



Stabilointiohje

Koekäyttöön



Stabilointiohje

Suunnitteluvaiheen ohjaus

ISBN 951-726-843-2
TIEH 2100009-02

Edita Prima Oy
Helsinki 2002

Monistetta saatavana
Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652
S-posti julkaisumyynti@tiehallinto.fi

TIEHALLINTO
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihte 0204 22 150

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA
TieL 117,2 §

KORVAA
TIEL 2222614 (Geo-658 1085/92/20/TIEH/ 10.12.1992)

KOHDISTUVUUS
Tiepiirit

VOIMASSA
1.7.2002 – TOISTAISEKSI

ASIASANAT

Tienrakennus, rakenteen parantaminen, kantava kerros, sidotut kerrokset, stabilointi, bitumistabilointi, bitumiemulsiostabilointi, bitumiemulsio, vaahdotbitumi, masuunikuona, sementti

Stabilointiohje

Stabilointiohje sisältää bitumi-, sementti-, masuunihiekka- ja komposiitti-stabiloinnin valintaa, mitoitusta, materiaaleja, ennakkokokeita ja työn suorittamista koskevia ohjeita. Eri stabilointimenetelmiä koskevat erilliset ohjeet on koottu nyt yhdeksi ohjejulkaisuksi ja samalla päivitetty yhteistyössä urakoitsijoiden ja tutkimuslaitosten kanssa.

Laatuvaatimukset esitetään erikseen Tienrakennustöiden yleisten työselitysten ja laatuvaatimusten osassa "Kantavan kerroksen stabilointi" (TIEH 2200006-02), jossa materiaali- ja ennakkokoevaatimusten osalta viitataan tähän ohjeeseen.

Tämä luonnos on koekäytössä. Palautteen osoittaa Katri Eskolalle sähköpostitse katri.eskola@tiehallinto.fi tai soittamalla numeroon 0204 22 2318.

Jakavassa ja kantavassa kerroksessa voidaan käyttää tässä julkaisussa kuvattujen stabilointien lisäksi muitakin stabilointeja ja lujittuvia materiaaleja, jos ne on hyväksytty Tiehallinnon keskushallinnossa erikseen annettavien ohjeiden mukaan.

Kehittämispäällikkö
Tie- ja geotekniikka



Kari Lehtonen

LISÄTIETOJA

Katri Eskola, puh. 0204 22 2318
Tuomo Kallionpää, puh. 0204 22 2144
Tiehallinto

MYYNTI

Tiehallinto, julkaisumyynti
s-posti julkaisumyynti@tiehallinto.fi
Telefaksi 0204 22 2652

TIEDOKSI

Tiehallinto, keskushallinnon prosessit
Tiepiirit, palvelujen hankinta
Tiehallinto, kirjasto 2

Ilmailulaitos, lentokenttäteknikka
Suomen kuntaliitto
VTT, RTE
TKK, tielaboratorio + kirjasto 1+2
TTKK, rakennusgeologian lab.+ kirjasto 1+2
Fortum Oil and Gas Oy, Bitumi
Fortum Oil and Gas Oy, Bitumitutkimus
Oy Esso Ab, bitumit
Oy Shell Ab, bitumit
IPP Oy
Finnsementti Oy
Rautaruukki Oyj/ SKJ-yhtiöt Oy
A-tie Oy
Tieliikelaitos, konsultointi
Roadscanners Oy
Asfalttiliitto ry
Andament Oy
Interasfaltti Oy
Lemminkäinen Oyj, Päälystysyksikkö
Skanska Asfaltti Oy
Tieliikelaitos, Päälyste- ja ympäristöpalvelut
Valtatie Oy
Viarex Oy

29.8.2002

2433/1999/20/22

Korjaus Stabilointiohjeeseen TIEH 2100009-02

Ohjeen sivulla 31 kaavan 3 tulee olla muotoa

$$SAP_L = SAP_O - k \times \frac{RC}{100} \times SAP_R \quad (\text{kaava 3})$$

jossa

SAP_L massaan lisättävä sideainepitoisuus (massa-%)
 SAP_O tavoitesideainepitoisuus (massa-%) kaavalla 1 tai 2 laskettuna

SAP_R rouheen sideainepitoisuus, (massa-%)

RC asfalttirouheen osuus massassa, (massa-%)

k rouheen sitoutumiskerroin, joka valitaan päällystetyypin ja käytetyn työtekniikan mukaan seuraavasti.

PAB: k= 0,5...0,8

AB esijyrsitty: k= 0,5

AB tuore tai elvytetty jyrsinrouhe: k= 0,7...0,9.

Sitoutumiskerroin voidaan valita sitä suuremmaksi, mitä hienommaksi ja tasalaatuisemmaksi vanha päällyste on jyrsitty. Tällöin vanha sideaine tulee kaikkein tehokkaimmin käytettyä hyödyksi stabilointia tehtäessä.

Kehittämispäällikkö
Tie- ja geotekniikka



Kari Lehtonen

29.8.2002

2433/1999/20/22

JAKELU

| | |
|--|-----|
| Tiehallinto, keskushallinnon prosessit | |
| Tiepiirit, palvelujen hankinta | |
| Tiehallinto, kirjasto | 2 |
| Tiehallinto, julkaisumyynti | |
| Ilmailulaitos, lentokenttäteknikka | |
| Suomen kuntaliitto | |
| VTT, RTE | |
| TKK, tielaboratorio + kirjasto | 1+2 |
| TTKK, rakennusgeologian lab.+ kirjasto | 1+2 |
| Fortum Oil and Gas Oy, Bitumi | |
| Fortum Oil and Gas Oy, Bitumitutkimus | |
| Oy Esso Ab, bitumit | |
| Oy Shell Ab, bitumit | |
| IPP Oy | |
| Finnsementti Oy | |
| Rautaruukki Oyj/ SKJ-yhtiöt Oy | |
| A-tie Oy | |
| Tieliikelaitos, konsultointi | |
| Roadscanners Oy | |
| Asfalttiliitto ry | |
| Andament Oy | |
| Elg-Yhtiöt Oy | |
| Interasfaltti Oy | |
| Lemminkäinen Oyj, Päälystysyksikkö | |
| Skanska Asfaltti Oy | |
| Suomen Laatuasfaltti Oy | |
| Tieliikelaitos, Päälyste- ja ympäristöpalvelut | |
| Valtatie Oy | |
| Viarex Oy | |
| YIT-Rakennus Oy | |

Katri Eskola/KEa

Sisältö

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 8 |
| 2 | SEKOITUSMENETELMÄT | 9 |
| 2.1 | Paikallasekoitus | 9 |
| 2.1.1 | Esijyrsintä (EJYR) | 9 |
| 2.1.2 | Stabilointijyrsintä (STJYR) | 10 |
| 2.1.3 | Sekoitusjyrsintä (SJYR) | 10 |
| 2.2 | Asemasekoitus | 10 |
| 3 | STABILOINTIMENETELMÄT | 10 |
| 3.1 | Bitumistabilointi | 10 |
| 3.1.1 | Vaahto-bitumistabilointi (VBST) | 11 |
| 3.1.2 | Bitumiemulsiostabilointi (BEST) | 11 |
| 3.1.3 | Remix-stabilointi (REST) | 11 |
| 3.2 | Komposiittistabilointi (KOST) | 12 |
| 3.3 | Masuunihiekkastabilointi (MHST, MHST-A) | 12 |
| 3.4 | Sementtistabilointi (SST) | 13 |
| 4 | STABILOINTIMENETELMÄN VALINTAPERUSTEET | 13 |
| 4.1 | Vaihtoehtoverailu | 13 |
| 4.2 | Stabilointien ominaisuuksia | 13 |
| 4.2.1 | Kuormituskestävyys | 13 |
| 4.2.2 | Stabilointikerroksen routimattomuus ja kuivatus | 14 |
| 4.3 | Materiaalit | 14 |
| 4.4 | Kohteen ominaisuudet | 14 |
| 4.5 | Kustannustarkastelu | 16 |
| 4.5.1 | Työkustannukset | 16 |
| 4.5.2 | Vuosikustannukset | 17 |
| 5 | ESITUTKIMUKSET | 17 |
| 5.1 | Maastotutkimukset | 17 |
| 5.2 | Laboratoriotutkimukset | 17 |
| 5.3 | Tulosten käyttäminen | 17 |
| 6 | MITOITUS | 18 |
| 6.1 | Perinteinen menetelmä | 18 |
| 6.1.1 | Routamitoitus | 18 |
| 6.1.2 | Kantavuusmitoitus | 18 |
| 6.2 | Analyttinen mitoitusmenetelmä | 19 |
| 6.2.1 | Uuden tien rakentaminen | 19 |
| 6.2.2 | Vanhan tien parantaminen | 20 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7 | MATERIAALIT | 21 |
| 7.1 | Bitumistabilointi | 21 |
| 7.1.1 | Kiviaines | 21 |
| 7.1.2 | Sideaineen valinta ja koostumus | 22 |
| 7.2 | Komposiittistabilointi | 23 |
| 7.3 | Sementtistabilointi | 23 |
| 7.3.1 | Kiviaines | 23 |
| 7.3.2 | Sideaine | 26 |
| 7.3.3 | Vesi | 26 |
| 7.4 | Masuunihiekkastabilointi | 26 |
| 7.4.1 | Kiviaines | 26 |
| 7.4.2 | Masuunihiekan rakeisuus | 27 |
| 8 | KOOSTUMUKSEN SUUNNITTELU JA ESIKOKKEET | 28 |
| 8.1 | Bitumistabilointi VBST ja BEST | 28 |
| 8.1.1 | Optimivesipitoisuuden määrittäminen | 29 |
| 8.1.2 | Kokemusperäinen suhteitus | 29 |
| 8.1.3 | Kokeellinen suhteitus | 31 |
| 8.2 | Remix-stabilointi REST | 34 |
| 8.2.1 | Kokemusperäinen suhteitus | 34 |
| 8.2.2 | Kokeellinen suhteitus | 34 |
| 8.3 | Komposiittistabilointi | 34 |
| 8.3.1 | Suhteitus | 35 |
| 8.4 | Sementtistabilointi | 36 |
| 8.5 | Masuunihiekkastabilointi | 39 |
| 8.5.1 | Lähtötiedot | 39 |
| 8.5.2 | Masuunihiekan ja sementtiaktivaattorin määrä | 39 |
| 8.5.3 | Koekappaleiden valmistus ja testaus | 39 |
| 9 | PAIKALLASEKOITUSKALUSTO | 40 |
| 9.1 | Jyrsintätyössä käytettävä kalusto | 40 |
| 9.2 | Muu käytettävä kalusto | 42 |
| 10 | ASEMASEKOITUSKALUSTO | 42 |
| 11 | PAIKALLASEKOITUSTYÖN SUORITUS | 42 |
| 11.1 | Stabiloinnin työvaiheet | 42 |
| 11.1.1 | Esityöt ja alustan valmistus | 42 |
| 11.1.2 | Esijyrsintä | 43 |
| 11.1.3 | Stabilointijyrsintä | 44 |
| 11.2 | REMIX-stabilointityö | 45 |
| 11.3 | Lopputiivistys | 46 |
| 11.4 | Jälkihoito ja päällystäminen | 46 |

| | |
|---|-----------|
| 11.5 Sään vaikutus stabilointiin | 46 |
| 11.6 Sekoitusjyrsintä | 46 |
| 12 ASEMASEKOITTEISEN MASSAN LEVITYS JA TIIVISTYS | 47 |
| 12.1 Esityöt | 47 |
| 12.2 Massan valmistus ja levitys | 47 |
| 12.3 Tiivistys, jälkihoito ja päällystäminen | 48 |
| 13 LIITTEET | 48 |

1 JOHDANTO

Stabilointi on tierakenteen parantamismenetelmä, jossa tien jakava tai kantava kerros tai kantavan kerroksen yläosa sidotaan bitumilla, sementillä tai masuunihiekalla. Stabilointia tehdään sekä uusia teitä rakennettaessa että vanhoja teitä peruskorjattaessa. Stabiloidun rakenteen vaihtoehtoja ovat sitomaton kantava kerros ja korkealuokkaisilla teillä käytettävä kantavan kerroksen asfalttibetoni (ABK). Kohteeseen soveltuva rakenne valitaan aina tapauskohtaisesti.

Stabiloinnilla parannetaan tien kuormituskestävyyttä. Stabiloinnin vaikutuksesta päällysrakenteen yläosan jäykkyys kasvaa ja kuormitus jakaantuu laajemmalle alueelle. Tämä pienentää myös pohjamaan taipumaa.

Perinteisten stabilointimenetelmien, sementtistabiloinnin ja bitumistabiloinnin rinnalle on 1990-luvun aikana kehitetty Remix-stabilointi, masuunihiekkastabilointi ja komposiittistabilointi. Tämä on edellyttänyt sekä asemasekoitusta että paikallasekoituskaluston kehittämistä näihin tarkoituksiin. Uudet menetelmät on kehitetty koerakentamisen ja laboratoriotutkimusten kautta. Koe-kohteita seuraamalla voidaan erotella eri stabilointien ominaisuuksia ja miettiä niiden soveltuvuutta. Uusien menetelmien ja tutkimusten ansiosta stabiloinnin kilpailukyky sitomattomiin kerroksiin vähäliikenteisillä teillä ja kantavan kerroksen asfalttibetoniin nähden korkealuokkaisilla teillä on parantunut.

Kehitystyötä jatkamalla voidaan stabiloinnilla vastata yhä monipuolisempiin tarpeisiin tiestön kunnostuksessa. Stabilointi on ympäristön kannalta paras vaihtoehto tierakenteen parantamisessa: Vanha tierakenne käytetään hyödyksi yleensä sataprosenttisesti ja uutta materiaalia tarvitaan vain vähän. Lisättävä materiaali, sideaine, voi jopa olla teollisuuden sivutuote.

Tielaitoksen selvityksiä –sarjassa on ilmestynyt seuraavat julkaisut, joita on käytetty ohjeina stabilointitöissä.

- Bitumistabilointi (25/1994)
- Remixerstabilointi (88/1995)
- Masuunihiekkastabilointi (13/1996), päivitetty versio 26/2000
- Sementtistabilointiohje 1992, TIEL 2222614.

Bitumi- ja sementtistabilointiohjeiden sisältö tarkistettiin vuosien 2000-2001 aikana ja samalla yhdistettiin eri stabilointiohjeet. Stabilointiohjeen on valmisteellut työryhmä, johon kuuluivat

| | |
|-------------------------|--|
| <i>Matti Juola</i> | <i>Andament Oy</i> |
| <i>Arto Ritämäki</i> | <i>Lemminkäinen Oyj</i> |
| <i>Laura Apilo</i> | <i>VTT Rakennus- ja Yhdyskuntatekniikka</i> |
| <i>Esko Laitinen</i> | <i>Tieliikelaitos, päällyste- ja ympäristöpalvelut</i> |
| <i>Mikko Eerola</i> | <i>Tieliikelaitos, päällyste- ja ympäristöpalvelut</i> |
| <i>Ilkka Rantala</i> | <i>Tieliikelaitos, päällyste- ja ympäristöpalvelut</i> |
| <i>Mats Reihe</i> | <i>Tiehallinto</i> |
| <i>Tuomo Kallionpää</i> | <i>Tiehallinto</i> |
| <i>Katri Eskola</i> | <i>Tiehallinto.</i> |

2 SEKOITUSMENETELMÄT

Stabilointeja voidaan tehdä paikallasekoitusmenetelmällä tai asemasekoitusmenetelmällä. Paikallasekoitteen stabiloinnin työvaiheet ovat esijyrsintä ja stabilointijyrsintä.

Sekoitusmenetelmän valinnan tulee perustua vaihtoehtojen vertailuun. Sekoitusmenetelmän valintaan vaikuttavat käytettävissä olevat materiaalit, rakennusolosuhteet kuten tasausviivan paikka ja tiealueen leveys, työlle asetetut tavoitteet, työstä aiheutuvat kustannukset sekä suunniteltu rakenteen käyttöikä. Menetelmän valintaan vaikuttavat myös kohteella aiemmin tehdyt toimenpiteet, esim. esiintyykö verkkoja tai vanhoja stabilointikerroksia.

2.1 Paikallasekoitus

Paikallasekoitusmenetelmässä sideaine sekoitetaan stabiloitavaan kerrokseen suoraan rakennuskohteessa työhön tarkoitettulla jyrsinsekoittimella. Paikallasekoitusmenetelmä sopii hyvin vanhojen tai kevyesti rakennettujen teiden rakenteen parantamiseen ja silloin, kun tien tasausviivaa ei voi nostaa tai kun rakenteen parantamiseen tarvittavat materiaalit ovat pitkien ajomatkojen päässä. Paikallasekoitusta käytetään myös uudisrakentamisessa, jolloin stabiloitava materiaali levitetään ja tiivistetään rakenteeseen ennen stabilointia. Meillä paikallasekoitus on paljon yleisempää kuin asemasekoitus.

Paikallasekoitukselle on ominaista:

- + vanhojen rakennekerrosten ja päällysteiden hyötykäyttö
- + lujuudeltaan ja muodoltaan huonompikin kiviaines kelpaa stabilointiin
- + ei ole herkkä kiviaineksen/rouheen määrän vaihteluille
- + vähäinen lisäkiviainesten kuljetustarve
- + ei tarvita ympäristölupaa
- sideaineen ja kiviaineksen sekoittuminen ei ole yhtä tasalaatuista kuin asemasekoituksessa.

2.1.1 Esijyrsintä (EJYR)

Esijyrsintä tehdään yleensä aina, kun stabiloidaan vanhoja teitä. Esijyrsinnällä tarkoitetaan vanhan päällysteen ja kantavan kerroksen sekoittamista eli homogenisointia ennen varsinaista stabilointijyrsintää. Jos stabilointia tehtäessä vanha kulutuskerros on asfalttibetonia, se kannattaa jo ennen esijyrsintää jyrsiä rouheeksi. Tällöin vanha sideaine hyödynnetään tehokkaasti.

Työvaiheen päätarkoituksena on saattaa tien profiili kantavan kerroksen rakentamista vastaavasti oikeaan tasoon, muotoon ja tasaisuuteen ennen stabilointijyrsintää. Tällä työvaiheella vähennetään kerrosmateriaalin lajittumia, paksuusvaihteluita, kiviaineksen lisäystarvetta ja stabilointijyrsinnän jälkeistä muotoilutarvetta.

Jos lisäkiviainesta tarvitaan stabiloitavan materiaalin rakeisuuden ja/tai tien profiilin parantamiseksi, se sekoitetaan yleensä esijyrsinnän yhteydessä.

2.1.2 Stabilointijyrsintä (STJYR)

Stabilointijyrsintä on stabiloinnin työvaihe, jossa stabiloitavaan materiaaliin sekoitetaan sideaine.

2.1.3 Sekoitusjyrsintä (SJYR)

Sekoitusjyrsintä ei ole stabilointimenetelmä. Se on paikallasekoitusmenetelmä, jota käytetään olemassa olevien materiaalien homogenisointiin ja sen tulos riippuu sekoitettavan kerroksen materiaalien laadusta ja rakeisuudesta.

Sekoitusjyrsinnällä tarkoitetaan vanhan päällysteen ja/tai kantavan kerroksen homogenisointia lisäämättä sideainetta. Tällöin vain sekoitetaan olemassa olevat materiaalit ja tiivistetään rakenne kuten stabiloitaessakin. Menetelmää käytetään yleensä kantavuudeltaan suhteellisen hyvillä PAB-V-teillä alustan homogenisoimiseksi ja profiilin parantamiseksi. Tarvittaessa voidaan lisätä asfalttirouhetta sideainepitoisuuden nostamiseksi, maasuניהiekkaa liian hienoaineksen sitomiseksi tai lisäkiviainesta materiaalin rakeisuuden ja/tai tien profiilin parantamiseksi.

2.2 Asemasekoitus

Asemasekoitusmenetelmässä stabilointimassa valmistetaan tarkoitukseen sopivalla sekoitusasemalla. Asemasekoitusmenetelmää käytetään pääasiassa uuden tien rakentamisen sekä rakenteen parantamisen yhteydessä silloin, kun stabiloitava rakennekerros koostuu uudesta kohteeseen lisättävästä materiaalista.

Asemasekoitus tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet materiaalien ja sideainneiden käyttöön. Nykyaikaisella päällysteasemalla voidaan elvyttää asfalttirouhe, annostella kiviaineslajitteet, jauhemaiset täyte- ja sideaineet, vesi sekä bitumi eri muodoissa tarkasti, jolloin massasta tulee homogeeninen.

Asemasekoitukselle on ominaista:

- + voidaan valmistaa kaikkia perinteisiä ja komposiittistabilointimassoja
- + kiviaineslajitteiden, rouheen ja sideaineen annostelu on tarkka
- + rouhe voidaan elvyttää ja/tai lämmittää kuten kiviaineksetkin
- + massa on homogeeninen ja tasalaatuinen
- + kerrospaksuus on tasainen
- + voidaan käyttää ohuempaa kerrosta kuin paikallasekoituksessa
- + tasaisuus- ja poikkikaltevuusarvot päällystealustaksi ovat hyvät
- vanhojen rakennekerrosten materiaaleja ei pystytä hyödyntämään.

3 STABILOINTIMENETELMÄT

3.1 Bitumistabilointi

Bitumistabilointi (BST) voidaan tehdä vaahtobitumistabilointina, bitumiemulsiostabilointina tai Remix-stabilointina. Vaahtobitumi- ja bitumiemulsiostabilointi voidaan tehdä joko paikallasekoituksena tai asemasekoituksena. Remix-stabilointia tehdään Remix-stabilointilaitteella paikallasekoituksena sideaineena bitumiemulsio.

3.1.1 Vaahto-bitumistabilointi (VBST)

Menetelmässä sekoitetaan vettä kuumaan bitumiin ylipaineessa ja seoksen annetaan purkautua alempaan paineeseen. Seoksen purkautuessa sekoituskammioista normaaliin ilmanpaineeseen vesi höyrystyy hyvin nopeasti ja saa aikaan bitumin vaahtoutumisen. Bitumin tilavuus kasvaa vaahtoutuessa vähintään 15-kertaiseksi alkuperäiseen tilavuuteen verrattuna. Vaahto laskeutuu nopeasti vesihöyryn poistuttua. Vaahton maksimitilavuus puoliintuu noin 25 sekunnissa. Sekoituksen tulee tapahtua tänä aikana, koska silloin sideaineen pinta-ala on suurimmillaan. Kun vaahtotettu bitumi sekoittuu kylmään ja kosteaan kiviainekseen, se sitoo hienoaineksen.

Bitumin vaahtoutumista kuvataan tilavuuden laajenemiskertoimella ja puoliintumisajalla. Tilavuuden laajenemiskerroin on vaahton tilavuuden suhde alkuperäisen bitumin tilavuuteen. Vaahton puoliintumisaika on aika, mikä kuluu vaahton maksimitilavuuden puoliintumiseen. Kun vettä sekoitetaan kuumaan bitumiin 2-3 painoprosenttia bitumimäärästä, saadaan noin 15-20-kertainen vaahtoutuminen.

Bitumin lämpötilan merkitys vaahtoutumiselle on ratkaiseva. Mikäli bitumin lämpötila on < 140 °C, vaahtoutuminen heikkenee tai sitä ei tapahdu lainkaan (pehmeämmillä laaduilla, kuten B650/900, < 130 °C). Silikoni bitumissa huonontaa myös bitumin vaahtoutumista.

3.1.2 Bitumiemulsiostabilointi (BEST)

BEST tarkoittaa menetelmää, jossa bitumiemulsio lisätään kylmään ja kosteaan kiviainekseen. Emulsiossa bitumi on jakautunut pieniksi pisaroiksi veteen. Joutuessaan kosketukseen kivipinnan kanssa emulsio murtuu. Emulsion murtuessa vesi erottuu bitumista, jolloin bitumipisarat tarttuvat kiviin ja toisiinsa muodostaen sidoksia kivirakeiden välille.

Bitumiemulsio valmistetaan emulgoimalla bitumia veteen. Lisäaineena käytetään emulgaattoria, joka pitää bitumihiukkaset erillään toisistaan. Sideaineena käytetään sekä hitaasti että keskinopeasti murtuvia emulsioita riippuen käyttötarkoituksesta, tekniikasta ja kiviaineksesta.

Bitumiemulsiota käytettäessä tulee olla varma emulsion ja kiviaineksen tarttuvuudesta ja oikeasta murtumishetkestä. Emulsioiden käsittelyssä on varottava ennenaikaista murtumista mm. pumppauksen ja lämmityksen yhteydessä. Kylmänä vuodenaikana emulsio on suojattava pakkaselta. Veden jäätyessä emulsio pilaantuu käyttökelvottomaksi.

3.1.3 Remix-stabilointi (REST)

Remix-stabilointi on bitumistabilointimenetelmä, jossa sideaineena käytetään bitumiemulsiota. Menetelmässä esilämmitetty vanha päällyste ja kantavan kerroksen hienontunut yläosa jyrsitään, lisätään uutta kiviainesta tarvittava määrä, sekoitetaan bitumiemulsion kanssa, levitetään ja tiivistetään. Sekoitus tehdään tarkoitusta varten rakennetulla jatkuvatoimisella sekoittimella tiellä. Menetelmällä voidaan tehdä myös uudis- ja komposiittirakenteita.

Remix-stabiloinnille on ominaista:

- + hyvä sekoittuminen
- + käsiteltävän rakenteen homogenisoituminen myös rakenteen poikkisuunnassa
- + kosteuden vaihtelujen vaikutus käsitellyn rakenteen jäykkyyssmoduuleihin on vähäisempi kuin muissa paikallasekoitteisissa bitumistabiloinneissa
- + hyvä sään ja liikenteen kestävyys
- + sopii erittäin hyvin kohteisiin, joissa on ohut päällyste ja sen alla hienontunut kantavan kerroksen yläosa
- jos kohteessa on paksu päällystekerros (yli 10 cm), se täytyy jyrsiä ohuemmaksi.

3.2 Komposiittistabilointi (KOST)

Komposiittistabiloinnissa käytetään kahta tai useampaa sideainetta tarkoituksena yhdistää pehmeän ja kovan sideaineen hyvät ominaisuudet. Suomessa komposiittistabiloinnilla tarkoitetaan yleensä bitumin ja hydraulisen sideaineen yhdistelmää. Tarkoituksena on yhdistää bitumisen sideaineen joustavuus ja kestävyys epätasaisia painumia ja routanousuja vastaan sekä hydraulisen sideaineen antama jäykkyys rakenteen parhaan mahdollisen kuormituskestävyyden ja kestoian saavuttamiseksi. Bitumi voi olla vaahdotettua bitumia tai bitumiemulsiota. Bitumisena sideaineosana voidaan käyttää myös elvytettyä, juuri jyrsettä tai murskattua päällysterouhetta.

Komposiittistabilointi voidaan tehdä paikallasekoituksena tai asemasekoituksena. Paikallasekoituksessa esijyrityn, muotoillun ja tiivistetyn kerroksen päälle levitetään sementti tai muu hydraulinen sideaine, minkä jälkeen tehdään normaali bitumistabilointi vaahdotetulla tai emulgoidulla sideaineella.

3.3 Masuunihiekkastabilointi (MHST, MHST-A)

Masuunihiekkastabilointi on menetelmä, jossa sideaineena käytetään terästeollisuuden sivutuotetta masuunihiekkaa. Masuunihiekan kemiallinen koostumus on samantapainen kuin sementillä ja sen sitoutumisominaisuuksien avulla saadaan aikaan rakenne, joka ominaisuuksiltaan muistuttaa sementtistabilointia. Tarvittaessa aktivaattorina käytetään sementtiä sitoutumisreaktion nopeuttamiseksi. Sementin lisäyksellä voidaan tarvittaessa myös vähentää hienoainespitoisen stabiloitavan materiaalin deformaatioherkkyyttä tai humuksen vaikutusta. Masuunihiekan sitoutumisreaktio on sementtiä hitaampi, joten stabiloidun kerroksen työstöaika on pidempi sementtistabilointiin verrattuna. Masuunihiekalla on myös kyky sitoutua uudelleen. Pitkä sitoutumisaika mahdollistaa tarvittaessa pidemmän työskentelyajan.

Masuunihiekkastabiloinnin lyhenne on MHST, kun sideaine on pelkkää masuunihiekkaa ja kun aktivaattorina käytetään sementtiä (yleensä 0,5-1,5 % runkoaineen kuivapainosta), käytetään lyhennettä MHST-A.

Masuunihiekkastabilointi tehdään yleensä paikallasekoituksena.

3.4 Sementtistabilointi (SST)

Sementtistabiloinnissa sekoitetaan keskenään sementtiä, vettä ja kiviainesta siten, että vesi muodostaa yhdessä sementin kanssa sementtiliiman, joka kovettuessaan sitoo kiviainesrakeet toisiinsa. Sidoksen lujuus on suhteessa käytetyn sementin määrään ja vesi-sementti -suhteeseen. Yleisimmin sementtipitoisuus on 3-7 % kiviaineksen kuivapainosta.

Sementtistabilointia on Suomessa käytetty pääasiassa kantavassa kerroksessa ja joskus myös jakavassa, mutta sitä voidaan käyttää myös alemmissä rakennekerroksissa tai pohjamaassa.

4 STABILOINTIMENETELMÄN VALINTAPERUSTEET

4.1 Vaihtoehtovertailu

Kaikki stabilointimenetelmät soveltuvat käytettäväksi sekä uudisrakennus- että rakenteenparantamishankkeilla.

Menetelmän valinnan tulee perustua vaihtoehtoisten menetelmien vertailuun. Vertailu tehdään aina kohdekohtaisesti ja siihen vaikuttavat:

- työlle asetetut tavoitteet
- käytävissä olevat materiaalit
- rakennusolosuhteet ja routivuus
- työstä aiheutuvat kustannukset
- mitoituksista aiheutuvat reunaehdot
- maankäytölliset reunaehdot, esim. onko tiealuetta mahdollista leventää.

4.2 Stabilointien ominaisuuksia

4.2.1 Kuormituskestävyys

Bitumistabiloitu kerros on joustava. Se kestää paremmin liikennekuormista ja lämpötilan muutoksista johtuvia toistuvia vetojännityksiä kuin sitomaton tai hydraulisesti sidottu kantava kerros. Bitumilla sidottu kantava kerros deformoituu vähemmän kuin rakeisuudeltaan vastaava sitomaton kerros eikä hienonemista tapahdu. Lujuuden kehittyminen bitumistabiloinnilla on sementtiä sisältäviä stabilointeja hitaampaa ja lujuus on pienempi.

Sementtistabiloinnilla saavutetaan nopeasti hyvä kantavuus. Se johtuu siitä, että lujittuneen sementtistabiloinnin jäykkäysmoduuli saadaan käytetyn sementin määrästä riippuen helposti merkittävästi suuremmaksi kuin bitumistabiloinnin moduuli. Toisaalta joustavan päällysteen alapintaan kuormituksesta syntyvä palautuva muodonmuutos saakin olla 2-4-kertainen verrattuna jäykän sementillä stabiloidun kerroksen alapintaan sallittuun, jos tavoitteena on sama kuormituskestävyys. Sementtistabilointi ei joustaa, vaan se murtuu ylikuorman vaikutuksesta. Sementtistabiloidun rakenteen kantavuuden on siis oltava korkeampi kuin vastaavan bitumistabiloidun rakenteen. Sementtistabiloidun kerroksen kestävyys on myös herkempi kerrospaksuudessa, sideaineen sekoituksessa, tiivistyksessä ym. syntyville laatuvaihteluille. Siksi sementtistabiloinnin suhteutuksessa ja mitoituksessa on usein kannattavaa

käyttää selvästi minimiä suurempaa mitoituspaksuutta ja sementtipitoisuutta, koska ratkaisun varmuus nousee jyrkästi verrattuna yleensä suhteellisen pieniin lisäkustannuksiin.

Toisaalta sementtistabiloidussa kerroksessa ei esiinny bitumisille rakenteille tyypillistä korkeasta lämpötilasta johtuvaa rakennemuutoksen alentumista tai jopa plastista deformaatiota.

Komposiittistabiloinnissa hydraulinen sideainekomponentti mahdollistaa sidotun kerroksen jäykkyyden suunnitelmallisen hallinnan ja lämpötilaherkkeyden vähentämisen verrattuna pelkällä bitumilla sidottuun rakenteeseen. Näin ollen jäykän ja joustavan sideaineen optimaalinen yhdistelmä vastaa sekä kuormituksen kestävyttä että joustavuutta ja sen seurauksena myös rakenteen pitkäaikaiskestävyyttä koskeviin vaatimuksiin parhaiten. Kumpi ominaisuus, jäykkyys vai joustavuus on vallitseva, riippuu rakenteen routa- ja kuormitusmitoituksesta. Testausmenetelmät valitaan sen mukaan, kumpi on vallitseva ominaisuus.

Masuunihiekkastabiloinnin hitaan sitoutumisen takia kuormituskestävyys saavutetaan hitaammin kuin sementtistabiloinnissa.

4.2.2 Stabilointikerroksen routimattomuus ja kuivatus

Vanhan sitomattoman rakennekerroksen stabiloinnissa sideaine sitoutuu hienontuneeseen kiviainekseen, stabiloitu kerros tulee routimattomaksi ja sitoo vähemmän vettä. Pintavesien imeytyminen tierakenteeseen sidottuja kerroksia käytettäessä on paljon vähäisempää kuin sitomattomia kerroksia käytettäessä. Toisaalta myös kapillaarisen veden nousu stabiloituun kerrokseen vähenee.

Kun stabiloidaan rakeisuudeltaan tai lujuudeltaan heikkoja kiviaineksia, ei routimattomuuden saavuttaminen kuitenkaan ole itsestään selvää vaan vaatii tarkempia tutkimuksia.

Stabiloitavassa kohteessa on varmistettava hyvä kuivatus. Tierakenteeseen jäävä vesi on vahingollista myös stabiloidulle kerrokselle.

4.3 Materiaalit

Käytettävissä olevien materiaalien ominaisuudet vaikuttavat myös menetelmän valintaan. Materiaalit ja niiden ohjearvot on esitetty luvussa 7. Jos todetaan, että on vaihtoehtoisia menetelmiä, joilla kaikilla päästään haluttuun laatuun ko. kohteella, menetelmän valinnan ratkaisee tällöin materiaalien saatavuus ja hintavertailu. Ensisijaisesti pyritään kuitenkin hyödyntämään tierakenteen olemassa olevat materiaalit.

4.4 Kohteen ominaisuudet

Arvioitaessa rakenteen parantamistapaa on otettava huomioon myös olosuhteiden asettamat vaatimukset menetelmän käytölle. Taulukossa 1 on arvioitu olosuhdetekijöiden vaikutusta sideainelajin valintaan.

Kaikki stabiloinnit soveltuvat käytettäväksi vanhojen päällystettyjen teiden kuormituskestävyyden lisäämiseen kohteissa, joissa

- tasausviivan huomattava muuttaminen ja tiealueen leventäminen ei ole mahdollista.
- sitomattomien kerrosten rakentaminen vaatisi kiertotie- tai muita erityisiä liikennejärjestelyjä. Stabilointi häiritsee liikennettä vähemmän kuin sitomattoman rakennekerroksen teko, koska työ etenee nopeasti ja se voidaan toteuttaa ajokaista kerrallaan.

Taulukko 1. Sideaineiden soveltuminen erilaisiin stabilointiolosuhteisiin (suuntaantavia).

| OLO - SUHDE- TEKIJÄ | SIDEAINELAJI | | | | |
|------------------------------------|----------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------|
| | Bitumi | | Komposiitti | Hydraulinen sideaine | |
| | EKB ja Kova | Pehmeä | | Masuuni-hiekka | Sementti |
| Alustan kantavuus, min.arvo | Kantava, 100 | Heikko, 70 | Heikko, 70 | Heikko, 80 | Kantava, 100 |
| Liikenne | Vilkas, raskas | Vilkas/ Vähäinen | Vilkas, raskas/ Vähäinen | Vilkas, raskas / Vähäinen | Vilkas, raskas |
| Lämpötila | Lauha | Kylmä | Lauha/ kylmä | Lauha/kylmä | Lauha/ kylmä |
| Routivuus | Routimaton | Routiva | Routiva | Lievästi routiva | Routimaton |

Bitumistabilointi soveltuu käytettäväksi, kun

- uusittavan päällysteen alla oleva sitomaton kiviaines on bitumistabilointiin kelpaavaa.
- käsiteltävän kerroksen routakestävyyttä halutaan parantaa.
- kohteella esiintyy loivia epätasaisia routanousuja. Bitumistabilointi kestää joustavuutensa vuoksi niitä paremmin kuin hydraulisesti sidottu tai sitomaton kerros.
- halutaan vähentää myös pakkasesta aiheutuvia päällysteen poikkikatkoja.
- halutaan nopeasti kohde liikenteelle. Bitumistabiloidulla pinnalla voidaan liikennöidä lähestulkoon heti stabiloinnin päätyttyä.
- halutaan "täsmäparantaa" lyhyitäkin osuuksia.

Sementtistabilointi sopii

- uusien routimattomiksi (tasainen routanousu korkeintaan 70 mm ja epätasainen korkeintaan 30 mm) rakennettujen teiden rakennekerroksiksi. Jäykkä sementtistabilointi ei sovellu käytettäväksi, jos kohteessa esiintyy epätasaista routanousua ja painumista (yli 30-50 mm/10 m tai kaltevuuden muutos enemmän kuin 0,3%).
- kohteisiin, joissa tarvitaan suurta kantavuutta ja kuormituskestävyyttä.
- kohteisiin, joissa tarvitaan ohuet rakennekerrokset.

Sementtistabiloitu rakennekerros on herkkä vaurioitumaan talvisuolauksen ja veden yhteisvaikutuksesta. Jos sementtistabilointi tehdään alueelle, jota suolataan, tulee suolaveden pääsy stabiloituun kerrokseen estää. Suojaus voidaan toteuttaa esim. heti tehtävällä, tiiviillä (tyhjätila korkeintaan 3%-yksikköä) ja vähintään 7 cm paksulla ABS-päällystekerroksella, joka suhteutetaan vedenläpäisevyydeltään ja deformaatiokestävyydeltään asetetut vaatimukset täyttäväksi. Mikäli kulutuskerrokseksi halutaan SMA ja se rakennetaan välittömästi, riittää tiiviin ABS-kerroksen vahvuudeksi 5 cm.

Muilla hydraulisilla sideaineilla tehtyjen stabilointien vaurioitumisesta suolaveden vaikutuksesta ei vielä ole tehty havaintoja.

Komposiittistabilointi soveltuu käytettäväksi kohteissa, joissa

- päällystystyö ajoittuu nopeasti stabilointityön jälkeen. Komposiittistabiloinnilla saavutetaan nopeasti päällystystyöhön tarvittava alkulujuus.
- tarvitaan sekä hyvää lujuutta että joustavuutta.

Masuunihiekkastabilointi soveltuu hyvin kohteisiin, joissa

- tarvitaan hyvää kantavuutta.
- esiintyy lieviä routanousuja (tasainen routanousu enintään 100 mm). Sitoutumisominaisuuksiensa ansiosta rakenne alkaa rikkouduttuaan sitoutua uudelleen.
- tarvitaan pitkää työstöaikaa. Koska sitoutumisprosessi on hidas, on rakenne muokattavissa pidempään kuin muissa menetelmissä.

4.5 Kustannustarkastelu

Kustannusvertailussa eri menetelmien välillä tulisi ottaa huomioon sekä tienpitäjän että tien käyttäjän kustannukset. Tienpitäjän kustannukset tulee vertailla vuosikustannuksina pyrittäessä kokonaistaloudellisesti edullisimpaan ratkaisuun. Tien käyttäjän kustannuksissa eroa eri menetelmien välille syntyy liikenteelle aiheutuvasta haitasta työn aikana. Liikenteelle työn tekemisestä aiheutuvaa haittaa arvioidaan aikakustannuksina. Vertailtaessa niitä eri menetelmien välillä arvioidaan työn liikenteelle aiheuttaman haitan määrä, kestoaika ja liikenteen määrä. Esim. sitomattoman rakenteen rakentamisen ja stabiloidun rakenteen tekemisen välillä eroa syntyy sekä haitan voimakkuudessa että kestoajassa.

Menetelmässä vakiona pysyvät kustannukset voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle. Kustannustarkastelu tulee tehdä aina tapauskohtaisesti, koska hankkeen olosuhdetekijöillä on suuri merkitys kustannuksiin. Tässä on esitetty esimerkkinä stabiloinnin työ- ja vuosikustannusten laskennassa huomioidtavat asiat.

4.5.1 Työkustannukset

Stabiloinnin kustannukset muodostuvat:

- esi- ja työnaikaisista tutkimuskustannuksista
- työ- ja konekustannuksista
- materiaalikustannuksista.

Tutkimuskustannukset riippuvat kohteen olosuhdetekijöiden lisäksi tutkimusohjelman laajuudesta. Työ- ja konekustannuksiin vaikuttaa valittu työmene-

telmä. Materiaalikustannukset muodostuvat puolestaan kiviaines- ja sideainekustannuksista. Materiaalikustannuksissa saattaa olla merkittäviä eroja. Töiden ajoitus vaikuttaa myös työkustannuksiin.

4.5.2 Vuosikustannukset

Vuosikustannuksia määritettäessä etsitään vastausta kysymykseen, minkä toimenpiteen vuosikustannukset ovat pienimmät. Kun eri toimenpiteiden hintasuhde on tietty, miten paljon kauemmin kalliimman toimenpiteen tulisi kestää, jotta toimenpiteiden vuosikustannukset ovat yhtä suuria? Etsittäessä kokonaistaloudellisesti edullisinta ratkaisua tulisi osata arvioida investointikustannusten ja kestoajan lisäksi myös jäännösarvoa, jonka suuruuteen vaikuttaa rakenteen uudelleen käyttömahdollisuus.

5 ESITUTKIMUKSET

Esitutkimuksilla selvitetään stabiloitavien kohteiden ominaisuuksia. Stabiloinnin hyvä lopputulos edellyttää mahdollisimman tarkat tiedot korjaustoimenpiteitä vaativista tieosista. Ennakkotutkimuksia varten kannattaa laatia hankekohtainen tutkimusohjelma, jonka pohjalta voi myöhemmin seurata työn onnistumista ja kestoikää. Esitutkimukset käsittävät maasto- ja laboratoriotutkimuksia.

5.1 Maastotutkimukset

Maastotutkimukset tehdään ohjeen TIEL 2140015 ”Rakenteen parantamista edeltävät tutkimukset ” mukaan.

5.2 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriokokeilla selvitetään ensisijaisesti käytettävissä olevien materiaalien sopivuus stabilointiin. Tämä edellyttää yleensä näytteiden tutkimista. Vanhasta tierakenteesta otetaan kerrosnäytteitä riittävän edustavasti, jotta materiaalien muutoskohdat saadaan luotettavasti selville.

Näytteistä tutkitaan rakeisuus ja muut kiviainesominaisuudet sekä stabiloitavan kerroksen kosteus. Mikäli päällyste sekoitetaan stabiloitavaan kerrokseen, määritetään myös sen sideainepitoisuus, rakeisuus, paksuus ja paksuusvaihtelut.

5.3 Tulosten käyttäminen

Ennakkotutkimusten perusteella parannettava tieosa jaetaan osuuksiin, joita voidaan tarkastella itsenäisinä kokonaisuuksina. Kunnoltaan ja rakenteeltaan erilaiset osuudet vaativat erilaisia toimenpiteitä. Toimenpidevalinnassa huomioon otettavia tekijöitä esitetään luvussa 4.

Jos toimenpiteeksi valitaan stabilointi, saatujen tutkimustulosten perusteella tarkastetaan materiaalien kelpoisuus (luku 7) ja suunnitellaan stabiloinnin koostumus luvussa 8 kuvatulla tavalla.

6 MITOITUS

Rakenteen mitoitus voidaan tehdä perinteisellä tai analyyttisellä menetelmällä. Analyyttisen menetelmän käyttö on yleistymässä. Mitoitusmenetelmät ja niiden käyttö on kuvattu tarkemmin Rakenteiden suunnittelua koskevissa ohjeissa. Stabilointien osalta tarvittavat moduulit sekä perinteistä että analyyttistä mitoitusta varten esitetään Tiehallinnon rakenteen suunnittelua koskevissa ohjeissa.

6.1 Perinteinen menetelmä

Suomessa on perinteisesti käytetty puolikokeellista, Odemarkin menetelmään perustuvaa mitoitusmenetelmää. Mitoituksessa käytetään kokemuspäisiä tavoitekantavuuksia.

Suunnittelu jakautuu kahteen osaan, routa- ja kantavuusmitoitukseen. Routamitoitus määrää päällysrakenteen kokonaispaksuuden ja kantavuusmitoitus eri rakennekerrosten paksuudet. Seuraavassa on kuvattu mitoituksen eteneminen lyhyesti, tarkemmin se on esitetty ohjeessa "Teiden suunnittelu IV Tien rakenne".

Perinteisen menetelmän heikkoutena on, ettei se ota huomioon liikennekuormituksista rakenteen eri osiin aiheutuvia jännityksiä ja muodonmuutoksia. Kantavuudeltaan (tien pinnan maksimitaipumaltaan) samanlaisissa rakenteissa voi olla merkittävästi erilaisia jännityksiä ja muodonmuutoksia, jos niiden pudotuspainolaitteella mitattu taipumasuppilon muoto on jyrkempi tai loivempi. Menetelmä ei myöskään ota täysin huomioon erilaisten materiaalien väsymiskestävyydessä olevia eroja eikä ominaisuuksien vuodenaikaista tai muuta ajan tai olosuhteiden mukaan tapahtuvaa vaihtelua.

6.1.1 Routamitoitus

Routamitoituksessa käytetään paikkakunnalla kerran kymmenessä vuodessa ylittyvää pakkasmäärää ja kohteen olosuhdetekijöitä. Se tehdään ohjeen "Teiden suunnittelu IV Tien rakenne" mukaan.

6.1.2 Kantavuusmitoitus

Kantavuusmitoituksen lähtökohtana on tavoitekantavuus, joka määräytyy kuormituskertaluvun (KKL) mukaan. Se lasketaan mitoitusajanjakson, raskaan liikenteen määrän ja laadun sekä tien leveyden perusteella.

Mitoitettavalle tieosalle valitaan päällystetyypin ja kuormituskertaluvun avulla päällysrakenneluokka ja sitä vastaava tavoitekantavuus. Tavoitekantavuudet vastaavat levykuormituskokeella saavutettavia kevätkantavuuksia. Kullekin rakennekerrokselle voidaan asettaa oma tavoitekantavuus, mutta tavoitekantavuus päällysteen päältä on ensisijainen mitoitusperuste. Alusrakenteen kantavuusluokka arvioidaan pohjamaan maalajin perusteella. Päällysrakennemateriaalien E-moduulit arvioidaan tarkemmin kuin alusrakenteen kantavuus ja käytettävät E-moduulit esitetään Tiehallinnon rakenteen suunnitteluohjeissa.

Suunnittelija voi

- valita valmiin rakennevaihtoehdon valmiiksi mitoitetuista rakenteista.
- laskea rakennekerrosten paksuudet mitoituskäyrästä tai kaavan avulla.

Masuunihiekkastabiloinnin kuormitusmitoitus tapahtuu kuin vastaavien sitomattomien kerrosten. Masuunihiekkastabiloinnin kuormitusmitoitus on kuvattu tarkemmin julkaisussa "Masuunihiekkastabilointi", Tielaitoksen selvityksiä 26/2000.

6.2 Analyyttinen mitoitusmenetelmä

Tarkoituksena on siirtyä analyttiseen mitoitukseen, joka ottaa huomioon kantavuuden lisäksi myös taipumasuppilon muodon ja päällysteeseen kohdistuvan vedon. Rakenteen suunnitteluohjetta ollaan kehittämässä niin, että se sisältäisi myös uudet dynaamiset moduulit, joita analyttisessä mitoituksessa tarvitaan. Analyttinen mitoitus on perinteistä mitoitusta monimutkaisempi ja edellyttää tietokoneohjelman käyttöä.

Analyttisistä mitoitusmenetelmistä meillä on yleisimmin käytössä Suomessa kehitetty APAS-menetelmä. (Analyttinen Päällysrakenteen suunnittelu). Muita tunnettuja analyttisiä mitoitusmenetelmiä ovat Shellin ja Asphalt Instituten menetelmät.

Mitoitus tehdään suunnitteleamalla rakenne niin, että kuormituskestävyyden kannalta kriittisimmät rasitukset (sidottujen kerrosten alapinnan vetomuodonmuutokset ja pohjamaanpinnan puristusjännitykset) jäävät riittävän alhaisiksi. Seuraavassa kuvataan APAS-ohjelman mitoituseriaa lyhyesti, tarkempi kuvaus mitoituksesta on esitetty ohjelman käyttöohjeessa.

Masuunihiekkastabiloinnin osalta mitoitus on kuvattu tarkemmin Masuunihiekkastabilointijulkaisussa.

6.2.1 Uuden tien rakentaminen

Lähtötietoina selvitetään kohteesta

- tuleva liikennemäärä ja sen kehitys ajoneuvoryhmittäin
- alustamateriaalin ominaisuudet (pohjamaan materiaalimoduuli mahdollisen vahvistustoimenpiteen jälkeen)
- käytettävissä olevat rakennemateriaalit (materiaalimoduulit)
- ilmastotiedot.

Lähtötiedot syötetään ohjelmaan, joka muodostaa niiden perusteella rakenteelle kriittisten rasitusten sallitun tason.

Suunnittelija antaa oman tietämyksensä pohjalta ohjelmalle rakenteen, joka kerrospaksuuksia lukuun ottamatta vastaa hänen mielestään kohteeseen soveltuvaa ratkaisua. Ohjelma iteroi rakennepaksuudet niin, etteivät rakenteen sallitut rasitukset ylity. Suunnittelijan on helppo tuottaa useita erilaisia rakennerratkaisuja, joiden keskinäistä paremmuutta hänen on erikseen tarkasteltava. Ohjelma sisältää yksinkertaisen rakennuskustannusten arviointiominaisuuden.

6.2.2 Vanhan tien parantaminen

Ohjelmalla on mahdollista arvioida vanhan rakenteen kuntoa. Arviointi perustuu pudotuspainolaitteella (PPL) mitattuihin arvoihin. Kun näitä tuloksia analysoidaan yhdessä tierakenteen materiaalitietojen ja kerrospaksuuksien kanssa, voidaan vanha rakenne mallintaa ns. takaisinlaskennalla ja siten suunnitella tarvittava toimenpide.

Lähtötietoina tarvitaan ainakin PPL-mittaustulokset. Lisäksi kohteesta tulisi selvittää

- tuleva kuormitus
- rakenteen materiaalitiedot (rakennepaksuudet, rakeisuudet, kosteudet)
- pohjamaan tiedot (materiaali, rakeisuus, kosteus)
- lisättävän materiaalin ominaisuudet
- tien kuntotiedot
- ilmastotiedot.

Mitoittaminen perustuu kohteesta rajattujen homogeenisten jaksojen käsittelyyn. Kunkin jakson mittaustuloksista muodostetaan sitä edustava taipumasuppilo mitoituksen pohjaksi. Yleensä mitoitusta ei tehdä jakson huonoimman tuloksen perusteella, koska se johtaisi muun rakenteen osalta turhaan ylimitoitukseen. Suunnittelija voi valita kriteerin, jolla edustava suppilo valitaan. Yleensä 80 % havainnoista edustaa riittävästi tarkasteltavaa ilmiötä taloustieteessä käytetyn Pareto-analyysin 20/80-säännön mukaan. Tätä voidaan käyttää lähtökohtana myös mitoituksessa.

Kun mitoitusohjelmalle annetaan rakenne- ja materiaalitiedot, ohjelma laskee rakennetta vastaavan teoreettisen taipumasuppilon. Mitattu ja laskennallinen taipumasuppilo poikkeavat toisistaan, mikä johtuu esim. päällysteen vaurioitumisesta, virheellisistä rakennetiedoista jne. Muuttamalla oletettuja rakenne- ja / tai materiaalitietoja laskennallinen suppilo sovitetaan mitattuun suppiloon. Näin laskennallinen rakenne saadaan vastaamaan mittaushetkellä vallinneita käytännön olosuhteita ja sitä voidaan käyttää lähtötietona parannustoimenpidettä suunniteltaessa.

Kun suunnittelija valitsee korjaustoimenpiteen (uudet kerrokset ja niiden materiaalit), ohjelma ratkaisee tällaiselta rakenteelta vaadittavan tavoitesuppilon. Tavoitesuppilo määritetään kriittisten rakennekerrosten avulla kuormituskertojen ja vanhan rakenteen funktiona.

Lopullisena tavoitteena on mitoittaa laskennallisen rakenteen pohjalta uusi rakenne, joka täyttää tavoitesuppilon asettaman vaatimuksen. Suunnittelija voi myös kokeilla esim. seuraavia vaihtoehtoja lopullista ratkaisua etsiessään.

- Pelkän uuden kulutuskerroksen valinta ja mitoittaminen vanhan rakenteen päälle.
- Vanhan rakenteen osittainen käsittely, esim. stabiloimalla.

Toteutettava rakennevaihtoehto valitaan yleensä kustannusvertailujen pohjalta. Vuosikustannusten vertailuun ohjelma tuottaa perustiedot; rakenteen rakennuskustannukset yksikköhinnoina laskettuna ja kestoian.

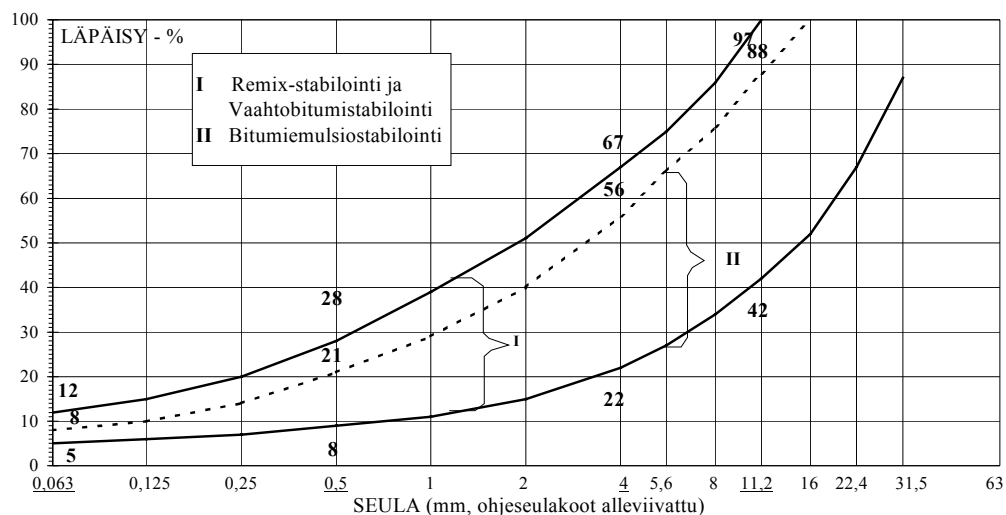
7 MATERIAALIT

7.1 Bitumistabilointi

7.1.1 Kiviaines

7.1.1.1 Rakeisuus

Asfalttinormeissa on määritelty bitumistabiloinnin kiviaineksen rakeisuudelle ohjealue, joka vaihtelee työtekniikan mukaan (kuva 1). Bitumiemulsiostabiloinnissa hienoainespitoisuus ei saa nousta yli 8 %. Tätä suurempi hienoainespitoisuus heikentää vedenkestävyyttä ja vaikeuttaa massan sekoittamista, koska sideaine sitoutuu kokonaan hienoainekseen.



Kuva 1. Bitumistabiloinnin kiviaineksen rakeisuuden ohjealue työtekniikan mukaan. Lähde: Asfalttinormit 2000.

7.1.1.2 Lujuus ja raemuoto

Kun kohteen KVL > 3000 ajoneuvoa vuorokaudessa, stabiloitavaan kerrokseen lisättävän kiviaineksen lujuuden tulee täyttää vähintään laatuluokan IV vaatimukset eli Los Angeles-kokeella (SFS-EN 1097-2) määritettyjen tulosten keskiarvon tulee olla ≤ 40 . Los Angeles-koe kuvaa murskeen iskunkestävyyttä eli kykyä kestää rakenteessa hienonematta.

Kun kohteen KVL > 3000 ajoneuvoa vuorokaudessa, stabiloitavaan kerrokseen lisättävän kiviaineksen litteysluvun (SFS-EN 933-3) tulee täyttää laatuluokan V vaatimukset eli litteyslukutulosten keskiarvon tulee olla ≤ 50 .

7.1.1.3 Humuspitoisuus

Humuspitoisuus määritetään natriumhydroksidikokeella (PANK-2106). Yleensä kiviaines, jonka humusluokka on 0-II sopii stabiloitavaksi ilman humuksen neutralointia.

7.1.1.4 Vedensitomisoiminaisuudet

Eri kiviainekset sitovat itseensä vettä eri määriä. Kiviaineksen vedensitomisoiminaisuudet tulee selvittää ennakkokokein, jotta stabiloinnin sideainepitoisuus osataan mitoittaa niin, että stabiloinnista tulee vedenkestävä. Vedensitomiskykyä voidaan arvioida sekä hienoaineksen ominaisuuksista että koko kiviaineksestä TS-testillä.

Hienoaineksen ominaisuudet määritetään < 0,063 mm lajitteesta. Taulukossa 2 määritettäviksi esitetyt ominaisuudet ja raja-arvot ovat ohjeellisia, ja niitä on tarkoitettu käytettäväksi bitumistabilointien suunnittelun helpottamiseksi ja laadun varmistamiseksi.

Taulukko 2. Stabilointiin käytettävän kiviaineksen hienoaineksesta määritettävät ominaisuudet ja niiden suositusrajat.

| Ominaisuus | Yksikkö | Suositus | Menetelmä |
|------------------|--------------------|----------|-----------|
| Tyhjätila | % | 35 - 40 | PANK-2404 |
| Vedenadsorptio | % | - | PANK-2108 |
| Ominaispinta-ala | m ² /kg | - | PANK-2401 |
| Hydrofiilisyyys | mg/m ² | < 10 | |

Vedenadsorptiolle ja ominaispinta-alalle ei aseteta erillisiä suosituksia. Suuri ominaispinta-ala lisää yleensä sideainetarvetta, mikä tulisi ottaa huomioon suhteituksessa.

TS-testi tehdään liitteen 1 mukaan. Suhteituksessa lähtötietona käytetään kiviainekselle määritettyä TS-testin arvoa, jolloin se kuvaa puhtaan kiviaineksen vedensitomiskykyä. TS-testi tulisi tehdä kiviaineksen ennakkotestauksessa, kun

- hienoaineksen ominaispinta-ala on suuri, yli 4,0 m²/g tai
- hienoaineksen veden adsorptio on suuri, yli 3,0 % tai
- kiviaineksen hienoainepitoisuus on yli 5 %.

7.1.2 Sideaineen valinta ja koostumus

Bitumistabiloinnin sideaineena Asfalttinormien mukaan käytetään bitumia B70/100...B650/900, joka voidaan lisätä kiviainekseen vaahdotettuna tai emulgoituna. Bitumistabiloinnin sideaineeksi voidaan myös valita erikoiskova bitumi, jonka tunkeuma on 20...40 1/10 mm. Etelä-Suomessa bitumistabilointien sideaineena käytetään yleensä bitumia B160/220 ja Pohjois-Suomessa B 250/330. Jos stabiloitava materiaali sisältää rouhetta, tulee rouheen sideaineen kovuus ottaa huomioon lisäsideaineen laatua valittaessa.

Sideainepitoisuuden tulee Asfalttinormien mukaisesti olla välillä 3,2...4,2 %. Alhaisempaa sideainepitoisuutta voi käyttää vain, jos ennakkokokein osoitetaan, että stabilointi tällöinkin täyttää kohteessa vaaditut toiminnalliset ominaisuudet kuormitus- ja säänkestävyyden osalta. Vedenkestävyyden parantamiseksi sideaineeseen lisätään tarvittaessa tartukkeeksi diamiinia. Myös bitumiemulsiossa oleva emulgaattori on diamiinia, ja se toimii stabilointimassassa tartukkeen tapaan.

Tärkeimmiksi emulsion murtumisaikaan vaikuttaviksi seikoiksi ovat osoittautuneet:

- emulgaattorin määrä, yleensä 0,3...0,5 %
- tartukkeen määrä, yleensä 0,1...0,6 %
- emulgaattorin laatu
- emulsion pH, yleensä noin 2.

Emulgaattoripitoisuus ilmoitetaan koko emulsion painosta ja tartukepitoisuus bitumipohjan painosta.

Tartukkeena ja emulgaattorina käytettävät diamiinit ovat emäksiä. Bitumiemulsion pH-arvon säätämiseen käytettävän suolahapon määrässä tulee ottaa huomioon bitumipohjaan lisätyn tartukkeen neutraloiva vaikutus.

Stabiloinnissa käytettävän bitumiemulsion tulee olla hitaasti tai keskinopeasti murtuvaa. Murtuvuusindeksillä (PANK-4119) voidaan arvioida miten nopeasti käytettävä kiviaines murtaa tietyn emulsion. Murtuvuusindeksin tulee olla > 80.

Emulsion käytön etuina mainittakoon mahdollisuus tehdä sekoitus kylmänä ja parempi sekoittuvuus. Lopputulos on tasalaatuisempi ja massassa on parempi peittoaste kuin vaahdotettua sideainetta käytettäessä.

7.2 Komposiittistabilointi

Kiviaineksen ominaisuuksien ohjearvot työtekniikan mukaan ovat kuten bitumistabiloinnissa ja ne on esitetty kohdassa 7.1.1.

Sideaineena käytetään bitumin ja hydraulisen sideaineen yhdistelmää. Bitumi voi olla B70/100...B650/900 vaahdotettuna tai emulsiona. Bitumin valintaa, koostumusta ja ohjepitoisuutta koskevat samat ohjeet kuin bitumistabiloinnissa (7.1.2).

Hydraulinen sideaine voi olla yleis-, portland- tai seossementtiä tai maasuunihiekkaa aktivoituna.

7.3 Sementtistabilointi

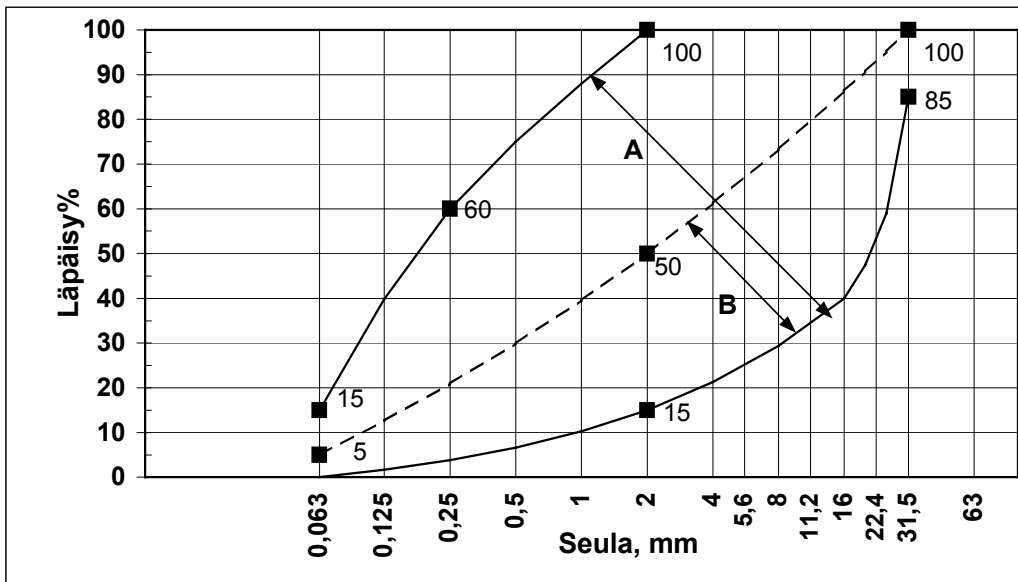
7.3.1 Kiviaines

7.3.1.1 Rakeisuus

Kuvassa 2 on esitetty eurooppalaisen standardiluonnoksen (prEN (WI 227-140, elokuu 1999) mukainen sementillä stabiloitavien kiviainesten yleinen rakeisuusohjealue. Osa-alue B sisältää hyvin suhteistuneet kiviainekset, jotka ovat stabiloitavissa pienellä sideainemäärällä ja alue A myöskin hiekat, jotka ovat kokemusten mukaan tiivistettävissä ja joista suuremmalla sideainemäärällä saadaan luja rakennekerros.

Sementillä voidaan siis stabiloida rakeisuudeltaan hyvin erilaisia kiviaineksia, mutta tarvittava sideainemäärä suhteessa saavutettavaan lujuuteen asettaa taloudelliset rajoituksensa. Esitetystä yleisestä rakeisuusalueesta poikkeaa

vaa kiviainestakin voidaan stabiloida, jos tarvittavat toiminnalliset ominaisuudet (kuormitus- ja säänkestävyys) on saavutettavissa ja ratkaisu on edullisin. Silloin, kun käytettävän kiviaineksen rakeisuuteen voidaan vaikuttaa, kannattaa käyttää kiviainesta, jolla tarvittava lujuus ja muut ominaisuudet saavutetaan mahdollisimman taloudellisesti.



Kuva 2. Alue, jolla sementillä stabiloitavan kiviaineksen rakeisuuden ohjekäyrän tulee sijaita. Suomessa vaaditaan rakeisuusalue B, kuitenkin niin, että 0,063 mm:n läpäisyprosentti saa olla enintään 9 %. Lähde: prEN (WI 227-140, elokuu 1999).

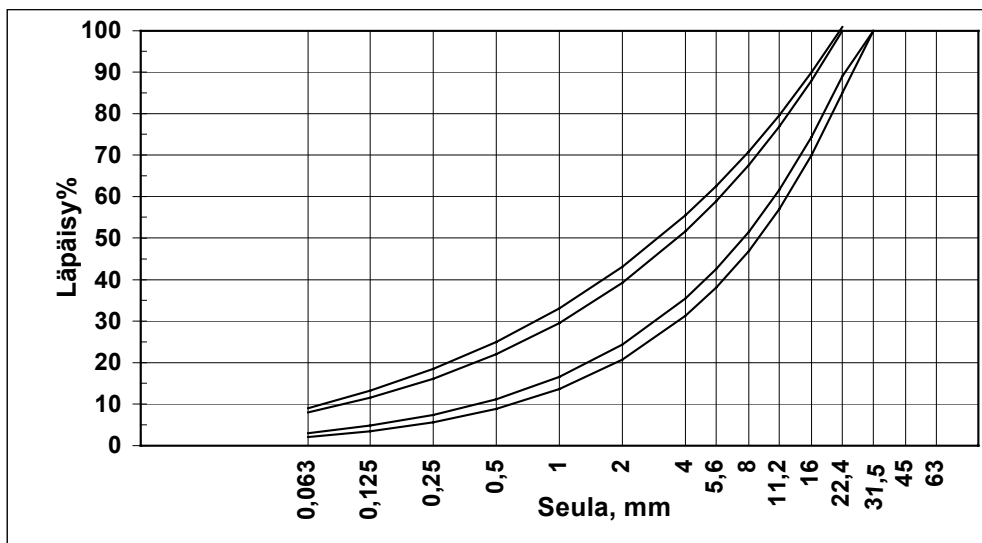
Kuvissa 3 ja 4 on esitetty esimerkit sementillä stabiloitavien murskeiden 0/22,4 ja 0/31,5 ohjealueista, joita voidaan käyttää stabiloitaessa asemasekoituksella tai paikallasekoituksena uutta kiviainesta. Sisempiä ja ulompia rakeisuusohjealueita koskevat vaatimukset on esitetty Murskaustöiden työselityksessä (TIEL 2212809-98). Sementillä stabiloitavan vanhan kantavan kerroksen maksimiraekoko on yleensä suurempi. Vaikutusmahdollisuudet rakeisuuteen ovat rajalliset, mutta esimerkki tavoiteltavasta rakeisuudesta on esitetty kuvassa 5.

7.3.1.2 Muut ominaisuudet

Sementillä stabiloitavan kiviaineksen lujuuden ja raemuodon tulee täyttää kohdassa 7.1.1 bitumistabiloinnille esitetyt vaatimukset. Jos käytetään tätä huonompaa kiviainesta, on tutkittava huolellisesti huonolaatuisen kiviaineksen aiheuttamat riskit ennakkotestauksilla (puristuslujuuskokeet, jäätymsulamiskestävyyskokeet) ja ottamalla ne huomioon myös rakenteen mitoituksessa.

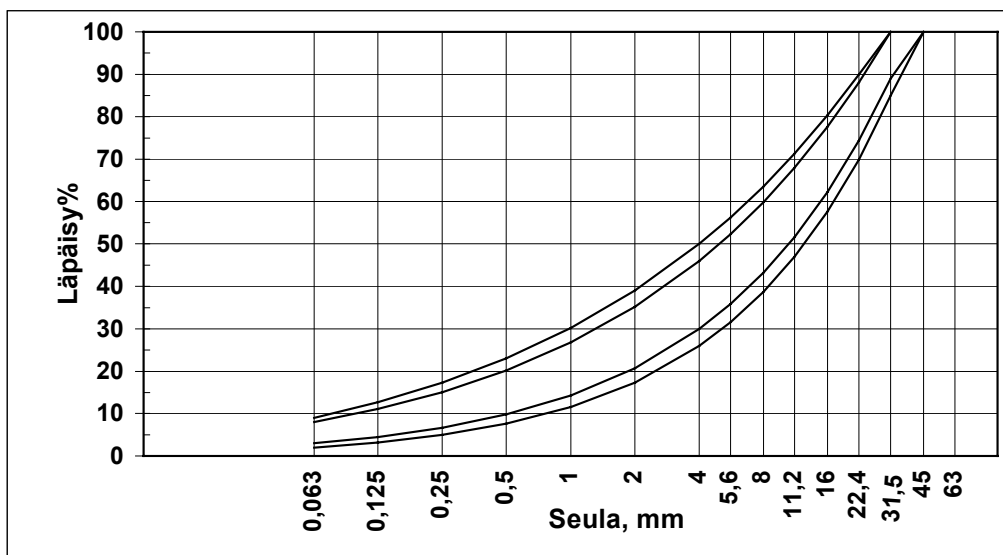
Humuspitoisuusluokan (PANK-2106) tulee olla 0-II. Jos humusta on enemmän, stabiloinnin lujuuden kehitys on varmistettava laboratoriokokeilla. Kiviaines ei saa olla rapautunutta tai helposti rapautuvaa tai muilta ominai-

suuksiltaan sellaista, että se vaikuttaa haitallisesti sementtistabiloinnin ominaisuuksiin.



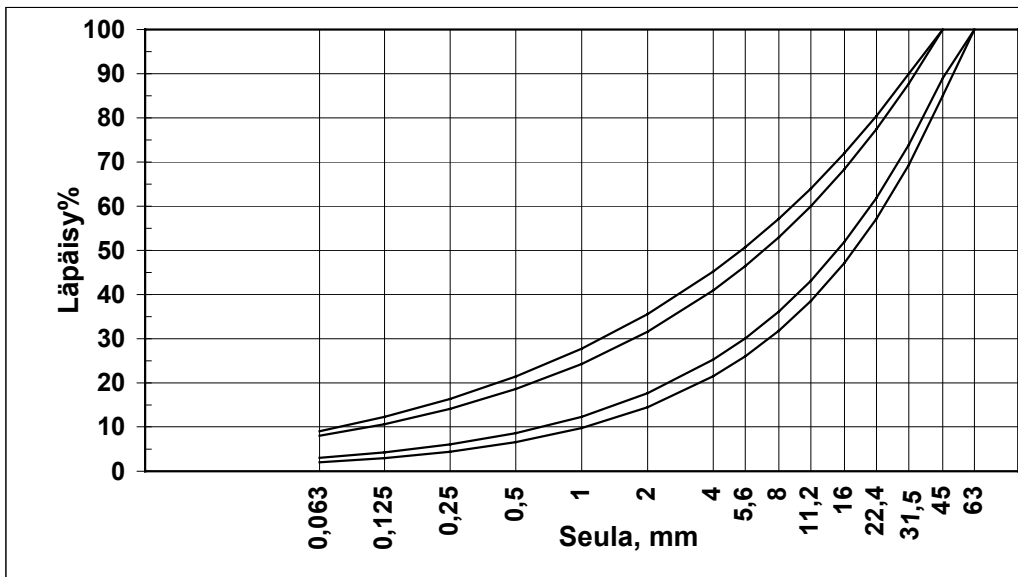
| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|----|----|
| os | 0,063 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 5,6 | 8 | 11,2 | 16 | 22,4 | 31,5 | 45 | 63 |
| s | 3-8 | 11-22 | 17-30 | 24-39 | 35-52 | 43-59 | 51-68 | 62-77 | 74-88 | 89-100 | 100 | | |
| u | 2-9 | 9-25 | 14-33 | 21-43 | 31-56 | 38-63 | 47-71 | 57-80 | 70-90 | 85-100 | 100 | | |

Kuva 3. Esimerkki sementillä stabiloitavan kiviaineksen 0/22,4 rakeisuusohje-alueista (os= ohjeseula, s=sisempi, u=ulompi).



| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|----|
| os | 0,063 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 5,6 | 8 | 11,2 | 16 | 22,4 | 31,5 | 45 | 63 |
| s | 3-8 | 10-20 | 14-27 | 21-35 | 30-46 | 36-52 | 43-60 | 52-68 | 62-78 | 74-88 | 89-100 | 100 | |
| u | 2-9 | 8-23 | 12-30 | 17-39 | 26-50 | 32-56 | 39-64 | 47-71 | 58-80 | 70-90 | 85-100 | 100 | |

Kuva 4. Esimerkki sementillä stabiloitavan kiviaineksen 0/31,5 rakeisuusohje-alueista (os= ohjeseula, s=sisempi, u=ulompi).



| | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| os | 0,063 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 5,6 | 8 | 11,2 | 16 | 22,4 | 31,5 | 45 | 63 |
| s | 3-8 | 9-19 | 12-24 | 18-32 | 25-41 | 30-46 | 36-53 | 43-60 | 52-68 | 62-77 | 74-88 | 89-100 | 100 |
| u | 2-9 | 7-21 | 10-28 | 14-36 | 21-45 | 26-51 | 32-57 | 39-64 | 47-72 | 57-80 | 69-90 | 85-100 | 100 |

Kuva 5. Esimerkki sementillä paikallasekoituksena stabiloitavan vanhan sitomattoman kantavan kerroksen kiviaineksen 0/45 rakeisuusohjealusta (os= ohjeseula, s=sisempi, u=ulompi).

7.3.2 Sideaine

Sideaineena käytetään yleensä yleissementtiä tai portland- ja seossementtejä. Portlandsementtiä on syytä käyttää yhdessä masuunikuonajauheen kanssa tai kun kiviaineksen humusmäärä on suuri (väriarvo III tai IV NaOH-menetelmässä Rakenteiden laadunvarmistusohjeen, TIEL 2220003 mukaisesti). Hydratoitumisreaktioiden hidastumisen vuoksi masuunikuonajauhoa saa käyttää korkeintaan 50% sideaineen kokonaismäärästä.

Sideaineena käytetään CE-merkittyä standardin SFS-EN 197-1 mukaista sementtiä. Soveltuvat sementtilaadut ovat CEM I, CEM II/A-S, CEM II/B-S, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/B-V, CEM II/A-L, CEM II/A-LL, CEM II/A-M, CEM III/A ja CEM III/B

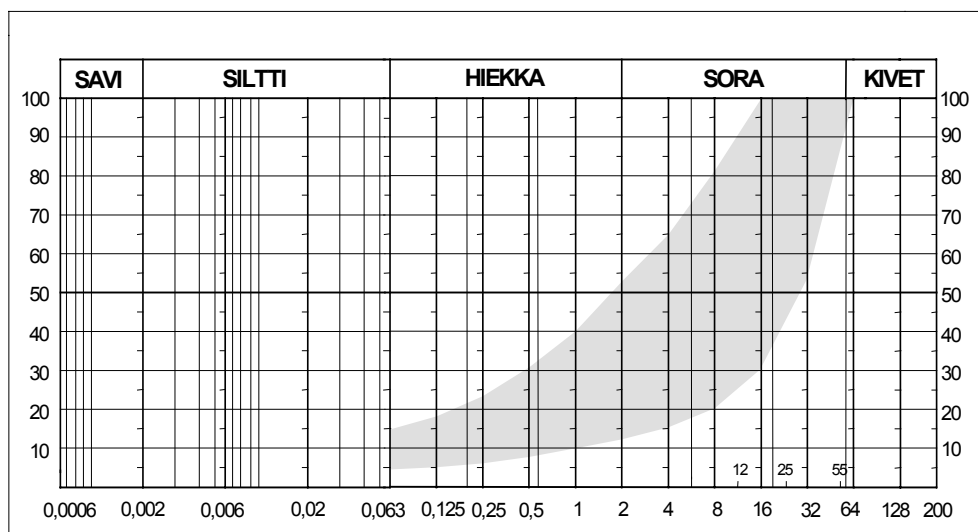
7.3.3 Vesi

Stabilointiin käytettävä vesi ei saa sisältää klorideja enempää kuin 0,03 painoprosenttia (Cl-). Humuspitoisia pintavesiä ei saa käyttää.

7.4 Masuunihiekkastabilointi

7.4.1 Kiviaines

Stabiloitavan rakennekerrosmateriaalin rakeisuuskäyrän tulee olla kuvassa 6 esitetyllä alueella.



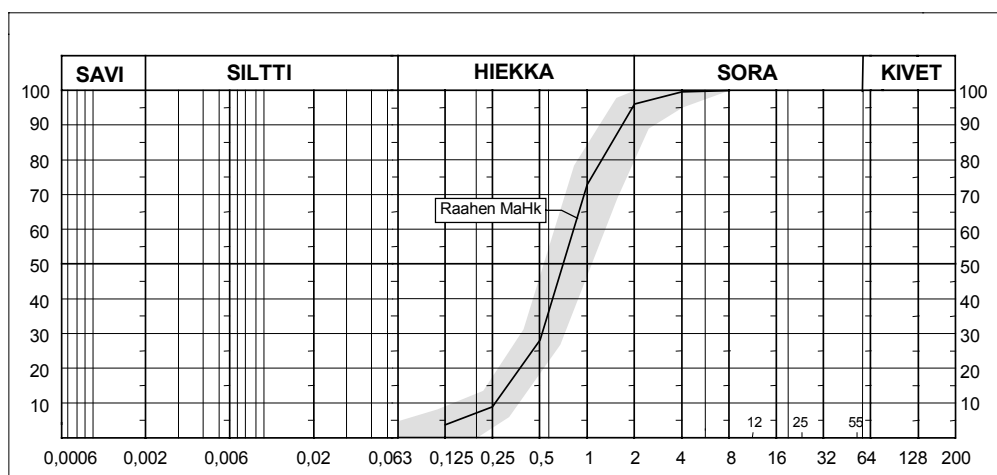
Kuva 6. Masuunihiekkastabiloitavan materiaalin rakeisuuden ohjealue, jolla ohjekäyrän tulee sijaita.

Vaatimukset stabiloitavan kiviaineksen lujuudelle ja raemuodolle ovat samat kuin bitumistabiloinnissa kohdassa 7.1.1.2.

Tarkemmat kiviainesvaatimukset humusta koskien on esitetty masuunihiekkastabiloinnin suhteitusta koskevassa kohdassa 8.5.

7.4.2 Masuunihiekan rakeisuus

Masuunihiekan rakeisuuden tulee olla kuvassa 7 esitetyllä ohjealueella. Koska masuunihiekka on rakeisuudeltaan 0/4 mm, se täydentää stabiloitavan materiaalin raekokojakaumaa nostaten hiekan alueella olevien raekokojen osuutta.



Kuva 7. Masuunihiekan rakeisuusohjealue sekä esimerkkinä Raahen terästehtaan masuunihiekan tyypillinen raekokojakauma.

8 KOOSTUMUKSEN SUUNNITTELU JA ESIKOKKEET

Uudisrakennuskohteissa kantavan kerroksen laatutiedot ja materiaalinäytteet käytetään lähtötietoina sideainepitoisuuden määrittämisessä. Ennakkokokeet tehdään käytettäviksi aiotuilla materiaaleilla.

Rakenteenparantamiskohteella ennakkokokeet tulee tehdä stabiloitavasta kohteesta otetuista materiaalinäytteistä. Näytteiden tulee olla edustavia ja niitä tulee olla riittävästi esikokeita varten. Esikokeisiin tulee varata riittävästi aikaa, erityisesti hydraulisia sideaineita käytettäessä tarvitaan pitkiä koe-susaikoja.

Vanhojen rakenteiden parantamisessa lähtötiedoiksi tarvitaan vanhan rakenteen kerrospaksuudet. Päälystekerrosten paksuudet vaikuttavat lopulliseen sideainepitoisuuteen. Kerrosmateriaalien rakeisuudet ja sideainepitoisuudet määritetään näytteistä, mikäli päälysteen rakennusaikaiset laatutiedot eivät ole käytettävissä. Myös otetuista kantavan kerroksen näytteistä tutkitaan rakeisuus. Lisäkiviaineksesta määritetään laatu, rakeisuus ja lisäysmäärä. Näytteenottoapaikat määritetään esim. päälystetutkatulosten perusteella. Tuloksista ilmenee rakenteen päälysteen paksuus, hienontuneen kantavan kerroksen rajapinta sekä kantavan kerroksen kokonaispaksuus. Näytteitä otetaan vaihtelevasti ulkoraitteesta ja kaistan keskeltä, jotta varmistutaan mahdollisen päälysteen alla olevan aikaisemman päälystekerroksen todellisesta paksuudesta. Se voidaan hyödyntää lisäsideaineen määrää määrittäessä. Näytteiden otossa mitatut paksuudet sidotaan maatumkamittauksiin. Mikäli kohteessa on eri ikäisiä tai eri materiaaleista rakennettuja päälysteitä, tulee niiden näytteet käsitellä erikseen.

Esitutkimusten perusteella tehdään aina suhteitussuunnitelma. Tässä kapaleessa esitetään suhteituksen vaihtoehdot ja eteneminen eri stabilointimenetelmille.

8.1 Bitumistabilointi VBST ja BEST

Bitumistabiloinnin optimaaliseen sideainepitoisuuteen vaikuttavat

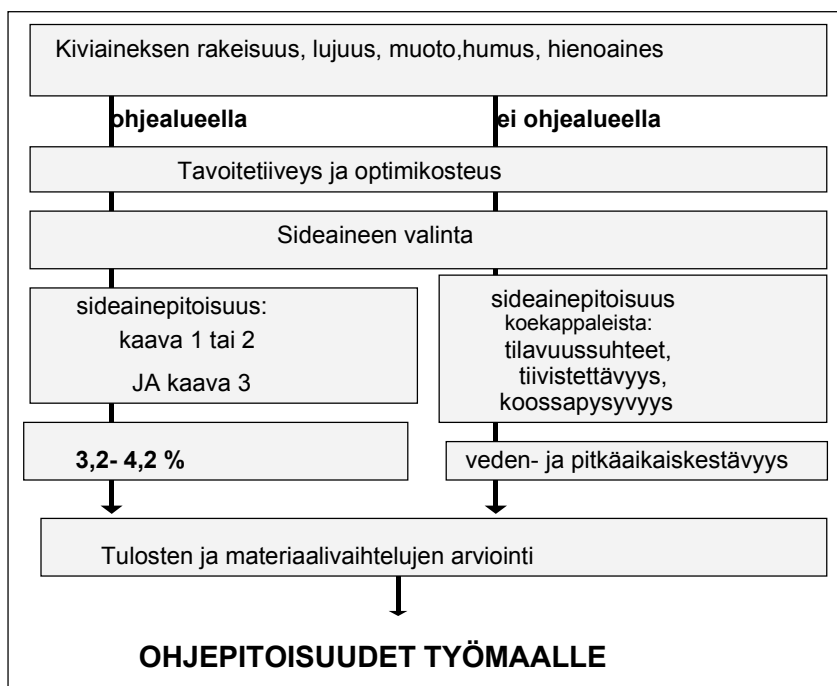
- kiviaineksen rakeisuus ja hienoainesominaisuudet
- massan tiivistettävyyden
- säänkestävyys

Ennakkosuunnittelun tavoitteena on arvioida tarvittavaa sideainepitoisuutta hienoainesominaisuuksien avulla. Koostumuksen suunnitteluun kuuluu aina

- kiviaineksen rakeisuuden ja hienoainesominaisuuksien selvittäminen ja niiden vertaaminen ohjeellisiin raja-arvoihin (8.1)
- optimivesipitoisuuden määrittäminen
- sideainepitoisuuden valinta.

Jos poiketaan kohdassa 7.1.1 esitetyistä ohjearvoista, tehdään myös seuraavat täydentävät tutkimukset.

- Massan tiivistettävyyden ja tilavuussuhteiden määrittäminen kiertotiivistyskokeilla.
- Suhteituksen mukaisen massan koossapysyvyyden sekä säänkestävyyden varmistaminen.
- Mitoituksen mukaisen moduulin varmistaminen laboratorioskokeella.



Kuva 8. Bitumistabiloinnin suhteituksen kulku.

8.1.1 Optimivesipitoisuuden määrittäminen

Suhteitustavasta riippumatta kiviaineksen tiivistyksen kannalta optimaalinen vesipitoisuus ja tavoitetiiveys määritetään parannetulla Proctor-kokeella.

Jos suhteituksen yhteydessä valmistetaan näytteitä, käytetään niiden vesipitoisuutena optimivesipitoisuutta ja tiiveysasteena 95 % parannetusta Proctor-tiiveydestä. Kun kiviaineksen maksimiraekoko ylittää 16 mm, näytekokona on halkaisijaltaan 150 mm näyte. Näytteiden onnistumisen kannalta laboratoriokokeiden maksimiraekokona on voitu käyttää 32 mm. Tätä suuremmat rakeet tulee poistaa ennen massojen valmistusta.

8.1.2 Kokemusperäinen suhteitus

Bitumistabilointien sideainepitoisuuden määrittämisessä voidaan käyttää kokemusperäistä suhteitusta, kun kiviaineksen ominaisuudet ovat kohdassa 7.1.1 esitetyillä ohjealueilla.

Bitumistabiloinnin ohjeellisen sideainepitoisuuden kokemusperäinen määrittäminen kaavalla 1 perustuu kiviaineksen hienoainepitoisuuden ja sideainetarpeen väliseen yhteyteen.

$$SAP = 0,14 \times p_{63} + 2,6 \quad (\text{kaava 1}),$$

jossa

SAP sideainepitoisuus (massa-%)

p_{63} kiviaineksen keskimääräinen 0,063 mm läpäisyarvo (massa-%)

Ohjeellinen sideainepitoisuus voidaan arvioida kaavan 1 sijasta ns. puolianalyttisellä suhteituksella. Sitä varten määritetään laboratoriossa kiviaineksesta rakeisuus ja hienoaineksen tyhjätila (HKAT). Niistä lasketaan kaavalla 2 kokemusperäisten kertoimien F (taulukko 3) avulla kiviaineksen tyhjätila KAT . Lopuksi lasketaan haluttua täyttöastetta vastaava sideainepitoisuus.

Kiviaineksen tyhjätilaan vaikuttavat rakeisuuskäyrä ja kiviainesrakeiden pinnan muoto. Murskattua kiviainesta voidaan pitää särmikkäänä. Kun näyte ei ole tasarakeinen, vaan koostuu eri kokoisista rakeista, korvaavat karkeammat rakeet hienompien tilavuusosuutta ja täyttävät osan tyhjätilasta. Tyhjätila pienenee, kunnes tiheyden maksimi on saavutettu. Jos jonkin lajitteen osuus kasvaa liikaa, näyte löyhtyy ja tyhjätila kasvaa.

Runkoaineksen tyhjätila voidaan laskea kaavalla 2, kun tunnetaan kiviaineksen rakeisuuskäyrä ja hienoaineksesta määritetty tyhjätila $KAT_{<0,063}$

$$KAT_n = F \left[f\left(\frac{P_n}{P_{n-1}}\right) \right] * KAT_{n-1} \quad (\text{kaava 2}),$$

jossa

- KAT_n seulan n läpäisseen kiviaineksen tyhjätila
 KAT_{n-1} seulaa n edeltäneen seulan läpäisseen kiviaineksen tyhjätila
 P_n seulan n läpäisyprosentti
 P_{n-1} seulaa n edeltäneen seulan läpäisyprosentti
 F tyhjätilan vähennyskerroin (taulukko 3).

Menetelmässä käytetään kokemusperäisesti määritettyjä kiviaineksen tyhjätilan vähennyskertoimia F , jotka saadaan peräkkäisten seulojen läpäisyprosenttien suhteesta taulukon 3 mukaan.

Taulukko 3. Vähennyskerroin F puolianalyttisessä menetelmässä.

| Pn/Pn-1 | Fsärmikäs | Pn/Pn-1 | Fsärmikäs |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 1,00 | 1,000 | 1,55 | 0,924 |
| 1,05 | 0,985 | 1,60 | 0,926 |
| 1,10 | 0,970 | 1,65 | 0,931 |
| 1,15 | 0,951 | 1,70 | 0,938 |
| 1,20 | 0,935 | 1,75 | 0,947 |
| 1,25 | 0,924 | 1,80 | 0,955 |
| 1,30 | 0,920 | 1,85 | 0,963 |
| 1,35 | 0,919 | 1,90 | 0,970 |
| 1,40 | 0,919 | 1,95 | 0,978 |
| 1,45 | 0,920 | 2,00 | 0,985 |
| 1,50 | 0,921 | 2,05 | 0,993 |
| | | 2,10 | 1,000 |

Jos stabiloitavassa massassa käytetään myös asfalttirouhetta, lisättävä bitumipitoisuus lasketaan kaavalla 3.

$$SAP_L = (SAP_O - SAP_R \times \frac{RC}{100}) \times \frac{100}{100 - SAP_O} \times k \quad (\text{kaava 3}),$$

jossa

| | |
|---------|--|
| SAP_L | sideaineen lisästarve (massa-%) laskettuna rouheen ja kiviaineksen yhteisestä massasta |
| SAP_O | tavoitesideainepitoisuus (massa-%) kaavalla 1 tai 2 laskettuna |
| SAP_R | rouheen sideainepitoisuus, (massa-%) |
| RC | asfalttirouheen osuus massassa, (massa-%) |
| k | on rouheen sitoutumiskerroin, joka valitaan päällystetyypin ja käytetyn työtekniikan mukaan seuraavasti. |
| | PAB: k= 0,5...0,8 |
| | AB esijyrsitty : k= 0,5 |
| | AB tuore tai elvytetty jyrsinrouhe: k= 0,7...0,9. |

Sitoutumiskerroin voidaan valita sitä suuremmaksi, mitä hienommaksi ja tasalaatuisemmaksi vanha päällyste on jyrsitty. Tällöin vanha sideaine tulee kaikkein tehokkaimmin käytettyä hyödyksi stabilointia tehtäessä.

8.1.3 Kokeellinen suhteitus

Kokeellista suhteutusta on tarpeen käyttää lähinnä silloin, kun halkaisuveto-
lujuusmäärittämisillä ja silmämääräisesti halutaan selvittää massan epähomogeenisuutta ja mahdollisesti epähomogeenisen massan koossapysyvyyttä. Myös otettaessa käyttöön uusia materiaaleja, joiden ominaisuudet poikkeavat kohdassa 7.1 esitetystä, on tehtävä kokeellinen suhteitus. Vaikka kokeellisesti määritetyllä sideainepitoisuudella laboratoriossa vaaditut toiminnalliset ominaisuudet täytyisivätkin, ei ohjesideainepitoisuus saa kuitenkaan olla kuin enintään 20 % pienempi kuin kaavalla 1 kokemusperäisesti määritetty sideainepitoisuus.

Suhteitus voidaan tehdä määrittämällä tilavuussuhteet laboratoriossa valmistetuista ja tiivistetyistä näytteistä. Tiivistetyistä näytteistä määritetään tilavuussuhteet eri sideainepitoisuuksilla. Tiivistys tehdään kiertotiivistimellä samalla tavalla kuin päällysteitä suhteitettaessa. Tyhjätila määritetään koekappaleista ulkomittamenetelmällä PANK-4111.

Stabilointimassat suhteitusta varten valmistetaan laboratoriossa asfalttisekoittimella käytännön sekoitustyötä vastaavasti. Jos tutkitaan vaahdotumimassoja, sekoitin on varustettava vaahdotuslaittein. Sekoitusajan tulee olla 1-2 min. hienoainesmäärästä riippuen. Massoja on valmistettava niin paljon, että jokaista määritettävää ominaisuutta varten voidaan valmistaa neljä koekappaletta.

Massa valmistetaan joko kiertotiivistimellä (ICT) tai Kango-tiivistysvasaralla vakio menetelmin vertailtavuuden säilyttämiseksi. Ohjeavrot on esitetty taulukossa 4. Jos massassa on 16 mm suurempia kiviä, on käytettävä 150 mm muotteja, muuten voi käyttää 100 mm muottejakin. Yli 32 mm kivet tulee poistaa ennen massojen valmistusta.

Taulukko 4 Näytteiden valmistus kiertotiivistimellä ja Kango-tiivistysvasaralla.

| | ICT | Kango |
|-------------------------------|---|---|
| Pienet muotit (100 mm) | | |
| Näytemäärä | 1150 g | 1150 g |
| Tiivistys | 160 kPa näytteessä, 40 mrad, 30 kierr./min, 160 kierrosta | Sullonta tehdään vain yhdeltä puolelta noin 10 sekunnin ajan |
| Isot muotit (150 mm) | | |
| Näytemäärä/ korkeus | 5800 g / 150 mm | 5800 g / 150 mm |
| Tiivistys | 160 kPa näytteessä, 40 mrad, 30 kierr./min, 160 kierrosta. | Tiivistys tehdään kolmessa kerroksessa, 15 sek/kerros. Kerrosten välisen tarttuvuuden parantamiseksi edellisen kerroksen pinta rikotaan ennen seuraavan kerroksen lisäystä. |

8.1.3.1 Tilavuussuhteiden ohjearvot

Tilavuussuhteet määritellään ja lasketaan ohjeen PANK-4114 mukaan.

Sideainepitoisuuden optimi saavutetaan silloin, kun kiviaineksen tyhjätilasta tietty määräosa on bitumin täyttämä. Täyttöasteen optimin ohjeellinen arvo bitumistabiloinnilla on 36 - 41 %. Täyttöasteen optimia määritettäessä on otettu huomioon massan valmistuksessa ja tiivistyksessä tapahtuva keskimääräinen kiviaineksen hienoneminen. Taulukkoon 5 on koottu ohjearvot bitumistabilointien tilavuussuhteille.

Taulukko 5. Bitumistabilointien tilavuussuhteiden ohjeelliset arvot.

| Massatyyppi | Sideaine | Kiviaineksen tyhjätila KAT (til-%) | Täyttöaste TA (til-%) | Tyhjätila TT (til-%) |
|-------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| VBST, BEST | B250/330 - B650/900 | 17 – 22 | 36 – 41 | 10 – 14 |

Tilavuussuhdetietojen määrittäminen mahdollistaa myös huokostilaan mahduttuvan veden määrän selvittämisen. Kun tunnetaan sideaineen täyttämä huokostila voidaan selvittää, kuinka kostea kiviaines saa enintään olla.

Puolianalyttisellä suhteituksella on mahdollista saada sama tieto kuin kokeellisella suhteituksella ilman, että suhteituksen tarkkuus merkittävästi kärsii. Menetelmä on nopeampi eikä laitteistona tarvita muuta kuin Rigden-laite hienoaineksen tyhjätilan määrittämiseen. Menetelmä ei siten ole sidottu kiin-

teisiin laboratorioihin, vaan suhteitus voidaan tehdä myös esim. kenttälaboratoriossa.

8.1.3.2 Koossapysyvyys/ kuormituskestävyys

Stabilointimassojen koossapysyvyys varmistetaan suhteituksen mukaisella koostumuksella halkaisuvetoljuuskokeella (PANK-4202). Halkaisuvetoljuuksien avulla voidaan arvioida eri muuttujien vaikutusta massan koossapysyvyyteen ja kuormituskestävyyteen. Koostumusta suunniteltaessa muuttujina voivat olla mm.

- bitumin kovuus ja bitumipitoisuus
- asfalttirouheen osuus
- kiviaineksen laatu ja rakeisuus.

Koossapysyvyyden tutkimista varten näytteet tiivistetään Marshall-vasaralla (PANK-4004) tai tutkimuksessa käytetään tilavuussuhteiden määrittämisen yhteydessä kiertotiivistimellä tiivistettyjä näytteitä. Bitumistabiloinnin koossapysyvyys määritetään halkaisuvetoljuutena 7 vrk ikäisistä näytteistä +10 °C lämpötilassa. Näytteistä arvioidaan lisäksi silmämääräisesti peittoastetta ja homogeenisuutta. Koossapysyvyyden takaamiseksi halkaisuvetoljuuden tulee olla > 80 kPa.

8.1.3.3 Säänkestävyys

Säänkestävyyttä arvioidaan vedenkestävyyden ja pitkäaikaiskestävyyden perusteella. Säänkestävyys tutkitaan ennakkoon, jos päällysteeksi tulee PAB-päällyste tai jos kiviaines on runsaasti vettä sitovaa kohdan 7.1.1.4 mukaan tai jos bitumia aiotaan käyttää ohjearvoa vähemmän. Jos stabiloituun rakenteeseen sitoutuu vettä, se saattaa heikentää bitumin ja kiviaineksen välisiä sidoksia ja aiheuttaa rakenteen purkautumista.

Kun päällyste on vettä läpäisevä ja kuivatus puutteellinen, altistuu stabiloitu kerros vedelle toistuvasti. Etenkin syksyllä rakenne saattaa jäädä märäksi. Rakenteeseen sitoutunut vesi rikkoo sidoksia jäätyessään ja laajentuessaan ja saattaa siten vaikuttaa rakenteen käyttäytymiseen pitkällä aikavälillä.

Säänkestävyyteen vaikuttavat mm.

- kiviaineksen hienoaineksen ominaisuudet
- sideaineen elastisuus / jäykkyys ja määrä
- kiviaineksen ja sideaineen välinen tarttuvuus
- tyhjätila
- kuivatus.

8.1.3.3.1 Vedenkestävyys

Suhteituksen mukaisen massan vedenkestävyys varmistetaan vedenkestävyysskojeilla (PANK-4301, HVL märkä/kuiva). Vedenkestävyysskojeita varten tarvittavat näytteet tiivistetään Marshall-vasaralla (PANK-4004). Tarttuvuusluvun tulee olla > 40 %.

8.1.3.3.2 Pitkäaikaiskestävyys

Pitkäaikaiskestävyyttä voidaan selvittää altistamalla koekappaleet jäädytys-sulatus-sykleille. Menetelmä on kehitetty varsinaisesti kiviaineksen rapautumislaitteen tutkimiseen (SFS-EN 1367-1). Jäätymis-sulamis-koetta varten näytteet tiivistetään Marshall-vasaralla (PANK-4004) samalla tavalla kuin vedenkestävyysskojeissa käytettävät näytteet.

Jäädytys-sulatuskojeessa koekappaleiden tyhjättila imeytetään aluksi täyteen alipaineen avulla. Nesteinä voidaan käyttää vettä tai esim. suolaliuosta, jonka rapauttava vaikutus on kymmenkertainen puhtaaseen veteen verrattuna. Näytteet altistetaan kymmenelle jäädytys-sulatus-syklille, jonka jokaisen kesto on 24 tuntia. Lämpötilaa muutetaan + 20 °C:n ja – 20 °C:n välillä. Jäädytys-sulatus-syklien jälkeen näytteistä määritetään halkaisuvetolujuudet, joita verrataan sykleille altistumattomien näytteiden lujuusarvoihin. Näin määritetyn säänkestoluvun tulee olla > 40 %.

8.2 Remix-stabilointi REST

8.2.1 Kokemusperäinen suhteitus

Kokemusperäisessä suhteutuksessa sideainepitoisuuden määrittäminen perustuu kiviaineksen hienoainepitoisuuden ja sideainetarpeen väliseen yhteyteen. Ohjeellinen sideainepitoisuus arvioidaan kaavalla 1.

Varsinaisesta kantavuudenmitoituksesta saaduille kerrosvahvuuksille lasketaan lisäsideaineen määrä kaavaa 3 käyttäen, jos rakenteessa on vanhaa päällystettä tai käytetään lisämateriaalina rouheita. Sitoutumiskertoimena voidaan REST-menetelmässä käyttää pehmeillä asfalteilla 0,9 ja asfalttibe-toneilla 0,6 ... 0,8 sideaineen kovuudesta riippuen.

8.2.2 Kokeellinen suhteitus

Kokeellisessa suhteutuksessa sideainepitoisuuden määrittäminen tehdään imupainekokeella eli TS-testillä (liite 1). Testiä varten valmistetaan laboratorioissa massoja otetuista ennakkonäytteistä rakennetta vastaavalla koostumuksella eri sideainepitoisuuksilla, mutta myös ilman sideainelisäystä. Ennakkokokeissa käytetään stabiloinnissa käytettäväksi suunniteltua bitumiemulsiota.

TS-testien tulosten perusteella saadaan minimisideainepitoisuus, jolla hienoaines saadaan sidottua. Suhteutuksessa käytetään puolianalyttistä menetelmää pyrkien alle 8 %:n tyhjättilaan. Yleensä ohjesideainepitoisuudeksi saadaan 3,0 – 3,5 %.

8.3 Komposiittistabilointi

Suhteitukselle asetetaan tavoitteet stabiloinnilta vaadittujen ominaisuuksien mukaan, esim.

- halkaisuvetolujuudelle tai jäykkyysmoduulille
- massa on pakkasenkestävää
- stabilointinäytteiden tyhjättila 10-15 % (laboratoriossa).

8.3.1 Suhteitus

Otetuista materiaalinäytteistä (rouhe, kantavan kerroksen murske, sementti, bitumi ja vesi) valmistetaan laboratorioissa koemassat laboratoriosekoittimella. Muuttujina suhteituksessa ovat rouheen osuus massasta (RC-prosentti), sementti- ja lisäbitumipitoisuus.

Ensin sekoitetaan kiviainekset ja sementti keskenään. Seokseen lisätään tarvittava lisävesi. Lopuksi massa sekoitetaan bitumi vaahdotettuna tai emulgoituna.

Kustakin massa-annoksesta tehdään halkaisijaltaan 150 mm olevat koekappaleet, vähintään 2 rinnakkaista /testi.

8.3.1.1 Tavoitevesipitoisuus ja -tiiveys

Parannetut Proctor-kokeet tehdään aina tavoitetiiveyden ja optimivesipitoisuuden määrittämiseksi valituilla rouhepitoisuuksilla ja sementtimäärillä.

8.3.1.2 Sideainepitoisuus

Sideainepitoisuuskokeet tehdään useammalla erilaisella massan koostumuksella optimin löytämiseksi.

Bitumistabilointiin teoreettisesti tarvittava lisäsideainemäärä voidaan kokeusperäisesti määrittää kohdan 8.1.2 mukaan.

Tiivistettävyyden tarkistetaan tiivistämällä koemassa halkaisijaltaan 150 mm:n muottiin kiertotiivistimellä. Näytevalmistuksen tavoitetiiveytenä käytetään parannettua Proctor-tiiveyttä.

Halkaisuvetolujuuden ja tyhjätilan määrittämiseksi tutkittavat näytteet tiivistetään kiertotiivistimellä tai Kango-vasaralla niin, että määritettyyn tavoitetiiveyteen päästään. Lähtökohtana voi käyttää taulukon 4 asetuksia, mutta tarvittava tiivistystyö haetaan kokeilemalla. Näytteiden korkeus ja läpimitta ovat 150 mm.

Tyhjätilat määritetään laskennallisesti raaka-aineiden tiheyksien ja punnusten perusteella (PANK 4114). Halkaisuvetolujuuslujuus tutkitaan 1 vrk:n ikäisistä näytteistä +10 °C:n lämpötilassa (PANK 4202).

8.3.1.3 Kuormituskestävyys

Komposiittimassan kuormituskestävyyttä arvioidaan määrittämällä sen halkaisuvetolujuus 28 vrk:n iässä lämpötilassa +10 °C muutamalla massan koostumuksella menetelmän PANK 4202 mukaan. Näytteet valmistetaan kiertotiivistimellä tai Kango-vasaralla kuten kohdassa 8.3.1.2 on esitetty. Masuunihiekkaa käytettäessä tulee varautua 90 vrk:n koestusikään.

Kuormituskestävyyttä voidaan arvioida myös määrittämällä massan jäykkyysmoduuli. Sen määrittämiseksi tarvittavat näytteet (korkeus 300 mm ja halkaisija 150 mm) tiivistetään Kango-vasaralla siten, että määritettyyn tavoitetiiveyteen päästään. Jäykkyysmoduulit tutkitaan 1-aksiaaliseen puristukseen perustuvalla kokeella +15°C lämpötilassa.

8.3.1.4 Säänkestävyys

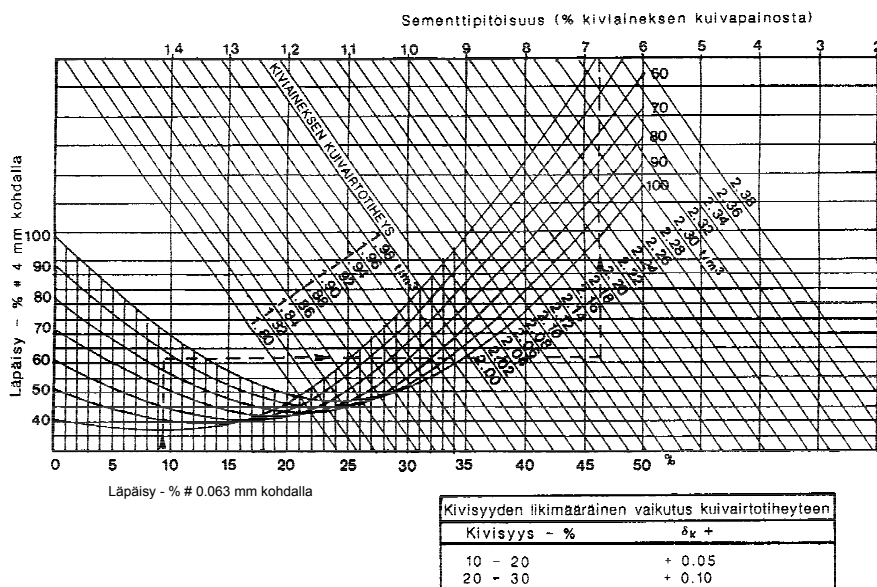
Komposiittistabiloinnin säänkestävyyttä arvioidaan pakkasenkestävyysskokeella, jos suhteituksen mukaisen massan bitumipitoisuus alittaa kohdan 7.1.2 minimiarvon, 3,2 % tai jos kiviainekselle kohdassa 7.1.1. asetetut vaatimukset eivät täyty.

Pakkasenkestävyysskokeen näytteet valmistetaan samalla tavoin kuin halkaisuvetolujuuskokeen näytteet. Pakkasenkestävyys tutkitaan 28 vrk:n ikäisistä koekappaleista menetelmän SFS 5447 mukaisella jäädytys-sulatuskokeella, jossa syklien määrä on 26 kpl (-20 °C/ +20°C).

Pakkasenkestävyyden hyväksymisrajana pidetään enintään 33 % lujuuden alenemista.

8.4 Sementtistabilointi

Kantavan kerroksen sementtistabiloinnin tavoitteellinen puristuslujuus on tavallisesti 7 – 10 MN/m² ja jakavan vastaavasti 5 – 7 MN/m². Se on lähtökohtana arvioitaessa alustavaa sementtipitoisuutta S_0 kuvan 9 nomogramista. Lisäksi tarvitaan tiedot stabiloitavan kiviaineksen rakeisuudesta ja sen vaihtelusta sekä parannetulla Proctor-kokeella määritetystä maksimikuivairtotiheydestä (menetelmäohje julkaisussa Rakentamisen laadunvarmistus 1994, TIEL 2220003, eurooppalainen standardi valmisteilla). Nomogrammi on suunniteltu antamaan 5 MPa:n puristuslujuuden saavuttamiseen tarvittavan sementtimäärän ja siksi S_0 on syytä valita 1%-yksikön nomogrammin antamaa suuremmaksi. Nomogrammin käytössä on myös yleensä muistettava tehdä kivisyyskorjaus kiviaineksen kuivairtotiheyteen, koska nomogrammi on laadittu 0/16 mm:n kiviainekselle.



Kuva 9. Alustavan sementtiprosentin S_0 määrittäminen.

Alustava sementtiprosentti tarkistetaan koekappaleiden 7 d puristuslujuuden perusteella. Koelieriöitä valmistetaan kaksi Koelieriöt tiivistetään parannetulla Proctor-menetelmällä (TIEL 2220003) saadussa optimikosteudessa vastaavaan maksimikuivairtoihyteen käyttäen sementtipitoisuuksia S_0-1 , S_0 ja S_0+1 p-%:ia. Kullakin sementtipitoisuudella tehdään kaksi rinnakkaista koekappaletta eli yhteensä 6 kappaletta. Tarvittaessa oikeaa sementtipitoisuutta voidaan haarukoida isommalta alueelta eli käyttää sementtipitoisuuksien $S_0 \pm 1$ asemesta esimerkiksi sementtipitoisuuksia $S_0 \pm 2$ p-%.

Tarvittavaa sementtipitoisuutta S_p valittaessa on lisäksi otettava huomioon puristuslujuuden vaihtelu käytännön työssä. Jos vaatimuksena on, että 90% tieltä otetuista näytteistä täyttää vaatimukset ja puristuslujuuden arvioitu keskihajonta on 2 MPa/m^2 , tarvittavan sementtipitoisuuden voi valita sellaisen puristuslujuuden kohdalta, joka saadaan lisäämällä tavoitepuristuslujuuteen 1,28 kertainen keskihajonta eli esimerkiksi $7 \text{ MPa} + 1,28 \cdot 2 = 9,6 \text{ MPa}$.

Rakeisuuden vaihtelun merkitystä voidaan tutkia myös tekemällä vastaavat puristuslujuuskokeet keskimääräisen rakeisuuden lisäksi myös siitä selvästi poikkeavilla rakeisuuksilla.

Tiivistysasteen merkitystä voi tutkia testaamalla tai arvioimalla karkeasti kaavalla 4:

$$y = -0.1008x + 11,046 \quad (\text{kaava 4}),$$

jossa

y kerroin, jolla saatu puristuslujuus on kerrottava vastaavan 100%:n tiivistysasteeseen suljetun koekappaleen puristuslujuuden saamiseksi.

x tiivisyysaste (%).

Vuoden 2002 laatuvaatimukset edellyttävät, että stabiloinnin säänkestävyyden varmistamiseksi valittavan sementtipitoisuuden tulee olla puristuslujuuskokeiden tuloksista riippumatta vähintään 4,5 p-% silloin, kun stabiloitavan kiviaineksen hienoainepitoisuus on 5 p-% tai enemmän, ellei sulamisjäätymiskokein osoiteta pienemmän sideainepitoisuuden riittävän.

Pakkasenkestävyyskokeen näytteet valmistetaan samalla tavoin kuin näytteet puristuslujuuden tutkimista varten. Pakkaskestävyys tutkitaan 28 vrk:n ikäisistä koekappaleista menetelmän SFS 5447 mukaisella jäädytys-sulatuskokeella, jossa syklien määrä on 26 kpl ($-20 \text{ °C}/ +20 \text{ °C}$).

Pakkasenkestävyyden hyväksymisrajana pidetään enintään 33 % lujuuden alenemista.

Työnaikaista laadunohjausta varten on selvitettävä lujuuskehitys saadulla tarkistetulla sementtipitoisuudella S_p . Sen selvittämiseksi tehdään puristuslujuuskokeita myös 2 ja 28 vrk:n ikäisillä koekappaleilla. Seosmenttejä (masuunikuonajauhe) käytettäessä lujuus testataan myös 91 vrk:n ikäisestä koekappaleesta.

Puristuskoekappaleet valmistetaan optimivesipitoisuudessa parannettuun proctor-tiiviyteen joko Proctor- tai kiertotiivistimellä. Koelieriöitä säilytetään

20 ±1 °C lämpötilassa ja vähintään 90%:n suhteellisessa kosteudessa puristamiseen asti. Sopivat säilytysolosuhteet saavutetaan esim. pitämällä koekappaleita kannellisissa muovilaatikoissa ritilöiden päällä. Laatikon pohjalla on oltava vettä, mutta se ei saa koskettaa koekappaleita.

Puristuslujuus määritetään yksiakselisella puristuskokeella lisäämällä kuormitusta 2,5 kN/s. Koekappaleiden päät on tasattava ennen puristusta ohuella rikkilaastilla tasaisen puristusvoiman aikaansaamiseksi.

Maksimipuristuslujuutena ilmoitetaan rinnakkaisten koekappaleiden murtojuuoksien keskiarvo. Puristuslujuuksien ilmoittamisen yhteydessä on mainittava koelieriön korkeus (h) ja halkaisija (d). Halkaisijaltaan 100 mm:n lieriötä saa käyttää, jos kiviaineksen maksimiraekoko on 16 mm tai pienempi. Halkaisijaltaan 150 mm:n koelieriötä saa käyttää, jos kiviaineksen maksimiraekoko on 31,5 mm tai pienempi. Puristuslujuustulokset on ilmoitettava myös korjattuna vastaamaan sellaisia koelieriötä, joissa korkeuden ja halkaisijan suhde $h/d = 1$. Tämä tehdään kertomalla saadut puristuslujuudet kaavasta 5 saatavalla korjauskertoimella k:

$$k = 0,5 \cdot \ln(h/d) + 1 \quad (\text{kaava 5}).$$

Muita suunnittelussa huomioon otettavia tekijöitä

Sementtistabiloituun kantavaan kerrokseen saattaa syntyä kutistumishalkeamia, jotka voivat heijastua poikkihalkeamiksi kulutuskerroksen päällysteeseen. Halkeamat ovat haitallisia, koska niistä pääsee sementtistabiloituun kerrokseen sitä rapauttavaa suolavettä ja siksi halkeamien syntyminen olisi saatava mahdollisimman vähäiseksi ja jo syntyneet halkeamat on pyrittävä korjaamaan pikaisesti.

Halkeamien syntyä voidaan vähentää välttämällä sementin yliannostus, rajoittamalla massakerroksen kosteus esim. 75%:iin kyllästymiskosteudesta (kosteuden on oltava kuitenkin riittävä ottaen huomioon sementin hydratoitumisessa tarvittava vesi eli n. 40% sementin määrästä ja tiivistystyön onnistumisen edellytykset eli kosteus lähellä Proctor-kokeella määritettyä optimikosteutta) ja hidastamalla sementtistabiloidun kerroksen kuivumista vähintään viikon ajan joko kastelun tai kerroksen päälle heti levitettävän bitumiemulsion ja/tai päällysteen avulla. Asemasekoitteista massaa levitettäessä myös kuivan alustan kastelu on tärkeä riittävän vesipitoisuuden takaamiseksi. Vähäliikenteisillä teillä heijastumishalkeilua voi vähentää myös maabetonin päälle tehtävällä vähintään 10 cm paksulla sitomattomalla kantavalla murskekerroksella. Päällysteen tekeminen sitkeämmäksi käyttämällä sideainena kumbitumia vähentää myös heijastushalkeilua.

Suomessa on kokeiltu v. 2000 halkeilun vähentämistä Prefis- menetelmällä, jossa sementtistabiloituun kerrokseen tehdään 2,5 – 7,5 metrin välein bitumiemulsiolla täytettyjä halkeiluosoituksia tarkoituksella estää kokonaan sementtistabiloidusta kerroksesta päällysteeseen heijastuvien kutistumishalkeamien syntyminen. Ranskassa menetelmällä on saatu hyviä kokemuksia, mutta tulokset Suomen kokeilusta saadaan vasta myöhemmin. Samassa yhteydessä tehtiin myös koeosuus, jolla selvitettiin 3 vrk:n iässä tehdyn jälkitäytyksen vaikutusta (tavoitteena saada sementtistabilointi hiushalkeamille, jotka estävät päällysteeseen asti heijastuvien suurempien halkeamien synnyn).

8.5 Masuunihiekkastabilointi

8.5.1 Lähtötiedot

Vanhasta tierakenteesta otetuista kerrosnäytteistä tutkitaan rakeisuus ja humusluokka. Rakeisuus määritetään pesuseulonnalla. Samalla määritetään myös materiaalin vesipitoisuus. Rakennuskohteessa materiaalien ominaisuudet selvitetään pääosin jo murskauksen yhteydessä.

Runkoaineen humusluokka määritetään NaOH-testillä. Humusluokat 0 – I eivät vaadi aktivaattorin lisäystä. Humusluokissa II – IV aktivaattorin (sementti) lisäystarve määritellään ennakkokokein. Humusluokat II – IV eivät välttämättä vaadi aktivaattoria, mikäli kerrosmateriaalin E-modulin arvo on > 200 MN/m².

Optimivesipitoisuus ja maksimi tilavuuspaino määritetään parannetulla Proctor-kokeella sekoitetulle materiaalille.

Masuunihiekka ja aktivaattori tarvitsevat sitoutuakseen vettä, joten 1 %:n ylimäärä vettä seoksessa ei ole haitallinen, joskin vesi-sideaine-suhde määrää lopullisen lujuuden.

8.5.2 Masuunihiekan ja sementtiaktivaattorin määrä

Suunnittelun lähtökohtana on, että masuunihiekkastabiloitu rakenne saavuttaa noin 3,0 MPa:n lopullisen puristuslujuuden arvon 365 vrk:ssa ja että rakenne on pakkasenkestävä.

Tarvittavat masuunihiekan ja aktivaattorin määrät selvitetään ennakkokokein. Aktivaattorina käytetään yleensä sementtiä, mutta se voi olla myös kuonajauhetta, kalkkia tai CaCl₂. Sopiva masuunihiekan määrä on kiviaineksen laadusta riippuen 4 – 10 %, kun aktivaattoria käytetään 0,5 – 1,5 %. Jos aktivaattoria ei käytetä, on vaadittava masuunihiekkamäärä 5 – 15 %. Masuunihiekan ja aktivaattorin määrät lasketaan osuuksina koko sideaine / kiviainesseoksen kuivatilavuuspainosta ja ilmoitetaan kiloina neliometriä kohden (kg/m²). Masuunihiekan ja aktivaattorin määrä pyritään säätämään siten, että koekappaleiden puristuslujuus 28 vrk:n ikäisenä on noin 1 – 2 MPa.

Mikäli puristuslujuus on suurempi kuin 3 MPa, vähennetään aktivaattorin ja/tai masuunihiekan määrää. Aktivoitussa masuunihiekkastabiloinnissa on käytettävä samaa aktivaattoria kuin ennakkokokeissa.

Optimaalisia aktivaattorin ja masuunihiekan määriä selvitettäessä on huomattava, että vähäiselläkin määrän lisäyksellä voi olla voimakas vaikutus 28 vrk:n puristuslujuuteen, toisin sanoen lopullinen lujuus saavutetaan nopeammin. Sen sijaan masuunihiekan määrän, varsinkin lisäämisen, muutosten vaikutukset lujuuteen ilmenevät huomattavasti hitaammin.

8.5.3 Koekappaleiden valmistus ja testaus

Koekappaleet tehdään parannetulla Proctor-sullonnalla tai kiertotiivistimellä. Vesipitoisuutena seoksissa käytetään runkoaineelle saatua optimivesipitoisuutta, noin yhden prosenttiyksikön ylitys sallitaan keliolosuhteista ja akti-

vaattorin määrästä riippuen. Koekappaleita tulisi tehdä vähintään yksi sarja kutakin reseptiä ja koestusikää varten. Koekappaleet tulee tasata huolella ennen muotista irrottamista.

Koekappaleet säilytetään huoneenlämpötilassa ($+20 \pm 2 \text{ °C}$) erityisessä säilytysastiassa. Säilytysastian pohjalla on aina oltava vettä mutta koekappaleet eivät saa olla vedessä.

Masuunihiekkastabiloinnin ennakkokokeiden koestus suoritetaan 7, 28 ja 91 (ja mahdollisesti vielä 365) vrk:n ikäisenä, koska masuunihiekkastabiloinnin lujuuden kehitys on hidas. Aktivoidun masuunihiekkastabiloinnin ennakkokokeiden koestus suoritetaan 1, 7, ja 28 (ja mahdollisesti vielä 91) vrk:n ikäisenä.

Reseptin valinta tehdään puristuslujuustulosten ja mahdollisen kantavuusmitoituksen perusteella, siten että 3,0 MPa lujuus saavutetaan 91 vrk:n ikäisenä. Liian suuri puristuslujuus saattaa aiheuttaa rakenteessa kutistumishalkeilua.

Koekappaleista määritetään puristuslujuus (MPa). Koekappaleet pidetään vedessä ennen puristusta n. 4 h, millä varmistetaan että lujuuden kehitys on varmasti alkanut ja saadaan tasapuolinen koestustila. Koekappaleen päissä käytetään puristamisen aikana noin 4 mm:n paksuista kumilevyä. Pahasti vaurioituneet koeliriöitten päät on tasattava sementti laastilla tai vastaavalla, jotta kuormitus jakaantuisi tasan koekappaleeseen. Kuormitusnopeutena on 2,5 kN/s.

Pakkasenkestävyyskokeen näytteet valmistetaan samalla tavoin kuin näytteet puristuslujuuden tutkimista varten. Pakkasenkestävyys tutkitaan 28 vrk:n ikäisistä koekappaleista menetelmän SFS 5447 mukaisella jäädytys-sulatuskokeella, jossa syklien määrä on 26 kpl ($-20 \text{ °C} / +20 \text{ °C}$).

Pakkasenkestävyyden hyväksymisrajana pidetään enintään 33 % lujuuden alenemista.

9 PAIKALLASEKOITUSKALUSTO

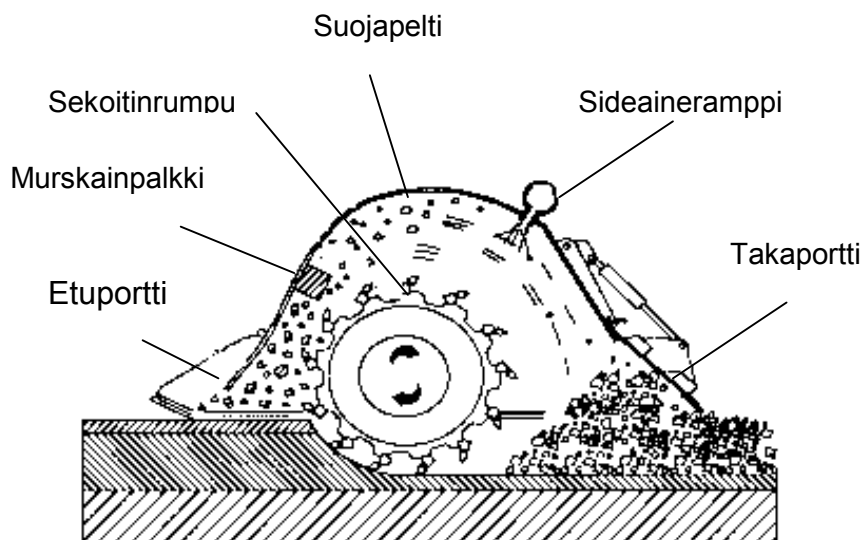
Paikallasekoitusmenetelmässä stabilointijyrsin jyrää kiviaineksen ja sekoittaa siihen sideaineen. Valmis massa tulee ulos koneesta tasaisena kerroksena. Sen jälkeen stabiloitu kerros tiivistetään, muotoillaan ja tiivistetään.

9.1 Jyrsintätyössä käytettävä kalusto

Jyrsintäkoneena käytetään stabilointijyrsintä tai muuta sekoitukseen yleisesti hyväksyttyä ja vastaavat sekoitusominaisuudet omaavaa jyrsintä.

Esijyrsinnässä käytetään päällystemateriaalista riippuen asfalttijyrsintä, stabilointijyrsintä tai muuta vastaavat sekoitusominaisuudet omaavaa sekoitinta. Tarvittaessa yli 80 mm:n kivet poistetaan stabiloitavasta kerroksesta haraamalla tai kivenkeruulaitteella. Esijyrsinnan jälkeen kerros muotoillaan oikeaan muotoon tiehöylällä ja tiivistetään, jotta massan siirtely varsinaisen stabilointijyrsinnan jälkeen olisi mahdollisimman vähäistä.

Stabilointijyrsimen teho riippuu sekoittimen roottorin halkaisijasta ja piikkijärjestelystä. Tehoon vaikuttavat myös sekoittimen (roottorin) pyörimisnopeus sekä sekoitinjyrsimen työnopeus. Kuvassa 10 on esitetty periaatekuva stabilointijyrsimen rummusta. Stabilointijyrsimen painon pitää olla riittävä (noin 20 t) tasaisen sekoitusyvyyden varmistamiseksi. Piikkien tiheyden tulee olla vähintään 60 kpl/m.



Kuva 10. Stabilointijyrsimen rumpu.

Käytettäessä stabilointiin vaahtobitumia on osoitettava, että bitumi vaahtoutuu ja jakautuu tasaisesti pituus- ja poikkisuunnassa. Käytettäessä bitumiemulsiota on varmistettava emulsion tasainen jakautuminen.

Vaahtobitumistabilointityön aikana varmistetaan bitumin vaahtoutuminen sideaineen ulosotosta, josta voidaan tehdä tarkistus päästämällä bitumia esim. sinkkiämpäriin. Tilavuuden kasvu tarkistetaan luotettavalla tilavuusmittaustavalla ja sen pitää olla vähintään 15-kertainen. Samoin noudatetaan esitarkastuksessa ko. stabilointijyrsimelle sopivaksi havaittua nopeutta.

Takaportti tai vastaava sekoitusjyrsimen perässä oleva laite pitää olla asennettuna niin, ettei lajittumista tapahdu. Samoin jyrsimessä pitää olla riittävästi tehoa, jotta tierungon kiinteämmät kohdat eivät hidasta oleellisesti työnopeutta eikä jysintäsyvyyttä tarvitse työn aikana ko. kohdissa pienentää.

Bitumia käytettäessä stabilointijyrsimen tulee olla varustettu bitumin virtausmittarilla, jolla voidaan koko ajan seurata sideaineen käyttöä. Sideaineen syötön pitää olla vakio pinta-alaa kohti koneen nopeudesta riippumatta (sideaineen syöttöautomaatti). Samoin syvyyden säilyttämiseksi tulee olla automaatti, joka pitää säädetyn syvyyden koko työn ajan.

Yleensä keskimääräinen työsaavutus on 1000 m² tunnissa.

9.2 Muu käytettävä kalusto

Tiivistykseen tulee käyttää painavia täryjyriä säädettävällä iskunpituudella, minimipaino 10 t.

Tasauskalusto on varustettava kaltevuusautomaatiikalla.

10 ASEMASEKOITUSKALUSTO

Asemasekoitusmenetelmässä stabilointimassa valmistetaan sekoitusasemalla, josta massa kuljetetaan rakennuspaikalle. Massa levitetään tiiviste-tylle ja muotoillulle pinnalle, jonka jälkeen kerros tiivistetään.

Sekoitin on jatkuvasekoitteinen tai annoskone. Vaahtobitumistabiloinnissa sekoittimeen on rakennettu tarkoitukseen sopiva bitumin vaahtotuslaite. Emulsiostabiloinnissa sideaine tuodaan valmiina sekoitusasemalle tai se valmistetaan aseman emulgointilaitteella. Komposiittistabiloinnissa sekoitusasemalla tulee olla omat syöttölaitteet hydraulisille sideaineille, bitumille, vedelle ja rouheelle sekä sen elvyttimille. Elvyttimien tulee olla luonnossa hajoavia. Sekoitusaseman tulee olla riittävän tehokas, vähintään 250 t/h.

Levityskalustona käytetään asfalttilevittimiä, joilla pystytään levittämään pak-suja kerroksia (20 cm) yhdellä kertaa.

Tiivistykseen tulee käyttää painavia täryjyriä säädettävällä iskunpituudella (minimipaino 10 t).

11 PAIKALLASEKOITUSTYÖN SUORITUS

Paikallasekoituksella käsiteltävä rakenne voi olla vanha olemassa oleva rakenne, uudesta materiaalista tehty rakenne tai näiden yhdistelmä (kuva 11).

11.1 Stabiloinnin työvaiheet

11.1.1 Esityöt ja alustan valmistus

Rakenteenparantamiskohteilla vanha asfalttipäällyste jyrsitään yleensä alle 32 mm:n rakeiksi tarkoitukseen sopivalla jyrsimellä. Mitä pienemmäksi ja tasisemmaksi rouheeksi vanha päällyste jyrsitään, sitä paremmin sen sideaine tulee käytettyä hyödyksi stabilointia tehtäessä. REST-menetelmä ei vaadi päällysteen jyrshintä lämmityksen vuoksi. Vain jos vanha päällyste on paksu, yli 10 cm, se jyrsitään ohuemmaksi.

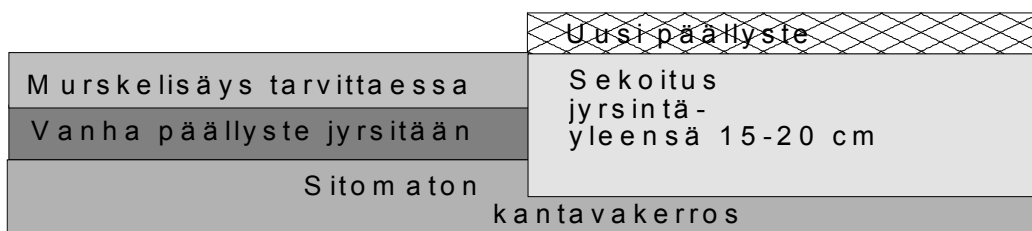
Tarvittaessa yli 80 mm:n kivet poistetaan stabiloitavasta kerroksesta esim. haraamalla tai erityisellä kivenkeruulaitteella.

Uudisrakennuskohteessa paikallasekoitusta varten alusta muotoillaan oikeaan muotoon, korkeusasemaan ja tasaisuuteen. Tiiviiden tulee täyttää kantavalle kerrokselle asetetut vaatimukset tai suunnitelmissa esitetyt vaatimukset tai sen tulee olla vähintään 92 % tavoitetiiveydestä.

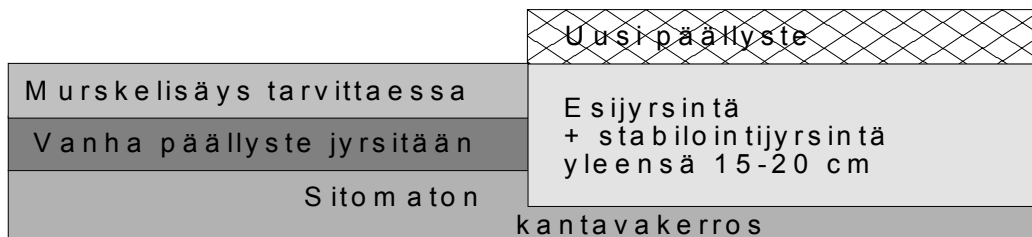
Rakenteenparantamiskohteissa esijyrsityn alustan tulee olla ennen (hydraulisen sideaineen levitystä ja) stabilointijyrsintää tasainen, mahdollisimman tasalaatuinen, oikean muotoinen ja tiivistetty täryjyrällä vähintään 92 % tavoiteteiivyydestä. Tiivistyksen jälkeen voidaan alustan muotoa vielä korjata murskelisäyksellä.

PAIKALLASEKOITUKSEN VAIHTOEHDOT

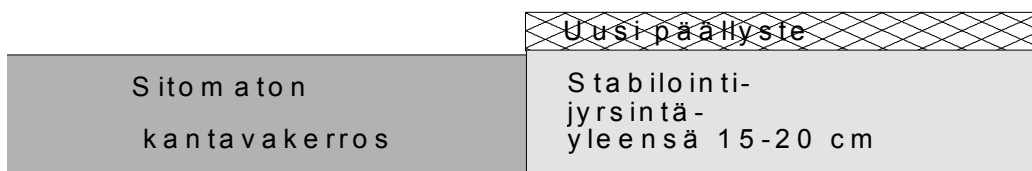
Sekoitusjyrsintä



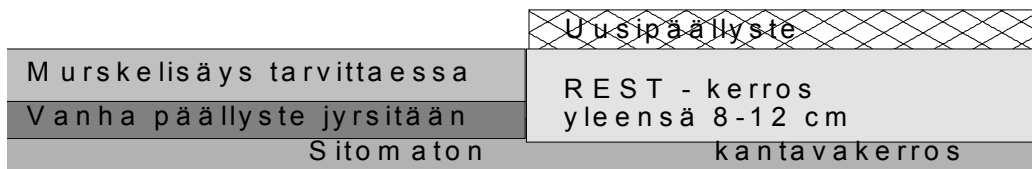
Stabilointimenetelmä 1



Stabilointimenetelmä 2



Remix-stabilointi



Kuva 11. Paikallasekoituksen vaihtoehdot.

11.1.2 Esijyrsintä

Esijyrsintä on stabilointityön vaihe, jossa tien kantavan kerroksen profiilia parannetaan ja stabiloitava kerros homogenisoidaan stabilointia varten. Tarvittaessa korjataan kerroksen rakeisuutta stabilointiin sopivaksi ja paranne-

taan tien kantavuutta lisäämällä mursketta. Murskelisäys voidaan tehdä ennen tai jälkeen jyräintä.

Esijyräintä on suositeltavaa tehdä aina vanhoja teitä parannettaessa. Stabilointia ilman esijyräintä (kuvan 11 stabilointimenetelmä 2) käytetään yleensä vain uutta tietä rakennettaessa, kun stabiloitava materiaalikerros on homogeeninen.

Sekoitus tehdään jyräinkoneella, joka homogenisoi sitomattoman tai sidotun ja sitomattoman kerroksen halutulta syvyydeltä. Esijyräintä tehdään aina vähintään 2 cm stabilointijyräintä syvemmälle, sillä jyräimätön pohja (kivet) aiheuttaa epätasaisuutta ja paksuusvaihtelua stabilointikerrokseen.

Kiviainesta kastellaan tarvittaessa optimikosteuden saavuttamiseksi tai tiivistyksen parantamiseksi ja pölyämisen estämiseksi.

Pinta muotoillaan tieluokan vaatimusten mukaiseen muotoon ja tasoon.

Jyräyksellä tiivistetään esijyrätty kerros. Tiiveysvaatimus on 92% parannetusta Proctor-tiiveydestä. Tiiveyttä seurataan jyrään kytketyllä luotettavasti kalibroidulla tiiveysmittarilla tai erillisellä radiometrisellä tiiveysmittarilla. Kiviaineksen kuivairtotiheys voidaan määrittää koejyräyksellä, parannetulla Proctor –sullonnalla tai kiertotiivistimellä.

11.1.3 Stabilointijyräintä

Stabilointijyräintä on stabiloinnin työvaihe, jossa stabiloitavaan kerrokseen lisätään sideainetta. Sideaineena käytetään bitumia ja/tai hydraulista sideainetta.

Materiaalin sopiva kosteus on hyvin tärkeä sekä sideaineen sekoittumisen että massan tiivistämisen kannalta. Koska stabiloidun materiaalin tulee olla optimivesipitoisuudessa, tulee stabiloitavan kerroksen vesipitoisuuden käytännössä olla 4-6 % ennen stabilointijyräintä. Jos materiaali on liian kuiva, kerros ei tiivisty kunnolla. Jos materiaali on liian kosteata, vesi ja sideaine nousevat pintaan.

Stabiloitava kerros kastellaan ennen stabilointijyräintä niin että materiaali on optimivesipitoisuudessa. Vesipitoisuus ei saa olla liian suuri hienoaineksen paakkuuntumisen välttämiseksi. Kuivalla säällä massa kuivuu jo sekoituksen aikana niin paljon, että kiviaines täytyy kastella 1-3 % kosteammaksi ilman lämpötilan mukaan.

Hydraulisia sideaineita tai aktivaattoreita, kuten sementti ja masuunihiekka, käytettäessä ne levitetään yleensä kuivalevittimellä stabilointijyräimen eteen. Sementtiä käytettäessä se voidaan lisätä myös sementtiemulsiona stabilointijyräimen lävitse sekoitinkotelon rampin kautta. Tarkkuusvaatimus hydraulisten sideaineiden levitykselle on $\pm 0,5 \text{ kg/m}^2$. Menekkiä tulee tarkkailla jatkuvasti työn aikana punnituslaitteiden avulla. Sementtiä ei saa levittää kovalla sateella ja ylimääräinen liikennöinti levitetyllä sementillä on estettävä.

Työ tehdään tien ajokaista kerrallaan siten, että ajoradan joka kohtaan tulee tasavahva stabiloitu kerros.

Bitumistabilointi tehdään joko vaahdotbitumi- tai emulsiotekniikalla. Stabilointijyrsinnän, sideaineen ruiskutuksen ja sekoitusnopeuden tulee olla sellainen, että sideaine jakautuu tasaisesti koko stabiloitavaan kerrokseen. Vaahdotbitumistabiloinnissa väliaineena on ilma ja bitumiemulsiostabiloinnissa väliaineena toimii vesi. Hyvin sekoittunut massa on tasalaatuisen näköistä. Bitumi on vain hienoainekseen sitoutuneena ja isommat rakeet ovat paljaita.

VBST:ssa tuore massa on lähes saman väristä kuin kiviaineskin. Jos suutin on tukossa, jää sille kohdalle hiukan vaaleampia juonteita. Stabiloidun kerroksen pinta muuttuu kovettumisen myötä tummemmaksi.

VBST:ssa bitumi vaahdotetaan sekoittamalla siihen 2-3 % puhdasta vettä. Vaahdotuminen varmistetaan riittävän lämpimällä bitumilla, vähintään 140 °C. Vaahdotuminen kontrolloidaan työvuoroa aloitettaessa ja aina katkosten jälkeen. Tilavuuden kasvun on oltava vähintään 15-kertainen. Tartuke saattaa menettää ominaisuutensa korkeassa lämpötilassa, joten bitumia ei saa lämmittää liian kuumaksi.

Pitkittäissaumoissa seuraava sekoituskerta limitetään 100-150 mm aikaisemmin stabiloidun kerroksen kanssa. Poikittäissaumoissa vastaava limitys on oltava vähintään 1 m. Eri kaistojen työsaumat pyritään saamaan samalle tasalle työvuoron päättyessä.

Stabiloitu kerros esitiivistetään n.1-2 jyrän ylityskerralla heti jyrsinnän jälkeen. Jyräykseen käytetään kumi- tai täryvalssiyrää.

Tien pinnan lopullinen profilointi tehdään sekä pituus- että poikkisuuntaisesti koko kaistalle (mikäli mahdollista) samanaikaisesti. Tasaus on tehtävä huolellisesti välttämällä materiaalin lajittumista ja kerrospaksuusvaihteluita. Pinta tasataan lopulliseen muotoonsa.

11.2 REMIX-stabilointityö

Remix-stabilointi tehdään tarkoitusta varten rakennetulla jatkuvatoimisella sekoittimella tiellä. Vanha päällyste lämmitetään säteilylämmittimellä. Lämmitetty vanha päällyste ja kantavan kerroksen yläosa jyrsitään vähintään hienontumattoman kantavan kerroksen alapintaan asti. Tarvittaessa lisäkiiviaines annostellaan portaattomasti säädettävästä syöttösiilosta joko esilämmitetylle alustalle jyrsimen eteen tai siirretään kuljettimella suoraan sekoittimeen.

Lisäsideaineena käytettävää bitumiemulsiota ruiskutetaan jyrsinrummulle ja sekoittimeen laaditun suhteitusohjeen mukainen määrä. Jyrsinnässä esisekoittunut seos ohjataan sekoittimeen, jossa se homogenisoidaan. Seossuhteista riippuen sekoituslämpötila on välillä 30-50 °C. Homogenisoitu massa purkautuu sekoittimen takaosasta jyrсылle alustalle tasausliitan eteen, jossa kierukat jakavat sen liitan leveydelle. Tasausliitta levittää halutun vahvuisen kerroksen massaa takaisin alustalle. Levitetty kerros tiivistetään välittömästi.

11.3 Lopputiivistys

Jyräyksellä tiivistetään stabiloitu kerros. Tiiveysvaatimus on 95% parannetusta Proctor-tiiveydestä. Tiiveyttä seurataan jyrään kytketyllä luotettavasti kalibroidulla tallentavalla tiiveysmittarilla tai erillisellä radiometrisellä tiiveysmittarilla. Kiviaineksen kuivairtotiheys voidaan määrittää koejyräyksellä, parannetulla Proctor –sullonnalla tai kiertotiivistimellä. On kuitenkin varottava ylijyräystä, tiepenkereen pohjamaan häiriintymistä ja jyrkkäluiskaisilla teillä tien reunojen vajoamista.

11.4 Jälkihoito ja päällystäminen

Valmiin stabiloidun pinnan tulee olla tiivis, kiinteä, tasainen ja oikean muotoinen. Sen lujuus lisääntyy veden poistuessa rakennekerroksesta tiivistyksen aikana ja sen jälkeen. Lopullisen lujuuden saavuttaminen vie kuukausia.

Purkautumisvaaran takia stabiloidulla tieosuudella säilytetään nopeusrajoitus 50 km/h päällystämiseen saakka. Jos stabiloidulle pinnalle syntyy purkautumia, ne korjataan päällystemassalla. Päällystäminen tehdään irtoaineksesta puhdistetulle pinnalle. Jos on mahdollista, stabiloidun kerroksen tulisi antaa hieman kuivahtaa ja lujittua. Mutta jos sää on sateinen ja liikennesäätösuhde rikkoo stabiloidun pinnan, kannattaa se päällystää mahdollisimman pian.

Hydraulista pääsideainetta käytettäessä stabiloitu pinta on suojattava bitumiemulsiokerroksella tai on päällystettävä heti stabilointityön jälkeen tai on pidettävä kosteana päällystämiseen saakka. Bitumiemulsiokäsittely parantaa myös päällysteen tarttumista stabiloituun pintaan.

11.5 Sään vaikutus stabilointiin

Stabilointi on suositeltavinta tehdä lämpimään aikaan (lämpötila > 5 °C). Kiviaines ei saa olla jäässä. Stabiloitavan materiaalin lämpötilan on oltava yli + 5 °C. Myös stabiloinnin lujittumiseksi tulee olla riittävä lämpötila työn valmistumisen jälkeen. Stabiloitu rakenne ei myöskään saa jäätymään ennen kuivumista, jotta jää ei rikkoisi jo syntyneitä sidoksia.

Vaahdon muodostuminen heikkenee huomattavasti lämpötilan laskiessa eikä peittoastetta saada riittäväksi. Bitumiemulsiolla on emulsioveden jäätymisen vaarana.

Työ on keskeytettävä kovalla sateella, jos tavoitevesipitoisuus ylittyy sateesta johtuen.

Tuore stabiloitu liikennöity pinta reikiintyy helposti vesisateessa, joten epävakaisissa olosuhteissa päällystys tulee ajoittaa heti stabilointityön perään.

11.6 Sekoitusjyrsintä

Sekoitusjyrsintä ei ole stabilointimenetelmä. Se on paikallasekoituksen työmenetelmä, jolla voidaan parantaa käsiteltävän kerroksen rakeisuutta ja profiilia. Kiviainesta voidaan lisätä rakeisuuden parantamiseksi tai kantavuuden lisäämiseksi. Masuunihiekkaa lisäämällä parannetaan materiaalin rakeisuutta, sidotaan routimista aiheuttava hienoaines ja saadaan siten materiaali routimattomaksi.

Sekoitusjyrsinnällä homogenisoidaan käsiteltävä kerros, jonka jälkeen se muotoillaan ja tiivistetään. Menetelmässä ei lisätä sideainetta. Masuunihiekalisäystä käytettäessä sitä ei lisätä niin paljon, että kerros stabiloituisi.

Sekoitusjyrsintä tehdään jyrsinkoneella, joka homogenisoi sitomattoman tai sidotun ja sitomattoman kerroksen halutulta syvyydeltä.

Kiviaines kastellaan optimikosteuteen ennen muotoilua.

Pinta muotoillaan tieluokan vaatimusten mukaiseen tasaisuuteen, muotoon ja tasoon.

Jyräyksellä tiivistetään sekoitusjyrsitty kerros. Tiiveysvaatimus on 95% parannetusta Proctor-tiiveydestä. Kiviaineksen kuivairtoteiheys voidaan määrittää koejyräyksellä, Proctor – sullonnalla tai kiertotiivistimellä. Tiiveyttä seurataan jyrään kytketyllä tallentavalla tiiveysmittarilla, joka on luotettavasti kalibroitu tai erillisellä radiometrisellä tiiveysmittarilla. On kuitenkin varottava ylijyräystä, tiepenkereen pohjamaan häiriintymistä ja jyrkkäluiskaisilla teillä tien reunojen vajoamista.

Sekoitusjyrsitty kerros päällystetään mahdollisimman nopeasti.

12 ASEMASEKOITTEISEN MASSAN LEVITYS JA TIIVISTYS

12.1 Esityöt

Asemasekoituksessa suunnitelman mukaan tehtäviä esityöitä ovat

- pohjan vahvistaminen
- routimisen torjunta ja tasoittaminen
- alusrakenteen muotoilu ja tiivistys.

Asemasekoitteisen stabilointimassan alustan tulee olla suunnitelmissa esitetyn tai sitomattomilta kerroksilta vaadittavien laatuvaatimusten mukainen. Alustan tulee olla oikeassa korkeustasossa, tasainen, mahdollisimman tasalaatuinen ja riittävän kantava. Heikosti kantavat kohdat on korjattava suunnitelmissa osoitetulla tavalla.

Tavallisimmin asemasekoitteista stabilointia tehdään vain uutta tietä rakennettaessa, mutta jos se tehdään vanhaan tierakenteeseen, tulee alusta käsitellä oikeaan muotoon tasauksella tai esijyrsinnällä.

12.2 Massan valmistus ja levitys

Massa valmistetaan sideainepitoisuudeltaan ja rakeisuudeltaan suunnitelmissa mainittujen ohjearvojen mukaisesti.

Emulsiomassan kiviaines kastellaan siten, että sideaineen ja veden yhteismäärä (lisätty vesi, emulsion vesi + kiviaineksessa oleva vesi) vastaa massan tavoitekosteutta, joka on yleensä 80 % optimikosteudesta. Kosteus mitataan kuivatusmenetelmällä.

Vaahbitumi-, KOST- , SST- ja MHST -massan kiviaineksen vesipitoisuuden tulee vastata massan tavoitekosteutta ennen sideaineen lisäystä.

Massa levitetään asfaltti- tai muulla tarkoitukseen sopivalla levittimellä siten, että työsaumojen määrä jää mahdollisimman pieneksi. Vierekkäisten levityskaistojen pääty pyritään saamaan saman pituisiksi työvuoron päättyessä.

12.3 Tiivistys, jälkihoito ja päällystäminen

Tiivistys , jälkihoito ja päällystäminen tehdään kuten paikallasekoituksessa.

13 LIITTEET

Liite 1:

TS-testin käyttö REST-suhteituksessa, menetelmäkuvaus

Imupainekoe eli TS-testi (Tube Suction Test) REST-ENNAKKOSUUNNITTELUSSA

Tutkittava materiaali (maksimiraekoko enintään 18 mm) tiivistetään kiertotiivistimen (ICT) avulla optimivesipitoisuudessa 240 mm korkeaan ja 152 mm halkaisijaltaan olevaan muovilieriöön niin, että näytteen korkeudeksi tulee 180-200 mm. Tiivistämisen jälkeen putken pohjalle asetetaan reiällinen kansi, jonka jälkeen putkinäytteet laitetaan uuniin kuivumaan 45 °C:n lämpötilaan. Näytteiden katsotaan olevan kuivia, kun näytteiden paino ei enää huomattavasti muutu.

Uunikuivatuksen jälkeen näytteiden annetaan tasaantua huoneenlämmössä vähintään 2 vrk. Lämmön tasaantumisen jälkeen näytteet asetetaan altaaseen, jonka pohjalla on noin 20 mm tislattua vettä.

Ensimmäinen dielektrisyden ja sähkönjohtavuuden mittaus suoritetaan kuitenkin ennen näytteiden veteen laittamista, jonka jälkeen mittauksia suoritetaan ensimmäisenä päivänä kahden tunnin välein (esim. klo 8, 10, 12, 14, 16). Lisäksi suoritetaan yksi mittaus noin puolen tunnin kuluttua näytteiden veteen laittamisesta. Toisesta päivästä lähtien mittauksia suoritetaan vain aamuisin (1 mittaus/vrk), kunnes näytteiden paino ja dielektrisyys alkavat tasaantua. Kokeen jälkeen näytteistä määritetään rakeisuus, pintakosteus (5 cm), kokonaiskosteus, kiintotiheys ja muut tarvittavat parametrit.

Imupainekokeen suorittaminen bitumilla sidotuille näytteille on suurelta osin samanlainen kuin sitomattomien näytteiden osalta. Massa valmistetaan laboratoriosekoittimella kussakin jäännösbitumipitoisuudessa, jonka jälkeen massa tiivistetään kiertotiivistimen avulla muovilieriöön.

Kiertotiivistimen asetukset sitomattomilla ja bitumilla sidottujen näytteiden valmistamisessa ovat taulukossa 1. esitetyt.

Taulukko 1. Kiertotiivistimen asetukset putkinäytteiden valmistamisessa.

| | Sitomaton | Sidottu |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Työpaine näytteessä | 260 bar | 170 bar |
| Poikkeutuskulma | 40 mrad | 40 mrad |
| Poikkeutuskulman tangentti | 4 % | 4 % |
| Kierros määrä | 100 | 100 |
| Kierrosnopeus | 32 kierr/min | 32 kierr/min |

