin jälkihoitomenetelmä. Tielaitoksen hyväksymiä jälkihoitoaineita voidaan käyttää, mutta vain pintakerroksen osalla. Käsittely on uusittava 3,5 vrk:n välein. Jälkihoitoaine saattaa lisätä pinnan värieroja. Suositeltava jälkihoitoaika on kaksi viikkoa, mutta sen on oltava vähintään viikko.

Jos pintahalkeamia syntyy, ne on korjattava tiivistämällä tai pinnoittamalla. Rakenteelliset halkeamat on injektoitava. Korjausmenetelmä valitaan niin, että vaurion syy tulee poistettua.

6 LAADUNVARMISTUS

6.1 Laadunvarmistuksen tavoitteet

Laadunvarmistuksella tarkoitetaan kaikkia niitä ennalta suunniteltuja järjestelmällisiä toimia, joilla varmistetaan mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän hyvä lopputulos.

Laadunvarmistuksen tavoite on siltojen korjauskentämisessä

- ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin vanhaan rakenteeseen ja käyttötarkoitukseen sopivan betonin valmistaminen
- riittävän hyvän tartunnan aikaansaaminen betonialustan ja ruiskubetonin välille.

Laadunvarmistuksen tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti suunnittelun, ennakkokokeiden, työnopastuksen ja työnaikaisten kokeiden avulla. Testaustulokset taltioidaan laaturaporttiin.

6.2 Työnjohdon ja ruiskuttajan pätevyys

Korjaustyön betonityön johtajalla on oltava vähintään rakennusmestarin koulutus ja mieluummin I-luokan betonityönjohtajan pätevyys. Lisäksi betonityönjohtajan pitää olla perehtynyt korjausbetonointiin. Jos työ urakoidaan, rakennuttajan valvojan pätevyysvaatimukset ovat samat.

Ruiskuttajalla on oltava vähintään kahden vuoden kokemus ulkobetonirakenteiden ruiskubetonointitöistä.

6.3 Korjaustyön valmistelu

Sillan korjaustyön valmistelua on käsitelty betoniasillankorjausmateriaalina käsittelevässä yleisohjeessa /1/.

Ennakkokokeet ovat yleensä tarpeen. Ennakkokokeita vastaavat tiedot voidaan hankkia aikaisemmin tehdyistä hankkeista, jotka on tehty vastaavissa oloissa ja vastaavalla betonin koostumuksella.

Kaluston toimintakunto on tarkistettava hyvissä ajoin ennen työhön ryhtymistä. Paineilman puhtaus tarkistetaan puhaltamalla ilmaa puhtaan veden pinnalle, johon ei saa muodostua öljykalvoa.

Huokoistusaineita voidaan tarvittaessa käyttää tehtyjen kokeiden osoittamalla annostuksella. Muiden lisäaineiden käyttö on aina erikseen selvitettävä ja niiden vaikutus on yleensä osoitettava ennakkokokein.

6.4 Työnaikaiset kokeet ja valvonta

Runkoaineen osa-ainesten on täytettävä betonin kiviainesohjeessa /9/ asetetut vaatimukset. Jos runkoaineista ei ole aikaisempia tietoja, ennen ruiskutustyöhön ryhtymistä tehdään seuraavat kokeet:

- pesuseulonta
- humuskoe
- seulontakoe
- kosteuden määrittäminen.

Työn aikana tehdään seulontakoe kerran viikossa.

Kokeita ei tarvita, jos käytetään tielaitoksen silta-keskuksen hyväksymiä kuivatuotteita.

Ruiskubetonin valmistukseen käytetään standardin SFS 3165 mukaista portlandsementtiä (CEM I). Värierojen välttämiseksi sementin pitäisi olla samaa valmistuserää.

Ruiskubetonissa käytettävä vesi ei saa sisältää humusta. Vesijohtovettä pyritään käyttämään. Jos se ei ole mahdollista, on selvitettävä, että vesi täyttää kloridien osalta betoninormien /11/ vaatimukset. Merivettä ei saa käyttää.

Ruiskubetonin vesisideainesuhdetta seurataan kuivattamalla massanäyte mikroaaltouunissa /10/ kerran työvuorossa.

6.5 Kelpoisuuskokeet

Ruiskubetonin kelpoisuus määritetään koelaatoista porattujen lieriöiden avulla.

Koelaatat ruiskutetaan työmaalla puihin muotteihin (500 x 500 x 70), yhtä paksuina kerroksina kuin itse rakennekin (kuva 32). Kerrosten ruiskutusten välisen ajan pitää olla sama kuin varsinaisessa työssä. Muutenkin laatat tehdään ja säilytetään rakennetta vastaavasti.



Kuva 32. Koelaatta.

Testaus tehdään 14 vrk:n iässä. Laatasta porataan kokeita varten kolme 50 mm:n lieriötä, joista määritetään puristuslujuus. Jos pinnan tiiviyyttä halutaan testata, tehdään kapillaarinen vedelläimeytyskoe, jolla saadaan selville myös betonin huokoisuus.

Koelaattoja valmistetaan yksi jokaista alkavaa 80 m³ kohden. Peräkkäin toteutettavat kohteet käsitellään samaksi hankkeeksi. Pienistä paikkauksista koelaattojen valmistus ei ole tarpeen. Kelpoisuuskokeet tehdään hyväksytyssä aineenkoetuslaitoksessa.

Luotettavin tieto ruiskubetonin laadusta ja työn onnistumisesta saadaan ottamalla näytteitä rakenteesta lieriöporalla, jonka halkaisija on tavallisesti 50 mm. Näytteet otetaan aikaisintaan 14 vrk:n ikäisestä rakenteesta ja tutkitaan muiden koekappaleiden tapaan.

Tartuntalujuus vanhaan rakenteeseen tutkitaan vetokokeilla. Jos vetokokeita ei kohteen pienuuden vuoksi tehdä, tartunta tarkastetaan koputtelemalla.

6.6 Laaturaportti

Siltojen korjaustöistä tehdään uudisrakentamisen tapaan laaturaportti. Kaikista korjaustyön vaiheista on hankittava sellaiset tiedot, joilla voidaan osoittaa, että rakenteilla on ne ominaisuudet, joita suunnitelma ja työselitys edellyttävät.

Laaturaporttiin merkitään tiedot käytetyistä materiaaleista ja muista tarvikkeista sekä tärkeimmistä työvaiheista, tarkastuksista ja työn lopputulokses-

ta. Laaturaporttiin liitetään koestustodistukset ja muu kelpoisuutta osoittava aineisto sekä korjaustyön aikaiset työsuunnitelmat ja eri työvaiheista tehdyt laadunvalvontapöytäkirjat.

Alkuperäinen laaturaportti liitteineen taltioidaan piirin siltatiedostoon ja kopio siitä lähetetään tiemestariin.

7 RINNAKKAISET OHJEET

7.1 Standardit

SFS 3165. Rakennussementit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1993. 7 s.

SFS 4474. Betoni. Puristuslujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 4 s.

SFS 5441. Betoni. Rakennekoekappaleet. Irrotus, säilytys ja valmistus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 2 s.

SFS 5446. Betoni. Tartuntalujuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 2 s.

SFS 5447. Betoni. Säilyvyys. Jäädytys-sulatuskestävyys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 2 s.

SFS 5449. Betoni. Säilyvyys. Pakkas-suolakestävyys. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1988. 3 s.

SFS-ISO 8501-1. Teräspintojen käsittely ennen pinnoitusta maalilla ja vastaavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden visuaalinen tarkastelu. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsittelyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS r.y. 1990. 10 s.

NT BUILD 357. Concrete, repairing materials and protective coating: Carbonation resistance. Espoo: Nordtest, 1989. 3 s.

SS 13 72 44. Betongprovning. Hårdnad betong. Frostresistens. SIS — Standardiseringskommissionen i Sverige, 1988. 6 s.

SS 81 20 03. Gråskala för klassificering av betongytors ljushet. SIS — Standardiseringskommissionen i Sverige, 1986. 3 s.

7.2 Muut ohjeet

/1/ Betonirakenteet. Betoni sillankorjausmateriaalina. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus 1987. 39 s. (SILKO 1.201) TVH 730095 — 1.201.

/2/ Betonirakenteet. Korjaus ruiskubetonoimalla. Helsinki: Tiehallitus, 1992. 10 s. (SILKO 2.234) TIEL 2230096 — 2.234

Betonirakenteet. Ejektointi. Helsinki: Tie- ja vesirakennushallitus, 1981. SILKO 2.233 (Moniste).

/3/ Sillanrakentamisen yleinen työselitys. Betonirakenteet — SYT 3. Helsinki: Tielaitos 1992. ISBN 951-47-5018-7. TIEL 2212215.

/4/ Ruiskubetoniohjeet 1993, by 29. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y. 1993. 27 s. ISBN 951-9365-60-5.

/5/ Ruiskubetonitutkimus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, rakennusmateriaalilaboratorio, 1992. 52 s.

/6/ Kuivaruiskubetonointi ulkobetonirakenteiden korjaamisessa. Helsinki: Teknillinen Korkeakoulu, 1993. Talonrakennustekniikan laboratorion julkaisu 36. 38 s. ISBN 951-22-1454-7.

/7/ Tukitelineet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 147 — 1984. ISBN 951-758-056-8.

Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta. Vnp n:o 629, 23.6.1994.

Työ- ja suojatelineohjeet (standardit). Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 142 — 1984.

/8/ Henkilönostoja koskeva valtioneuvoston päätös 325/86.

/9/ Betonin kiviainesohjeet 1990. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys r.y., by 33. 39 s. ISBN 951-9365-45-1.

/10/ Betonin korjausten ennakkokokeet. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 38, 1994. 41 s. ISBN 951-22-1776-7.

/11/ Betonirakenteet 1987, muutettu 1989, 1990 ja 1993. Ympäristöministeriö 1993. Suomen rakentamismääräyskokoelma (RakMK) ohjeet B4. s. 43.