

Hanna Tiainen

Massastabiloinnin kehittäminen GRK:ssa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Mestarityö

28.9.2017

Tekijä Otsikko	Hanna Tiainen Massastabiloinnin kehittäminen GRK:ssa
Sivumäärä Aika	39 sivua + 2 liitettä 28.9.2017
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Infrarakentamisen suuntautumisvaihtoehto
Ohjaajat	Lehtori Anu Ilander (Metropolia) Laatupäällikkö Jaakko Mäkelä (GRK)
<p>Tämän työn tarkoituksena oli selvittää massastabilointimenetelmän perusteet sekä tietojen pohjalta laatia massastabiloinnista työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma Graniittirakennus Kallio Oy:n käyttöön. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksena ja erillisenä työnä GRK:n vaatimusten mukaisesti työ- ja laatusuunnitelma. Lisäksi työn tietolähteenä haastateltiin GRK:n työnjohtoa sekä työntekijöitä.</p> <p>Massastabiloinnilla voidaan pehmeiden maa-ainesten ominaisuuksia muokata sideaineella lujittamalla. Stabilointi tapahtuu sekoittamalla maa-ainekseen sideainetta paineilmalla kiviainekseen kiinnitetyllä sekoituslaitteistolla. Tarkoituksena on pienentää kuorman alaisen pehmeän maakerroksen painumia ja lisätä rakenteen kantokykyä ja vakavuutta. Sekoittamisen lisäksi massastabilointiin kuuluu kerroksen/rakenteen tiivistäminen painopenkereellä.</p> <p>Massastabiloinnin laatua voidaan määritellä sideaineen, stabilointityön tai lopullisen rakenteen kautta. Stabilointityön osalta laadunvarmistuksesta vastaa urakoitsija dokumentoimalla stabilointityötä tiedonkeruujärjestelmän avulla sekä pitämällä työstä pöytäkirjaa. Lopulliseen rakenteeseen kohdistuvista laadunvarmistustoimenpiteistä vastaavat aina ulkopuolinen laadunvalvoja sekä paikallisvalvoja.</p> <p>Taustatutkimuksen perusteella laadittiin GRK:n määrittelemään Excel-tiedostopohjaan massastabiloitujen rakenteiden työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma. Suunnitelman tiedot perustuvat InfraRYL:n vaatimuksiin. On tarkoitus, että suunnitelmaa muokataan jokaisen urakan tietoja vastaaviksi siinä olevien pohjatietojen perusteella.</p>	
Avainsanat	massastabilointi, pohjanvahvistus, laatuvaatimukset

Author Title	Hanna Tiainen Developing of Mass Stabilisation at GRK
Number of Pages Date	39 pages + 2 appendices 28 September 2017
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Infrastructure Site Management
Instructors	Anu Ilander, Senior Lecturer (Metropolia) Jaakko Mäkelä, Quality Manager (GRK)
<p>Purpose of this thesis was to research the basics of mass stabilization and consequently compile an operation-specific work and quality plan for Graniittirakennus Kallio Oy. This thesis is based on literature research and additionally an operation-specific work and quality plan was produced for GRK according to their requirements. Another source of information for this thesis was interviews with employees and construction site managers of GRK.</p> <p>Qualities of soft soil can be strengthened with adhesives by means of mass stabilisation. Stabilisation happens with excavator mixer equipment by mixing cement to the soil with compressed air. The purpose is to decrease dents of a layer of soft soil under the pressure and increase carrying capacity and stability of the structure. Along with mixing, mass stabilisation involves compressing the structure by weight embankment.</p> <p>Quality of mass stabilisation can be measured based on the adhesives, stabilisation work or the final structure. Quality assurance of stabilisation work is made by the contractor by documenting the work with data collection system and taking minutes of the work. External supervisors are always responsible for quality assurances of the final structure.</p> <p>The operation-specific work and quality plan produced for GRK is an Excel-file based on background research. Data of the plan is based on requirements of InfraRYL. The purpose is to modify the plan to be suitable for each contract based on the existing data.</p>	
Keywords	mass stabilisation, foundation reinforcement, quality requirements

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Massastabilointimenetelmä	1
2.1	Menetelmän yleiskuvaus	2
2.2	Pohjanvahvistusmenetelmä	4
2.3	Vaikutus maan ominaisuuksiin	5
3	Kalusto	7
3.1	Painesyötin	7
3.2	Sekoitinyksikkö	8
3.3	Paikannus-, ohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmät	9
4	Sideaineet	11
4.1	Sementit	11
4.2	Kalkkituotteet	12
4.3	Muut sideainekomponentit	12
5	Käyttökohteet	13
5.1	Tiet ja kadut	13
5.2	Rautatiet	14
5.3	Satamat ja meriväylät	15
5.4	Kevyet rakenteet sekä padot ja vallit	16
5.5	Muut infran käyttökohteet	17
6	Massastabilointiprojekti	20
6.1	Suunnittelu	20
6.2	Toteutus	23
6.2.1	Massastabilointityön eteneminen	23
6.2.2	Stabilointikuviot eli blokit	25
6.2.3	Yleiset ongelmat massastabilointityössä	26
7	Massastabiloinnin laatuvaatimukset	27
7.1	Yleiset laatuvaatimukset InfraRYL:ssä	28
7.1.1	Massastabiloinnin materiaalivaatimukset	28

7.1.2	Massastabiloinnin työalusta	28
7.1.3	Massastabiloinnin tekeminen	29
7.1.4	Valmis massastabilointi	29
7.1.5	Massastabiloinnin kelpoisuuden osoittaminen	29
7.1.6	Massastabiloinnin tekemisen ympäristövaikutukset	30
7.2	Kenttätutkimukset	30
7.3	Laboratoriotutkimukset	32
8	Massastabilointi GRK:ssa	33
8.1	Työ- ja laatusuunnitelma	34
8.1.1	Resurssit ja edeltävät työvaiheet	35
8.1.2	Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu	35
8.1.3	Työn suoritus	36
8.1.4	Laadunvarmistus	36
9	Yhteenveto	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. InfraRYL, 14132 Massastabiloidut rakenteet	
	Liite 2. Massastabiloidut rakenteet, Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma	

Lyhenteet ja sanasto

3D-malli 3D-malli eli kolmiulotteinen tietomallinnus, joka perustuu kaivinkoneessa satelliittipaikannukseen.

Geotekniikka

Maa- ja kallioperän teknisiä ominaisuuksia käsittelevä tekniikan osa-alue

GRK Graniittirakennus Kallio Oy

Homogeeninen

Tasalaatuinen

Hydratoituminen

Mineraalien välinen reaktio, jossa kyseisen aineen (esim. sementin) molekyylit kiinnittyvät vesimolekyyleihin.

InfraRYL Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Infra-alan laatima teos, joka kuvaa infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset.

Leikkauslujuus

Lujuusopin suure, jonka yksikkö on Newton.

kPa kiloPascal, paineen yksikkö

Neutralointi Happo ja emäs kumoavat toisensa, jolloin pH on 7.

PAH-yhdisteet

Polysykliset aromaattiset hiilivedyt, joita syntyy orgaanisen aineksen palaessa epätäydellisesti. Aiheuttavat syöpää.

Plastisuus Aineen ominaisuus, jossa voiman vaikutuksesta sen muotoon syntyy palautumattomia muodonmuutoksia leikkausvoimaa pienemmillä voimilla.

1 Johdanto

Tässä työssä käsitellään pehmeiden maakerrosten pohjanvahvistukseen käytettävää massastabilointimenetelmää ja sen laadunvarmistuksen kehitystyötä tilaajayrityksessä. Työssä selvitetään massastabilointimenetelmän perusteet, käyttökohteet, sideaineet, käytettävä kalusto, suunnitteluperiaatteet ja laatuvaatimukset. Laatuvaatimukset perustuvat InfraRYL:n vaatimuksiin. Yritykseen on hiljattain hankittu oma massastabilointikalusto ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää massastabilointia varten yrityksen oma työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma. Aiemmin yritys on teettänyt massastabilointityöt aliurakoitsijoilla. Opinnäytetyötä tehtäessä yritys oli ehtinyt toteuttaa yhden massastabiloinnin työkohteen alusta loppuun saakka.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Graniittirakennus Kallio Oy. Työ on toteutettu yrityksen tarpeisiin ja vastaa heidän käyttämäänsä kalustoa eikä näin ollen välttämättä sovellu suoraan käytettäväksi muualla. Graniittirakennus Kallio Oy eli GRK on infrarakentamiseen erikoistunut yritys, joka työllistää Suomessa noin 150 henkilöä. GRK on pörssiin kuulumaton yritys ja toimii itsenäisen pääurakoitsijan tehtävissä koko Suomessa. GRK:n tytär- ja osakkuusyrityksiin kuuluvat vuonna 2012 perustettu Asfalttikallio Oy, Virossa toimiva vuonna 2014 perustettu GRK Infra As, Ruotsissa toimiva vuonna 2013 perustettu Ab Infra Polar sekä vuonna 2017 perustettu ratatöihin keskittyvä Nordic Trackpartners Oy.

Massastabiloinnin työ- ja laatusuunnitelma toteutettiin ulkoasultaan GRK:n vaatimusten mukaisesti, jotta se sopii yrityksen olemassa olevaan tuotantojärjestelmään. Työ- ja laatusuunnitelman pohjatietona käytettiin tässä opinnäytetyössä esitetyjä massastabiloinnin laatuvaatimuksia ja perustietoja sekä haastateltiin yrityksen työnjohtoa ja työntekijöitä.

2 Massastabilointimenetelmä

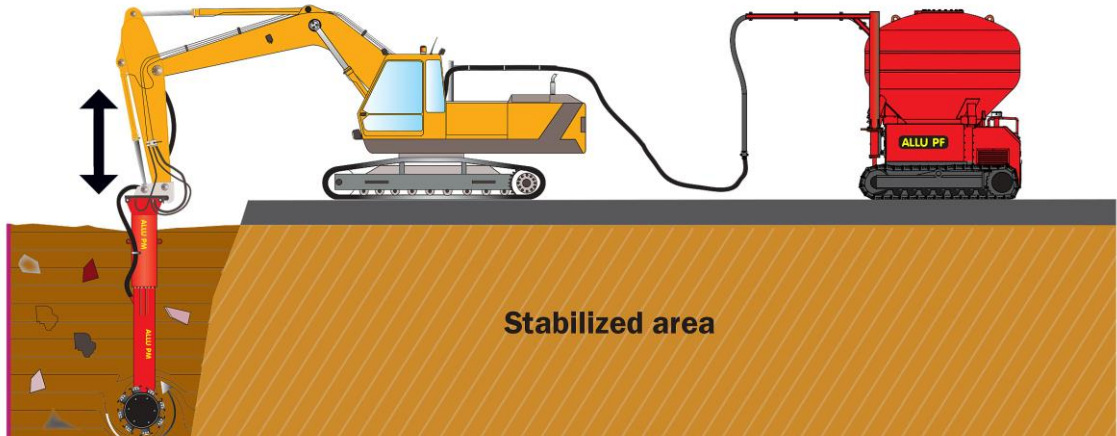
Massastabiloinnilla voidaan pehmeiden maa-ainesten kuten saven, turpeen ja liejun ominaisuuksia muokata sideaineella lujittamalla. Tarkoituksena on pienentää kuorman alaisen pehmeän maakerroksen painumia, lisätä rakenteen kantokykyä ja vakavuutta, pienentää vahvistettavan maan vedenläpäisevyyttä, lisätä dynaamista vaimennusta

sekä vähentää juoksettumisvaaraa. [1, s. 22.] Menetelmällä voidaan stabiloida myös läjitettäväksi tarkoitettuja maita hyötykäyttöön kelpaaviksi tai sitoa pilaantuneen maan aineksen haitalliset aineet kemiallisen sitoutumisen avulla [2].

Massastabilointimenetelmää on alettu käyttää Suomessa 1990-luvulla. Massastabiloinnissa käytettävät laitteet, sideaineet ja sovellutukset ovat kehittyneet 2000-luvun aikana nopeasti. Menetelmää hyödynnetään nykyään monipuolisesti useissa maissa sekä maanosissa erilaisissa infra- sekä ympäristörakennushankkeissa. Massastabilointi on osoittautunut sekä kustannus että ekotehokkaaksi menetelmäksi. [3, s. 3.]

2.1 Menetelmän yleiskuvaus

Massastabiloinnilla tarkoitetaan maaperän lujittamista sekoittamalla siihen sideainetta paineilman avulla kaivinkoneeseen liitetyllä sekoitinlaitteistolla. Sideaineiden sekoittaminen maahan tapahtuu pysty- ja vaakasuunnassa, jolloin syntyy tasaisesti lujittunut homogeeninen laattamainen vyöhyke. Olennaisena osana sekoittamisen lisäksi massastabilointiin kuuluu kerroksen/rakenteen tiivistäminen, mikä voi tapahtua staattisesti tai dynaamisesti. Staattinen tiivistäminen toteutetaan painopenkereellä, jolloin tiivistäminen tapahtuu penkereen painon vaikutuksesta ajan kuluessa. Dynaaminen tiivistäminen puolestaan tarkoittaa tiivistämistä esimerkiksi jyrällä tai muulla laitteella myös tärinän voimalla. Nykyisellä massastabilointikalustolla voidaan päästä jopa 7-8 metrin syvyyteen, kun suoritetaan stabilointityötä paikan päällä. Massastabiloinnissa käytetään kuivaa jauhemaista sideainetta. Painesyöttimellä voidaan syöttää yhtä tai kahta sideaineseosta sekoittimen kärkeen. Pyörivä rumpusekoitin sekoittaa sideaineen maahan ja homogenisoi maamassan. Työtä tehdään kerralla koneen ulottuman verran ja edetään aina yhteen suuntaan ikään kuin ruudukkona. Kuvassa 1 esitetään massastabiloinnin peruseräite. [3, s. 6.]



Kuva 1. Massastabiloinnin peruseriaate: työ etenee järjestelmällisesti yhteen suuntaan jo stabiloidun maakerroksen päältä. [6.]

Massastabilointimenetelmää käytetään myös kaivettujen tai ruopattujen maiden sekä pilaantuneiden maa-ainesten tai sedimenttien stabilointiin. Pehmeät maat voidaan stabiloida kuljetusta ja/tai jatkokäyttöä varten. Menetelmällä vältetään tarpeetonta massojen pois kuljettamista tai mahdollistetaan erittäin pehmeiden maiden jatkokäsittely. Pilaantuneita maita stabiloimalla taas voidaan estää haitallisten aineiden poistumista muuhun maaperään sitomalla ne stabiloituun kerrokseen. Stabilointityö voidaan molemmissa tapauksissa suorittaa joko kunnostuskohteessa, erillisellä stabilointipaikalla tai tulevalla käyttöpaikalla. [3, s.6-7.]

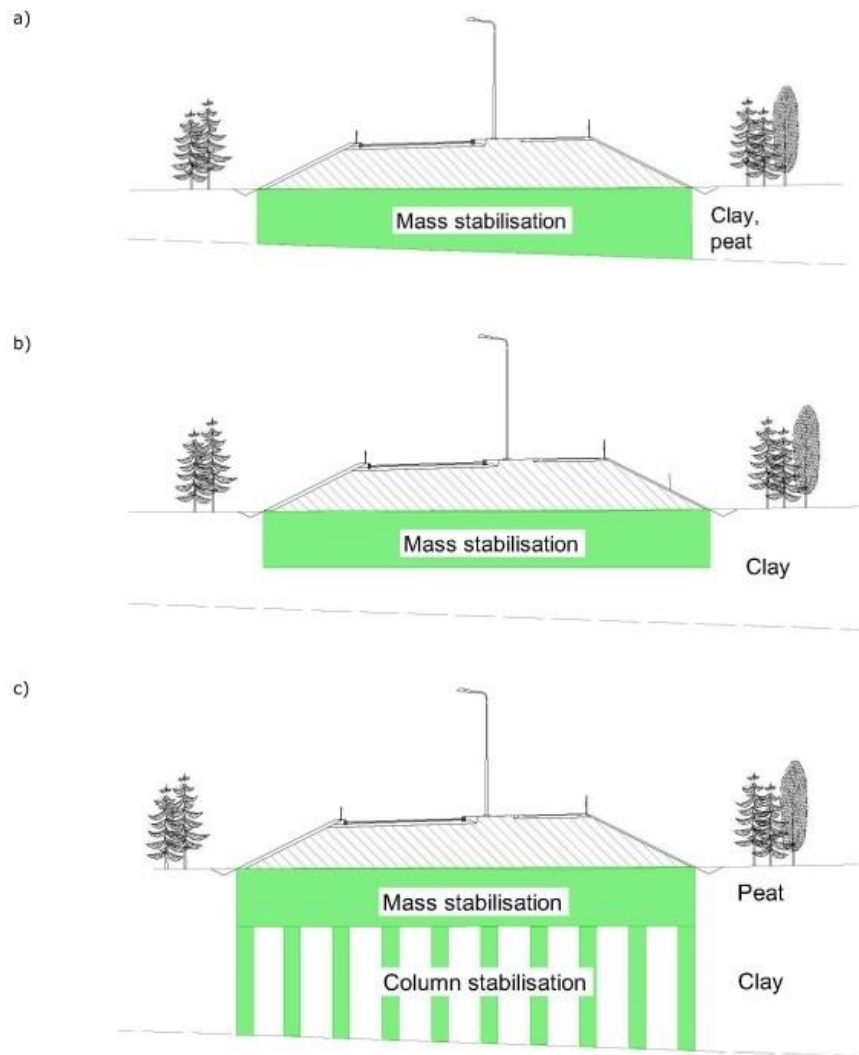
Menetelmät voidaan stabilointipaikan mukaan jakaa kahteen tapaan: in situ ja ex situ menetelmään. In-situ-menetelmällä tarkoitetaan työtä, jossa maa-aines stabiloidaan paikan päällä, kuten kuvassa 1. Stabiloinnin jälkeen maa-aines voidaan tiivistää paikalleen tai kaivaa ylös ja kuljettaa jatkosijoituspaikkaan. Erilaisia sovellutuksia menetelmän käyttämiseksi on lukuisia, mutta kaikki paikan päällä suoritettavaa stabilointityö luokitellaan kuuluvaksi in-situ-menetelmään. Ex-situ-menetelmä puolestaan tarkoittaa, että stabilointityö suoritetaan eri paikassa kuin stabiloitu maa-aines on sijainnut. Esimerkiksi heikosti kantava maa-aines voidaan kaivaa ja kuljettaa pois, minkä jälkeen se stabiloidaan ja käytetään muualla. Ex-situ-tekniikkaa käytettäessä on otettava huomioon stabiloimattoman maa-aineksen kuljetettavuus, mahdollisen pilaantuneisuuden leviämisen estäminen sekä stabilointipaikalla läjitystarve. Menetelmää sovelletaan esimerkiksi satama- ja merirakentamisessa, jolloin ruoppausmassaa stabiloidaan erillisessä ruoppausaltaassa tai jopa proomussa ennen uutta sijoittamista. [3, s.11.]

2.2 Pohjanvahvistusmenetelmä

Massastabilointimenetelmällä saavutetaan useita etuja verrattuna muihin vaihtoehtoi-
siin menetelmiin pehmeitä tai pilaantuneita maamassoja kohdattaessa. Huonolaatuiset
maamassat voidaan stabiloimalla saada hyötykäyttöön, eikä niitä tarvitse kuljettaa ja
lajittaa. Näin ollen vähennetään myös luonnon kiviainesten käyttöä. Pilaantuneet maa-
massat taas voidaan kaatopaikan sijaan jalostaa hyötykäyttöön. Kaikki nämä vaihtoeh-
dot ovat siten usein myös ekologisempia ja taloudellisempia vaihtoehtoja verrattuna
esimerkiksi paalutukseen tai massanvaihtoon. [3, s. 7-8.]

Massastabilointi pohjanvahvistusmenetelmänä voidaan jakaa karkeasti muutama-
an yleisimpään käyttötarkoitukseen. Stabilointi voidaan ulottaa joko pehmeiden maaker-
rosten alapintaan saakka, jolloin esikuormituksen jälkeen voidaan saada aikaan lähes
täysin painumaton rakenne tai määräsyvyyteen saakka, jolloin taas massastabiloidun
kerroksen alle jää pehmeitä maakerroksia. Jälkimmäisessä tapauksessa rakenne ei ole
täysin painumaton, mutta stabiloitu kerros tasaa painumia siirtämällä kuormituksen
tasaisemmin syvemmälle maakerrokseen. [4.]

Lisäksi yksi yleinen käytötapa on, että määräsyvyyteen ulotetun massastabiloinnin alle
tehdään pilaristabilointi. Pilaristabiloinnilla tarkoitetaan menetelmää, jossa stabilointi
tapahtuu poraamalla erityisellä stabilointikoneen kairalla maahan halkaisijaltaan noin
500-800 mm pilareita. Nostettaessa kairaa ylöspäin maahan sekoitetaan samalla si-
deainetta, jolloin muodostuu lujittuvia sylinterimäisiä pilareita. Pilaristabilointimenetel-
mällä stabilointisyvyys on huomattavasti suurempi kuin massastabiloinnissa, jopa yli 20
metriä. [4.] Massa- ja pilaristabiloinnin yhdistelmä-rakennetta käytetään yleisimmin, kun
ylin maakerros on niin heikkoa turvetta tai liejua, ettei siihen pilaristabilointimenetelmäl-
lä saada aikaiseksi riittävän lujia pilareita. Kaikki kolme menetelmää on havainnollistet-
tu kuvassa 2. [3, s. 14.]



Kuva 2. Massastabiloinnin eri käyttötarkoituksia: a) massastabilointi pehmeän maakerroksen alapintaan, b) massastabilointi määräsyvyyteen ja c) massastabiloinnin ja pilaristabiloinnin yhdistelmä. [3.]

2.3 Vaikutus maan ominaisuuksiin

Massastabilointi vaikuttaa maa-aineksen geoteknisiin ja ympäristöominaisuuksiin. Stabilointi muuttaa maan indeksiominaisuuksia, lujuus- ja kokoonpuristuvuusominaisuuksia sekä vedenläpäisevyyttä. Indeksiominaisuuksia ovat esimerkiksi vesipitoisuus, plastisuus ja tilavuuspaino. Näiden geoteknisten ominaisuuksien muutoksen suuruus ja nopeus riippuu runkoaineesta, käytetystä sideaineesta ja sen määrästä, lujittumisajasta, lämpötilasta ja tiivistyksestä.

Massastabiloinnin tavoitteena on:

- pienentää kuorman alaisen pehmeän maakerroksen painumia,
- lisätä rakenteen kantokykyä ja vakavuutta,
- pienentää vahvistettavan maan vedenläpäisevyyttä,
- lisätä dynaamista vaimennusta sekä
- vähentää juoksettumisvaaraa.

Tähän tavoitteeseen päästään pienentämällä maan huokoisuutta. Massastabiloinnissa tämä tapahtuu lisäämällä maan huokostilaan täyteaineita, jotka kovettuvat ja sitovat maarakeita toisiinsa tiukemmin. Yleisimmät sideaineet ovat kalkki ja sementti. Sideaineen sekoittamisen jälkeen tapahtuu tiivistäminen, jolloin maa-aineksen rakeet painautuvat toisiaan vasten. Rakeiden väliin jää ohut sementtiliimakerros, joka sitoo rakeet toisiinsa. Ajallisesti lujittuminen voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, sitoutumiseen ja kovettumiseen. Sitoutumien alkaa tavallisesti noin yhden tai kahden tunnin kuluessa, jolloin sementti sitoutuu ja syntyy hyytelömäinen tahna. Pian tämän vaiheen jälkeen alkaa kovettuminen, kun syntyneen hyytelön kiinteys lisääntyy. Kovettuva sementti saavuttaa loppulujuuden normaaleissa/tavanomaisissa olosuhteissa 28 vuorokauden kuluessa, jolloin maan leikkauslujuus on oleellisesti suurentunut. Stabiloidun maakerroksen tavoitteellinen leikkauslujuus on tyypillisesti 30-70 kPa. [1, s. 23-25.]

Erityisesti massastabiloinnin vaikutus turpeen ominaisuuksiin on merkittävä, sillä turve ei sovellu sellaisenaan missään muodossa infrarakentamisen alustaksi. Lisäksi turve on eloperäistä ainesta. Eloperäisen aineksen tiedetään merkittävästi hidastavan ja joskus jopa estävän sementin reaktioita. Hydratoituneeseen sementtiin kohdistuu orgaanisessa ympäristössä erityisesti sulfaatti- ja happorasitusta. Oikeanlaisella sideainekoostumuksella turpeen massastabilointi on kuitenkin mahdollista ja esimerkiksi pH:ta voidaan muuttaa sementin sitoutumiselle suotuisaksi sekoittamalla maahan poltettua kalkkia. Lisäksi turpeeseen voidaan ennen stabilointiyötä sekoittaa savea tai vaikkapa kivennäismaalajeja. Tyypillinen suon pohja sisältää turvekerroksen alla muutaman metrin savea tai silttiä ja sen päällä liejua. Heikon saven leikkauslujuus ennen stabilointia on 5-25 kPa ja turpeen vain 2-5 kPa. [1, s. 45-46.]

Ympäristöominaisuuksien muutokset ovat keskeisiä pilaantuneita maamassoja käsitellessä. Stabiloinnilla voidaan muuttaa haitta-aineet niukkaliukoiseen muotoon, jolloin

massat voidaan jatkokäyttää turvallisesti. Massastabiloimalla voidaan tehdä myös niin kutsuttuja reaktiivisia seinämiä. Seinämä sitoo haitalliset ainekset siten, etteivät ne leviä ympäristöön. Pilaantuneiden maiden käsittely on aina tapauskohtaista ja käytettävät sideaineet määritellään laboratoriokokeilla. Haitta-aineet voivat näin ollen joko kapseloitua tai pidentyä, kemialliset ominaisuudet muuttua tai fysikaaliset ominaisuudet kuten vedenläpäisevyys muuttua. [3, s. 23-24.]

3 Kalusto

Massastabilointityötä suoritetaan kaivinkoneella, jonka puomiin on kiinnitetty hydraulisesti toimiva sekoitinyksikkö. Sekoitinyksikköön sideaineet johdetaan painesyöttimestä paineilmalla. Nykyiset järjestelmät on varustettu myös ohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmällä. Kaivinkoneen on oltava tela-alustainen ja riittävän tehokas sekä kookas työn suorittamiseen. Useasti massastabiloinnissa vaaditaan omapainoltaan yli 30 000 kg:n kaivinkone, jotta se selviää työstä.

3.1 Painesyötin

Painesyöttimiä on olemassa itseohjautuvia teloilla varustettuja yksiköitä sekä paikallaan pidettäviä säiliömäisiä yksiköitä. Teloilla varusteltu on luonnollisesti helpompi hallita työmaalla ja tankkaus onnistuu useassa eri paikassa. Paikallaan pysyvä painesyötin vaatii työmaalla usein pidemmät letkut, joita pitkin sideaine siirretään kaivinkoneelle. Painesyötin on moottoroitu yksikkö ja se voi olla varusteltu yhdellä tai useammalla säiliöllä. Syöttimen painetta voidaan säätää ohjausyksikön avulla. Kuvassa 3 on Allumerkkinen teloilla ja kahdella säiliöllä varustettu painesyötin, jota voidaan ohjata itsenäisenä yksikkönä. [6.]

Sideainetta säilytetään työmaalla erillisessä sideainesäiliössä ja sen määrä vaihtelee työn laajuudesta riippuen. Sideainetta toimitetaan työmaalle erikseen tilattuna säiliöautolla. Säiliöauto tyhjentää sideaineen suoraan työmaan säiliöön, josta sitä voidaan tankata painesyöttimeen.



Kuva 3. Allu-merkinen painesyötin [6.]

3.2 Sekoitinyksikkö

Sekoitinyksikkö asennetaan kaivinkoneen puomiin joko tappi- tai pikakiinnitysjärjestelmällä. Sekoitinyksikön kärkeen on kiinnitetty rummut, jotka sekoittavat sideaineen paineilman avulla maa-aineksen sekaan. Rumpujen pyörimisnopeutta voidaan säätää ohjausyksiköllä samoin kuin paineistusta paineyksiköstä, jolloin voidaan vaikuttaa stabiloinnin haluttuun lopputulokseen maalajista ja tavoitelluista ominaisuuksista riippuen. Kuvassa 4 on mallinnetut kuvat kahdesta erilaisesta sekoitinkärjestä, joista voidaan erottaa myös suuttimet. Kuvassa 5 on sekoitinkärki työmaalla kuvattuna stabilointityön jälkeen, jolloin kaikkien osien erottaminen ei ole enää selkeää. [6.]



Kuva 4. Kaksi erilaista massastabilointikoneen sekoitinkärkeä [6.]



Kuva 5. Sekoitinkärki työmaaolosuhteissa GRK:n työmaalla maaliskuussa 2017. [9.]

3.3 Paikannus-, ohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmät

Sideaineen syöttöä sekä sekoitusprosessia kontrolloidaan ohjausyksiköllä. Ohjausyksikön kautta voidaan säädellä esimerkiksi ilmamäärää, sideainevirtausta ja rumpujen pyörimisnopeutta. [3, s.9.] Järjestelmän ohjain sijaitsee kaivinkoneen ohjaamossa, josta kuljettaja pystyy valvomaan koko systeemiä. Ohjausjärjestelmä tallentaa kaiken tiedon stabilointityön aikana, jolloin tietoja voidaan tarkastella työn aikana sekä jälkikäteen. Kaikki tiedot on siirrettävissä tietokoneelle, josta voidaan tarkastella jokaisen sta-

biloidun blokin yksityiskohtaisia tietoja. Ohjaus- ja tiedonkeruujärjestelmä on tärkeä osa laatutarkkailua. Kuvassa 6 on Allu-merkkisen ohjausjärjestelmän ohjain, joka sijaitsee stabilointikoneen ohjaamossa. [6.]



Kuva 6. Ohjausjärjestelmän ohjain, josta massastabilointikoneen kuljettaja voi tarkkailla ja säätää massastabilointikoneen toimintoja jokaisen stabiloitavan blokin kohdalla. Kuvan oikeassa alakulmassa on näkyvillä sideaineen syöttönopeus, syöttöpaine sekä sideaineen määrä kiloina säiliöissä. [6.]

Lisäksi nykyisissä stabilointikoneissa on usein käytössä 3D-paikannusjärjestelmä samaan tapaan kuin normaalissa maankaivutyössä. Paikannusjärjestelmän avulla stabilointikoneen kuljettaja voi tarkkailla sekoituspään sijaintia jopa muutaman senttimetrin tarkkuudella. Järjestelmän avulla stabilointityöstä voidaan tehdä 3D-mallinnus niin haluttaessa. Paikannusjärjestelmä ohjaa kuljettajaa, jotta stabilointi tapahtuu järjestelmällisesti ja tasaisesti jokaisen stabiloitavan blokin osalta. Samalla se ohjaa kuljettajaa syöttämään oikean määrän sideainetta tai muuttamaan muita ohjausjärjestelmän asetuksia tarpeen mukaisesti. Kaivinkoneessa on oltava normaalin 3D-mallin mukaisen kaivutyönkin vaatimat 3D-järjestelmän GPS-sensorit ja sen käytössä on oltava GPS-tukiasema [6]. 3D-paikannusjärjestelmä vaatii osaamista sitä käyttävältä kuljettajalta. Lisäksi on otettava huomioon, että työskentelyä varten on oltava laadittu 3D-malli, jota

kuljettaja noudattaa. Tämä taas vaatii osaamista ja resursseja mittaustyöstä vastaavalta henkilöstöltä. [5.]

4 Sideaineet

Massastabiloinnin yleisin sideaine on sementti. Sementin lisänä käytetään usein myös kalkkia, jolloin puhutaan kalkkisementistä. Muita yleisiä sementin ja kalkin lisäksi käytettäviä sideaita ovat lentotuhka, kipsi tai teollisuudesta saatavat kuonat, esimerkiksi masuunihiekka. Näistä räätälöidään jokaiseen kohteeseen sopiva sideainekoostumus tarpeiden mukaan. [3, s.40.]

Sideainekoostumukseen vaikuttavat laboratoriossa tehdyt stabilointikokeet tai mahdolliset aiemmat samanlaiset tai vastaavat stabilointityöt. Useinkaan sideainekoostumusta valittaessa ei ole tarkoitus pyrkiä saavuttamaan maksimilujuutta vaan etsiä sellainen sideainepitoisuus, jolla voidaan saavuttaa mitoituksen mukainen riittävä lujuus. Optimisideainemäärä vaihtelee suuresti maalajin mukaan ja siihen vaikuttaa olennaisesti reaktioaika. Esimerkiksi turpeen stabiloinnissa sideainevalinta voi olla hyvinkin vaikeaa, sillä stabiloitavuuteen vaikuttavia tekijöitä on runsas määrä vesipitoisuuden ja eloperäisen aineksen vuoksi. Toisena valintaperusteena käytetään sideainemateriaalien hintoja ja saatavuutta, mutta lisäksi mm. lujittumisnopeus (yleensä 1-3 kk) ja jännitys-muodonmuutosominaisuudet ovat keskeisiä. Joskus myös vaikutukset liukoisuus- ja vedenläpäisyominaisuuksiin vaikuttavat valintaan. Valinnassa on muistettava huomioida käytettävä kalusto. [1, s.28.]

4.1 Sementit

Sementin teho stabiloinnissa perustuu sementin ja veden reaktioon eli hydrataatioon, jossa maa-aineksen sisältämä vesi muodostaa sementin kanssa geelin, joka kovettuessaan sitoo rakenteet toisiinsa [1, s.29]. Sementin alkulujittuminen on muita sideaineita nopeampi, joten se mahdollistaa työn sujuvan ja nopeamman etenemisen. Pitkäaikaislujuuttamisen osuus puolestaan on hieman muita sideainevaihtoehtoja pienempi.

Betonointiin verrattuna stabiloinnin lopputulos on huomattavasti kimmoisampi, joten betonille tyypillinen jäykkä ja kova, mutta hauras rakenne ei muodostu ongelmaksi.

Sekoitustyö on kriittinen vaihe työn onnistumisen kannalta, sillä mahdollinen epähomogeeninen rakenne ei korjaannu sekoitustyön jälkeen ja epätasainen laatu voi jäädä näkyviin. Massastabilointiin sopivia sementtilaatuja ovat plussementti, rapidsementti, pikasementti sekä sulfaattipitoisen maaperän stabiloinnissa SR-sementti. [3, s.40.]

4.2 Kalkkituotteet

Massastabiloinnissa käytetään tavallisesti poltettua kalkkia, mutta toisinaan myös sammutettua kalkkia. Poltetulla kalkilla tarkoitetaan kuumentamalla valmistettua murskattua ja lajiteltua kalkkikiveä, joka on hajonnut kalsiumoksidiksi ja hiilidioksidiksi. Aine on hyvin reaktiivinen. Sammutettu kalkki puolestaan valmistetaan poltetusta kalkista ja sitä käytetään yleensä neutralointiin (pH). [7.]

Poltetun kalkin oleelliset vaikutukset stabilointityöhön ovat työajan lisääminen ja pitkäaikaisen lujittumisen kiihdyttäminen. Sementti alkaa kovettua nopeasti heti sekoitusprosessin alettua. Kalkki kuitenkin sitoo tehokkaasti vettä ja samalla reaktiossa muodostuu lämpöä, mikä hidastaa hieman alkusitoutumista ja kiihdyttää loppulujittumista. Lisäksi kalkki tasoittaa mahdollista sekoitustyön epätasaisuutta vielä jonkin aikaa jälkikäteen, joten se parantaa lopputuloksen laatua. Kalkki tuo lopulliseen rakenteeseen sementistä poiketen sitkeyttä, jolloin vältetään betonimaiselta kovalta mutta hauraalta rakenteelta. [3, s.40.]

4.3 Muut sideainekomponentit

Erilaisia sivutuotesideaineita ovat kuonat, lentotuhkat ja kipsimäiset materiaalit. Nimensä mukaisesti näitä sideaineita saadaan teollisuuden sivutuotteena. Esimerkiksi lentotuhkaa syntyy kivihiilen polttamisen yhteydessä. Tällaisia materiaaleja käytetään, kun halutaan vaikuttaa positiivisesti saavutettaviin kaupallisiin, teknisiin ja ympäristöllisiin ominaisuuksiin, kuten lujuuden kehittymisen nopeus (nopea lujittuminen ei välttämättä aina ole toivottua), märkien massojen kiinteytyminen, rakenteen lopullinen lujuustaso, muodonmuutosominaisuudet, sideaineen epätasaista sekoittumista korjaava vaikutus, haitallisten komponenttien sitoutuminen ja vedenläpäisevyys. [3, s.40-41.]

Lisäksi näillä sivutuotteilla on yleensä kustannuksia alentava vaikutus, mikä onkin yksi suuri syy siihen, että sivutuotteiden käyttöä sideaineena on alettu tutkia ja kehittää viime vuosina paljon. Vaikka kustannukset ovat alentuneet näitä tuotteita käyttämällä, on kokonaissideainemäärä kasvanut, mikä voi hieman hidastaa itse työsuoritusta. On kuitenkin löydetty erikoistapauksia, joissa stabilointityö on suoritettu yksinomaan tällaisia sivutuotteita sideaineena käyttäen. Sivutuotteiden käyttäminen sideaineena vaatii aina huolelliset tutkimukset ja stabiloitavuuskokeet laboratoriossa. [3, s.40-41.]

5 Käyttökohteet

Massastabiloinnilla on lukuisia eri käyttökohteita ja -mahdollisuuksia. Tässä luvussa esitellään massastabiloinnin yleisimmät käyttökohteet pohjanvahvistusmenetelmänä sekä lyhyesti muut käyttömahdollisuudet. Infrarakentamisessa massastabiloinnin yleisimpiä käyttökohteita ovat:

- tiet
- kadut ja raitit
- rautatiet
- satamat ja meriväylät
- kunnallistekniikka ja verkostot
- maisema- ja viherrakentaminen
- meluvallit
- ulkoliikuntapaikat. [3, s.14.]

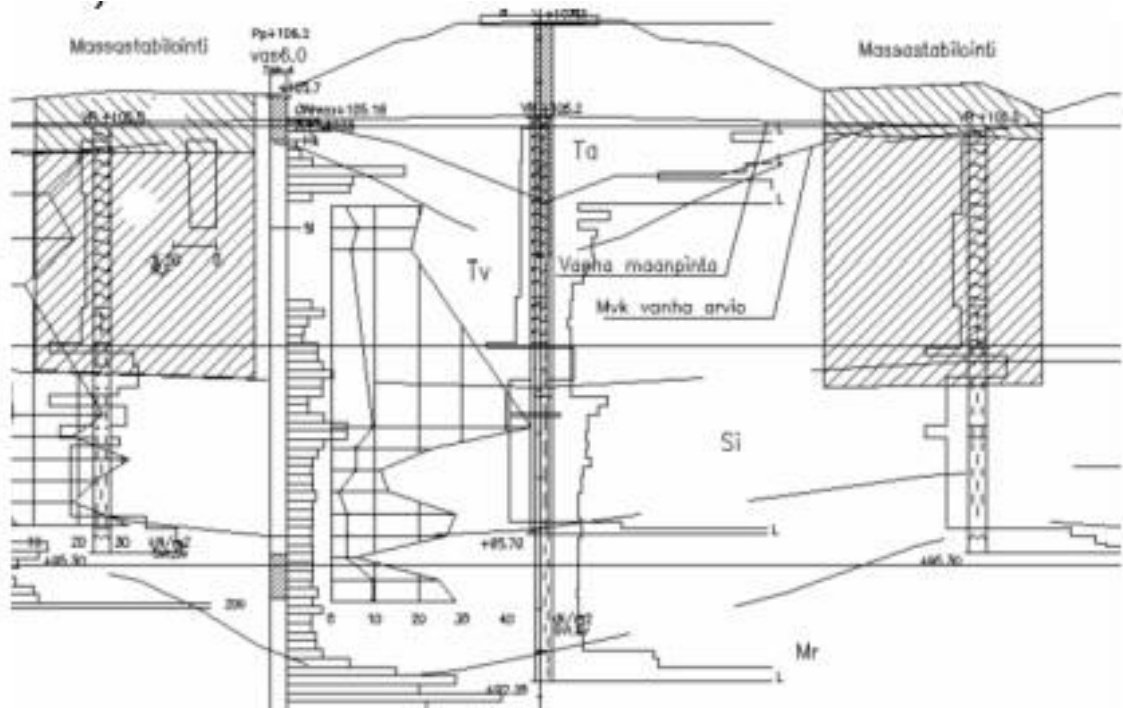
5.1 Tiet ja kadut

Tie- ja rautatierakentamisessa sekä kaduilla ja raiteilla massastabilointia käytetään pääsääntöisesti pehmeiköiden (turve, lieju, savi) pohjanvahvistukseen. Tällöin saadaan aikaiseksi kantava rakennuspohja pengertäyttöjä ja rakennekerroksia varten. Tiekohteissa maa voidaan myös stabiloida ennen kaivua, jolloin pehmeän maa-aines on helpommin kuljetettavissa ja hyötykäytettävissä muualla rakennushankkeessa. [3, s. 14-16.]

Katualueiden oleellisin ero tie- ja rautatiekohteisiin on se, että katurakenteessa sijaitsee putkia ja muuta kunnallistekniikkaa. Tämän vuoksi on otettava huomioon katu- tai tierakenteen omien painumavaatimuksien lisäksi putkikaivannot sekä putkien yleensä tiukemmat painumavaatimukset. Massastabilointi mahdollistaa myös kunnallistekniikan turvallisemman ja kustannuksiltaan edullisemman rakentamisen, kun putkikaivannot voidaan tehdä lujitettuun maaperään. [3, s. 14-16.]

5.2 Rautatiet

Rautatiehankkeessa massastabilointia käytettiin ensimmäisen kerran Ruotsissa vuonna 1990, jolloin turvekerros stabiloitiin kovaan pohjaan saakka ennen sen päälle rakennettavaa ratapenkerettä. Suomessa massastabilointia ei sallita varsinaisen uuden ratarakenteen alla, joten menetelmää on käytetty ratarakentamisessa paljon vanhojen rautatiepenkereiden vahvistamisen yhteydessä, kun varsinaisen ratapenkereen vierellä olevaa vastapengertä täytyy korottaa ratapenkereen korottamisen yhteydessä. Vastapenger toimii pohjanvahvistuksena ratapenkereelle tukien sitä ja estäen vaaralliset sortumia aiheuttavat liukupinnat. Tällöin pohjamaata voidaan massastabiloinnilla lujittaa siten, että se kestää niin vastapenkereen kuin ratapenkereenkin rakentamisen. Kuvassa 7 on poikkileikkaus tällaisesta ratapenkereen korotustyöstä. Lisäksi tietyissä olosuhteissa massastabiloimalla voidaan eristää junaradan aiheuttaman tärinän siirtyminen esimerkiksi viereisiin rakennuksiin. [3, s. 16-19.]



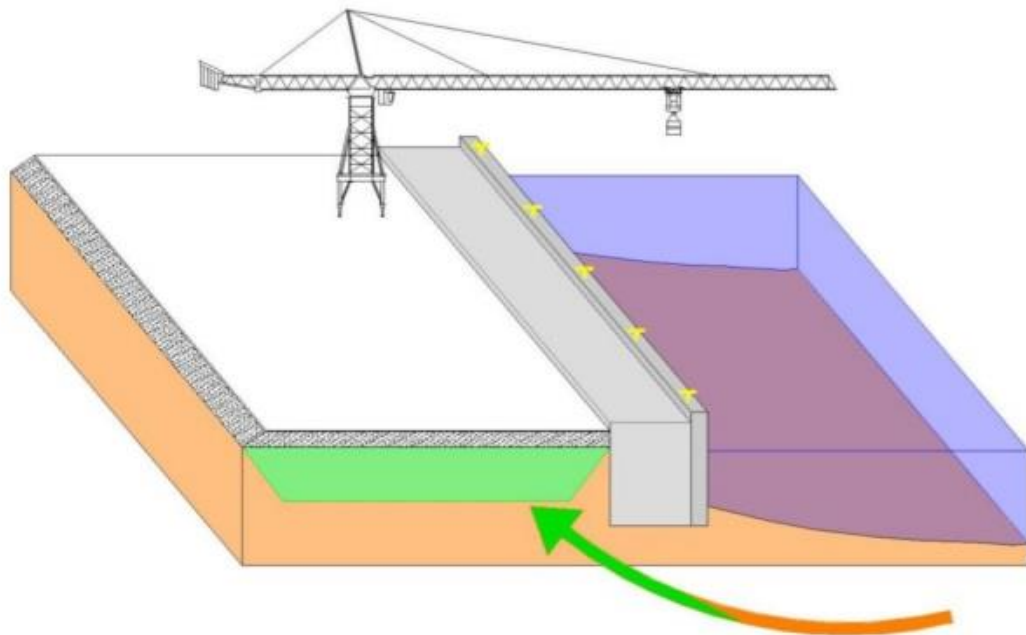
Kuva 7. Poikkileikkauskuvaa vanhasta junaradasta, jonka ratapengertä on korotettu. Liukupinnan sortumavaara on pienennetty massastabiloinnilla sekä vastapenkereellä. [3.]

5.3 Satamat ja meriväylät

Massastabilointia on alettu hyödyntää tekniikan kehittyessä myös satamien ja meriväylien rakentamisessa. Ruopattavia massoja voi erilaisissa satamarakennushankkeissa olla valtava määrä ja niiden hyötykäyttäminen massastabiloinnin avulla esimerkiksi uuden satamakentän täyttömaana on eduksi monelta kannalta. Esimerkiksi Vuosaaren sataman rakentamisessa tällaista menetelmää käytettiin valtaville määrille maamassoja. Merestä ruopattua liejua stabiloitiin erillisissä stabilointialtaissa ja kovettumisen alettua maamassat siirrettiin käytettäväksi sataman pohjarakenteisiin terminaali-alueille.

Ruoppausmassat voivat joskus olla pilaantuneita, jolloin stabiloinnilla voidaan pienentää haitta-aineiden liukoisuutta ja mahdollistaa pilaantuneidenkin massojen jatkokäyttö. Usein stabiloitava ruoppausmassa siirretään väliaikaiseen paikkaan stabilointityön suorittamiseksi. Vasta tämän jälkeen maamassa on käytettävissä lopulliseen sijoituspaikkaansa. Tällöin stabiloinnin ympäristövaikutukset pysyvät pieninä. Stabilointi voidaan tapauksesta riippuen suorittaa yhtä hyvin myös lopullisessa sijoituspaikassaan. Kuvas-

sa 8 on esitetty tyypillinen tapa sijoittaa stabiloitua ruoppausmassaa satamarakenteesseen. [3, s. 20-21.]



Kuva 8. Merestä ruopattu maamassa on massastabiloitu ja hyödynnetty satamakentän rakenteessa, joka on merkitty kuvaan vihreällä. [3.]

5.4 Kevyet rakenteet sekä padot ja vallit

Massastabilointi on osoittautunut käyttökelpoiseksi pohjanvahvistusmenetelmäksi myös kantavilta ominaisuuksiltaan vaatimattomammilla alueilla. Erilaiset viher- ja ulkoilualueet eivät yleensä edellytä routimatonta ja painumatonta materiaalia, vaan riittää, että stabiloitu maamassa on levitettävissä, muotoiltavissa ja tiivistettävissä rakenteeseen. Tällöin käytetty sideainemääräkin on yleensä pienempi. Stabiloitu maakerros ei kuitenkaan sovellu suoraan kasvualustaksi, vaan erilliset kasvualustakerrokset on rakennettava stabiloitun rakenteen päälle. [3, s. 22-23.]

Ulkoliikuntaan liittyvät urheilukentät tai esimerkiksi laskettelurinteet voidaan myös toteuttaa massastabiloidun rakenteen päälle. Tällöin painumavaatimukset sekä kallistukset ovat vaativampia, jolloin vaaditaan huolellisempaa esikuormitusta ja tiivistystä. Meluvallissa puolestaan stabiloitua ylijäämämaata voidaan hyödyntää meluvallin rakenteessa tai stabiloimalla voidaan lujittaa maaperää meluvallin alla ja ympärillä. Meluvallit

ovat rakenteeltaan yleensä niin karkeita, että tarvitsevat tämän vuoksi pohjanvahvistusta pehmeillä maa-alueilla. [3, s. 22-23.]

Tulvasuojien rakentamisessa massastabiloinnilla voidaan lujittaa pato- tai vallirakenteiden pohjamaata, jolloin massastabilointia käytetään pohjanvahvistusmenetelmänä. Ylijäämämaata voidaan myös käyttää stabiloituna esimerkiksi tulvavallin tiiviste- tai pengermateriaalina samaan tapaan kuin satamarakentamisessa käytetään ruoppausmassoja. [3, s. 24.]

5.5 Muut infran käyttökohteet

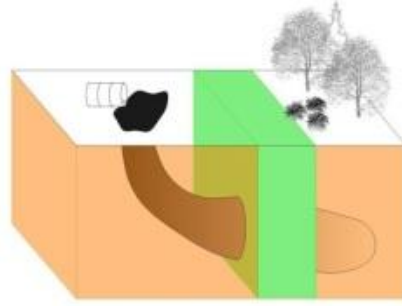
Ympäristön suojaamiseksi voidaan massastabiloimalla saada aikaan erilaisia suojausrakenteita, joilla voidaan suojata talo-, teollisuus- ja infrarakenteita, työntekijöitä ja asukkaita, luontoympäristöä sekä pohja- ja pintavesiesiintymiä. Näissä tapauksissa massastabilointia ei käytetä pohjanvahvistusmenetelmänä. Yleisimpiä suojarakenteita ovat:

- reaktiiviset seinämät
- tärinän vaimennusseinämät (esimerkiksi ratarakenteissa)
- pystyeristysseinät (esimerkiksi pilaantuneen maan ympärillä)
- ympäristönsuojausrakenteet
- pilaantuneiden maa-ainesten kiinteyttäminen
- kaatopaikat ja jätteenkäsittelyalueet
- kaivosalueet
- teollisuuden ja kaupan alueet sekä talonrakennuskohteet.

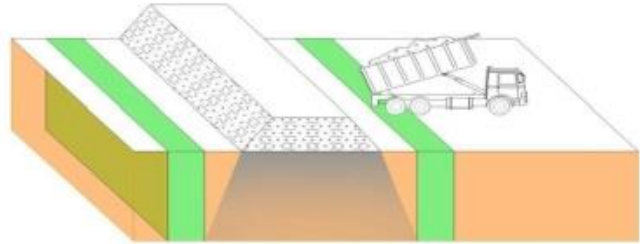
Sen lisäksi, että pilaantuneet maat voidaan stabiloida ja käyttää tämän jälkeen uudessa tai nykyisessä sijainnissaan, on olemassa myös muita sovellutuksia nimenomaan ympäristön suojarakenteina. Esimerkiksi pilaantuneen veden ominaisuuksia voidaan muokata reaktiivisen seinämän avulla. Tällöin seinämän läpi virtaava vesi muuttaa kemiallisia ominaisuuksiaan, eikä seinämän läpäistyään ole enää haitallista ympäristölle. [3, s. 34.]

Pilaantuneiden maiden käsittelyssä pyritään estämään haitallisten aineiden leviäminen ympäristöön joko kemiallisella muokkaamisella tai fysikaalisella eristämällä. Menetelmän käyttö vaatii aina perusteelliset laboratoriokokeet maastosta tehdyille näytteille, jolloin haitta-aineet ovat mahdollisimman vähän liukoisia, kulkeutuvia tai myrkyllisiä. Massastabilointi sopii tutkimusten ja kokemusten mukaa hyvin epäorgaanisilla haitta-aineilla (esimerkiksi raskasmetallit), öljyllä tai PAH-yhdisteillä pilaantuneiden maiden käsittelyyn. Laboratoriokokeet myös osoittavat maan kelpaavuuden stabiloinnin jälkeiseen käyttöön. Mikäli stabiloinnillakaan ei pystytä estämään haitallisten aineiden siirtymistä muualle ympäristöön tai haitta-aineet ovat edelleen myrkyllisiä, voidaan likaantunut maa joutua loppusijoittamaan kaatopaikalle massastabiloinnin jälkeen. Kuvassa 9 on esitelty neljä erilaista suojarakennetta, joissa on hyödynnetty massastabilointia. [1, s. 32-33.]

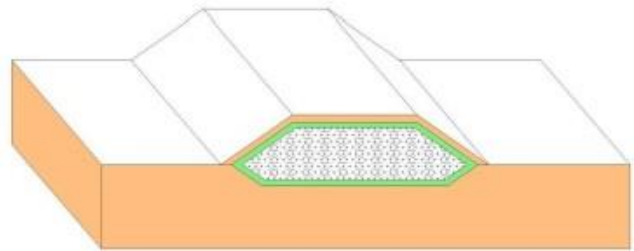
a) reaktiivinen seinämä



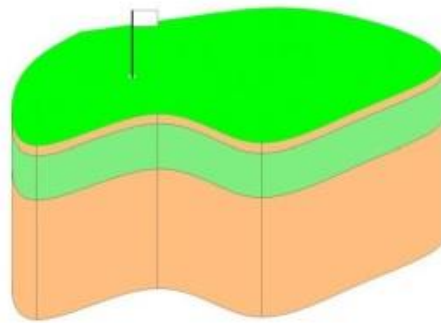
b) pystyeristys- / katkaisuseinät



c) kaatopaikkojen pinta-, pohja- ja muut eristeratkaisut



d) pilaantuneiden maiden käsittely ja hyötykäyttö esimerkiksi virkistysalueilla, täyttömaissa, jne.



Kuva 9. Erilaisia ympäristönsuojusrakenteita massastabiloinnin keinoin: a) Vihreä alue on massastabiloitu ja se muodostaa seinämän, jonka läpi kulkeutuessaan pilaantuneen aineen ominaisuudet muuttuvat vähemmän haitallisiksi. b) Katkaisuseinämän tarkoitus on estää haitallisen aineen kulkeutuminen sen toiselle puolelle kokonaan. c) Kuvassa vihreänä näkyvä stabiloitu rakenne eristää kaatopaikkajätteen ympäröivästä täyttömaasta. d) Pilaantunut maa on stabiloitu ja sen myötä haitalliset aineet ovat saavuttaneet liukenemattoman tai vähemmän haitallisen muodon, minkä jälkeen maa-aines voidaan kaatopaikan sijaan sijoittaa esimerkiksi golf-kentän alusrakenteeseen. [3.]

6 Massastabilointiprojekti

Massastabilointiprojektin toteutus kestää laajuudesta ja haastavuudesta riippuen hyvin erilaisia aikoja. Yksinkertaiset ja pienet kohteet voidaan kyetä toteuttamaan lyhyelläkin varoitusajalla ja suunnittelulla. Suuret ja haastavat projektit taas voivat kestää vuosia. Massastabilointiprojekti koostuu seuraavista vaiheista:

- Lähtötietojen kerääminen
- Esitutkimukset ja -suunnittelut sekä alustavat stabilointitutkimukset (maaperän pohjatutkimukset ja näytteenotto)
- Rakenteen mitoitus ja varsinaiset stabiloituvuustutkimukset
- Varsinainen mitoitus suunnittelu ja suunnitteluasiakirjojen laadinta
- Urakkakilpailu
- Stabilointityön suorittaminen ja laaduntarkkailu
- Laadun jälkiseuranta ja raportointi [3, s.34,39].

6.1 Suunnittelu

Suunnittelun aluksi kerätään kaikki mahdollinen olemassa oleva tieto, jota voidaan hyödyntää projektissa. Hyödyllisiä ovat esimerkiksi maaperäkartat, aikaisemmin tehdyt kairaukset tai näytetutkimukset. Samalla tai vastaavalla alueella tehdyt stabilointityöt tuovat myös erittäin hyödyllistä tietoa sovellettavaksi uudessa projektissa. Kaiken olemassa olevan tiedon pohjalta voidaan päättää tarvittavista täydentävistä pohjatutkimuksista ja ohjelmoida stabiloituvuuskokeet laboratorioissa. Pohjatutkimusten yhteydessä voidaan tehdä esimerkiksi silmävarainen maastokatselmus, koekuoppia ja erilaisia kairauksia. Stabiloituvuuskokeet ovat olennainen osa suunnittelutyötä, jotta oikea sideainekoostumus projektin tarpeisiin voidaan määrittää. Suunnittelun lähtötiedoksi halutaan erilaisilla tutkimuksilla selvittää seuraavia asioita:

- maakerrosrajat
- maakerrosten geotekniset ja luokitusominaisuudet, aina vesipitoisuus, humuspitoisuus ja tarvittaessa rakeisuus, hienousluku, pH, sulfaatti- tai klooripitoisuus
- maakerrosten lujuusominaisuudet (kairaus tai laboratoriokoe)

- maakerrosten painumaominaisuudet
- pohjaveden pinnan korkeus ja sen vaihtelut
- pilaantuneiden maiden osalta ympäristöominaisuudet
- sideaineiden saatavuus
- toteutuksen edellyttämät työalueet ja tieyhteydet kalustolle ja sideaineille
- käytössä olevat rakenteet (esimerkiksi johdot ja kaapelit)
- hylätyt ja purettavat rakenteet (esimerkiksi puupaalut). [3, s.34.]

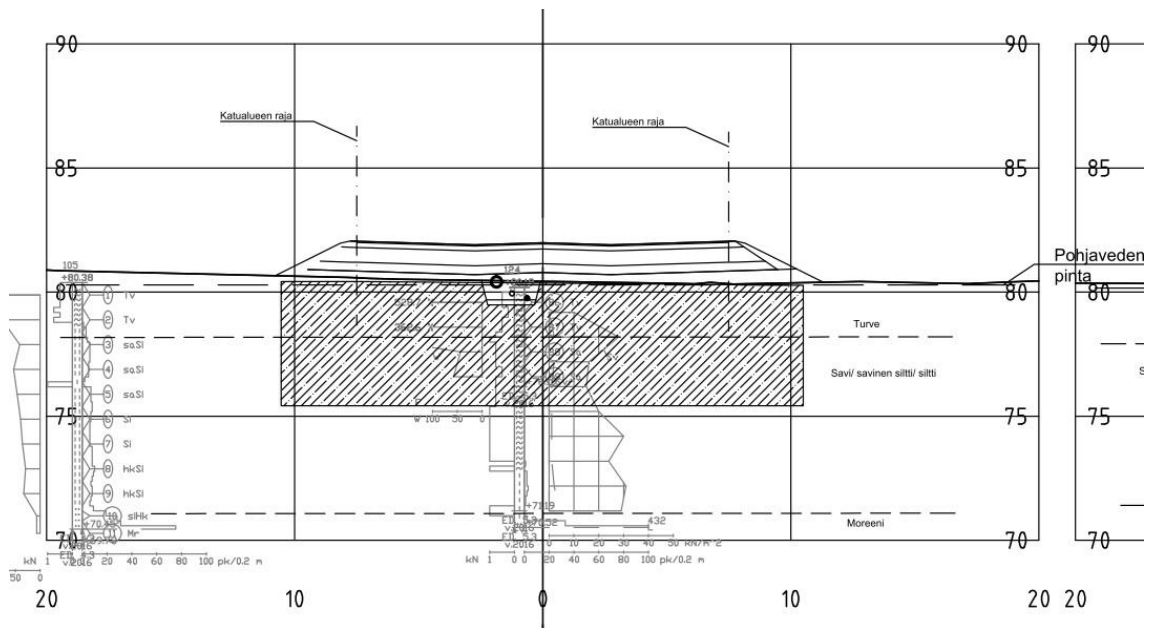
Esitutkimusten edetessä myös suunnittelu etenee vaihe vaiheelta eteenpäin. Tällöin seuraavana on vuorossa stabiloitavuustutkimuksen ohjelman tekeminen ja toteuttaminen. Stabiloitavuustutkimukset ovat merkittäviä, sillä niiden avulla määritetään potentiaalisten sideaineiden (sekä seossuhteiden ja määrien) vaikutus saavutettavaan puristuslujuuteen, tarvittavaan lujittumisaikaan, lujittumisvaiheen kokoonpuristumaan sekä lujittumisen herkkyyteen.

Mikäli kohde ei kuitenkaan ole erityisen vaativa ja alueella on tehty aiempia massa- tai pilaristabilointeja, eivät stabiloitavuuskokeet laboratorio-olosuhteissa ole aina välttämättömiä. Stabiloitavuuskokeita voidaan joskus tehdä myös suunnittelusta jäljessä tai jättää jopa urakoitsijan vastuulle. Urakkalaskentavaiheessa urakoitsija määrittää käytettävän sideaineen reseptin. Tämä menetelmä edellyttää, että aiemman kokemuksen tai perustellun arvioinnin mukaisesti voidaan suunnittelussa käyttää mielekästä lujuutta stabiloinnille ilman stabiloitavuuskokeita. Varsinaisten stabiloitavuuskokeiden aikana selvitetään potentiaaliset sideaineet sekä niiden seossuhteet. [3, s. 35.]

Massastabiloinnin suunnittelu perustuu mitoituksen osalta painuma- ja vakavuusmittaukseen, kun tavoitelujuus on määritetty. Erityisesti tarkkaillaan leikkauslujuutta, sillä se on keskeinen määrittävä tekijä pehmeiden maiden pohjanvahvistuksen tavoitteita määritettäessä. Tavallisesti massastabiloinnin lopullinen tavoiteleikkauslujuus on noin 30-70 kPa. Laskelmien pohjalta laaditaan lopulliset suunnitelmakuvat toteuttamista varten. [3, s.36-37.]

Kuva 10 on esimerkki lopullisesta suunnitelmakuvasta todellisesta toteutetusta kohteesta GRK:n työmaalta vuonna 2017. Kyseessä on poikkileikkauskuva. Kohteessa kova moreeni sijaitsee noin 10 metriä maanpinnan alapuolella. Moreenin päällä on noin

8 metrin kerros saven, savisen siltin ja siltin määritykset täyttävää maata. Päälimmäinen kerros on noin 2 metriä turvetta ja pohjavedenpinta on käytännössä samassa tasossa maan yläpinnan kanssa. Paikalle rakennettiin katurakenne, joka sisältää myös kunnallistekniikkaa. Massastabilointi suoritettiin poikkileikkauksen kohdalla noin 5 metrin syvyyteen eli koko turvekerroksen paksuudelta sekä muutaman metrin osalta savi-kerrokseen. Stabiloinnin alapuolelle jäävä savikerros on huomattavasti tiiviimpää kuin stabiloitu kerros, jolloin se kestää päälle rakennettavan kadun rakennekerrokset ilman stabilointia. Päällä oleva stabiloitu kerros kuitenkin tasaa alempaan kerrokseen kohdistuvaa rasitusta.



Kuva 10. Poikkileikkauksokuva GRK:n työkohteesta, jossa suoritettiin massastabilointityötä. Kohteessa massastabilointi toteutettiin kadun pohjarakenteeseen. [5.]

Suunnittelun ja pohjatutkimusten aikana on tärkeää selvittää massastabiloinnin tekniset mahdollisuudet, kilpailukyky ja taloudellisuus mukaan lukien alustava kustannusarvio. Suunnittelun pohjalta laaditaan massastabilointikohteen työselitys, jossa määritetään esimerkiksi toimintatavat, laadunvarmistussuunnitelma, stabiloidun materiaalin tekniset vaatimukset sekä yksityiskohtaiset työohjeet kohteen olosuhteet huomioiden. Tilaajasta, kohteesta ja työn vaativuudesta riippuen työselitys voi olla täysin kyseiseen kohteeseen erikseen laadittu tai vain yleisiin laatuvaatimuksiin pohjautuva ja tarvittavilta osin täydennetty. Työselostuksen taso riippuu ennen kaikkea rakennusaikaisista riskeistä. [3, s.36-38.]

6.2 Toteutus

Ennen varsinaisen stabilointityön aloittamista suoritetaan urakkakilpailu ja -laskenta. Tämän työn puitteissa urakkakilpailua ei kuitenkaan käsitellä tarkemmin. Stabilointityö aloitetaan perehtymällä suunnitelmiin ja työselostukseen, joiden pohjalta laaditaan kohdekohtainen työ- ja laatusuunnitelma.

Projektin aikana voidaan käyttää urakoitsijan oman laadunvarmistuksen lisäksi ulkopuolista laadunvalvontaa. Tapauksesta riippuen etenkin vaativissa kohteissa suositellaan usein alueella tehtävän koestabilointia. Koestabilointi voidaan sijoittaa osaksi varsinaista stabilointiurakkaa koeluontoisella aloituksella, jolloin tehdään työtä esimerkiksi erilaisilla sideainekoostumuksilla tai eri sekoitusmäärillä. Koealueiden laadunvalvontatuloksia odotellessa työtä voidaan jatkaa eteenpäin koealueiden perusteella riittäväksi oletetulla korotetulla sideainemäärällä, eikä työ seisaudu välillä.

Konkreettinen ensimmäinen vaihe työmaalla puolestaan on alueen raivaaminen ja mahdollinen juurien ja kantojen poistaminen sekä stabiloitavien alueiden merkitseminen kaluston vaatiman tarpeen mukaan. On muistettava myös selvittää etukäteen mahdolliset olemassa olevat johdot, kaapelit ja rakenteet. Työn päästessä mahdollisten koestabilointien jälkeen täyteen vauhtiin, tehdään työtä suunnitelmia mukaillen ja tarvittaessa päivittäen. Työn aikana valvotaan laatua jatkuvasti ja reagoidaan tuloksiin, mikäli tarvetta ilmenee. Laadun seuranta raportoidaan työn aikana sekä sen jälkeen. [3, s.38.]

6.2.1 Massastabilointityön eteneminen

Stabilointityö etenee tavallisesti ruudukkomaisesti eli lamelleissa järjestelmällisesti. Mikäli stabilointityö suoritetaan pohjanvahvistusmenetelmänä ja tarkoitus on stabiloida maa-alue, joka jää paikalleen osaksi rakennetta, etenee työ tyypillisesti kyseisellä tavalla. Työ aloitetaan paikasta, olosuhteista ja suunnitelmista riippuen yhdestä kohdasta stabiloitavaa aluetta. Stabilointi tapahtuu sekä sekoittamalla maa-ainesta keskenään että lisäämällä siihen sideainetta, jotta lopputulos on homogeeninen laatta. Kun yksi suunniteltu alue on stabiloitu (yleensä koneen ulottuman verran eli n. 4-5 metriä x 4-5 metriä) levitetään sen päälle suodatinkangas. Uusi suodatinkangas on aina limitettävä ohjeiden mukaisesti saumakohtaisesti, minkä jälkeen suodatinkankaan päälle voidaan lisätä työpenger eli yleensä noin 0,5-1 metrin paksuudelta soramursketta. [1, s.31-32.]

Tyypillisesti maapohja on niin pehmeää, ettei stabilointityötä voida tehdä suoraan turvekerroksen päältä, vaan koneelle tarvitaan kantava alusta. Työpenkereen avulla tiivistetään stabiloitua aluetta, jotta sen päälle voidaan mennä koneella ja jatkaa työtä eteenpäin. Tiivistys on aloitettava yleensä viimeistään vuorokauden kuluessa stabiloinnin suorittamisesta. Näin työ etenee pieni osa kerrallaan, mutta järjestelmällisesti ja stabilointikoneelle on aina paikka, josta se voi suorittaa stabilointityötä. Kuvassa 11 on massastabilointikone stabilointityössä GRK:n työmaalla Espoossa. Kuvasta voidaan nähdä työpenger, jonka päällä kone työskentelee sekä parhaillaan stabiloitavana oleva alue eli blokki.



Kuva 11. Massastabilointityö käynnissä GRK:n työmaalla maaliskuussa 2017. [9.]

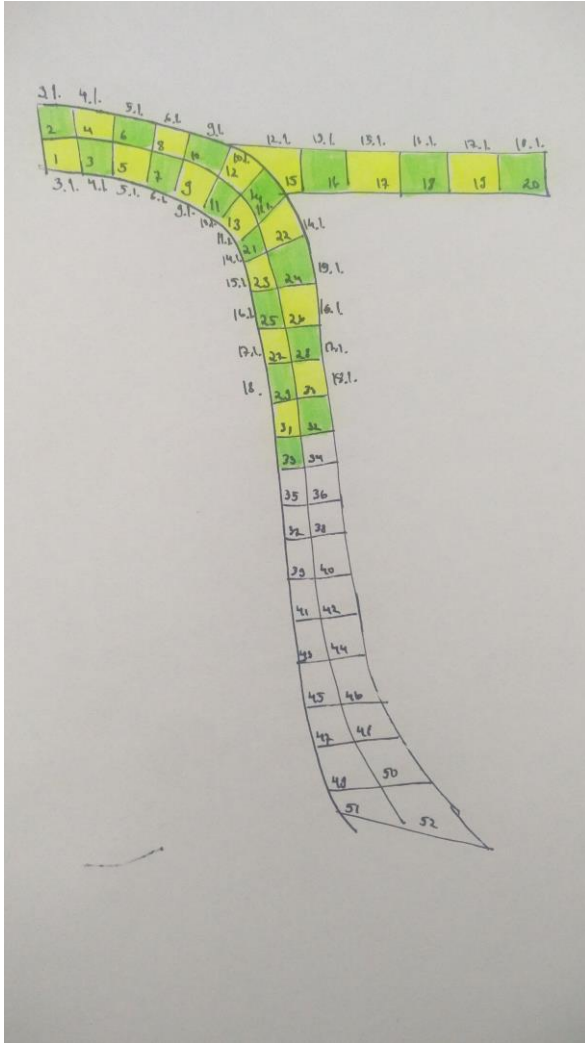
Työpenger toimii usein painopenkereenä, jolloin stabiloidun kerroksen mahdolliset painumat tapahtuvat ennen varsinaista rakentamista. Työpenkereen profiili on yleensä korkeampi työskentelysuuntaan, jotta kaivinkone saa tukea ollessaan lievästi taaksepäin kallistuneena. Työpenger ei saa kallistua työsuunnassa eteenpäin, jotta ei ole vaarana kaivinkoneen kaatuminen. Työtä suunniteltaessa on kaiken varalta otettava huomioon kaivinkoneen mahdollisuus paeta stabilointipaikalta taaksepäin, mikäli kone on vaarassa kaatua tai upota. Painopenger voidaan myös lisätä työpenkereen päälle koko alueen stabiloinnin ollessa valmis. Painopenger voi toimia osittain tai kokonaan tulevien maarakenteiden osana, jolloin sen materiaalin on vastattava näitä vaatimuksia. Mikäli stabiloinnilla halutaan esimerkiksi parantaa maan kaivu- ja kuljetusominaisuuksia en-

nen alueelta pois vientiä, ei luonnollisestikaan ole tarkoituksenmukaista rakentaa painopengertä. [1, s.31-32.]

6.2.2 Stabilointikuviot eli blokit

Stabilointikuviot ovat keskeinen osa työn suunnittelua. Stabiloitava alue on jaettava mahdollisimman tasaisesti mahdollisimman samankokoisiin nelikulmaisiin lamelleihin eli blokkeihin. Tämä perustuu edellä mainittuun työn tekemisen mahdollistavaan etenemistapaan. Mikäli massastabilointia suoritetaan muussa tarkoituksessa kuin pohjavahvistuksena, esimerkiksi erillisessä stabilointipaikassa meren ruoppausmassoja stabiloitaessa, eivät samat säännöt päde tällaisiin töihin. Näihin ohjeet ja työmenetelmät on aina suunniteltava tapauskohtaisesti. [1, s.31.]

Lamelleiden sivun pituus on 4-5 metriä, jotta stabilointikone ulottuu koko alueelle yhdestä paikasta. On tärkeää tietää käytettävän kaluston maksimiulottuma, jotta työnjohto voi suunnitella blokkien koot oikein. Lisäksi on syytä ottaa huomioon lamellikuvion mahdollinen siirtäminen tietomallimuotoon ja suoraan käytettävän kaluston 3D-järjestelmään. Kuvassa 12 on käsin tehty kartta stabilointikuvioista. Stabilointikuviot on luotu jakamalla suunnitelmien mukainen stabiloitava alue blokeiksi. Kuva on kuvitteellinen, mutta sen mallina on käytetty GRK:n massastabilointikohteessa käytettyä karttaa. Tällaiseen yksinkertaiseen karttaan voidaan tehdä myös aikataulu ja seurata sen toteutumista. Tässä mallissa blokit on numeroitu toteuttamisjärjestyksessä ja toteutunut stabilointipäivä on merkitty kuvion viereen. Työn eteneminen voidaan havainnollistaa käyttämällä värejä. Suunnitelman mukaisten blokkien merkitseminen maastoon on syytä käydä jo etukäteen läpi mittaushenkilöstön kanssa. Mikäli työssä käytetään 3D-järjestelmää, voitaisiin sama kartta tehdä mittatarkasti 3D-malliin, jolloin se näkyisi samanlaisena myös kaivinkoneen koneohjausjärjestelmässä, eikä maastomerkkauksia olisi tarpeen tehdä. [5.]



Kuva 12. Käsintehty kuvitteellinen malli stabilointikuvioista eli blokeista [9.]

6.2.3 Yleiset ongelmat massastabilointityössä

Pienetkin kalustorikot ja -häiriöt aiheuttavat stabilointityöhön helposti katkoksia ja hidastavat työtä. Etenkin paineistettuihin letkuihin tulee työn aikana helposti tukoksia tai rikkoja. Nämä tilanteet keskeyttävät stabiloinnin ja vaativat aina korjaustoimenpiteitä. Paineistettuja letkuja ei voi myöskään kuka tahansa kokematon henkilö korjata, sillä työhön sisältyy paineilman vuoksi turvallisuusriskejä. Myös muut kaluston rikkoutumiset voivat hidastaa työsaavutusta merkittävästi. Mikäli varaosia tai korjausta joudutaan odottamaan, on se kallista aikaa. Paineilma kuluttaa monia kaivinkoneen osia huomattavasti, joten on hyvä varautua ja seurata tilannetta jo etukäteen. Näin nämä tilanteet eivät pääse yllättämään ja keskeyttämään työtä, vaan kuluvat osat voidaan vaihtaa etukäteen suunnitellusti stabilointityöajan ulkopuolella. [5.]

Myös stabiloitavan maa-aineksen sitkeys voi aiheuttaa enemmän työtä kuin on suunniteltu. Etenkin savi ja siltti aiheuttavat tämän tyyppisiä ongelmia. Tällöin suunnitellun stabilointityön lisäksi voidaan joutua suorittamaan sekoitustyötä. Pahimmillaan sekoitus stabilointikoneella paineilman avulla ennen sideaineen sekoittamista ei riitä, vaan työ voidaan joutua suorittamaan kaivinkoneella. Tämä luonnollisesti aiheuttaa lisävaatimuksia kaluston sekä ajan puolesta. [5.]

Työsaavutus voi näiden seikkojen lisäksi hidastua siitakin syystä, että stabilointityötä ei voida suorittaa kuin yhteen suuntaan ja edetä samassa paikassa eteenpäin. Tämän vuoksi usein ei voida stabiloida kuin yksi blokki yhden työvuoron aikana, sillä painopenkereen levittämisen jälkeen stabiloidun kohdan päälle voidaan mennä turvallisesti vasta seuraavana päivänä. Tässä tapauksessa ellei stabilointityötä voida järkevästi suorittaa esimerkiksi kahteen suuntaan, ei työ etene kuin yhden blokin verran työvuorossa. [5.]

7 Massastabiloinnin laatuvaatimukset

Massastabiloinnin laatua voidaan määritellä sideaineen, stabilointityön tai lopullisen rakenteen kautta. Kaikille näille on esitetty suunnitelma-asiakirjoissa tavoitteet ja vaatimukset, jotka pohjautuvat InfraRYL:n määritelmiin. InfraRYL:n luku ”Massastabiloidut rakenteet” on tämän työn Liite 1. Kussakin kohteessa tarvittavat laadunvarmistustoimenpiteet on määritetty suunnitelmien mukaisesti ja ne voivat vaihdella paljonkin riippuen esimerkiksi kohteen vaativuudesta ja aiemmista vastaavista kokemuksista.

Stabilointityön osalta laadunvarmistuksesta vastaa urakoitsija dokumentoimalla stabilointityötä tiedonkeruujärjestelmän avulla sekä pitämällä työstä pöytäkirjaa. Valmiista rakenteesta puolestaan tutkitaan sen yksittäisten osien ominaisuuksia. Niitä verrataan asetettuihin tavoitteisiin ja vaatimuksiin koko alueen osalta sekä yksittäisinä havaintoina. Lopulliseen rakenteeseen kohdistuvista laadunvarmistustoimenpiteistä vastaavat aina ulkopuolinen laadunvalvoja sekä paikallinen rakennustyön valvoja. [3, s.56.]

7.1 Yleiset laatuvaatimukset InfraRYL:ssä

InfraRYL:n luvussa 14132 esitetään vaatimukset massastabiloiduille rakenteille. Vaatimukset koskevat materiaaleja, työalustaa, massastabilointityön tekemistä, valmista massastabilointia, kelpoisuuden osoittamista ja massastabiloinnin tekemisen ympäristövaikutuksia [8, s.99]. Keskeisimpiä tiedostettavia asioita InfraRYL:istä löytyy siis useita, mutta paljon on myös yksityiskohtaista tietoa esimerkiksi sideaineiden koostumuksesta, mikä koskee lähinnä sideaineiden valmistajia. Seuraavaksi kerrotaan keskeisimmät asiat massastabilointityötä suorittavan urakoitsijan kannalta.

7.1.1 Massastabiloinnin materiaalivaatimukset

Urakoitsijan on otettava huomioon, että kalkin ja sidosaineiden laatu todetaan materiaalin toimittajan laatutositteista, joten ne on oltava saatavilla. Dokumenteista on selvittävä kalkin CaO-pitoisuus sekä rakeisuus ja seosaineiden eri komponenttien määrät. Kaikkien sideaineessa käytettyjen aineiden koostumus on valmistajan ilmoitettava ja sideaineen käyttäytyminen on oltava todettu laboratoriotekoin. Seossideaineista ilmoitetaan ympäristön kannalta merkittävien kemiallisten aineiden määrät. Stabilointityössä käytettävät sideaineet eivät saa aiheuttaa maapohjalle tai pohjavedelle pilaantumista.

Mikäli sideaineen koostumus on päätetty jo suunnitelmavaiheessa, eivät nämä asiat aiheuta ongelmia massastabilointityötä suorittavalle urakoitsijalle. Joskus sideainekoostumuksen määrittäminen voi kuitenkin kuulua suunnitelmiseen urakoitsijalle, jolloin tämä on otettava huomioon. Urakoitsijan on aina muistettava, että sideaineen laatua on tarkkailtava työtä aloitettaessa sekä jatkossa kerran jokaista käytettyä 1000 tonnin sideaine-erää kohti. Tämä tapahtuu ottamalla sideainenäytteitä syöttöletkun kautta työmaalla ja toimittamalla ne valmistajan laboratorioon tutkittavaksi. [8, s.99.]

7.1.2 Massastabiloinnin työalusta

Massastabiloinnin työalustan vaatimukset on urakoitsijan otettava huomioon. Massastabiloinnin esitöitä ovat raivaustyöt, mahdollinen humusmaanpoisto sekä työalueen pintakuivatus ja tasaus. Myös puut, kannot ja niiden juuret sekä pensaat on poistettava siten, etteivät ne jää stabiloitavan maa-aineksen sekaan aiheuttaen epäpuhtauksia tai rajoita työn suorittamista. Ennen työn aloittamista on merkittävä tai siirrettävä alueella

sijaitsevat putkijohdot, maakaapelit, ilmajohdot tai muut johdot. Myös kaikki työtä rajoittavat täytöt ja maaston muodostamat esteet on poistettava. Työalustan rakentaminen ja kaikki tarvittavat suojaustoimenpiteet kuuluvat urakkaan. Nämä kaikki vaiheet on laskettava mukaan massastabilointityötä edeltävään esityöhön jo urakan suunnitelmavaiheessa, ellei urakkaohjelmassa tästä poiketa. [8, s.99.]

7.1.3 Massastabiloinnin tekeminen

Massastabilointityössä sideaine sekoitetaan tarkoitukseen suunnitellulla laitteella stabiloitavaan kerrokseen mahdollisimman tehokkaasti. Hyvä sekoittuminen on varmistettava sekoittamalla sideainetta huolellisesti pysty- ja vaakasuunnassa riittävän monta kertaa. Lisäksi on otettava huomioon maapohjan alhainen lujuus ja häiriintymisherkkyys niin työn suorittamisessa kuin työkoneen liikkumisessa. Tämän yksityiskohtaisempia ohjeita InfraRYL ei määrittele. Esimerkiksi hyvän sekoituksen tai tarkoitukseen sopivan laitteen määrittelemisen jää lopulta urakoitsijan harkinnan varaiseksi. Päätökset on kuitenkin aina pystyttävä perustelemaan esimerkiksi rakennustyön valvojalle. [8, s.99.]

7.1.4 Valmis massastabilointi

Valmiin massastabiloinnin vaatimuksien mukaisesti sideaineen määrä saa vaihdella vain +/- 5 kg/m³ suunnitelma-asiakirjoissa osoitetusta määrästä. Saavutettavaa määrää tarkkaillaan ja se osoitetaan lohkoittain. Tarkkailu tapahtuu työn aikana tiedonkeruujärjestelmän avulla sekä pitämällä kirjaa tai taulukkoa sideainemääristä. InfraRYL:n mukaan lohkojen koko ja sijainti osoitetaan suunnitelma-asiakirjoissa, mutta lohkojen määrittäminen voi kuulua myös urakoitsijalle. [8, s.99.]

7.1.5 Massastabiloinnin kelpoisuuden osoittaminen

Massastabiloinnin kelpoisuuden osoittaminen tapahtuu työnaikaisella sekoituskertojen seurannalla työmenetelmätarkkailuna. Leikkauslujuuden määrittämiseksi tehdään kuitenkin valvontakairauksia 14-30 vuorokauden ikäisille massastabilointilohkoille. Kairusten määrä sekä tyyppi esitetään suunnitelma-asiakirjoissa ja koetulosten keskiarvo on oltava vähintään esitetyn tavoitearvon suuruinen. Kokeita ei siis tehdä koko alueesta, vaan tutkittavat lohkot edustavat koko rakennuskohdetta. Kairauskokeiden suorittaja on ulkopuolinen työnsuorittaja ja rakennustyön valvojan hyväksymä. Urakoitsijan on

erityisesti huomioitava, että kaikki katselmuspöytäkirjat, laadunvalvontaraportit ja suorituspöytäkirjat on koottava työmaalle kelpoisuusasiakirjaan ja pidettävä ajan tasalla. [8, s.100.]

7.1.6 Massastabiloinnin tekemisen ympäristövaikutukset

Suurin osa ohjeista koskee sideaineita ja niiden määrityksiä, sillä luonnollisestikaan massastabilointi ei saa aiheuttaa ympäristössä maapohjan tai pohjaveden pilaantumista. Urakoitsijaa koskee kuitenkin työjärjestyksen ja aikataulun tekeminen siten, että viereisten rakenteiden vakavuus säilyy riittävänä kaikissa työvaiheissa. Nämä seikat voi olla otettu huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jolloin työjärjestys määräytyy urakkaasiakirjoissa ja suunnitelmissa, mutta urakoitsijan on muistettava tämä muulloinkin. [8, s.100.]

7.2 Kenttätutkimukset

Kentällä eli paikan päällä suoritettavia laadunvalvontatutkimuksia ovat kairaukset, koe-kuopat, painumalevyt ja näytteenotto. Kussakin kohteessa suoritettavat laadunvalvontatutkimukset ja niiden tulosvaatimukset on aina esitetty työselostuksessa geosuunnittelijan toimesta. Sallitut poikkeamat näihin vaadittuihin tuloksiin on määritelty Infra-RYL:ssä. Mikäli valvontakairausten tuloksista käy ilmi, että lujuusvaatimusta ei ole saavutettu, ei työ ole automaattisesti epäonnistunut. Tämän jälkeen voidaan tehdä uusia kairauksia myöhemmin, jolloin myös hitaammin reagoivat sideaineet ehtivät saavuttaa tavoitelujuuden. Mikäli pidempikään lujittumisaika ei paranna lujuutta, tehdään lisätutkimuksia ja selvitetään esimerkiksi sekoitustyön riittävyttä sekä sideaineen määrää, jakautumista ja koostumusta. Lisäksi geoteknisillä laskelmissa selvitetään, miten suunniteltua pienempi lujuus vaikuttaa lopulliseen rakenteeseen tai kaivantojen stabiliteettiin. [3, s.56.]

Laadunvalvontakairaukset ovat yleisimmin pilarikairauksia ja pilarisiipikairauksia, joita tehdään vähintään työselostuksessa vaadittu määrä. Pilarikairauksella mitataan massastabiloinnin leikkauslujuutta välillisesti. Pilarisiipikairausta käytetään pilarikairausten kantavuuskertoimen kalibroimiseksi. Kairaustyön suorittaja on usein erillinen valvojan hyväksymä työnsuorittaja. 7-14 vuorokauden kohdalla tehtävät kairaukset ovat työn toteutusta ohjaavia ja 28-90 vuorokauden kohdalla tehtävät kairaukset lopputuloksen

laatua osoittavia. Massastabiloinnin tavoiteltu lopullinen lujuus voidaan kuitenkin saavuttaa huomattavasti myöhemmin ja joissakin tapauksissa laadunvalvontakairauksia voidaan tehdä jopa 6-12 kuukautta stabilointityön suorittamisesta. Kairaukset suoritetaan esiin kaivetun massastabiloinnin pinnalta. Kairaustyötä aloitettaessa on muistettava huomioida stabiloidun kerroksen ja painopenkereen väliin asetettu suodatin- tai luji-tekangas. Kankaan takertuminen kairaamiseen on estettävä esimerkiksi suorittamalla kairaus kankaaseen tehdyn reiän läpi. Kuvassa 13 on kairausvaunu, jolla koekairauksia voidaan suorittaa. [3, s.56.]



Kuva 13. Kairausvaunu [3.]

Kairausten lisäksi massastabilointia voidaan tutkia muutamalla muulla kenttätutkimusmenetelmällä, joita ei ole määritelty InfraRYL:ssä. Massastabiloidusta maamassasta voidaan ottaa näyte, mutta ehjän näytteen ottaminen on melko hankalaa ja onnistuu vaihtelevasti. Näytteistä mitataan lujuuden ja sideainemäärän vaihtelua tai määritetään esimerkiksi pH-arvo ja vesipitoisuus. Tällaisia mittauksia voidaan tehdä esimerkiksi Niton-alkuaineanalysaattorilla. Penetrometrin avulla taas voidaan suuntaa antavasti

määrittää näytteen lujuutta. Penetrometri on käsikäyttöinen puristuslaite, jolla voidaan osoittaa työntämisen aiheuttama vastus ja sen kautta materiaalin lujuus. Näytteet kannattaa aina myös valokuvata ja kirjata ylös silmämääräiset havainnot. Näytteitä voidaan ottaa erikseen tai se voidaan suorittaa toisen menetelmän eli koekuopan yhteydessä. Koekuopasta tarkastetaan ja samalla dokumentoidaan maamassan laatu ja tasalaatuisuus silmämääräisesti. Stabiloidun massan painumia voidaan mitata painumalevyillä. Suuntaa antavaa mittausta voidaan painumalevyillä tehdä myös sivusiirtymistä. Nämä kaikki InfraRYL:ssä käsittelemättömät mittausten menetelmät ovat lähinnä urakoitsijaa itseään varten, jolloin voidaan seurata työn laatua virallisten koetulosten lisäksi. [3, s.57-60.]

7.3 Laboratoriotutkimukset

Laboratoriotutkimukset liittyvät usein sideaineisiin ja stabiloitavuuskokeisiin. Tällaisia laadunvalvontatutkimuksia ovat puristuslujuuskokeet, vesipitoisuusmääritys, homogeenisuuden mittaaminen (sideainemäärän analysointi), pH-mittaukset ja pilaantuneiden maiden kohdalla liukoisuustutkimukset. Kaikki laboratoriossa tehtävät tutkimukset ovat huomattavasti vähemmän alttiita häiriöille ja siten myös luotettavampia kuin kentällä tehtävät vastaavat tutkimukset, vaikka käytettäisiin esimerkiksi samasta koekuopasta otettuja näytteitä. [3, s.60.]

Laboratoriossa lujuustutkimukset suoritetaan puristuskokeella koekappaleesta, kuten kuvassa 14. Koekappale on yleensä standardikokoinen ja sylinterin muotoinen, jolloin tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään. On mahdollista tehdä myös koe, jossa juuri stabiloitua massaa sullotaan sylinterin muotoiseen putkeen ja annetaan lujittua työkohteen mukaisissa olosuhteissa. Vesipitoisuus määritetään yksinkertaisesti laskemalla veden suhde kuiva-ainekseen. Samoin toteutunut sideainemäärä lasketaan koekappaleesta. Sekä stabiloidusta että stabiloimattomasta maa-aineksestä mitataan pH-arvoja eri syvyyksistä ja arvioidaan näin sideaineen aiheuttama muutos. Nämä tutkimukset ovat laboratorio-olosuhteissa selvästi tarkempia kuin kenttäkokeissa. Pilaantuneiden maiden kohdalla laboratoriossa tehdään tarvittaessa liukoisuustutkimuksia stabiloidusta maamassasta. Liukoisuustutkimuksesta voidaan selvittää, mitä haitta-aineita maa-aineksestä liukenee vielä stabiloinnin jälkeen. Liukoisuustutkimusten kesto on kuitenkin pitkä, raportointineen jopa noin 3 kk. [3, s.60.]



Kuva 14. Laboratoriossa tehtävä lujuuskoe voidaan suorittaa esimerkiksi kuvan kaltaisella laitteella. Nykyään koetulokset kirjautuvat suoraan tietokoneelle. [3.]

8 Massastabilointi GRK:ssa

Massastabilointityö on toteutettu GRK:n urakoissa aiemmin aliurakoitsijoilla. Talvella 2016-2017 toteutettiin ensimmäinen urakka yrityksen omalla massastabilointikalustolla ja -henkilöstöllä. Tällä hetkellä käytössä oleva kalusto ja laitteisto eivät vastaa uusinta nykYTEKNIikkaa, joten esimerkiksi 3D-mallinnuksen käyttö on vielä testivaiheessa. Tämän vuoksi 3D-mallinnuksen käyttö on jätetty pois työvaihekohtaisesta työ- ja laatusuunnitelmastakin. Yrityksen käytössä massastabilointityöhön on yksi kaivinkone ja siihen liitettävä sekoitinkalusto. Yrityksen työnjohto ja massastabilointikoneen kuljettajat ovat perehtyneet työhön kalustopäällikön johdolla, jolla on paljon aiempaa kokemusta massastabilointityöstä sekä laitteistoista.

8.1 Työ- ja laatusuunnitelma

Yrityksen työvaihekohtaisen työ- ja laatusuunnitelman laatiminen massastabilointityötä varten tapahtui tämän työn tietojen pohjalta ja erityisesti InfraRYL:n vaatimuksiin perustuen. Yrityksen käytössä on Excel-pohja, johon kaikki yrityksen käyttämät työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat tehdään. Tätä pohjaa käytettiin myös massastabilointityön työ- ja laatusuunnitelman lähtökohtana. Tällöin suunnitelmaan mukaan tulevat asiat noudattavat yrityksen muiden suunnitelmien kanssa samaa linjaa, joten se käsittelee seuraavat pääkohdat: resurssit ja edeltävät työvaiheet, työturvallisuus ja ympäristönsuojelu, työnsuoritus sekä laadunvarmistus. On tarkoitus, että urakan suunnittelu- tai alkuvaiheessa kyseisen urakan mukaiset vaatimukset täydennetään aina tapauskohtaisesti työ- ja laatusuunnitelmaan. Laatuvaatimukset perustuvat kuitenkin suoraan InfraRYL:ssä määritettyihin arvoihin tai asioihin, joten niiden muokkaaminen ei ole tarpeellista kuin urakan vaatimusten osalta.

Tiedosto on nimetty InfraRYL:n mukaisesti, sillä massastabilointia käsitellään nimellä ”Massastabiloidut rakenteet”. Valmis työ- ja laatusuunnitelma esitetään tämän työn Liitteessä 2. Suunnitelman tiedot ovat käyttökelpoisia paikan päällä suoritettavaan perinteiseen massastabilointiin. Mikäli työtä tehdään ex-situ-menetelmällä tai käsitellään esimerkiksi pilaantuneita maita, on suunnitelmaa muokattava ja täydennettävä huomattavasti enemmän. Dokumenttiin merkitään aina sen laatija ja tarkastaja sekä kirjataan ylös laatimispäivämäärä. Laatijana toimii tavallisesti massastabiloinnista vastaava työnjohtaja ja tarkastajana yrityksen laaturapäällikkö.

Työ- ja laatusuunnitelman lisäksi yksi merkittävä laatudokumentti massastabilointityötä tehtäessä on stabilointityöstä pidettävä pöytäkirja. Myös työmaapäiväkirjaa on syytä täyttää huolellisesti. Pöytäkirjaan merkitään ylös yksityiskohtaisesti tiedot stabilointityön suorittamisesta jokaisen blokin kohdalta. Kuvassa 15 on ote Excel-muotoisesta massastabilointityön pöytäkirjasta GRK:n työmaalta. Pöytäkirjaan on merkitty jokaisen blokin kohdalle suunnitelmassa esitetty pinta-ala, sideaineen määrä ja stabiloitavan kerroksen paksuus eli syvyys. Työtä suoritettaessa on kirjattu ylös toteutuneet arvot vastaaviin kohtiin. Syvyyden osalta kirjataan ylös stabiloinnin alapinnan sekä yläpinnan tarkka korko, jolloin saadaan blokin stabiloidun maamassan tilavuus yhteen sarakkeeseen. Blokin stabilointipäivämäärä sekä mahdolliset huomiot tai ongelmat on myös kirjattu. Nämä häiriöt ja huomiot on selostettava tarkemmin työmaapäiväkirjassa.

: Blokki : Nro	Sideaine suun. [kg/m3]	Pinta-ala suun. [m2]	Paksuus suun. [m]	Kone nro	Pinta-ala tod. [m2]	Paksuus tod. [m]	Sideaine tod. [kg/m3]	Tilavuus tod. [m3]	Stabiloinnin yp tod [korko]	Stabiloinnin ap tod [korko]	Sekoitus pvm	Häiriöt kpl	Huom.
1	130	24	5,2		0								tie
2	130	15,7	5,0		5,0	4	132,5	20,0	32,70	28,70	10.1.2017		tien reuna
3	130	27,5	4,4		12,0	4	130,2	48,0	32,70	28,70	10.1.2017		
4	130	31,7	4,3		15,0	4	131,0	60,0	32,70	28,70	10.1.2017		tien reuna
5	130	28,5	4,4		28,5	4,5	131,0	128,3	32,50	28,00	5.1.2017		
6	130	32,4	4,4		32,4	5	129,6	162,0	32,80	27,80	5.1.2017		
7	130	28,9	5,4		28,9	5	130,8	144,5	32,70	27,70	4.1.2017		
8	130	31,0	5,4		31,0	4	129,0	124,0	32,50	28,50	20.12.2016		
9	130	28,6	6,0		28,6	4,5	130,3	128,7	32,50	28,00	20.12.2016		
10	130	30,0	5,8		25,0	3,5	131,4	87,5	32,60	29,10	19.12.2016	1	komp hair
11	130	27,7	6,2		18,0	3,5	129,4	63,0	32,60	29,10	19.12.2016		
12	130	29,0	6,3		29,0	5	129,7	145,0			1.3.2017		
13	130	26,9	6,6		26,9	5	127,9	134,5			1.3.2017		
14	130	29,2	6,5		29,2	5	123,3	146,0			3.3.2017		
15	130	26,8	6,8		26,8	5	130,6	134,0			3.3.2017		
16	130	28,8	6,7		28,8	5	129,2	144,0			7.3.2017		
17	130	26,4	6,9		26,4	5	132,6	132,0			7.3.2017		
18	130	28,2	6,8		28,2	5,5	128,9	155,1			9.3.2017		
19	130	27,3	6,9		27,3	5,5	133,2	150,2			9.3.2017		
20	130	28,2	6,9		28,2	5,5	128,9	155,1			9.3.2017		
21	130	27,3	6,9		27,3	5,5	133,2	150,2			9.3.2017		
22	130	28,2	6,9		28,2	4,7	131,3	132,5	32,60	27,90	15.12.2016		
23	130	26,2	6,7		26,2	4,7	130,7	123,1	32,60	27,90	15.12.2016	1	syöttöh
24	130	25,3	6,9		25,3	5	132,8	126,5	32,50	27,50	19.12.2016		

Kuva 15. Ote stabilointipöytäkirjasta, joka on tehty GRK:n työmaalla talvella 2016-2017. [5.]

8.1.1 Resurssit ja edeltävät työvaiheet

Työ- ja laatusuunnitelmassa esitetään ensimmäisenä urakan perustiedot sekä suunnitelman laatija, tarkastaja ja päivämäärä. Tämän jälkeen suunnitelmassa esitetään työvaiheen vaatimat resurssit sekä edeltävät työvaiheet ja valmistelevat työt. Resurssihin on tarkennettava urakkakohtaisesti henkilöstön määrä sekä materiaalien tarkat tiedot suunnitelmien mukaan.

Edeltäviin työvaiheisiin ja valmisteleviin töihin taas on otettu mukaan kaikki mahdolliset huomioon otettavat asiat ja muut tahot. Niitä voidaan tarvittaessa karsia, jotta ne vastaavat urakkaa. Esimerkiksi jos urakka-alueella ei ole ollenkaan lähellä naapureita tai naapurikiinteistöjä, voidaan niiden informoiminen poistaa suunnitelmasta. Perusasiat ovat kuitenkin yleensä aina samat edeltävien työvaiheiden osalta. Kohdassa esitetään lisäksi työn edellyttämät luvat ja ilmoitukset, työmaa- ja liikennejärjestelyt, suojaukset sekä työn vaatimat ennakkomittaukset ja merkinnät. Näihin kaikkiin kohtiin on valmiiksi merkitty yleisimpiä huomioon otettavia asioita, mutta ne on aina korjattava vastaamaan kunkin urakan oikeita tietoja.

8.1.2 Työturvallisuus ja ympäristönsuojelu

Seuraavaksi suunnitelmassa esitetään työturvallisuus- ja ympäristöasiat. Työturvallisuudessa mainitaan juuri tähän kyseiseen työvaiheeseen liittyvät erityisesti huomioita-

vat asiat. Näiden asioiden lisäksi on kuitenkin aina muistettava normaalit kaikilla työmailla käytössä olevat työturvallisuusasiat, kuten henkilökohtaiset suojavälineet. Massastabilointityöhön harvemmin liittyy putoamissuojaukseen tai nostotyöhön liittyviä riskejä, mutta kohta on jätetty suunnitelmaan, jotta poikkeustapauksissa nämäkin asiat muistetaan kirjata ylös ja huomioida. Esimerkiksi samalla työmaalla massastabilointityön läheisyydessä tapahtuvat työvaiheet voivat olla tällaisia.

Massastabilointityössä on erityisesti huomioitava sideaineen eli kalkkisementtiseoksen haitallisuus ja vaarat niin ihmiselle kuin ympäristölle. Kalkkisementtiseos polttaa niin silmissä kuin hengitysteissäkkin ja voi aiheuttaa ympäristöhaittoja päästessään väärin luontoon. Paineilman käyttö sekoitustyössä aiheuttaa myös riskejä työntekijöille esimerkiksi laitteiden rikkoutuessa. Työntekijöiden on aina tiedostettava varsinkin rikkoutuneeseen laitteistoon liittyvät riskit, eikä mitään korjaustöitä voi suorittaa ilman vaadittavaa tietoa tai pätevyyttä.

Pölyämiseen on kiinnitettävä huomiota niin henkilöstön turvallisuuden (jossain tapauksissa myös ulkopuolisten) kuin ympäristönkin vuoksi. Laitteistoon kohdistuvana riskinä on suunnitelmassa mainittu stabilointikoneen uppoamisvaara pehmeikköön. Tähän on varauduttava huolehtimalla siitä, että kaivinkoneella on aina oltava tilaa takanaan poistua nopeasti.

8.1.3 Työn suoritus

Työ- ja laatusuunnitelmassa kuvataan myös massastabiloinnin työsuoritus. Tässä kohdassa normaalin paikalla suoritettavan massastabilointityön osalta ei pitäisi olla suurta vaihtelua tai muokattavaa. Aikataulutiedot on kuitenkin täydennettävä urakkaa vastaviksi. Lisäksi tarkastukset, katselmukset ja mittaukset on esitettävä urakan vaatimusten mukaisesti.

8.1.4 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen osuus esitetään työ- ja laatusuunnitelmassa taulukkomuotoisena. Taulukossa on sarake seuraaville asioille: laatutekijä, viite, toleranssi, mittausmenetelmä, mittaustiheys, mittaussijainti, dokumentti ja mittauksen suorittaja. Näin ollen jokaisen laatutekijän osalta määritellään mainitut seikat. Laatutekijät ja sille määritetyt

arvot ja määritteet, kuten toleranssi, on poimittu suoraan InfraRYL:stä. Laatutekijä on kirjattu ylös samalla nimityksellä kuin InfraRYL:ssä. Viite-kohdassa on mainittu luku, josta tieto on löydettävissä InfraRYL:stä.

Taulukossa on joissakin kohdissa lisäksi maininta ”suunnitelmien mukaisesti”, mikä tarkoittaa, että kyseinen asia määritellään suunnitelmissa tai siihen löytyy ainakin yleensä lisämääritteitä. Esimerkiksi valvontakairauksien mittausajankohta on InfraRYL:ssä määritetty 14-30 vuorokauden ikäiselle massastabiloidulle rakenteelle, mutta tähän voi löytyä tarkennuksia suunnitelmissa.

9 Yhteenveto

Massastabilointi on suhteellisen uusi menetelmä infrarakentamisessa ja sen käyttökohteita tutkitaan jatkuvasti lisää. Massastabilointimenetelmällä kuitenkin saavutetaan useita etuja verrattuna muihin vaihtoehtoisiin menetelmiin pehmeitä tai pilaantuneita maamassoja sisältävissä maanrakennuskohteissa. Menetelmä onkin osoittautunut sekä kustannus että ekotehokkaaksi. Huonolaatuiset maamassat voidaan stabiloimalla saada hyötykäyttöön, eikä niitä tarvitse kuljettaa ja läjittää. Pilaantuneet maamassat taas voidaan kaatopaikan sijaan jalostaa hyötykäyttöön.

Massastabilointia käytetään yleensä pohjanvahvistusmenetelmänä, jolloin on tarkoitus pienentää kuorman alaisen pehmeän maakerroksen painumia, lisätä rakenteen kantokykyä ja vakavuutta, pienentää vahvistettavan maan vedenläpäisevyyttä, lisätä dynaamista vaimennusta sekä vähentää maan juoksettumisvaaraa. Massastabiloinnin suunnittelu perustuu mitoituksen osalta painuma- ja vakavuusmittaukseen, kun tavoitelujuus on määritetty. Erityisesti tarkkaillaan leikkauslujuutta, sillä se on keskeinen määrittävä tekijä pehmeiden maiden pohjanvahvistuksen tavoitteita määritettäessä.

Valmiin massastabiloinnin laatuvaatimukset määritellään sideaineen, stabilointityön tai lopullisen rakenteen kautta. Kaikille näille on määritelty suunnitelma-asiakirjoissa tavoitteet ja vaatimukset, jotka pohjautuvat InfraRYL:n määritelmiin. InfraRYL käsittelee kuitenkin massastabiloinnin osalta paljon asioita, jotka eivät suoranaisesti kosketa massastabilointityötä suorittavaa urakoitsijaa. Stabilointityön osalta laadunvarmistuksesta vastaa urakoitsija dokumentoimalla stabilointityötä tiedonkeruujärjestelmän avulla sekä pitämällä työstä pöytäkirjaa. Lopulliseen rakenteeseen kohdistuvista laadunvar-

mistustoimenpiteistä vastaavat aina ulkopuolinen laadunvalvoja sekä paikallisvalvoja. Lopullisen rakenteen onnistumisen kannalta sekoitustyön laatu on kuitenkin merkittävin vaikuttava tekijä. Sekoitustyön laatua työn aikana tarkkailemalla urakoitsija voi vaikuttaa lopputuloksen laatuun parhaiten, sillä laadunvalvontakokeitakaan ei tehdä jokaiselle stabiloidulle neliömetrille.

Pohjatietojen perusteella laadittiin työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma Graniittirakennus Kallio Oy:n käyttöön. Suunnitelman ulkoasu noudatti yrityksen käyttämää valmista pohjaa, jotta se sopii yrityksen käytössä olevaan laatu järjestelmään. Pohjassa oli valmiina kaikki siinä käsiteltävät pääkohdat: resurssit ja edeltävät työvaiheet, työturvallisuus ja ympäristönsuojelu, työnsuoritus sekä laadunvarmistus. Näihin pääkohtiin poimittiin tämän kirjallisen työn pohjalta sekä yrityksen työnjohdon ja laatupäällikön ohjeistuksella merkittävimmät massastabilointiin liittyvät tekijät. Erityisesti laadunvarmistuskohtaan kiinnitettiin huomiota, jotta suunnitelman tiedot ovat InfraRYL:n mukaisia. Tulevaisuudessa työ- ja laatusuunnitelmaa tulee päivittää, mikäli laatuvaatimukset muuttuisivat InfraRYL:n päivityksen myötä. On myös syytä huomioida, että mikäli yritys vaihtaisi kalustoa uudempaan ja mukaan tulisivat uudet 3D-järjestelmät, olisi niiden käyttö huomioitava työ- ja laatusuunnitelmassa.

Lähteet

- 1 Ojala Anna-Sofia. 2002. Turpeen massastabilointi. Diplomityö.
- 2 Massastabilointi. Finnsementti. Verkkodokumentti.
<http://www.finnsementti.fi/Tietoa-stabiloinnista-massastabilointi>. Luettu 22.3.2017.
- 3 Forsman Juha, Jyrävä Harri, Lahtinen Pentti, Niemelin Tarja, Hyvönen likka. 2014. Massastabilointikäsikirja. Ramboll.
- 4 Pilaristabilointi. Finnsementti. Verkkodokumentti.
<http://www.finnsementti.fi/Tietoa-stabiloinnista-Pilaristabilointi>. Luettu 8.4.2017
- 5 Haastattelu 10.3.2017. GRK:n työnjohto.
- 6 Stabilointijärjestelmä. Allu. Verkkodokumentti.
<http://allu.net/fi/Tuotteet/Stabilointij%C3%A4rjestelm%C3%A4>. Luettu 14.4.2017.
- 7 Poltettu kalkki. Nordkalk. Verkkodokumentti.
<http://www.nordkalk.fi/tuotteet/poltettu-kalkki/nordkalk-qi/>. Luettu 14.4.2017
- 8 Rakennustieto. 2010. InfraRYL 2010, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Osa 1 Väylät ja alueet.
- 9 Tiainen Hanna.

14132 Massastabiloidut rakenteet

Viitteet

- Määrämittausohje 1413

14132.1 Massastabiloinnin materiaalit

Vaatimukset

Seossideaine on sellaista, että se reagoi tunnetulla tavalla sekoitettavien maakerrosten kanssa. Kaikkien sideaineessa käytettyjen aineiden koostumus ilmoitetaan. Sideaineen käyttäytyminen osoitetaan laboratorionkokein. Kokeisiin käytetään edustavia, rakennuspaikalta otettuja maanäytteitä. Kaikkien stabilointiainesten alkuperä todetaan ja dokumentoidaan.

Ohje

Seossideaineesta ilmoitetaan ympäristön kannalta merkittävien kemiallisten aineiden määrät. Kokeiden tulokset ja havainnot dokumentoidaan.

Vaatimukset

Sideaineen juoksevuus on sellainen, että sideaineen tasainen syöttö on mahdollista.

Käytetty kalkki on kovaksi poltettua sammuttamatonta kalkkia CaO. Stabilointiaineena käytettävä poltetu kalkki on hienojakoista, rakeisuudeltaan 0/0,2 siten, että vähintään 80 % läpäisee seulukoon 0,2 mm ja enimmäisraekoko on < 1 mm.

Tavallinen sementti on standardin *SFS-EN 197-1* mukaista CE-merkittyä ja siitä Suomessa annettujen viranomaismääräysten mukaista sementtiä.

Viitteet

- SFS-EN 197-1 Sementti. Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus
- SFS-EN 197-1/A1 Sementti. Osa 1: Tavallisten sementtien koostumus, laatuvaatimukset ja vaatimustenmukaisuus.

Vaatimukset

Kalkin aktiivinen CaO-pitoisuus on vähintään 75 %.

Ohje

Jos aktiivisen CaO:n määrä alittaa 75 %, lisätään suunnitelma-asiakirjoissa osoitettua kalkkimäärää vastaavasti.

Vaatimukset

Kalkin ja seossideaineiden laatu todetaan materiaalin toimittajan laatutositteista, joista ilmenevät kalkin CaO-pitoisuus ja rakeisuus sekä seossideaineen komponenttien määrät.

Ohje

Laatutositteet liitetään laatuasiakirjoihin.

Vaatimukset

Keskimääräinen kalkin ja sementin seossuhteen poikkeama suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä on enintään 5 %-yksikköä. Yksittäinen seossuhteen poikkeama on suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä enintään 10 %-yksikköä.

Sideaineen, paitsi CE-merkityn sementin, laatua tarkkaillaan ottamalla sideainenäytteet työn alussa ja kerran jokaista käytettyä 1000 t:n sideaine-erää kohti. Syöttöletkun kautta puhalletut sideainenäytteet (noin 2 kg) tutkitaan laboratorioissa.

Ohje

Sideaineen soveltuvuus suunnittelukohteeseen varmistetaan koestabiloinnilla ja laboratoriokeuin.

Tarkempia vaatimuksia sideaineelle voidaan esittää suunnitelma-asiakirjoissa.

Työ- ja laatusuunnitelmassa kalkin oletetaan olevan 100-prosenttisesti aktiivista CaO:ta, mikä otetaan huomioon suhteutuksessa. Toimitetussa kalkissa aktiivinen CaO:n määrä on yleensä 75 %.

Halutun vaikutuksen saavuttamiseen soveltuvan stabilointiaineen laadusta, vaadittavasta vaikutusajasta ja vaikutuksen pysyvyydestä varmistetaan puolueettoman tutkimuslaitoksen tekeillä riittäväillä ennakkokokeilla, jollei aineen käytöstä ole aikaisempia kokemuksia vastaavissa olosuhteissa.

Ennakkokokeet stabilointiaineiden teknisen käyttökelpoisuuden ja ympäristöturvallisuuden selvittämiseksi aloitetaan riittävän ajoissa, jotta muun muassa käytettävän aineen avulla saavutettavasta käsittelytehosta ja vaikutusnopeudesta saadaan luotettava kuva.

Ennakkokokeiden yhteydessä pyritään myös aina selvittämään käytettävän aineen ja käsittelytekniikan soveltuvuusalueen rajat siltä varalta, että rakennuspaikan pohjasuhteet poikkeavat ennakkokokeiden aikana oletetuista olosuhteista.

Vaatimukset

Käytettävät stabilointiaineet eivät saa sellaisenaan, tai keskenään tai maaperässä olevien aineiden kanssa reagoidessaan aiheuttaa rakennuspaikalla tai sen ympäristössä pohjaveden tai maapohjan pilaantumista.

Ohje

Stabilointiaineiden ja niiden komponenttien myrkyttömyys ja kemiallinen koostumus varmistetaan ennen niiden käyttöönottamista.

14132.2 Massastabiloinnin työalusta

Tässä kohdassa käsitellään massastabiloinnin työalustaa.

Vaatimukset

Ennen varsinaista stabilointityötä tehdään esityöt, joita ovat raivaustyöt, mahdollinen humusmaan poisto, työalueen tasoitus ja pintakuivatus.

Stabiloitavalta alueelta poistetaan puut, kannot juurineen ja pensaat siinä määrin, ettei stabiloitavan maa-aineksen sekaan jää stabiloitumista haittaavia epäpuhtauksia ja työn suoritusta rajoittavia esteitä.

Ohje

Ennen stabilointityön aloittamista selvitetään stabiloitavalla alueella sijaitsevat rakenteet ja muut työtä rajoittavat esteet.

Ennen varsinaista stabilointityötä merkitään tai siirretään alueella sijaitsevat putkijohdot, maa-kaapelit, ilmajohdot yms. johdot, poistetaan työtä rajoittavat täytöt ja maastolliset esteet, rakennetaan työalusta ja tehdään tarvittavat suojaustoimenpiteet.

14132.3 Massastabiloinnin tekeminen

Vaatimukset

Massastabiloinnissa sideaine sekoitetaan stabiloitavaan maakerrokseen mahdollisimman tehokkaasti tarkoitukseen soveltuvalla laitteella. Hyvä sekoitus varmistetaan suorittamalla sekoitus systemaattisesti pysty- ja vaakasuunnassa riittävän monta kertaa.

Ohje

Stabilointityössä ja työkoneen liikkumisessa otetaan huomioon maapohjan alhainen lujuus ja häiriintymisherkkyys.

14132.4 Valmis massastabilointi

Vaatimukset

Sideaineen määrä saa vaihdella $\pm 5 \text{ kg/m}^3$ suunnitelma-asiakirjoissa esitetystä määrästä. Massastabiloinnissa suunnitelma-asiakirjojen mukainen sideainemäärä on saavutettava lohkoittain.

Ohje

Suunnitelma-asiakirjoissa esitetään lohkojen koko ja sijainti.

14132.5 Massastabiloinnin kelpoisuuden osoittaminen

Ohje

Työnaikainen sekoituskertojen seuranta tehdään työmenetelmätarkkailuna.

Vaatimukset

Leikkauslujuuden määrittämiseksi tehdään valvontakairaukset 14...30 vrk:n ikäisille massastabilointilohkoille.

Valvontakairausten tyyppi ja määrä esitetään suunnitelma-asiakirjoissa.

Koetulosten keskiarvo on vähintään suunnitelma-asiakirjoissa esitetyn tavoitearvon suuruinen.

Ohje

Tutkittavat lohkot edustavat kattavasti koko rakennuskohdetta.

Vaatimukset

Katselmuspöytäkirjat, laadunvalvontaraportit ja suorituspöytäkirjat kootaan työmaalla aina ajan tasalla pidettävään kelpoisuusasiakirjaan.

14132.6 Massastabiloinnin tekemisen ympäristövaikutukset

Ohje

Käytettävät stabilointiaineet eivät saa sellaisenaan, tai keskenään tai maaperässä olevien aineiden kanssa reagoidessaan aiheuttaa rakennuspaikalla tai sen ympäristössä pohjaveden tai maapohjan pilaantumista.

Stabilointiaineiden ja niiden komponenttien myrkyttömyys ja kemiallinen koostumus varmistetaan ennen niiden käyttöönottamista.

Työjärjestys ja tekemisen aikataulut suunnitellaan siten, että viereisten rakenteiden vakavuus säilyy riittävänä kaikissa työvaiheissa.

**TYÖVAIHEKOHTAINEN TYÖ- JA LAATUSUUNNITELMA****Graniittirakennus Kallio Oy**

Urakka	Nimi	Työnumero	työnumero
Työvaihe	Massastabiloidut rakenteet, InfraRYL 14132	Käytettävät suunnitelmat	Suunnitelman nrot / revisio
Laatija	Nimi	Laatimis pvm	pp.kk.vvvv
Tarkastaja	Nimi	Versio nro	1

TYÖSUUNNITELMA

Työhön varattavat resurssit	<input checked="" type="checkbox"/> Oma henkilöstö / kalusto	<input type="checkbox"/> Aliurakoitsijan henkilöstö / kalusto
	Koneet ja laitteet	
	Kaivinkone (malli), painesyötin, sekoitinyksikkö, työmaasäiliöt	
	Työryhmät ja henkilöt	
Edelliset työvaiheet ja valmistelevat työt	Stabilointikoneen kuljettaja, työnjohto	
	Materiaalit	
	Suunnitelmien mukainen kalkkisementtiseos ja painopenkereen louhe	
	Materiaalien kelpoisuus osoitetaan valmistajan CE-todistuksella	
Työturvallisuus- ja ympäristön suojele	Edelliset työvaiheet ja niiden valmiusaste	
	Raivaustyöt suoritettu ja pintamaat sekä kannot poistettu	
	Stabilointiblokkit merkitty maastoon	
	Kaapelinäyttö pidetty ja tarvittavat maakaapelit ja putket siirretty tai merkitty	
	Työn edellyttämät luvat ja ilmoitukset	
	Työmaan normaalit lupakäytännöt	
	Muistettava huomioida myös mahdollisen ympäristöluvan ehdot	
	Muut infomoitavat osapuolet ja -tavat	
	Urakka-alueen naapurikiinteistöt	
	Työmaa- ja liikennejärjestelyt	
	Työmaakohtaiset liikennejärjestelyt etenkin työmaasäiliöiden täyttöjä ajatellen	
	Suojaukset	
Työmaakohtaiset tiedot tarvittavista aitauksista tai muista esteistä		
Työn vaatimat merkinnät ja ennakkomittaukset		
Urakka-alue selvillä		
Stabilointiblokkit merkitty maastoon		
TYÖTURVALLISUUS		
Käytettävät suojavälineet		
Henkilökohtaiset suojavälineet		
Hengityssuojain aina säiliöiden täyttötyössä tai kun on riski, että stabilointiainetta pölyää paineilman vaikutuksesta		
Käyttöönottotarkastukset		
Koneiden käyttöönottotarkastukset suoritettava työmaalle saapuessa		
Nostot ja putoamissuojaukset		
Varottavat laitteet ja rakenteet		

	<p>Maakaapelit, johdot ja putket, mahdolliset lähellä sijaitsevat rakenteet</p> <p>Terveydelle vaaralliset aineet ja materiaalit</p> <p>Stabilointisementtiseos kalustovaurion tai muun häiriön yhteydessä, esim puhjennut paineletku</p> <p>YMPÄRISTÖ</p> <p>Liikenne ja liikenteenohjaus</p> <p>Työmaakohtaisen tilapäisten liikennejärjestelyjen mukaiset toimenpiteet</p> <p>Työn osalta huomioitavat rakennukset ja rakenteet</p> <p>Urakkaohjelmassa / suunnitelmissa määritellyt rakenteet tai rakennukset</p> <p>Ympäristölle vaaralliset aineet</p> <p>Stabilointisementtiseos, käsiteltävä ohjeiden mukaisesti ja estettävä leviämästä maastoon</p> <p>Pohja- ja avovedet / suojaaminen</p> <p>Ympäristöluvan / suunnitelmien suojausohjeen noudattaminen tarvittaessa</p> <p>Melun, pölyn, värinän torjunnan toimenpiteet</p> <p>Laitteet ja koneet kunnossa</p> <p>Stabilointisementtiseoksen ohjeiden mukainen käsittely</p> <p>Sekoitinkärkeä ei nosteta stabilointityötä tehtäessä liian ylös, jotta estetään stabilointisementtiseoksen pölyäminen työn aikana</p>
Työvaiheeseen kohdistuvat riskit ja niiden hallinta	<p>Työryhmään ja koneisiin kohdistuvat riskit</p> <p>Koneiden lähellä työkenneltäessä noudatettava varovaisuutta</p> <p>Käyttöturvallisuustiedotteiden ja kemikaaliturvallisuuden huomioiminen perehdytyksessä (stabilointisementtiseos polttaa sekä silmiä että ihoa)</p> <p>Stabilointikoneella oltava työkenneltäessä sellainen paikka/sijainti, että pääsee tarvittaessa poistumaan taakse päin, esimerkiksi koneen ollessa vaarassa upota pehmeikköön</p> <p>Rakenteeseen kohdistuvat riskit</p> <p>Ympäristöön ja muihin alueen käyttäjiin kohdistuvat riskit</p> <p>Mahdollisessa ympäristöluvassa tai suunnitelmissa määritellyt riskit</p> <p>Ulkopuolisten henkilöiden kulku työmaa-alueelle on estettävä</p>
Työn suoritus	<p>Työvaiheet</p> <p>Alueen raivaus ja pintamaan poistaminen</p> <p>Mittaustyöt ja työsuunnitelmien laatiminen</p> <p>Massastabilointityö ja painopenger suunnitelmien mukaisessa järjestyksessä</p> <p>Laadunseuranta työn aikana sekä sen jälkeen</p> <p>Työn kuvaus</p> <p>Massastabilointityö suoritetaan kaivinkoneeseen kiinnitettyllä massastabilointikalustolla. Maa-ainekseen sekoitetaan paineilman avulla kalkkisementtiseosta, minkä on tarkoitus lisätä maan lujuusominaisuuksia.</p> <p>Työvaiheen aikataulu</p> <p>Työmaan yleisaikataulun mukainen kuvaus</p>



Työ- ja laatusuunnitelma

T2/1-1
19.6.2017
HTi

	<p>Vastuut</p> <p>Työnjohto: työn suunnittelu ja valvonta sekä häiriötekijöihin reagointi</p> <p>Työntekijät: työn suorittaminen ohjeiden mukaisesti, mahdollisten ongelmien havainnointi ja raportointi työnjohdolle</p>
	<p>Tarkastukset, katselmukset ja mittaukset</p> <p>Suunnitelmien mukaiset toimenpiteet</p> <p>Oma laadunvalvonta stabilointikoneen tiedonkeruuyksiköstä sekä työnjohdon tekemät tarkistukset ja mittaukset</p> <p>Lujuuden kehityksen seuraaminen kairauksilla (ulkopuolinen mittaus)</p>

LAADUNVARMISTUS / - OSOITUS							
Laatutekijä	Viite	Toleranssi	Mittausmenetelmä	Mittaus-tiheys	Mittaus-ajankohta	Dokumentti	Mittauksen suorittaja
Materiaalien kelpoisuus	InfraRYL 14132.1					CE-todistus tai muu todistus	Todistus materiaalin toimittajalta
Sideaineen määrä (Valmis massastabilointi)	InfraRYL 14132.4	± 5 kg/m ³ suunnitelma-asiakirjoista	sideaineseuranta	lohkoittain	työnaikainen seuranta	stabilointikoneen tiedonkeruujärjestelmä ja stabilointipöytäkirja	työnjohto sekä stabilointikoneen kuljettaja
Massastabiloinnin kelpoisuuden osoittaminen	InfraRYL 14132.5	koetulosten arvo oltava vähintään suunnitelmissa esitetyn keskiarvon verran	valvontakairaukset	suunnitelmissa määritetyt kairaustapaikat tai tiheys	14-30 vrk itsäisille sttabiloinneille, suunnitelmien mukaisesti	Kairaustulokset	Ulkopuolinen mittaaja
Stabilointipöytäkirja	työselostus			lohkoittain		Excel-taulukko	työnjohto