

Autoceļu rekonstrukcija un būvniecība

**Autoceļa zemes klātne**

# **Grunšu stabilizācija ar hidrauliskajām saistvielām**

**Rokasgrāmata**

Autoceļu rekonstrukcija un būvniecība

**Autoceļa zemes klātne.**

# **Grunšu stabilizācija ar hidrauliskajām saistvielām**

## **Rokasgrāmata**

*Rokasgrāmatas izstrādes mērķis – nodrošināt apkārtējās vides resursu iespējami saudzīgu un efektīvu izlietojumu, veicinot grunšu uzlabošanas un stabilizācijas lietošanu autoceļu būvniecībā, izmantojot dažādas saistvielas, īpaši vietējos būvmateriālus - kaļķi un cementu, kas ļauj būvēt gan saimnieciskāk, gan efektīvāk, paaugstinot šādi uzbūvētu konstrukciju kalpotspēju un noturību ilgtermiņā.*

*Rokasgrāmatā aprakstīta grunšu novērtēšana, saistvielu izvēles principi, maisījumu projektēšanas metodikas, darbu izpildes tehnoloģijas, kā arī sasniedzamie kvalitātes kritēriji.*

*Rokasgrāmatas izstrādē lietota gan iegūstama informācija par ārvalstu pieredzi, gan Latvijā veiktu pētījumu atziņas, gan arī iepriekš iegūtās zināšanas un praktiskā pieredze.*

*Rokasgrāmata paredzēta lietošanai ceļu projektētājiem, būvdarbu izpildītājiem, kā arī citiem ceļu būvniecības procesā iesaistītajiem dalībniekiem.*

**Pasūtītājs:** VAS "Latvijas valsts ceļi" / Satiksmes ministrija

Gogoļa iela 3, Rīga, LV-1050

Tālrunis: 7028169, fakss: 7028171, e-pasts: [lvceli@lvceli.lv](mailto:lvceli@lvceli.lv)

**Izstrādātājs:** SIA "Ceļu eksperts"

Aveņu iela 1, Ikšķile, Ikšķiles novads, LV-5052

Tālrunis: 67255696, e-pasts: [celueksperts@celueksperts.lv](mailto:celueksperts@celueksperts.lv)

**Rokasgrāmatas izstrādes darba grupa:**

Aigars Strežs, Aldis Lezemnieks, Jānis Kivilands, Aija Tama

## Saturs

<b>1</b>	<b>Ievads</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Nosacījumi būvprojektēšanai</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Definīcijas</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Grunšu raksturošana, testēšana, novērtēšana</b> .....	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Saistvielas izvēle</b> .....	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Stabilizācijas projekta izstrāde</b> .....	<b>18</b>
	<b>6.1 Stabilizācijas ar cementu vai cementu+kaļķi projektēšana laboratorijā</b> .....	<b>20</b>
	<b>6.2 Stabilizācijas ar kaļķi projektēšana laboratorijā</b> .....	<b>27</b>
	<b>6.3 Grunts īpašību uzlabošanas ar citu grunti</b> .....	<b>31</b>
<b>7</b>	<b>Grunšu stabilizācijas būvdarbi</b> .....	<b>32</b>
	<b>7.1 Vispārīgi</b> .....	<b>34</b>
	<b>7.2 Būvdarbu izpilde</b> .....	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Kvalitātes kontrole</b> .....	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Standarti</b> .....	<b>47</b>
<b>10</b>	<b>Izmantotā literatūra</b> .....	<b>48</b>

# 1 Ievads

Rokasgrāmata paredzēta izmantošanai autoceļu būves speciālistiem un būvinženieriem – projektētājiem, būvdarbu izpildītājiem un būvuzraugiem.

Latvijā esošās gruntis ir ļoti dažādas, bieži ar ļoti zemām nestspējas īpašībām. Lai nodrošinātu minimālās nestspējas prasības, vājās gruntis var aizstāt ar labākām gruntīm – tādām, kas nodrošina izvirzītās funkcionālās prasības. Bet šāda grunšu nomaiņa visai bieži var būt saistīta ar ievērojamām izmaksām, kā arī ar nepieciešamību izmantot jaunus vides resursus. Ļoti bieži daudz racionālāk un efektīvāk var izrādīties esošās gruntis pastiprināt ar hidrauliskajām saistvielām – kaļķi vai cementu.

Šajā rokasgrāmatā detāli aprakstīta grunšu stabilizācija, izmantojot hidrauliskās saistvielas – cementu un kaļķi vai arī lietojot saistvielas uz to bāzes. Grunšu stabilizācijas metodes var būt dažādas, piemēram, ģeosintētisko materiālu izmantošana, grunšu apmaiņa, noturīgu starpkārtu izbūve, grunts struktūras uzlabošana piemaisot kādus citus materiālus vai samaisot ar citām gruntīm u.c. Katrā konkrētajā gadījumā ir jāizvēlas racionālākais iespējamais risinājums.

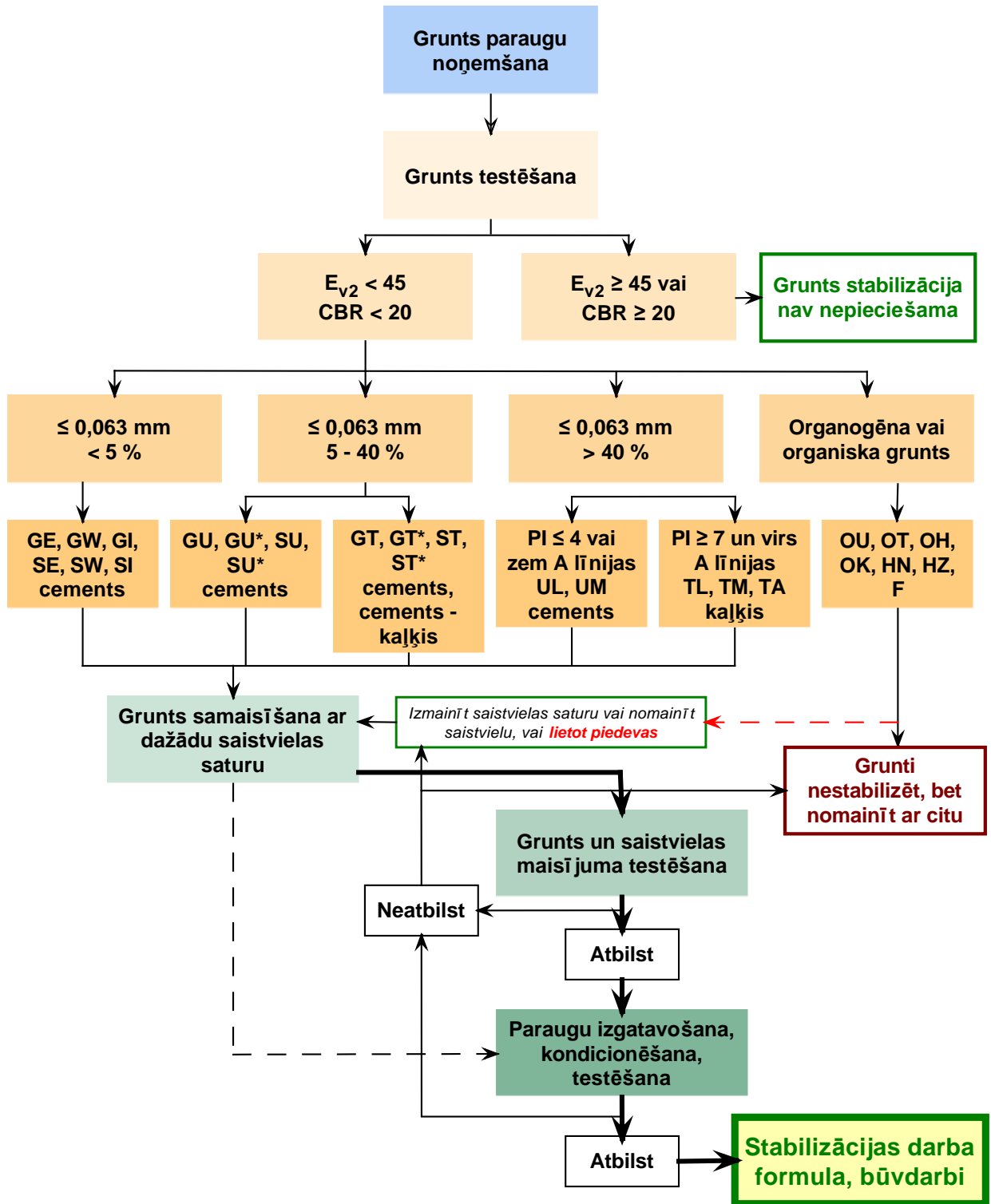
Rokasgrāmata nosaka kritērijus un prasības zemes klātnes grunšu stabilizācijai ar hidrauliskajām saistvielām – kaļķi un cementu, tos iemaisot esošajā vai pievestajā gruntī, lai sasniegtu zemes klātnes nepieciešamo nestspēju un salizturību, tādējādi sagatavojot piemērotu pamatu ceļa segai, kā arī nodrošinot turpmāko ceļa segas kalpotspēju visā tās paredzētajā ekspluatācijas periodā.

Nav ieteicams paredzēt stabilizēt gruntis, kurām, pievienojot pat ļoti lielu saistvielas saturu, nav iespējams adekvātā apmērā paaugstināt nestspēju un salizturību vai arī stabilizāciju nav iespējams veikt, izmantojot tipisku ceļu būves tehniku un iekārtas. Par stabilizācijai nepiemērotām uzskatāmas šādas gruntis:

- plūstoši plastisks māls – TA;
- gruntis ar organiku vai organiskas gruntis – OU, OT, OH, OK, HN, HZ, F;
- dabīgi vai reciklēti materiāli, kuri satur ļoti atšķirīgas stiprības akmeņus vai materiālus, kuri tādējādi nevar tikt pienācīgi sadrupināti un sagatavoti.

Grunts stabilizācijas projekta izstrāde ietver sekojošo:

- grunts paraugu noņemšana;
- paraugu testēšana un grunts klasifikācija;
- saistvielas izvēle;
- stabilizēto maisījumu izgatavošana un testēšana;
- stabilizētā maisījuma Darba formulas noformēšana vai grunts atzīšana par nepiemērotu stabilizācijai – cita risinājuma izstrāde.



1-1 zīmējums. Grunts stabilizācijas projekta izstrādes struktūrshēma

## 2 Nosacījumi būvprojektēšanai

Projektējot ceļa konstrukciju, vispārīgā gadījumā ir jābūt nodrošinātam, ka kopējais elastības modulis  $E_{V2}$  uz zemes klātnes virsmas ir vismaz 45 MPa (vai  $CBR \geq 20\%$ ), bet elastības modulis uz uzbūvētajām zemes klātnes zemākajām kārtām ir vismaz 25 MPa (vai  $CBR \geq 8\%$ ). Izstrādājot individuālus risinājumus, prasības grunšu nestspējai var būt arī atšķirīgas vai augstākas, kā arī var tikt izvirzītas papildus prasības grunšu noturībai pret mitruma vai sala iedarbību.

Būvprojekta izstrādes gaitā jānoskaidro, vai, izmantojot esošās gruntis, tiks nodrošināts vismaz prasītais elastības modulis. Ja to nevarēs sasniegt ar lietošanai paredzētajām gruntīm vai materiāliem, tad būvprojektā jāizstrādā adekvāti risinājumi, vai nu nomainot grunti, vai būvējot papildu kārtas, vai lietojot ģeosintētiskus materiālus, vai stabilizējot esošās gruntis ar kaļķi vai cementu. Būvprojektā jārod racionālākais stabilizēšanas metodes risinājums. Tam jābūt piemērotam un iespējamam izmantošanai konkrētajos apstākļos.

Būvprojekta izstrādēm ir jābūt kompleksām, dodot skaidru un konkrētu tehnisko risinājumu, piemēram, gan par stabilizācijas veidiem, gan nepieciešamām salizturīgajām vai atdalošajām starpkārtām, uzbēruma sloģošanas laiku pirms ceļa segas būvniecības, nogāžu papildus nostiprināšanu u.c, kas nepieciešams, lai plānotu un sagatavotos būvdarbu izpildei.

Mērķis var būt gan grunti stabilizēt, t.i., paaugstināt, piemēram, tās nestspēju, mitruma un sala noturību, gan arī grunti uzlabot, lai, piemēram, pārmitrinātu grunti varētu iestrādāt. Grunts uzlabošanas gadījumā galvenais mērķis nav sasniegt kādas konkrētas grunts funkcionālās īpašības gatavā konstrukcijā, bet gan atvieglot zemes klātnes būvniecības procesu.

Ceļa segas projektam ir jānodrošina, lai uzbūvējot konstruktīvās kārtas atbilstoši "*Ceļu specifikācijās*" noteiktajām minimālajām prasībām, lietotajiem materiāliem un izpildītajiem darbiem tiktu nodrošināta katras kārtas funkcionalitāte bez paliekošām deformācijām un priekšlaicīga noguruma izsauktiem defektiem visā paredzētajā kalpošanas laikā. Paaugstinot zemes klātnes grunts kvalitāti, to stabilizējot, tiek paaugstināta šādas stabilizētas konstrukcijas spēja izkliegt uzņemamo slodzi vienmērīgāk un lielākā platībā, līdz ar to iespējams samazināt nepieciešamo ceļa segas konstruktīvo kārtu biezumus.

Būvprojekta izstrādes gaitā, paredzot grunšu stabilizāciju, jāveic esošo grunšu testēšana un novērtēšana. Jānovērtē grunts piemērotība stabilizācijai, kā arī ir jāizvērtē stabilizācijas nepieciešamība. Ja ir iepriekšēja pieredze, izvērtēšanu drīkst veikt arī tikai teorētiski, vadoties pēc šajā rokasgrāmatā dotajiem kritērijiem un nosacījumiem. Bet ir ieteicams, arī būvprojektēšanas ietvaros, izstrādāt grunts stabilizācijas projektu un veikt laboratorijā izgatavotu paraugu testēšanu, t.sk. testējot arī stabilizētās grunts elastības moduli saskaņā ar LVS EN 13286-47 (neatkarīgi no laboratorijā iegūtajām paraugu elastības moduļu vērtībām, ceļa segas aprēķinos nedrīkst pieņemt augstākas elastības moduļa vērtības par 2-1 tabula norādītajām), vai arī vismaz izgatavot iecerēto grunts un saistvielas kontrolmaisījumu (ar vienu saistvielas saturu), testēt maisījuma TNI un saformētu, kondicionētu paraugu spiedes stiprību.

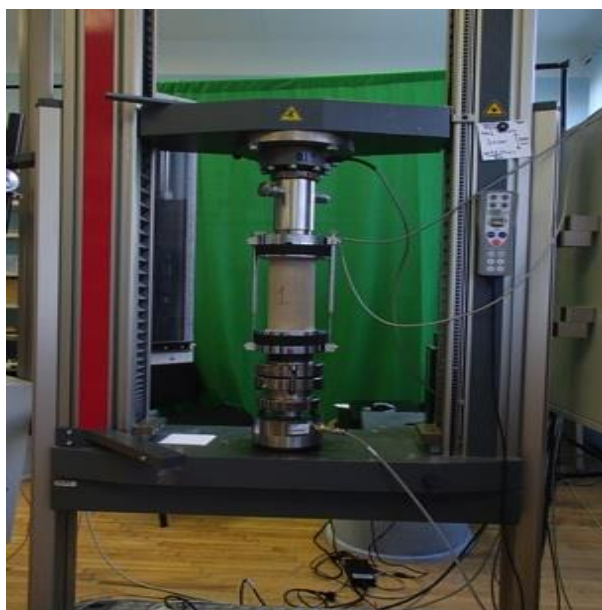
Veicot ceļa segu aprēķinus, ja netiek veikta konkrētās grunts stabilizācijas projektēšana laboratorijā (piemēram, nav iespējama konkrētās grunts paraugu iegūšana saprātīgā veidā nepieciešamajā apjomā), aprēķiniem jāizmanto norādītos stabilizētu grunšu elastības moduļus (2-1 tabula) atkarībā no esošās grunts tipa un sasniegtās spiedes stiprības.

2-1 tabula. Stabilizētu grunšu elastības modulis

Grunts tips (saskaņā ar LVS 190-5 B pielikums)	Spiedes stiprība <sup>1)</sup> , MPa	Elastības modulis <sup>1)</sup> , MPa
<b>Grunts stabilizācija</b>		
Rupja grunts – smilts (SE, SW, SI)	≥ 0,5	300
	≥ 1,0	500
Jaukta grunts – smilts un putekļu vai smilts un māla maisījums (SU, ST, SU*, ST*)	≥ 0,5	200
	≥ 1,0	400
Smalka grunts – putekļi (UL, UM, UA)	≥ 0,2	100
	≥ 0,5	200
	≥ 1,0	300
Smalka grunts – cieti plastisks māls (TL)	≥ 0,2	45
	≥ 0,5	100
Smalka grunts – mīksti plastisks māls (TM)	≥ 0,2	25
	≥ 0,5	45
<b>Grunts uzlabošana<sup>2)</sup></b>		
Jaukta grunts (GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*)	---	Elastības modulis jāpieņem tāds kāds tas ir konkrētajai neasaistītai gruntij
Smalka grunts – putekļi (UL, UM, UA)	---	
Smalka grunts – māls (TL, TM, TA)	---	

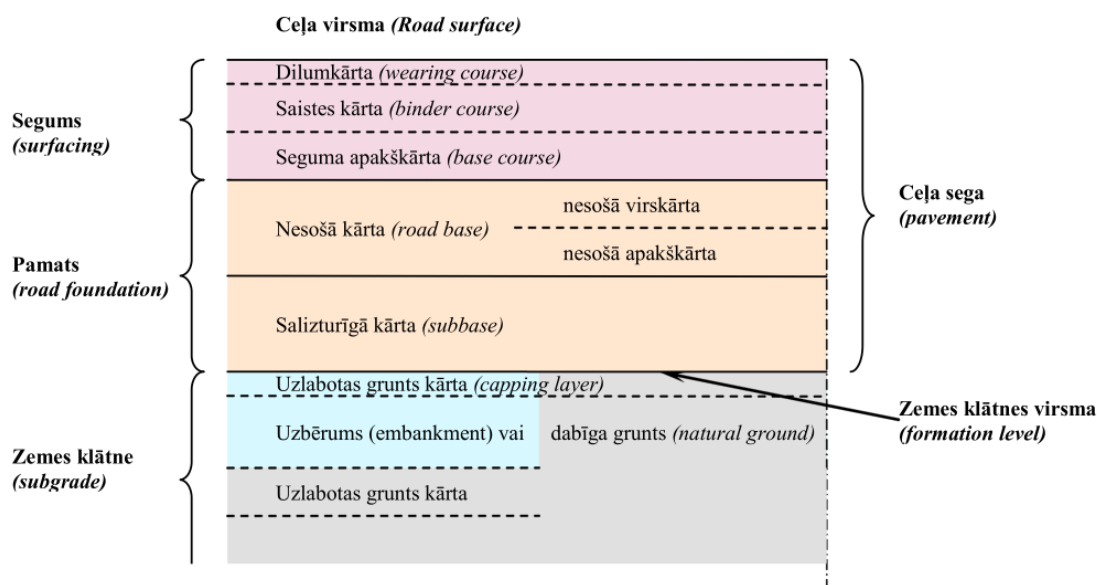
<sup>1)</sup> - pēc 28 dienu kondicionēšanas ≥ 95% mitrumā un, ja paredzēts, arī 5 salizturības cikliem.

<sup>2)</sup> - grunts uzlabošanas mērķis nav panākt konkrētus nestspējas vai salizturības rādītājus, bet gan atvieglot vai padarīt iespējamu grunts iestrādi vai sagatavot grunti tālākajai apstrādei u.tml.



2-1 attēls. Elastības moduļa testēšana

### 3 Definīcijas



3-1 zīmējums. Ceļa konstruktīvās kārtas

Grunts – dabīgs materiāls (parasti būves vietā esošais materiāls), kuru izmanto zemes klātnes un/vai salizturīgās kārtas būvniecībai un kurš tiek klasificēts saskaņā ar grunšu būvtechnisko klasifikāciju.

Grunšu būvtechniskā klasifikācija – būvniecībā izmantojamo grunšu klasifikācija saskaņā ar LVS 190-5 B pielikumu.

Hidrauliska saistviela – saistviela, kas cietē ūdenī.

Kalifornijas nestspējas rādītājs (CBR) – parametrs, kas raksturo grunšu deformatīvās īpašības mitruma iedarbībā, testējot saskaņā ar LVS EN 13286-47.

Maisījuma recepte – atsevišķa maisījuma sastāvs, kas izteikts kā plānotais projektētais sastāvs.

PIEZĪME. Plānoto projektēto sastāvu var izteikt divējādi, kā priekšprojektu un kā darba formulu.

Piedevas – sastāvdaļas materiāls, kuru var pievienot mazos daudzumos maisījumam, piemēram, neorganiskas vai organiskas šķiedras vai polimērus, lai uzlabotu maisījuma mehāniskās īpašības, apstrādājamību vai krāsu.

Salizturīgā kārtā – no salizturīga materiāla uzbūvēta ceļa segas pamata apakšējā kārtā, kas nodrošina ceļa konstrukcijas salizturību, kā arī paredzēto nestspēju.

Stabilizācija – process, kurā tiek samaisīti kādi materiāli ar grunti, lai uzlabotu grunts īpašības. Process var ietvert minerālmateriālu pievienošanu gruntij konkrēta granulometriskā sastāva sasniegšanai vai/un grunts samaisīšanu ar kādām pieejamām (hidrauliskajām) saistvielām (kaļķi, cementu), lai izmainītu grunts struktūru, tekstūru vai plasticitāti, vai sasaistītu (sacementētu) grunti.



Stabilizēta grunts – maisījums, ko iegūst, ar hidraulisku saistvielu apstrādājot grunti, un kas ievērojami uzlabo grunts mehāniskās īpašības un stabilitāti kopumā īslaicīgi vai ilgtermiņā, īpaši attiecībā uz ūdens un sala iedarbību. Sasniedzamās grunts īpašības un paredzamo stabilitāti projektē, nosakot grunts īpašības, izvēloties piemērotāko saistvielu, piedevas vai to kombināciju, kā arī ievērtējot piejamo tehnisko aprīkojumu konkrēta tehnoloģiskā risinājuma realizācijai.

Testēšana – tehniska darbība produkta, procesa vai pakalpojuma nepieciešamo raksturlielumu noteikšanai saskaņā ar attiecīgu metodiku.

Uzlabota grunts – maisījums, kuru iegūst, apstrādājot grunti ar hidraulisku saistvielu vai samaisot ar citu grunti, vai minerālo materiālu, kas tūlītēji uzlabo īpašības, piemēram, vai nu samazinot ūdens saturu, un/vai uzlabojot nestspēju, un/vai samazinot plastiskumu, nodrošinot, lai:

- ar grunti varētu rīkoties, lietojot tradicionālu zemes darbu veikšanas aprīkojumu;
- grunti varētu apmierinoši sablīvēt kārtās;
- nodrošinātu transporta kustību un pārvietošanos pa izbūvētajām kārtām;
- grunti sagatavotu sekojošai apstrādei ar hidrauliskajām saistvielām (kaļķi, cementu) vai arī, piemēram, ar izdedžiem, izmešu pelniem vai citiem izstrādājumiem, bet šī grunts uzlabošana netiek projektēta, lai sasniegtu kādas konkrēti definētas uzlabotās grunts īpašību vērtības.

Tūlītējais nestspējas indekss (TNI) – parametrs, kas raksturo grunšu deformatīvās īpašības, bez papildus mitruma iedarbības, testējot saskaņā ar LVS EN 13286-47.

Zemes klātne – uzbērums vai ierakums ceļa konstrukcijas robežās.

## 4 Grunšu raksturošana, testēšana, novērtēšana

Lai varētu pieņemt objektīvu lēmumu par grunts stabilizācijas nepieciešamību, kā arī lai izvēlētos konkrētajai gruntij un konkrētajiem apstākļiem atbilstošu stabilizācijas metodi un/vai saistvielu, svarīgi ņemt vērā vairākus svarīgus faktorus: kāds ir stabilizējamās grunts tips, kāds būs stabilizēto kārtu ekspluatācijas režīms, kāda ir nepieciešamā stabilizētās kārtas nestspēja un ilgizturība, izmaksas, apkārtējās vides nosacījumi vai ierobežojumi u.c.

Vienam gruntis tipam visbiežāk ir iespējams lietot vairākus stabilizatorus vai to kombinācijas, lai sasniegtu vajadzīgās grunts īpašības. Piemēram, cementu vai saistvielas uz tā bāzes labāk un efektīvāk būs lietot smilšainu un putekļainu grunšu stabilizācijai, savukārt kaļķis būs piemērotāks vidēji un augsti plastiskām gruntīm, pazeminot grunšu plasticitāti, uzlabojot iestrādājamību, samazinot kūkumošanu un/vai paaugstinot nestspēju. Savukārt mālsmilts tipa grunšu stabilizācijai visefektīvāk var izrādīties lietot kaļķi kombinācijā ar cementu.

Stabilizācijas projekta izstrādei vispirms nepieciešams iegūt stabilizējamās grunts vai grunšu, ja objektā ir atšķirīgas grunts, paraugu(s), kā arī jāveic grunts nestspējas mērījumi. Grunts nestspēja jāizmēra vai nu uz vietas būvobjektā ar statisko plātņi, vai, ja tas nav iespējams, tad jānoņem grunts paraugi un jāveic grunts CBR testēšana laboratorijā. Jebkurā gadījumā jātestē arī grunts faktiskais mitrums, jo atkarībā no grunts reālā mitruma atšķirīgi var būt arī tās nestspējas rādītāji.

Grunts nestspēju, plānotas ceļa segas pārbūves vai rekonstrukcijas gadījumā, ieteicams mērīt pavasarī, kad ceļa klātne tikko atkususi. Šādi nestspējas mērījumu rezultāti dos vispatiesāko informāciju par zemes klātnes grunts, un līdz ar to arī ceļa segas faktisko nestspēju, kā arī vislabāk raksturo grunts mitruma režīmu visnelabvēlīgākajā periodā. Ja mērījumus veic citā periodā, atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem un grunts faktiskā mitruma mērījumu dati ir jākorrigē, lai pieņemtās grunts nestspējas vērtības varētu uzskatīt par ticamām arī pavasara periodā, kad zemes klātne tikko atkususi.

Ja nomērītā grunts nestspēja  $E_{v2} \geq 45$ , vai testētais  $CBR \geq 20$ , tad, ja nav kādu citu apsvērumu, tad zemes klātnes grunts nestspēja būs nodrošināta un tā ir izmantojama zemes klātnes būvniecībai. Ja grunts  $25 \leq E_{v2} < 40$  vai  $8 \leq CBR < 20$ , tad grunts ir izmantojama zemes klātnes būvniecībā zemākajās kārtās, bet, lai to izmantotu zemes klātnes augšējā daļā, tā ir jāstabilizē. Ja grunts  $E_{v2} < 25$  vai  $CBR < 8$ , tad grunts zemes klātnes būvniecībai var tikt izmantota, ja to ir iespējams stabilizēt, ja stabilizācija nav iespējama vai arī stabilizācija saistīta ar salīdzinoši lielām izmaksām, tad šāda grunts ir uzskatāma par nederīgu zemes klātnes būvniecībai un ir jāveic tās nomaiņa ar grunti, kuras īpašības nodrošina prasības, vai arī, to stabilizējot, šīs prasības var sasniegt.

Ģeoloģiskās izpētes laikā jāveic grunts nestspējas testēšana, kā arī jāpaņem grunts paraugi un jāveic to testēšana laboratorijā gan, lai identificētu grunts būtiskās īpašības un noskaidrotu grunts tipu, gan arī, lai jau tehniskā projekta izstrādes stadijā veiktu arī grunts stabilizācijas vismaz provizorisku projektēšanu. Jātestē sekojošas stabilizējamās grunts īpašības:

- uz vietas būvobjektā jātestē elastības modulis ar statisko plātņi saskaņā ar DIN 18134, vēlams grunts optimālajā mitrumā vai ne vairāk kā +/- 2% no optimālā mitruma. Ja grunts mitrums ir ievērojami atšķirīgs no optimālā mitruma, tad jāizvērtē vai veiktie elastības moduļa mērījumi konkrētajā situācijā ir izmantojami kā raksturojoši, īpaši gadījumos, ja grunts mitrums ir ievērojami mazāks par optimālo, jo tad nomērītais elastības modulis esošo situāciju var raksturot pārāk optimistiski;

- vai, ja tas nav iespējams, tad jātestē CBR laboratorijā saskaņā ar LVS EN 13286-47. Ja ir piemērotas iekārtas, CBR testēšana iespējama arī būvobjektā, tad svarīgi testēt un ievērtēt rezultātu izvērtēšanā arī grunts esošo mitrumu. Ieteicams modelēt situāciju un izvērtēt kādi būs reālie mitruma apstākļi būves ekspluatācijas periodā. Ja to ir iespējams prognozēt, tad ieteicams paraugus sagatavot un veikt to testēšanu paredzamajos mitruma apstākļos nevis ar optimālo mitrumu;
- esošais mitrums saskaņā ar LVS EN 1097-5;
- optimālais mitrums un tilpumsvars (Proktorblīvums) saskaņā ar LVS EN 13286-2;
- granulometriskais sastāvs saskaņā ar LVS EN 933-1:
  - jāaprēķina grunts viendabības koeficients  $C_u = d_{60}/d_{10}$  ( $d_{60}$  – daļiņu izmērs milimetros, par kuru mazāk ir 60% no parauga kopējās masas;  $d_{10}$  - daļiņu izmērs milimetros, par kuru mazāk ir 10% no parauga kopējās masas);
- plastiskuma indekss, plūstamības un plastiskuma robeža saskaņā ar LVS EN ISO/TS 17892-12 (jātestē, ja konkrētajai gruntij šo testēšanu ir iespējams veikt);
- organisko savienojumu saturs saskaņā ar *Ceļu specifikāciju 12.5 punktu* (testē, ja ir novērojami organiskie savienojumi);
- ūdenī šķīstošo sulfātu saturs saskaņā ar LVS EN 1744-1 (jātestē, ja gruntij novērojama tendence izplešoties sairt – gruntīm Latvijā parasti nav novērojama šāda tendence).



#### 4-2 attēls. Grunts elastības moduļa mērīšana būvobjektā

Balstoties uz grunts testēšanas rezultātiem nosaka grunts tipu, t.i., apzīmējumu saskaņā ar LVS 190-5 B pielikumu "Grunšu būvtehniskā klasifikācija", vai saskaņā ar dotajiem norādījumiem grunts tipa raksturošanai šajā rokasgrāmatā (4-1 tabula, 4-2 tabula, 4-1 zīmējums).

Grunšu būvtehniskā klasifikācija grunšu raksturošanai šajā rokasgrāmatā veikta saskaņā ar LVS 190-5:2011 "Zemes klātne". Grunšu iedalījums:

- Rupjas gruntis – smilts un grants (GE, GW, GI, SE, SW, SI);
- Jauktas gruntis – grants vai smilts maisījums ar putekļiem vai mālu (GU, GT, SU, ST, GU\*, GT\*, SU\*, ST\*);
- Smalkas gruntis – putekļi vai māls (UL, UM, TL, TM, TA);
- Organogēnas gruntis vai gruntis ar organiskiem piemaisījumiem (OU, OT, OH, OK).

4-1 tabula. Grunšu būvtehniskā klasifikācija (saīsināti)

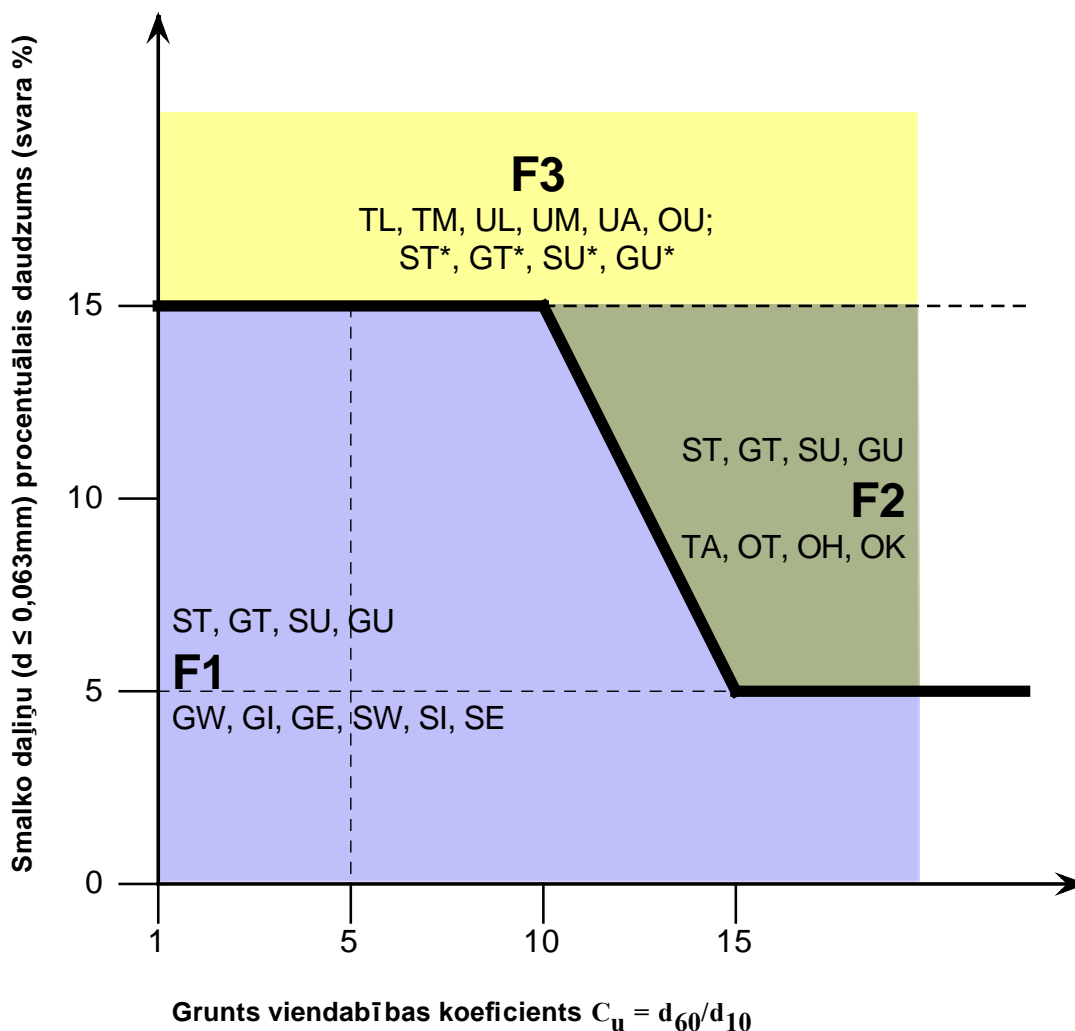
Grunts grupa	$\leq 0,063$ mm	$\leq 2$ mm	Plasticitātes rādītāji	Grunts nosaukums	Grunts apzīmējums	
Rupja grunts	< 5 %	$\leq 60$ %	---	Šauri gradēta grants	<b>GW</b>	
				Plaši gradēts grants-smilts maisījums	<b>GI</b>	
				Pārtraukti gradēts grants- smilts maisījums	<b>GE</b>	
		> 60 %	---	Šauri gradēta smilts	<b>SW</b>	
				Plaši gradēts smilts-grants maisījums	<b>SI</b>	
				Pārtraukti gradēts smilts- grants maisījums	<b>SE</b>	
Jaukta grunts	5 - 15 %	$\leq 60$ %	---	Grants-putekļu maisījums	<b>GU</b> <b>GU</b>	
			---	Grants-māla maisījums	<b>GT</b> <b>GT</b>	
		> 60%	---	Smilts-putekļu maisījums	<b>SU</b> <b>SU</b>	
			---	Smilts-māla maisījums	<b>ST</b> <b>ST</b>	
	15 – 40 %	$\leq 60$ %	---	Grants-putekļu maisījums	<b>GU*</b>	
			---	Grants-māla maisījums	<b>GT*</b>	
		> 60%	---	Smilts-putekļu maisījums	<b>SU*</b>	
			---	Smilts-māla maisījums	<b>ST*</b>	
Smalka grunts	> 40 %	---	$I_p \leq 4$ % vai zem A līnijas	Cieti plastiski putekļi $w_L < 35$ %	<b>UL</b>	
				Mīksti plastiski putekļi $35 \% \leq w_L \leq 50$ %	<b>UM</b>	
				Plūstoši plastiski putekļi $w_L > 50$ %	<b>UA</b>	
			$I_p \geq 7$ % un virs A līnijas	Cieti plastisks māls $w_L < 35$ %	<b>TL</b>	
				Mīksti plastisks māls $35 \% \leq w_L \leq 50$ %	<b>TM</b>	
				Plūstoši plastisks māls $w_L > 50$ %	<b>TA</b>	
Organogēna grunts vai grunts ar organiskiem piejaukumiem (nedegoša un negruzdoša)	> 40 %	---	$I_p \geq 7$ % un zem A līnijas	Putekļi ar organiskiem piejaukumiem un organogēni putekļi $35 \% \leq w_L \leq 50$ %	<b>OU</b>	
				Māls ar organiskiem piejaukumiem un organogēns māls $w_L > 50$ %	<b>OT</b>	
	< 40 %		---	---	Rupja vai jaukta grunts ar humusa piejaukumu	<b>OH</b>
					Rupja vai jaukta grunts ar kaļķa un silīcija formācijām	<b>OK</b>
Organiska grunts (degoša vai gruzdoša)	---	---	---	Nesadalījusies vai daleju sadalījusies kūdra (humus)	<b>HN</b>	
				Sadalījusies kūdra	<b>HZ</b>	
				Dūņas, kā kopējs jēdziens pūšanas dūņu, dubļu, gitijas un sapropeļa apzīmēšanai	<b>F</b>	

Jānovērtē grunts salizturība. Gruntis atkarībā no to salizturības (sala jūtības) iedala trijās klasēs.

4-2 tabula. Grunšu salizturības klases

Apzīmējums	Grunts sala jūtības raksturojums	Grunts tips
F1	Salizturīga	GW, GI, GE, SW, SI, SE
F2	Zemu līdz vidēji jūtīga pret sala iedarbību	TA, OT, OH, OK; ST, GT, SU, GU – <sup>1)</sup>
F3	Ļoti jūtīga pret sala iedarbību	TL, TM, UL, UM, UA, OU; ST*, GT*, SU*, GU*

<sup>1)</sup> - grunts klasificē kā F1, ja  $C_u \geq 15,0$  un smalko daļiņu saturs ( $d < 0,063\text{mm}$ )  $\leq 5,0$  masas %, vai ja  $C_u \leq 5,0$  un smalko daļiņu saturs ( $d < 0,063\text{mm}$ )  $\leq 15,0$  masas %. Ja  $5,0 < C_u < 15,0$ , tad daļiņu, kas mazākas par 0,063mm, maksimālais saturs, lai grunti klasificētu kā F1 jāinterpolē lineāri pēc grafika.



4-1 zīmējums. Grunšu salizturības klases

Veicot piemēram, sala neizturīgu grunšu F3 – TL, TM, UL, UM, UA, OU, ST\*, GT\*, SU\*, GU\* uzlabošanu vai stabilizāciju, atkarībā no grunts uzlabošanas pakāpes un atbilstoši uzlabojumu pakāpei tās var klasificēt kā F2 – zemu vai vidēji jūtīgas pret sala iedarbību. Līdz ar

to šādas uzlabotas gruntis var plašāk izmantot dažādās ceļa konstrukcijās – zemes klātnes pamatnē, uzbērumā, augšējā daļā, nogāzēs u.tml.

Sala neizturīgu grunšu uzlabošana vai stabilizācija ar hidrauliskajām saistvielām būs iespējama, ja grunts konsistence būs tāda, lai grunti, izmantojot normāli pieejamu tehniku, varētu samaisīt ar saistvielu, izlīdzināt un sablīvēt, rezultātā iegūstot augstāku grunts nestspēju, kā arī paaugstinot grunts noturību pret klimata iedarbību (mitrums, sals, erozija).

Atkarībā no grunts sablīvējuma atšķirīgs būs grunts elastības modulis. Vienai un tai pašai gruntij ar augstāku sablīvējuma pakāpi elastības modulis būs lielāks nekā gruntij ar mazāku sablīvējumu.

Savukārt, jo lielāks būs grunts sablīvējums, jo mazāka būs starpība starp  $E_{v1}$  un  $E_{v2}$  vērtībām, mērot ar statisko plātņi.

Rupjām gruntīm spēkā būs šādas tālāk norādītās aptuvenas sakarības (4-3 tabula, 4-4 tabula)

4-3 tabula. Rupju grunšu sablīvējuma un elastības moduļa aptuvena sakarība

Grunts grupa	Grunts sablīvējums $D_{Pr}$ , %	Grunts elastības modulis $E_{v2}$ , MN/m <sup>2</sup>
GW, GI	$\geq 100$	$\geq 100$
	$\geq 98$	$\geq 80$
	$\geq 97$	$\geq 70$
GE, SE, SW, SI	$\geq 100$	$\geq 80$
	$\geq 98$	$\geq 70$
	$\geq 97$	$\geq 60$

4-4 tabula. Rupju grunšu sablīvējuma pēc Proktora un ar statisko plātņi aptuvena sakarība

Grunts grupa	Grunts sablīvējums $D_{Pr}$ , %	$E_{v2}/E_{v1}$
GW, GI, GE, SE, SW, SI	$\geq 100$	$\leq 2,3$
	$\geq 98$	$\leq 2,5$
	$\geq 97$	$\leq 2,6$

Projektējot ceļa konstrukciju, ļoti svarīgi ir izstrādāt efektīvu ūdens atvadi no ceļa zemes klātnes un ceļa segas, kas pie atbilstošas un savlaicīgas ceļa kopšanas garantēs nepieciešamo ceļa konstrukcijas nestspēju visā tās kalpošanas periodā. Ja nav iespējams izvairīties no kādu ceļa konstrukciju atrašanās agresīvā ūdens un mitruma iedarbībā, jāizstrādā atbilstoši risinājumi, kas garantēs konstrukciju nepieciešamo noturību.

## 5 Saistvielas izvēle

Saistvielas izvēle, kā arī tās izlietojuma daudzums būs atkarīgs no konkrētās grunts veida, tās novietojuma ceļa klātnes konstrukcijā, ekspluatācijas mitruma apstākļiem, kā arī no nepieciešamajām sasniedzamajām zemes klātnes un ceļa konstrukcijas funkcionālajām īpašībām. Svarīgi ievērtēt arī saistvielu pieejamību, tehniskās iespējas, kopējās izmaksas, vides faktorus u.c. būtiskus nosacījumus vai ierobežojumus.

Atkarībā no konkrētās grunts veida un īpašībām jāizvēlas saistviela, kā arī tās daudzums. Visbiežāk vienam grunts tipam stabilizēšanai var izmantot vairāk nekā vienu saistvielu, tāpēc svarīgi ir veikt sākotnējo grunts īpašību testēšanu un izvērtēšanu.

Stabilizēšanas saistvielas izvēle:

- kā grunts stabilizēšanas saistviela var būt kaļķis, cements, CHCS un ar cementu bagātinātas saistvielas;
- var tikt lietotas arī dažādas piedevas, kas uzlabo saistvielu efektivitāti (paaugstina stiprību, uzlabo ūdens noturību un salizturību, atvieglo iestrādājamību u.tml.);
- saistviela stabilizēšanai jāizvēlas balstoties uz grunts testēšanas rezultātiem, lai nodrošinātu izvirzītās prasības atkarībā no grunts tipa, tās īpašībām, kā arī paredzamajiem mitruma apstākļiem;
- grunts piemērotība vai tās konkrētā saderība ar saistvielu jānovērtē, testējot grunts pH līmeni;
- smilšainām un putekļainām gruntīm kā stabilizēšanas saistvielu ieteicams izvēlēties cementu vai saistvielas uz cementa bāzes, savukārt plastiskām mālainām gruntīm kā stabilizēšanas saistvielu ieteicams izvēlēties kaļķi;
- vidēji plastiskām gruntīm ieteicams izvērtēt arī kaļķa+cementa izvēles iespēju, tādējādi iespējams ar mazāku kopējo saistvielu patēriņu izpildīt izvirzītās prasības;
- smilšainām un akmeņainām gruntīm ar nelielu putekļu daļiņu saturu ( $< 0,063 \text{ mm} \leq 5 \%$ ), lai nodrošinātu augstākus un prasībām atbilstošus spiedes stiprības rādītājus ar mazāku cementa saistvielas izlietojumu, ieteicams paredzēt piemaisīt putekļainu grunti (ja tāda grunts ir pieejama un tas ir tehniski un ekonomiski pamatoti) vai cementa apvedkanāla putekļus, vai citu minerālo aizpildītāju.

5-1 tabula. Ieteikumi saistvielas un tās daudzuma izvēlei atkarībā no grunts veida

Grunts tips (saskaņā ar LVS 190-5 B pielikums)	Ieteicamā saistviela, aptuvens daudzums
<b>Grunts stabilizācija</b>	
Jaukta grunts – grants vai smilts un putekļu, grants vai smilts un māla maisījums (GU, GT, SU, ST)	cements* 4 – 10 % vai kaļķis+cements* 6 – 12 %
Smalka grunts – putekļi (UL, UM)	cements* 5 – 12 %
Smalka grunts – māls (TL, TM, TA)	kaļķis** 4 – 15 %
<b>Grunts uzlabošana</b>	
Jaukta grunts (GU, GT, SU, ST)	cements* 3 – 6 % vai kaļķis+cements* – ap 6 %
Smalka grunts – putekļi (UL, UM)	cements* 3 – 6 %
Smalka grunts – māls (TL, TM, TA)	kaļķis** 3 – 5 %

\* - cementa vietā var lietot arī CHCS, cementa putekļus, ar cementu bagātinātas saistvielas.

\*\* - kaļķa sākotnējais daudzums jānosaka katrai konkrētajai gruntij individuāli.

Grunšu stabilizēšanai galvenokārt lietojamājo saistvielu tipi un to atbilstības izvērtēšanai lietojamie standarti:

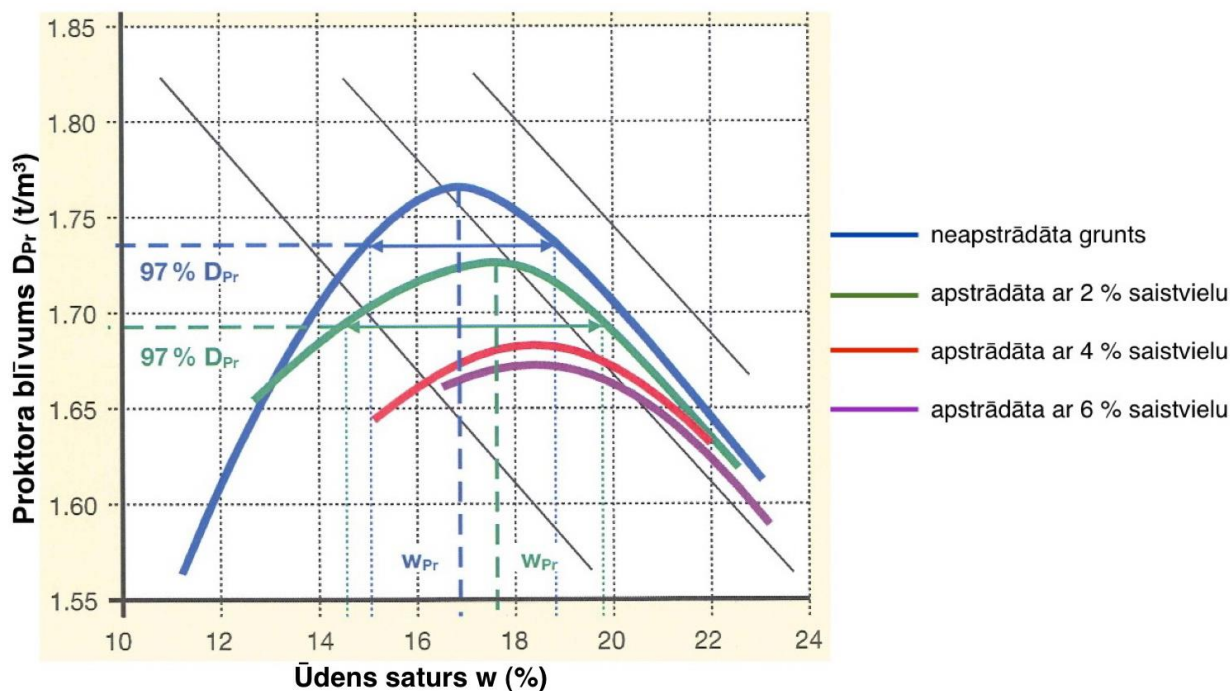
- cementam jāatbilst LVS EN 197-1 izvirzītajām prasībām, klases: 32,5N; 42,5N vai 52,5 N, vai EN 197-4. Jālieto lēni cietējošs cements, lai būtu pietiekami daudz laika būvdarbu izpildei līdz cementa saistīšanās sākumam;
- CHCS (cementa hidrauliskā ceļa saistviela) jāatbilst LVS ENV 13282 izvirzītajām prasībām ar stiprības klasi HRB 22,5 E vai HRB 32,5 E;
- dzēstajam vai nedzēstajam kaļķim jāatbilst LVS EN 459-1, klasei CL 90 vai CL 80;
- stabilizējamajam maisījumam pievienojamajam ūdenim jāatbilst LVS EN 1008.

Papildus vai autonomi var lietot arī cita veida hidrauliskās saistvielas vai kādas piedevas. Šādā gadījumā jādeklarē saistvielu vai piedevu veids un īpašības.

Stabilizēšanai paredzētajai gruntij vismaz 95% jāiziet caur 63mm sietu. Granulometriskais sastāvs jātestē saskaņā ar LVS EN 933-1 vai LVS ISO 11277. Ja nepieciešams, grunts ieriekš jāuzirdina.

Gruntij, pievienojot saistvielu, tās Proktora blīvums samazināsies, savukārt optimālais mitruma daudzums palielināsies. Grunts blīvuma un optimālā mitruma izmaiņu piemērs – 5-1 zīmējums.





5-1 zīmējums. Grunts blīvuma un optimālā mitruma izmaiņu piemērs pievienojot saistvielu

Grunti var paredzēt uzlabot ar hidrauliskajām saistvielām, piemēram, lai padarītu iespējamu pārmitrinātas grunts sablīvēšanu. Šādā gadījumā jāņem vērā, ka:

- 1 % cementa pievienošana piesaista aptuveni 0,3 % ūdens;
- 1 % kaļķa pievienošana piesaista aptuveni 2,0 – 2,5 % ūdens.

Tātad pārmitrinātai gruntij, pievienojot apmēram 1 – 3 % kaļķi, lielākajā daļā gadījumu grunts būs iespējams atbilstoši sablīvēt, būs iespējama būvdarbu izpilde bez pārtraukumiem, kā arī neapšaubāmi paaugstināsies šādas uzlabotas grunts īpašības – noturība pret mitruma un sala iedarbību, samazināsies plasticitāte un paaugstināsies nestspējas rādītāji.

## 6 Stabilizācijas projekta izstrāde

Lai grunts apstrāde ar saistvielām – stabilizācija būtu veiksmīga, ir nepieciešama rūpīga projekta izstrāde, ievērtējot visus svarīgos nosacījumus, testēšanas metodikas, paraugu sagatavošanas un kondicionēšanas procedūras un citu, kas jāņem vērā, lai racionāla un pamatota būtu nepieciešamā saistvielas satura noteikšana, kas ir galvenais stabilizācijas projekta izstrādes mērķis.

Stabilizācijas projekta izstrādes galvenais mērķis ir noteikt lietojamo saistvielu, vai saistvielas un/vai pievienojamās piedevas, pārliecināties par izvēlētajās saistvielas piemērotību, noteikt nepieciešamo izlietojamās saistvielas daudzumu, kā arī gūt pārliecību, ka stabilizētā grunts (kārtā, konstrukcija) būs noturīga un spējīga nodrošināt atbilstošu funkcionalitāti visā paredzētajā kalpošanas periodā.

Saistvielas izvēli galvenokārt ierobežo grunts tips, bet ļoti bieži pastāv arī izvēles iespējas kādu saistvielu lietot un jo īpaši, kāda ražotāja piedāvāto saistvielu lietot, jo gala īpašības un efektivitāte var būt ievērojami atšķirīga, izdarot vienu vai otru izvēli. Stabilizācijas maisījuma projekta uzstādījumus neapšaubāmi var ietekmēt kādu papildus piedevu piejamība, un iespēju ir ne mazums. Katrā konkrētajā gadījumā, izejot no pieejamajām iespējām, jāizvēlas racionālākais risinājums, kurš spēj apmierināt gan izvirzītās prasības stabilizējamajai kārtai, gan arī ir pietiekami un arī salīdzinoši ar citiem alternatīviem risinājumiem ekonomisks. Jau stabilizācijas projekta izstrādes gaitā ir jāizvērtē arī tehniskās iespējas, vai ar pieejamo tehniku, iekārtām, domāto saistvielu, konkrēto grunti būs tehniski iespējams samaisīt ar saistvielu, izlīdzināt, sablīvēt.

Pēc tam, kad izdarīta izvēle par grunts stabilizācijai lietojamo saistvielu, veic grunts un saistvielas maisījumu sagatavošanu, kondicionēšanu un testēšanu, galarezultātā iegūstot grunts stabilizācijas Darba formulu.

Ja grunti nav iespējams stabilizēt ar tradicionālām saistvielām, var lietot dažādas piedevas. Šādā gadījumā jāreķinās ar, iespējams, ievērojamu stabilizācijas izmaksu pieaugumu, un ir rūpīgi jāizvērtē, vai šādā gadījumā, piemēram, grunts apmaiņa, tomēr nebūs racionālāks un lētāks risinājums.

Nosakot projektētā maisījuma sastāvdaļu proporcijas stabilizācijas darbu izpildei objektā, ieteicams pievienojamās saistvielas daudzumu sākotnēji paredzēt par 0,5 % lielāku nekā projektētais, lai kompensētu kādas iestrādes tehnoloģijas iespējamās novirzes. Ja projektējot izmantoti dzēsti kaļķi, bet objektā paredzēts izmantot nedzēstus kaļķus, tad izmantojamais kaļķa daudzums objektā jāpalielina par 1 % attiecībā pret projektēto.

Ieteicams izvērtēt arī grunts uzlabošanas iespējas samaisot to ar kādu citu grunti vai materiāliem, tādējādi uzlabojot un sasniedzot vēlāmās konstruktīvās kārtas īpašības.

Kā stabilizācijas projektēšanas gala kritēriji ir noteikta spiedes stiprība vai CBR. Domstarpību gadījumā, ja ir veikta gan spiedes stiprības, gan CBR testēšana un atbilstības novērtējums ar katru metodi ir atšķirīgs, vai strīdu gadījumā par stabilizētās kārtas atbilstību vai neatbilstību novērtējumam vai papildus testēšanai jālieto spiedes stiprības rādītāji.

Grunts un saistvielas maisījumi jāgatavo sekojoši. Grunts jāizžāvē saskaņā ar LVS EN 1097-5. Ja nepieciešams, grunts jāuzzirdina. Jānosver paredzamais, paraugu izgatavošanai nepieciešamais izžāvētas grunts daudzums. No šī nosvērtā grunts daudzuma aprēķina pievienojamo plānoto saistvielas daudzumu. No kopējā grunts un saistvielas daudzuma aprēķina pievienojamo ūdens daudzumu.

**Piemērs stabilizētā maisījuma sastāvdaļu daudzumu aprēķinam.**

Izejas dati:

Nepieciešamais stabilizēta maisījuma daudzums paraugu izgatavošanai – 23,100 kg

Maisījuma optimālais mitrums – 10%

Plānotais pievienojamās saistvielas daudzums – 5%

Aprēķins:

Izzāvētas sausas grunts un saistvielas kopējā masa =  $(23,100 \text{ kg} * 100) / (100 + 10) = 21,000 \text{ kg}$

Izzāvētas sausas grunts masa =  $(21,000 \text{ kg} * 100) / (100 + 5) = 20,000 \text{ kg}$

Nepieciešamā saistvielas masa =  $21,000 \text{ kg} - 20,000 \text{ kg} = 1,000 \text{ kg}$

Pievienojamā ūdens masa =  $23,100 \text{ kg} - 21,000 \text{ kg} = 2,100 \text{ kg}$

Maisījuma sagatavošanas secība:

- 1) Izzāvē un nosver nepieciešamo grunts daudzumu;
- 2) Nosver nepieciešamo saistvielas daudzumu un pievieno gruntij;
- 3) Samaisa grunti ar saistvielu;
- 4) Nosver nepieciešamo ūdens daudzumu un pievieno to maisījumam;
- 5) Samaisa visu līdz viendabīgai konsistencei.

## 6.1 Stabilizācijas ar cementu vai cementu+kaļķi projektēšana laboratorijā

Lai grunti stabilizētu ar cementu, vispirms ir jāpārlicinās vai cements potenciāli būs piemērots stabilizācijai, respektīvi, vai gruntī esošās organikas daļiņas nebūs traucējošas stabilizācijas procesam. Jātestē grunts un cementa 10:1 maisījuma pH līmenis saskaņā ar *Ceļu specifikācijās* 12.11. punktā doto metodiku. Ja  $\text{pH} \geq 12,1$ , tad gruntī esošā organikas daļa neietekmēs cementa stabilizēšanas mehānismu un grunts ir uzskatāma par piemērotu tālākai projektēšanai.



6-3 attēls. Sagatavots grunts paraugs pH līmeņa testēšanai un pH testēšana

Atkarībā no grunts tipa un īpašībām, un konkrētās saistvielas veida (tīrs cements, cements ar dažādiem piemaisījumiem u.tml.) paraugu sagatavošanai izvēlas optimālo pievienojamās saistvielas daudzumu. Lai paātrinātu projekta izstrādi, ieteicams uzreiz plānot un veikt paraugu sagatavošanu ar vismaz 2 vai 3 atšķirīgiem saistvielas daudzumiem.

Sagatavo grunts maisījumu ar izvēlēto vidējo saistvielas daudzumu un testē grunts un saistvielas maisījuma Proktora īpašības – optimālais ūdens saturs un tilpumsvars saskaņā ar LVS EN 13286-2. Sagatavojot šīs grunts paraugus ar nedaudz atšķirīgu saistvielas saturu, ir pieļaujams lietot ar vidējo saistvielas saturu iegūto pievienojamo optimālo ūdens saturu. Ja plānots ļoti atšķirīgs pievienojamās saistvielas daudzums, tad Proktora īpašības jātestē grunts maisījumam ar katru izvēlēto saistvielas daudzumu.

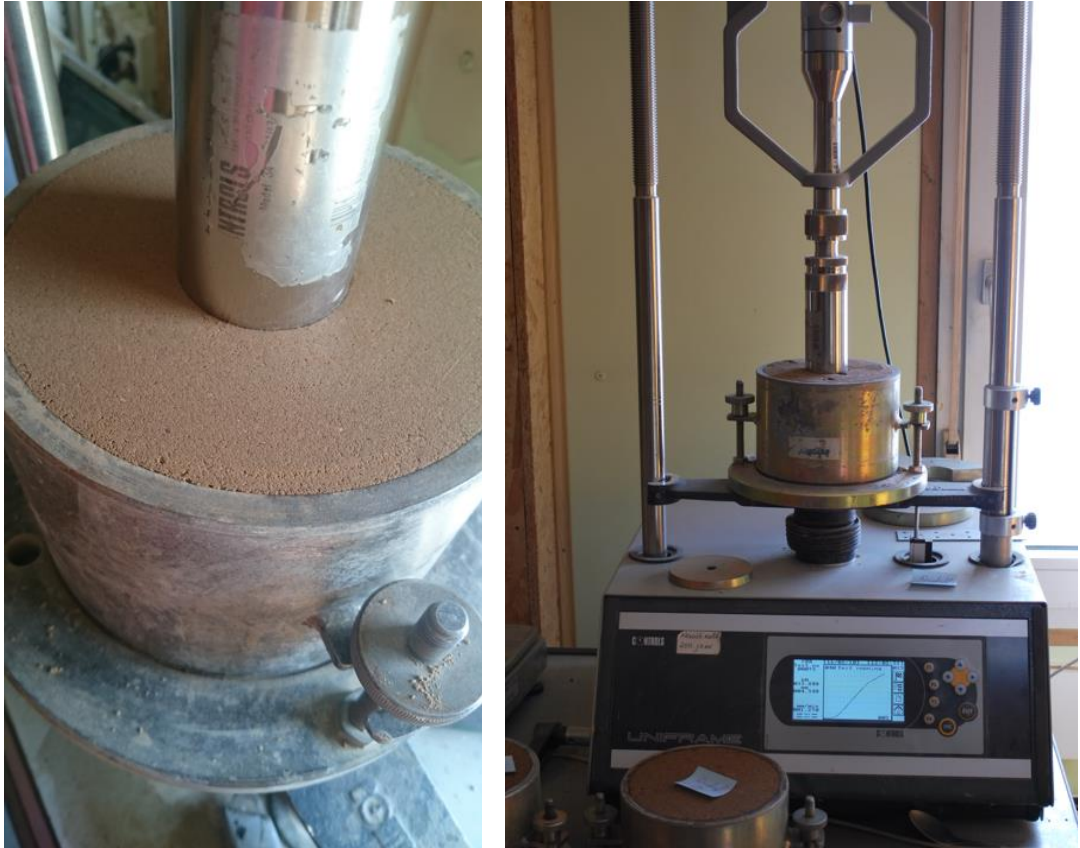


6-4 attēls. Sagatavots grunts paraugs

Pēc tam sagatavo grunts – saistvielas maisījumus un veic to tūlītējās nestspējas indeksa (TNI) testēšanu saskaņā ar LVS EN 13286-47. Ja TNI atbilst prasībām – veic tālāko projektēšanu, ja TNI neatbilst prasībām – tālāko grunts stabilizācijas projektēšanu ar šo saistvielas saturu neveic (ir vai nu jāpalielina saistvielas saturs, vai jāizvēlas cita saistviela vai piedevs, vai jāizvērtē kādu citu papildus pasākumu iekļaušana grunts uzlabošanai, vai jāatzīst grunti par nepiemērotu stabilizācijai). Prasības grunts un grunts-saistvielas maisījuma deklarējamajām īpašībām un TNI (6-1 tabula).

6-1 tabula. Prasības grunts un grunts-saistvielas maisījuma deklarējamajām īpašībām un TNI

Īpašība, mērvienība	Testēšanas metode	Atsauce uz LVS EN 14227-10	Kategorija	Prasība
Grunts granulometriskais sastāvs	LVS EN 933-1	4.3. punkts	-	≥ 95% zem 63mm sietā
Sastāvdaļu proporcijas	stabilizācijas projekts	-	-	<b>deklarē</b>
Optimālais ūdens saturs un tilpumsvars	LVS EN 13286-2	-	-	<b>deklarē</b>
Minimālais ūdens saturs	LVS EN 1097-5	7.1. punkts	<b>W<sub>0,90</sub></b>	ne mazāk kā 0,9 no optimālā ūdens satura
Tūlītējais nestspējas rādītājs (ja stabilizētā kārtā atrodas > 1 m no zemes klātnes virsmas)	LVS EN 13286-47	7.3. punkts	<b>IPI<sub>10</sub></b>	≥ 10 %
Tūlītējais nestspējas rādītājs (ja stabilizētā kārtā atrodas ≤ 1 m no zemes klātnes virsmas)	LVS EN 13286-47	7.3. punkts	<b>IPI<sub>15</sub></b>	≥ 15 %



6-5 attēls. TNi vai CBR testēšana



6-6 attēls. Saliekamā Proktora forma CBR testam



6-7 attēls. Paraugu mērcēšana ūdenī pirms CBR testa

Tālākajā grunts stabilizācijas projekta etapā sagatavo visus nepieciešamos paraugus testēšanai saskaņā ar LVS EN 13286-50 un LVS EN 13286-2. Paraugi no maisījumiem, kuru rupjās daļiņas  $D \leq 22,4$  mm sagatavojami Proktora A veidnē, paraugi no maisījumiem, kuru rupjās daļiņas  $D > 22,4$  mm sagatavojami Proktora B veidnē. Izņemot stabilizētā maisījuma paraugus tūlītējā nestspējas indeksa testēšanai, tie neatkarīgi no rupjo daļiņu  $D$  izmēra jā sagatavo Proktora B veidnē.

Katrai testējamajai īpašībai, t.sk. salizturības testam, izgatavojami vismaz 3 paralēli paraugi, izņemot tūlītējā nestspējas indeksa testēšanai var izgatavot vienu paraugu. Cementa vietā var lietot arī CHCS.

Ja grunti paredzēts stabilizēt ar cementu vai CHCS, sagatavo grunts – saistvielas – ūdens maisījumu un uzglabā 4 h laboratorijas telpā slēgtā traukā vai pārklātu ar mitru audumu (ja tiek lietoti kādi cietēšanas paātrinātāji vai palēlinātāji, šis uzglabāšanas laiks var būt atšķirīgs), pēc tam attiecīgi veic paraugu izgatavošanu pēc Proktora saskaņā ar LVS EN 13286-50.

Mālainām gruntīm papildus cementam var izmantot arī kaļķi. Šajā gadījumā kaļķi izmanto kā sākotnējo piedevu, lai uzlabotu grunts iestrādājamību, samazinot tās plastiskumu. Ieteicamais lietojamā kaļķa daudzums – 3-4 %.

Ja papildus cementam paredzēts izmantot arī kaļķi, tad grunts maisījums ar kaļķi un cementu jā sagatavo sekojoši: vispirms sagatavo grunts – kaļķa – ūdens maisījumu un uzglabā 24 h (ja izmanto dzēstu kaļķi, uzglabāšanas laiks var būt 4 h) laboratorijas telpā slēgtā traukā vai pārklātu ar mitru audumu. Pēc tam šo grunts – kaļķa maisījumu samaisa ar plānoto cementa daudzumu, ja nepieciešams, pievieno vēl ūdeni, un uzglabā 4 h laboratorijas telpā slēgtā traukā vai pārklātu ar mitru audumu, pēc tam attiecīgi veic paraugu izgatavošanu pēc Proktora saskaņā ar LVS EN 13286-50 un LVS EN 13286-2.



6-8 attēls. Sagatavoto grunts-saistvielas maisījuma paraugu uzglabāšana pēc samaisīšanas pirms paraugu izgatavošanas Proktora veidnē

Ar Proktora iekārtu izgatavotajiem paraugiem pirms to testēšanas jāļauj sacietēt, nodrošinot piemērotus cietēšanas (kondicionēšanas) apstākļus. Paraugu kopējais kondicionēšanas periods ir 28 dienas (neskaitot salizturības testiem nepieciešamo laiku). Nepieciešamības gadījumā ir pieļaujams kopējo kondicionēšanas periodu (neskaitot salizturības testiem nepieciešamo laiku) noteikt 7 dienas. Strīdu vai neskaidrību gadījumā kā atsauces cietēšanas periods pēc paraugu izgatavošanas pirms to testēšanas ir jālieto 28 dienas. Paraugu kondicionēšanas procedūra un secība:

- pēc izgatavošanas paraugi jākondicionē veidnē ( $20 \pm 2$ ) °C 1 dienu, tad jāatveidņo. Paraugu izņemšanu no veidnes var veikt arī tūlīt pēc izgatavošanas, ja paraugi ir pietiekami noturīgi un atveidņojot netiek bojāti;
- tad paraugi jāuzglabā 90 – 100 % mitrumā ( $20 \pm 2$ ) °C (90 – 100 % mitruma apstākļi būs nodrošināti paraugu cieši ietinot plastikāta iesaiņojumā un iegremdējot zem ūdens, vai arī pieļaujams novietot paraugus uz piemērota režģota paliktņa virs ūdens vannas un pārsegt ar mitrumu necaurlaidīgu plēvi). Šādas uzglabāšanas ilgums ir atkarīgs no stabilizētajai kārtai izvirzītajiem nosacījumiem:
  - ja paredzami normāli stabilizētās kārtas eksplataācijas apstākļi, tad 90 – 100 % mitrumā uzglabā 26 dienas (vai 27 – ja tika uzreiz atveidņoti);
  - ja paredzams, ka kārtas eksplataāciju ietekmēs paaugstināta mitruma iedarbība, tad 90 – 100 % mitrumā uzglabā 13 dienas (vai 14 – ja tika uzreiz atveidņoti);
- pēc tam paraugus atbrīvo no iesaiņojuma (ja tāds bija) un iegremdē ūdenī ( $20 \pm 2$ ) °C:
  - ja paredzami normāli stabilizētās kārtas eksplataācijas apstākļi, tad uz 24 h;
  - ja paredzams, ka kārtas eksplataāciju ietekmēs paaugstināta mitruma iedarbība, tad uz 14 dienām;
- ja paredzēta arī salizturības novērtēšana, tad paraugiem pēc to kondicionēšanas – kā aprakstīts iepriekš, veic paredzēto skaitu sasaldēšanas/atkausēšanas ciklus saskaņā ar LVS CEN/TS 12390-9 noteikto procedūru, lietojot 12 h sasaldēšanas/atkausēšanas grafiku (standarta LVS CEN/TS 12390-9 10. attēls).





6-9 attēls. Atveidnoti un kondicionēšanai 90-100 %mitrumā sagatavoti paraugi



6-10 attēls. Paraugu kondicionēšana ūdenī

Pēc stabilizēto paraugu kondicionēšanas jātestē paraugu spiedes stiprība (atsauces īpašība) un tai jāatbilst tālāk norādītajām prasībām (6-2 tabula).

6-2 tabula. Prasības spiedes stiprībai ar cementu vai kaļķi+cementu stabilizētai gruntij saskaņā ar LVS EN 14227-10 8.3.2. punktu

Stabilizētās kārtas dislokācija un režīms	Testēšanas metode	Īpašība	Kondicionēšanas režīms, kategorija, prasības	
			Normāla mitruma ekspluatācijas apstākļi	Paaugstināta mitruma ekspluatācijas apstākļi
Stabilizētā kārtā > 1 m no zemes klātnes virsmas	Paraugu kondicionēšanas režīms:		(27+1)*	(14+14)**
	LVS EN 13286-41	Spiedes stiprība	$C_{0,5} \geq 0,5 \text{ MPa}$	
Stabilizētā kārtā $\leq 1$ m no zemes klātnes virsmas:	Paraugu kondicionēšanas režīms:		(27+1)*	(14+14)**
	LVS CEN/TS 12390-9		+ 5 cikli***	+ 5 cikli***
$AADT_{j,smagie} \leq 500$	LVS EN 13286-41	Spiedes stiprība	$C_{0,5} \geq 0,5 \text{ MPa}$	
$AADT_{j,smagie} > 500$	LVS EN 13286-41	Spiedes stiprība	$C_1 \geq 1,0 \text{ MPa}$	

\* - paraugus kondicionē 27 dienas 90 – 100 % mitrumā un vienu dienu ūdenī vai 6 dienas krāsnī 40 °C un 24 h kapilāri piesūcinot

\*\* - paraugus kondicionē 14 dienas 90 – 100 % mitrumā un 14 dienas ūdenī

\*\*\* - pēc paraugu kondicionēšanas 28 dienas tie jāpakļauj 5 sasaldēšanas atkausēšanas cikliem



6-11 attēls. Spiedes stiprības testēšana

## 6.2 Stabilizācijas ar kaļķi projektēšana laboratorijā

Stabilizācijai ar kaļķi piemērotas būs plastiskas mālainas grunts. Lai noteiktu minimālo kaļķa daudzumu, kāds būs nepieciešams, lai grunti stabilizētu, jātestē grunts un kaļķa maisījumu pH līmenis. Ir jāatrod, ar kādu kaļķa saturu pH ir 12,4. Šis būs gruntij nepieciešamais minimālais pievienojamais kaļķa daudzums.



6-12 attēls. Ar dažādu kaļķa saturu sagatavota grunts pH līmeņa testēšanai

Lai paātrinātu projekta izstrādi, ieteicams uzreiz plānot un veikt paraugu sagatavošanu ar vismaz 2 vai 3 atšķirīgiem kaļķa daudzumiem.

Atkarībā no pH testēšanas rezultātiem izvēlas laboratorijas maisījumiem pievienojamo kaļķa daudzumu. Sagatavo grunts maisījumu ar izvēlēto vidējo kaļķa daudzumu un testē grunts un saistvielas maisījuma Proktora īpašības – optimālais ūdens saturs un tilpumsvars saskaņā ar LVS EN 13286-2. Sagatavojot šīs grunts paraugus ar nedaudz atšķirīgu kaļķa saturu, ir pieļaujams lietot ar vidējo kaļķa saturu iegūto pievienojamo optimālo ūdens saturu. Ja plānots ļoti atšķirīgs pievienojamā kaļķa daudzums, tad Proktora īpašības jātestē grunts maisījumam ar katru izvēlēto kaļķa daudzumu.

Pēc tam sagatavo grunts – kaļķa maisījumus un veic to tūlītējās nestspējas indeksa (TNI) testēšanu saskaņā ar LVS EN 13286-47. Ja TNI atbilst prasībām – veic tālāko projektēšanu, ja TNI neatbilst prasībām – tālāko grunts stabilizācijas projektēšanu ar šo kaļķa saturu neveic (ir vai nu jāpalielina kaļķa saturs, vai jāizvēlas cita saistviela vai piedeva, vai jāizvērtē kādu citu papildus pasākumu iekļaušana grunts uzlabošanai, vai jāatzīst grunti par nepiemērotu stabilizācijai). Prasības grunts un grunts-kaļķa maisījuma deklarējamajām īpašībām un TNI - 6-3 tabula.

Ar dzēstu kaļķi sagatavots grunts maisījums pēc samaisīšanas jāuzglabā 4 h, bet ar nedzēstu kaļķi sagatavots grunts maisījums pēc samaisīšanas jāuzglabā 24 h laboratorijas telpā slēgtā traukā vai pārklāts ar mitru audumu, pēc tam attiecīgi veicot paraugu izgatavošanu pēc Proktora saskaņā ar LVS EN 13286-50. Katrai testējamajai īpašībai, t.sk. salizturības testam, izgatavojami vismaz 3 paralēli paraugi, izņemot tūlītējā nestspējas indeksa testēšanai var izgatavot vienu paraugu.

6-3 tabula. Prasības grunts un grunts-kaļķa maisījuma deklarējamajām īpašībām un TNI

Īpašība, mērvienība	Testēšanas metode	Atsauce uz LVS EN 14227-11	Kategorija	Prasība
Grunts īpašības: - granulometriskais sastāvs - plastiskuma rādītāji	LVS EN 933-1 LVS EN ISO/TS 17892-12	4.3. punkts	-	gruntij jābūt piemērotai stabilizācijai ar kaļķi – deklarē
Sastāvdaļu proporcijas	stabilizācijas projekts	-	-	<b>deklarē</b>
Optimālais ūdens saturs un tilpumsvars	LVS EN 13286-2	-	-	<b>deklarē</b>
Minimālais ūdens saturs	LVS EN 1097-5	6.2. punkts	<b>W<sub>0,90</sub></b>	ne mazāk kā 0,9 no optimālā ūdens satura
Tūlītējais nestspējas rādītājs (ja stabilizētā kārtā atrodas > 1 m no zemes klātnes virsmas)	LVS EN 13286-47	6.3. punkts	<b>IPI<sub>10</sub></b>	<b>≥ 10 %</b>
Tūlītējais nestspējas rādītājs (ja stabilizētā kārtā atrodas ≤ 1 m no zemes klātnes virsmas)	LVS EN 13286-47	6.3. punkts	<b>IPI<sub>15</sub></b>	<b>≥ 15 %</b>

Tālākajā grunts stabilizācijas projekta etapā sagatavo visus nepieciešamos paraugus testēšanai saskaņā ar LVS EN 13286-50 un LVS EN 13286-2. Paraugi no maisījumiem, kuru rupjās daļiņas  $D \leq 22,4$  mm sagatavojami Proktora A veidnē, paraugi no maisījumiem, kuru rupjās daļiņas  $D > 22,4$  mm sagatavojami Proktora B veidnē. Izņemot stabilizētā maisījuma paraugus tūlītējā nestspējas indeksa testēšanai, tie neatkarīgi no rupjo daļiņu  $D$  izmēra jāgatavo Proktora B veidnē.

Ar Proktora iekārtu izgatavotajiem paraugiem pirms to testēšanas jāļauj sacietēt, nodrošinot piemērotus cietēšanas (kondicionēšanas) apstākļus. Paraugu kopējais kondicionēšanas periods (neskaitot salizturības testiem nepieciešamo laiku) ir 28 dienas. Nepieciešamības gadījumā ir pieļaujams kondicionēšanu periodu (neskaitot salizturības testiem nepieciešamo laiku) realizēt krāsnī  $40^{\circ}\text{C}$  7 dienas. Paraugu kondicionēšanas procedūra un secība:

- pēc izgatavošanas paraugi jākondicionē veidnē  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  1 dienu, tad jāatveidņo. Paraugu izņemšanu no veidnes var veikt arī tūlīt pēc izgatavošanas, ja paraugi ir pietiekami noturīgi un atveidņojot netiek bojāti;
- tad paraugi jāuzglabā 90 – 100 % mitrumā  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  (90 – 100 % mitruma apstākļi būs nodrošināti paraugu cieši ietinot plastikāta iesaiņojumā un iegremdējot zem ūdens, vai arī pieļaujams novietot paraugus uz piemērota režģota paliktņa virs ūdens vannas un pārsedzot ar mitrumu necaurlaidīgu plēvi). Šādas uzglabāšanas ilgums ir 26 dienas (vai 27 – ja tika uzreiz atveidņoti). Vai arī paraugi blīvā plastikāta iesaiņojumā jāievieto krāsnī  $40^{\circ}\text{C}$  uz 7 dienām;
- pēc tam paraugus atbrīvo no iesaiņojuma (ja tāds bija), ietin mitrā audumā un kapilāri piesūcina  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  24 h (paraugus novieto uz poraina akmens, ūdens līmenim ir jābūt līdz akmens virsmai un kontaktā ar iesaiņojumu, bet ūdens nedrīkst būt tiešā kontaktā ar paraugu);
- ja paredzēta arī salizturības novērtēšana, tad paraugiem veic paredzēto skaitu sasaldēšanas/atkausēšanas ciklus saskaņā ar LVS CEN/TS 12390-9 noteikto procedūru, lietojot 12 h sasaldēšanas/atkausēšanas grafiku (standarta LVS CEN/TS 12390-9 10. attēls).



6-13 attēls. Paraugu kondicionēšana krāsnī 40 °C



6-14 attēls. Paraugu kapilāra piesūcināšana 24 h

Pēc stabilizēto paraugu kondicionēšanas jātestē paraugu spiedes stiprība (atsauces īpašība) un tai jāatbilst tālāk norādītajām prasībām (6-4 tabula).

6-4 tabula. Prasības spiedes stiprībai ar kaļķi stabilizētai gruntij saskaņā ar LVS EN 14227-11 6.5.3. punktu

Stabilizētās kārtas dislokācija un režīms	Testēšanas metode	Īpašība	Kondicionēšanas režīms, kategorija, prasības
Stabilizētā kārtā > 1 m no zemes klātnes virsmas	Paraugu kondicionēšanas režīms:		<b>(27+1) vai (7+1) 40 °C*</b>
	LVS EN 13286-41	Spiedes stiprība	$C_{0,2}$ <b>≥ 0,2 MPa</b>
Stabilizētā kārtā ≤ 1 m no zemes klātnes virsmas:	Paraugu kondicionēšanas režīms:		<b>(27+1) vai (7+1) 40 °C*</b>
	LVS CEN/TS 12390-9		<b>+ 5 cikli**</b>
$AADT_{j,smagie} \leq 500$	LVS EN 13286-41	Spiedes stiprība	$C_{0,2}$ <b>≥ 0,2 MPa</b>
$AADT_{j,smagie} > 500$	LVS EN 13286-41	Spiedes stiprība	$C_{0,5}$ <b>≥ 0,5 MPa</b>

\* - paraugus kondicionē 27 dienas 90 – 100 % mitrumā un vienu dienu ūdenī vai 6 dienas krāsnī 40 °C un 24 h kapilāri piesūcinot

\*\* - pēc paraugu kondicionēšanas tie jāpakļauj 5 sasaldēšanas-atkausēšanas cikliem

### 6.3 Grunts īpašību uzlabošanas ar citu grunti

Esošās grunts īpašības var paredzēt uzlabot arī esošajā vājajā vai neatbilstošajā gruntī, iemaisot citu labāku grunti, tādējādi nodrošinot prasībām atbilstošu zemes klātnes konstrukciju.

Par lietošanai izvērtējamu šo metodi var izskatīt, ja grunts nestspējas rādītāji ir nedaudz zemāki par vēlamajiem, piemēram, grunts CBR ir ap 30 – 35 % nepieciešamo 45 % vietā, vai attiecīgi ap 6 – 7 % nepieciešamo 8 % vietā.

Vispirms veic esošās grunts testēšanu (granulometriskais sastāvs, CBR vai  $E_{v2}$ , esošais mitrums, organisko daļiņu saturs, plastiskuma rādītāji) un testē no jauna pievienojamās grunts īpašības: granulometrisku sastāvu un CBR, ja nepieciešams arī citas īpašības. Ja pievienojamās grunts īpašības ir labākas nekā esošās vājās grunts īpašības, tad sagatavo pastiprināmās un pievienojamās grunts maisījumu. Proporcijas nosaka atkarībā no esošās un pievienojamās grunts īpašību atšķirības, kā arī aprēķina potenciālo jaunā maisījuma granulometrisku sastāvu. Parasti, ja nav iepriekšēju iestrādņu, racionāli sākt ar grunšu maisījumu 50/50.

Tad testē grunšu maisījuma optimālo mitrumu un Proktora blīvumu, un izgatavo paraugus CBR testēšanai.

Testē CBR un novērtē iegūtos rezultātus; grunšu maisījums, kurš nodrošina atbilstošas CBR vērtības, var tikt paredzēts lietošanai zemes klātnes būvniecībā.

Uzsākot būvniecību vispirms jāuzbūvē izmēģinājuma posms, kurā iespējama elastības moduļa  $E_{v2}$  testēšana ar statisko plātni. Pēc atbilstošu  $E_{v2}$  vērtību iegūšanas šāds projektētais grunts pastiprināšanas risinājums, iemaisot esošajā vājajā gruntī jaunu, labāku grunti var tikt akceptēts tālākai izmantošanai zemes klātnes būvniecībā.

Ja šādi samaisot konkrētās gruntis, neizdodas iegūt prasībām atbilstošas CBR vai  $E_{v2}$  vērtības, tad izskata iespējas lietot citu pievienojamo grunti vai veikt vājās grunts vai samaisīto grunšu, stabilizāciju, vai nomainīt vājo grunti ar citu – prasības apmierinošu grunti.

## 7 Grunšu stabilizācijas būvdarbi

Grunts stabilizācijas mērķis ir uzlabot esošās grunts īpašības, lai nodrošinātu augstāku noturību pret klimata iedarbību un ceļa slodzēm. Līdz ar to ir svarīgi, lai stabilizācija process tiktu veikts pienācīgi un labā kvalitātē, jo tikai tad būs nodrošināta uzbūvētā autoceļa drošība, kalpotspēja un ilgmūžība.

Vieni no galvenajiem faktoriem, kas ietekmē autoceļa ilgmūžību, ir tas, ka ar mazākiem finansiāliem ieguldījumiem tas kļūst īpaši noturīgs pret meteoroloģiskiem apstākļiem un tam ir paaugstinājusies noturība pret deformācijām.

Grunts stabilizācijas tehnoloģiskā procesa laikā paaugstinās grunts daļiņu savstarpējā sasaiste, kā arī iekšējā berze. Jo augstāka ir grunts iekšējā berze, jo rezultātā labāka ir sasaistes spēja starp grunts daļiņām. Galarezultātā tiek sasniegta lielāka grunts noturība pret deformācijām. Daļiņu sasaistes spēja ir atkarīga no grunts tipa un veiksmīgas stabilizācijas saistvielas un tās daudzuma izvēles. Ja kļūdaini tiks veikts stabilizācijas sastāva projekts vai arī nepienācīgi tiks veikti grunts stabilizācijas darbi būvobjektā, netiks nesasniegta pietiekama grunts daļiņu iekšējā berze. Rezultātā klimatisko faktoru vai transporta slodžu ietekmē ceļa konstrukcija var tikt deformēta, kas negatīvi ietekmēs autoceļa kalpotspēju, ilgmūžību un drošību.

Grunts stabilizācijas tehnoloģiskais process ietver sekojošas galvenās procedūras:

- Esošās grunts profilēšana;
- Esošās grunts pārmaisīšana, smalcināšana;
- Saistvielas dozēšana;
- Grunts mitrināšana līdz optimālam mitrumam;
- Grunts samaisīšana ar saistvielu;
- Grunts sablīvēšana;
- Stabilizētās kārtas kopšana līdz tā sasniedz nepieciešamos parametrus.

Veiksmīgai stabilizācijas tehnoloģiskā procesa realizācijai jāpievērš uzmanība sekojošiem faktoriem:

- Meteoroloģiskie apstākļi darbu veikšanas laikā – laika apstākļiem jābūt bez nokrišņiem, bet gaisa temperatūra nedrīkst zemāka par  $0^{\circ}\text{C}$  (ieteicamā  $\geq +5^{\circ}\text{C}$ ).
- Darbu izpildi nedrīkst plānot un veikt stipru lietusgāžu laikā, bet, ja stabilizācija un blīvēšana jau ir veikta, tad neliels nokrišņu daudzums tūlīt pēc tam neietekmēs rezultātu, tas kompensēs no kārtas virsmas iztvaikojošo mitrumu, līdz ar to nebūs nepieciešama kārtas virsmas mitrināšana profilēšanas un blīvēšanas laikā vai kopšanas periodā, kā rezultātā bez materiāliem ieguldījumiem un darba samazināsies risks rasties rukuma plaisām stabilizētajā kārtā.
- Vieni no galvenajiem faktoriem stabilizācijas procesa laikā ir precīza saistvielas dozācija un stabilizētā maisījuma optimālā ūdens satura nodrošināšana. Īpaši svarīgi tas ir tādā gadījumā, ja kā saistvielu izmanto cementu.



Lai darbu veiktu kvalitatīvi, ar saprātīgām izmaksām, svarīgi ir izvēlēties atbilstošu un konkrētajiem apstākļiem piemērotu tehniku un iekārtas. Ieteicams izmantot grunts stabilizatorus (reciklerus), kuri ir konstruēti tieši šādam mērķim. Grunts, neatkarīgi no pielietotās saistvielas, ir rūpīgi jāsamaisa, jo reciklera samaisīšanas cilindri ir dažādi, piemēram, asfalta frēzes cilindriem zobu skaits, tips un to izvietojums ir atšķirīgs. Lai par to pārliecinātos, var vizuāli novērtēt un salīdzināt samaisītās grunts daļiņu izmēru un krāsu. Pasaulē ir pieejama dažāda grunts stabilizācijas tehnika – gan uzkarināmi stabilizācijas agregāti, gan speciālie grunts stabilizatori ar visām nepieciešamajām dozācijas ierīcēm, bet katrā konkrētajā gadījumā ir jāizvērtē pieejamās iespējas un jāsalāgo tās ar vēlmēm vislabākajā iespējamajā racionālajā risinājumā. Tehnikas izvēlē galvenā vērība ir jāpievērš sekojošajam:

- Kādā dziļumā tā var veikt grunts stabilizāciju, kāda ir iekārtas ražība;
- Vai ar konkrēto tehniku grunts stabilizāciju iespējams veikt vienā pārgājienā, ja to pieļauj darbu izpildes vieta un stabilizācijas projekta vai būvprojekta nosacījumi darba procesam;
- Vai un kādu piedevu, arī ūdens, dozācija ir iespējama, dozācijas precizitāte, automatizācija u.tml.
- Vai tehnika un iekārtas ir aprīkotas, vai ir iespējams aprīkot ar datorizētu darba orgānu vai procesu vadību un automātiskās kontroles un uzskaites sistēmām.

Īpaša vērība jāvelta arī darbinieku apmācībai – gan tehniski pareizi rīkoties ar tehniku, gan arī orientēties darba izpildes kopējos tehnoloģiskajos procesos, apzināties būtiskos faktorus un to nozīmīgumu galarezultāta augstas kvalitātes nodrošināšanā.

## 7.1 Vispārīgi

Pirms stabilizēšanas darbu uzsākšanas ir jāizlīdzina stabilizējamās grunts virsma. Ja ir nepieciešams, jāpieved un jāiestrādā papildus paredzētie materiāli.

Stabilizējot grunti ar cementu, saistvielas iestrāde jāveic vienā tvērienā. Cementa iestrādes laiks no brīža, kad cements ir saskāries ar stabilizējamo grunti, līdz kārtas sablīvēšanas beigām nedrīkst pārsniegt 4 h, izņēmuma gadījumos iestrādes laiks var tikt palielināts, bet nedrīkst pārsniegt 8 h (ja tiek lietoti kādi cietēšanas paātrinātāji vai palēlinātāji iestrādes laiks attiecīgi var tikt noteikts atšķirīgs). Pārsniedzot šo laiku, jāveic atkārtota cementa pievienošana - ja 24 h laikā, tad no jauna pievienojamā cementa daudzums 50 % no projektētā, ja vēlāk, tad no jauna jāpievieno viss projektētais cementa daudzums. Līdz ar to ļoti rūpīgi un detāli jāizstrādā stabilizēšanas darbu norises tehnoloģiskais process.

Stabilizējot grunti ar kaļķi un cementu saistvielu iestrāde jāveic 2 tvērienos: pirmajā tvērienā jāiestrādā kaļķis (ieteicamais iestrādes laiks līdz 24 h), otrajā tvērienā (ieteicams ne vēlāk kā 7 dienu laikā pēc kaļķa iestrādes) – cements.

Stabilizējot grunti ar kaļķi, kaļķa iestrāde var tikt realizēta vienā vai divos tvērienos. Divos tvērienos iestrāde var būt nepieciešama gruntīs, kuras ir ļoti smagi safrēzēt (pārmaisīt). Šādā gadījumā otrs tvēriens izpildāms 2 - 3 dienas pēc pirmā tvēriena.

Darbu izpildes laikā jānodrošina pietiekama ūdens daudzuma pievienošana, lai nodrošinātu maisījuma ūdens saturu tuvu optimālajam. Nepieciešamais ūdens daudzums jāpievieno pirms samaisīšanas vai samaisīšanas laikā. Ja pēc samaisīšanas tiek konstatēts, ka ūdens daudzums ir nepietiekams, tad jāveic atkārtota pārmaisīšana, pievienojot ūdeni, ievērojot saistvielu iestrādei gruntī šajā rokasgrāmatā noteiktos laika limitus.

Stabilizētās kārtas sablīvēšanas procesu ieteicams pabeigt, izsmidzinot uz stabilizētās kārtas virsmas nelielu ūdens daudzumu un blīvējot ar pneimoriteņu veltni.

Pēc kārtas stabilizēšanas darbu pabeigšanas tā jāpasargā no strauja mitruma zuduma. Ja nepieciešams, jāveic regulāra stabilizētās kārtas virsmas laistīšana ar ūdeni, lai to uzturētu mitru.

Pēc stabilizēšanas darbu pabeigšanas jānodrošina stabilizētās kārtas vismaz 7 dienu "miera" periods, kura laikā stabilizētā kārta netiek pakļauta transporta slodzēm. "Miera" periods nav nepieciešams, ja nākamās diennakts laikā pēc stabilizēšanas darbu pabeigšanas tiek uzbūvēta nosedzošā kārta.

Jāņem vērā, ka ar hidrauliskajām saistvielām (īpaši ar kaļķi) stabilizētās kārtas noformējas ilgā laika periodā, kas var aizņemt no 1 līdz pat 3 mēnešiem. Tā kā stabilizētā kārta savas īpašības un konstruktīvo nestspēju neiegūst uzreiz, tad nestspēju vai stiprību raksturojošu mērījumu izdarīšana neilgi pēc stabilizēšanas darbu pabeigšanas būs zemāki un neatspoguļos rezultātus, kādi tie būs, kad stabilizētā kārta būs pilnībā noformējusies.

## 7.2 Būvdarbu izpilde

Cementu kā stabilizācijas aģentu galvenokārt izmanto smilšainu un putekļainu grunšu stabilizācijai. Kaļķi izmanto mālainu grunšu stabilizācijai. Savukārt jauktām gruntīm racionāli var izrādīties kā saistvielu vienlaicīgi lietot kaļķi un cementu.

Pirms būvdarbu sākšanas jābūt izstrādātam grunts stabilizācijas sastāva projektam. Atbildīgajiem par būvdarbu izpildi ir jāiepazītas ar šo projektu, jāveic pienācīga būvdarbu izpildes tehnoloģiskā plāna izstrāde, kā arī lietojamās saistvielas un izmantojamo papildus materiālu (ja tādi ir) izlietojuma daudzumu un iestrādes normu aprēķini.

Cementam jāatbilst LVS EN 197-1 prasībām.

Kaļķim jāatbilst LVS EN 459-1 prasībām.

Būvdarbu izpildi nosacīti var iedalīt tijos tehnoloģiskajos etapos.

Pirmajā etapā veic sagatavošanas darbus – šis etaps nav tieši tehnoloģiski saistīts ar pārējiem diviem etapiem, turklāt atkarībā no projekta iecerēm pirmā etapa darbietilpība un saturs katrā objektā var būt ļoti atšķirīgs. Tāpēc pirmais etaps var tikt plānots un izpildīts neatkarīgi no tā kad tiks veikti grunts stabilizācijas darbi.

Otrajā tehnoloģiskajā etapā veic grunts un saistvielas samaisīšanu, kā arī sablīvēšanu. Šajā etapā jāievēro noteikto darbu izpildes laiku pēc saistvielas izbēršanas (iemiesīšanas).

Trešais tehnoloģiskais etaps ietver pienācīgu stabilizētās kārtas cietēšanas procesa nodrošināšanu, vai nu kopjot stabilizēto virsmu, neļaujot tai pārlietu zaudēt mitrumu (laistot), vai arī plānojot uzbūvēt nosedzošo kārtu, kas arī ļaus saglabāt stabilizētajā kārtā tās cietēšanai nepieciešamo mitruma saturu.

### Pirmais tehnoloģiskais etaps.

Pirmajā tehnoloģiskā procesa etapā jāveic visus nepieciešamos sagatavošanas darbus:

- Stabilizācijai paredzētās teritorijas sagatavošana (ierakuma vai/un uzbūruma izstrāde, apauguma un dzīvās augu zemes novākšana, esošo konstrukciju demontāža u.tml.), ja nepieciešams, profilēšana un blīvēšana.
- Ja nepieciešams (atbilstoši projektam), jauna materiāla pievienošana, to izkliedējot vienmērīgi pa visu apstrādei paredzēto teritoriju.

### Otrais tehnoloģiskais etaps.

Pēc tam kad stabilizācijai paredzētā teritorija ir sagatavota, ir pārbaudītas sagatavotās virsmas augstuma atzīmes un ģeometriskie parametri (novietojums plānā, garums, platums, šķērsprofili u.c.) atbilstoši konkrētajām būvprojekta prasībām, otrajā tehnoloģiskā procesa etapā veic grunts stabilizācijas darbus, kuri, atkarībā no lietotās saistvielas vai to kombinācijas un lietotās tehnikas, var sastāvēt no dažādām metodēm:

- Metode Nr.1 (stabilizācija, ūdeni un saistvielu pievienojot atsevišķi):
  - ja nepieciešams, grunts iepriekš jāmitrina (Latvijas apstākļos, ļoti bieži var gadīties, ka ūdens daudzums gruntī ir pārāk liels, tad grunts pirms stabilizācijas darbu izpildes ir vai nu jāžāvē, vai arī gruntī var iemaisīt (papildus) kaļķi), lai nodrošinātu stabilizētā maisījuma optimālo mitrumu;

- tiek vienmērīgi izklidēta saistviela (kaļķis vai cements) atbilstoši noteiktai (aprēķinātai) patēriņa normai;
  - nekavējoties pēc tam tiek veikta saistvielas un grunts samaisīšana projektētajā dziļumā, izmantojot speciālu grunts stabilizēšanai paredzētu tehniku – recikleri;
  - noslēgumā jāveic stabilizētās grunts profilēšana un gala sablīvēšana, kas ir jāuzsāk nekavējoties pēc saistvielas iemaisīšanas gruntī.
- Metode Nr.2 (stabilizācija, saistvielu pievienojot atsevišķi):
    - tiek vienmērīgi izklidēta saistviela (kaļķis vai cements) atbilstoši noteiktai (aprēķinātai) patēriņa normai;
    - nekavējoties pēc tam tiek veikta saistvielas, grunts un nepieciešamā ūdens (ūdens tiek pievienots tieši reciklera maisītājā) samaisīšana projektētajā dziļumā, izmantojot speciālu grunts stabilizēšanai paredzētu tehniku – recikleri;
    - noslēgumā jāveic stabilizētās grunts profilēšana un gala sablīvēšana, kas ir jāuzsāk nekavējoties pēc saistvielas iemaisīšanas gruntī.
  - Metode Nr.3 (stabilizācija, kad ūdeni un saistvielu pievieno ar recikleru):
    - ūdens un saistviela tiek pievienoti tieši reciklera maisītājā, kā arī reciklers veic samaisīšanu projektētajā dziļumā;
    - noslēgumā jāveic stabilizētās grunts profilēšana un gala sablīvēšana, kas ir jāuzsāk nekavējoties pēc saistvielas iemaisīšanas gruntī.
  - Metode Nr.4 (stabilizācija ar kaļķi un cementu):
    - vispirms pilnībā veic kaļķa iestrādi atbilstoši Metodei Nr.1; Nr.2 vai Nr.3;
    - pēc tam veic cementa iestrādi atbilstoši Metodei Nr.1, Nr.2 vai Nr.3.
  - Metode Nr.5 (ja paredzēts pievienot papildus jaunu minerālo materiālu):
    - pieved, izlīdzina un sablīvē jauno papildus materiālu;
    - ar pirmo reciklera gājienu veic grunts un no jauna pievienotā materiāla samaisīšanu un sablīvēšanu;
    - pēc tam tiek realizēta stabilizācijas procedūra atbilstoši Metodei Nr.1, Nr.2, Nr.3 vai Nr.4.

#### **Trešais tehnoloģiskais etaps.**

Trešajā tehnoloģiskajā etapā ir jānodrošina stabilizētās kārtas virsmas kopšana, vismaz 7 dienas pēc uzbūvēšanas to regulāri mitrinot vai izolējot, vai arī jāuzbūvē nosedzošā kārtā.

Virs stabilizētās kārtas var plānot operatīvi (nākamajā dienā) būvēt arī nākošo nosedzošo konstruktīvo kārtu, tādējādi aizsargājot jau stabilizēto kārtu no pārlietu strauja mitruma zaudēšanas tās cietēšanas sākumposmā. Atklāt satiksmes kustību pa stabilizētās kārtas nosedzošo kārtu nedrīkst ātrāk kā pēc 7 dienām pēc stabilizācijas darbu pabeigšanas.

Tālāk doti grunts stabilizācijas darba procesu raksturojoši fotoattēli.



7-15 attēls. Saistvielas izbēršana uz stabilizējamās grunts



7-16 attēls. Saistvielas iemaisīšana ar recikleru, vienlaicīgi pievienojot ūdeni



7-17 attēls. Stabilizētās kārtas profilēšana



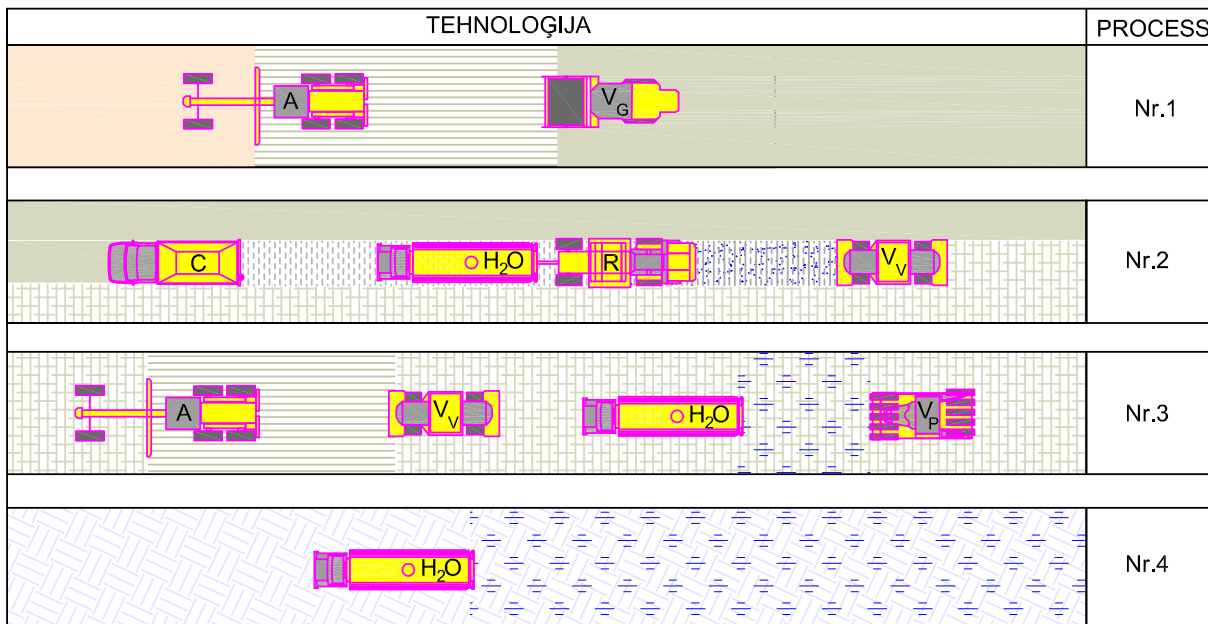
7-18 attēls. Stabilizētās kārtas sablīvēšana

Svarīgākais kam jāpievērš uzmanība grunts stabilizācijas būvdarbu izpildes laikā:

- Grunts stabilizācijas būvdarbu veikšana jāplāno savlaicīgi, t.i., vēlams vismaz 1 mēnesi pirms sala iestāšanās, ja stabilizē ar cementu vai ar kaļķi un cementu.
- Stabilizēt ar kaļķi var arī vēlu rudenī, bet jārēķinās, ka, ja tikko uzbūvētā kārtā tiks pakļauta sala iedarbībai, tiks izjaukta tās struktūra, ko var izlabot pavasarī atkārtoti pārmaisot un sablīvējot no jauna ar kaļķi stabilizēto kārtu, bet līdz ar to stabilizējot vēlu rudenī nedrīkst plānot nosedzošo kārtu būvēšanu. Lai virs ar kaļķi stabilizētas kārtas būvētu nosedzošo kārtu, ieteicams stabilizācijas darbus plānot pabeigt vismaz 2 mēnešus pirms sala iestāšanās, jo ar kaļķi stabilizētas grunts kārtas noformēšanās, kamēr tā sasniedz savas optimālās īpašības, ir ilgstoša.
- Ļoti svarīgi ir pienācīgi atrisināt ūdens atvadi no stabilizētajām kārtām arī jau būvojkta izbūves stadijā, kad stabilizācijas darbi tiek uzsākti.
- Jāuzrauga un jāmonitorē grunts mitrums, tam jābūt tuvu optimālajam vai nedaudz ( $\leq 2$  masas %) zemākam.
- Visa darba procesa ieteicamais ilgums no cementa izkaisīšanas un iemaisīšanas gruntī līdz beigu sablīvēšanai ir maksimums 2,0 h, ja gaisa temperatūra ir līdz 20 °C, un maksimums 1,5 h, ja gaisa temperatūra ir lielāka par 20 °C. Maksimālais samaisīšanas, profilēšanas un blīvēšanas laiks nedrīkst pārsniegt 4 h.
- Cementa reakcijas laiks no tā iestrādes (saskares ar ūdeni) brīža ir 1 h (CEM III tas ir 2 h).
- Jākontrolē grunts sablīvējuma pakāpe, darba gaitā izmantojot operatīvās mēriekārtas, kuras ieteicams aprīkot ar datu uzskaites un koordināšu noteikšanas sistēmu. Sablīvējums ir viens no būtiskākajiem faktoriem konstrukcijas ilgmūžības nodrošināšanai. No grunts mitruma satura būs atkarīgs kāds būs nepieciešamais veltnu pārgājienu skaits, lai iegūtu nepieciešamo sablīvējuma pakāpi. Ar saistvielām stabilizētu grunšu blīvēšanai obligāti ir jāizmanto arī vibroveltni. Atsevišķos gadījumos, lai sasniegtu nepieciešamo sablīvējumu var būt nepieciešamai veltni ar dūru valci. Lai iegūtu pēc iespējas saistītu un izolētu stabilizētās kārtas virsmu, kā pēdējo ieteicams lietot pneimoveltni.
- Jākontrolē pievienojamo komponentu daudzums, augstuma atzīmes un profils.

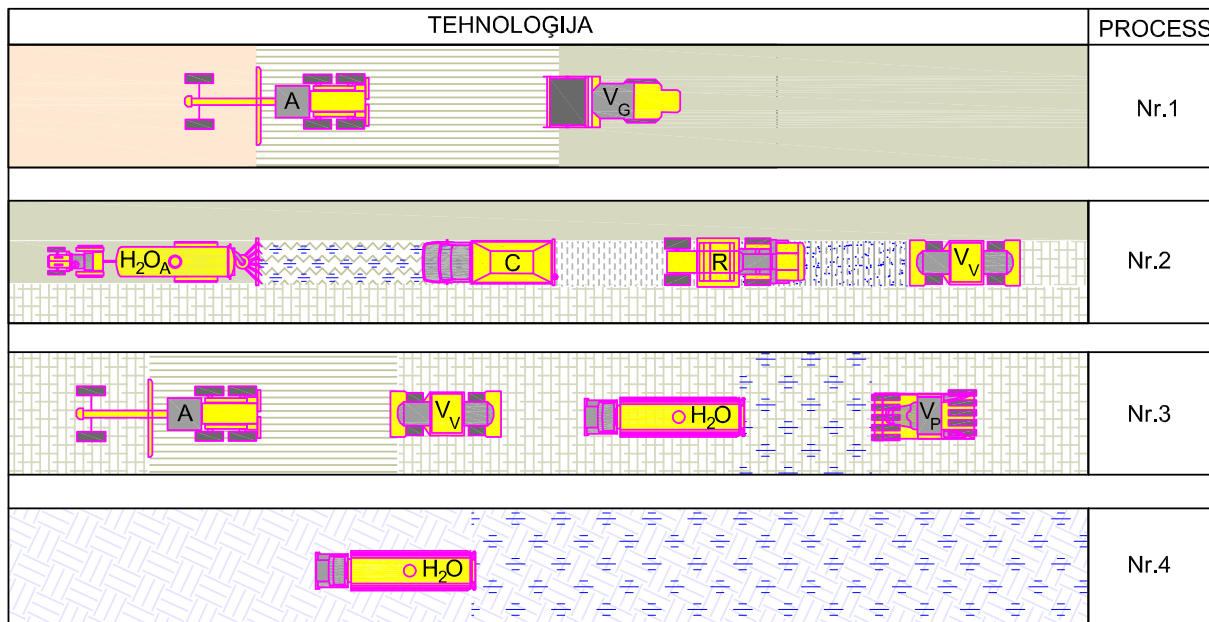
Stabilizētas grunts intensīvākais cietēšanas laiks ir pirmās 3 - 7 dienas pēc stabilizācijas darbu izpildes, tāpēc, lai netiktu traucēts sākotnējās cietēšanas process, stabilizētās kārtas virsma ir jāuztur mitra, nodrošinot regulāru virsmas mitrināšanu ar ūdeni vai apstrādājot ar emulsiju un sīkšķembām (fr. 2/5mm), bet tas nav jādara, ja uz stabilizētās kārtas nekavējoties tiek būvēta pietiekama biezuma nākošā konstruktīvā kārtā.

7-1 zīmējums un 7-2 zīmējums attēlo ieteicamo tehnoloģisko procesu, ja kā saistvielu grunts stabilizācijai izmanto cementu vai kaļķi. 7-3 zīmējums attēlo ieteicamo tehnoloģisko procesu, ja kā saistvielu grunts stabilizācija izmanto kaļķi un cementu.



Nr.	PROCESS	TEHNIKA		TEHNIKAS APZĪMĒJUMS
			Reciklers	
1	Grunts virsmas noprolifēšana un pieblīvēšana		Reciklers	R
2	Cementa izbērsšana		Cementa/ kaļķa izklieģētājs	C
	Ūdens pievienošana un samaisīšana vajadzīgajā dziļumā, pieblīvēšana		Autogreiders	A
3	Profilēšana, mitrināšana, sablīvēšana		Grunts veltnis	V <sub>G</sub>
			Valču veltnis	V <sub>V</sub>
4	Kopšana, laistot virsmu ar ūdeni		Pneimo veltnis	V <sub>P</sub>
			Ūdens cisterna	H <sub>2</sub> O

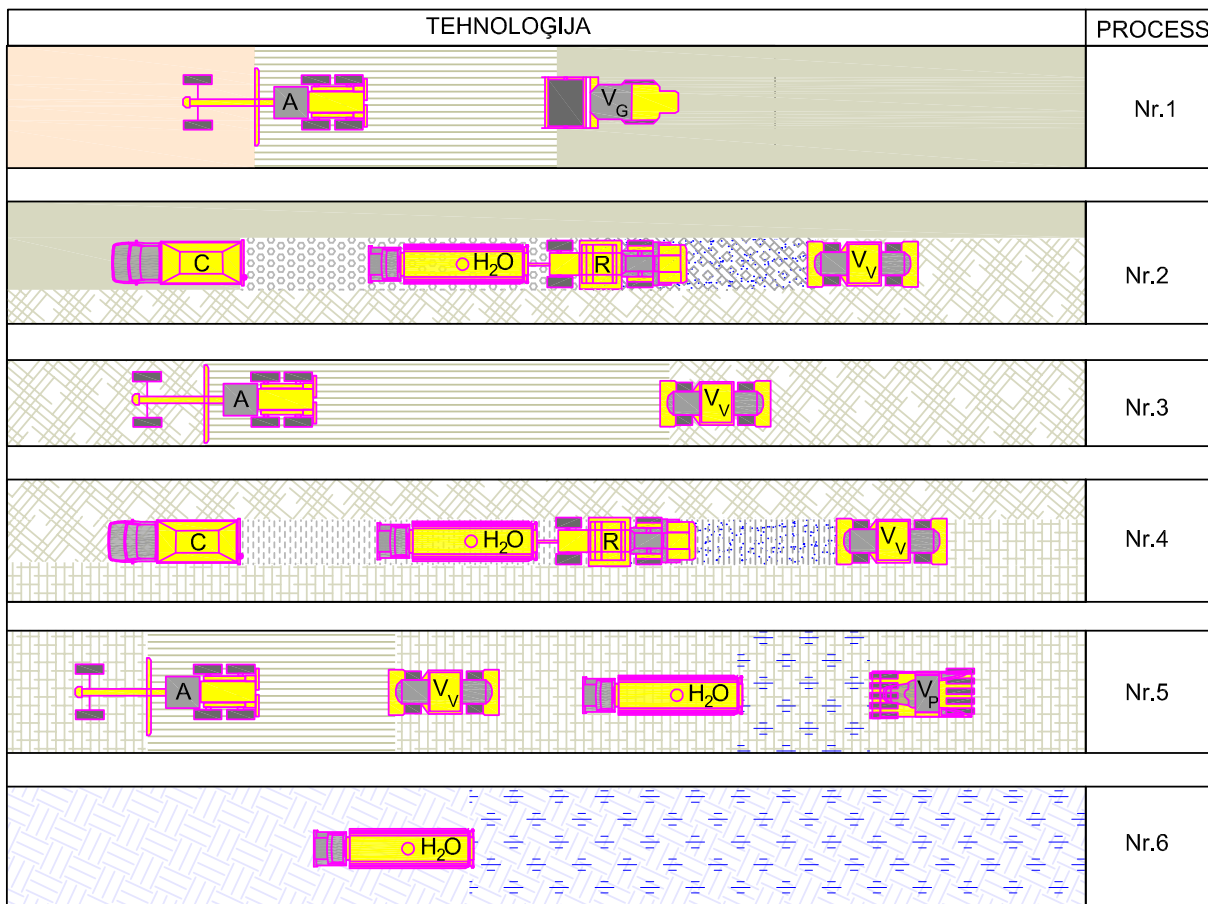
7-1 zīmējums. Tehnoloģiskais process stabilizējot grunti ar cementu vai kaļķi



Nr.	PROCESS	TEHNIKA		TEHNIKAS APZĪMĒJUMS
		TEHNIKA	TEHNIKA	
			Reciklers	R
			Cementa/ kaļķa izklieģētājs	C
			Autogreiders	A
			Grunts veltnis	V <sub>G</sub>
			Valču veltnis	V <sub>V</sub>
			Pneimo veltnis	V <sub>P</sub>
			Ūdens cisterna	H <sub>2</sub> O
			Ūdens cisterna ar arkliem	H <sub>2</sub> O <sub>A</sub>

7-2 zīmējums. Tehnoloģiskais process stabilizējot grunti ar cementu vai kaļķi, ūdeni pievienojot pirms cementa izbēršanas





Nr.	PROCESS
1	Grunts virsmas noprofilēšana un pieblīvēšana
2	Kaļķa izbēršana
	Ūdens pievienošana un samaisīšana vajadzīgajā dziļumā, pieblīvēšana
3	Profilēšana un sablīvēšana
4	Cementa izbēršana
	Ūdens pievienošana un samaisīšana vajadzīgajā dziļumā, pieblīvēšana
5	Profilēšana, mitrināšana, sablīvēšana
6	Kopšana, laistot virsmu ar ūdeni

TEHNIKA		TEHNIKAS APZĪMĒJUMS
	Reciklers	R
	Cementa/kaļķa izkliešanas mašīna	C
	Autogreiders	A
	Grunts veltnis	V <sub>G</sub>
	Valču veltnis	V <sub>V</sub>
	Pneimo veltnis	V <sub>P</sub>
	Ūdens cisterna	H <sub>2</sub> O

7-3 zīmējums. Tehnoloģiskais process stabilizējot grunti ar kaļķi un cementu

Vienas ceļa joslas ieteicamais stabilizācijas tvēriena garums ir 500 – 800 m.

Vispirms ir jāveic pienācīga stabilizējamās joslas (teritorijas) sagatavošana, to noprofilējot un sablīvējot, nepieciešamības gadījumā jāpieved papildus materiāls vai jāaizvāc prom liekais.

Ir jāpārlicinās par sagatavotās virsmas atbilstošu kvalitāti, jāpārbauda vai pienācīgi sagatavota visa nepieciešmā platība, uzmērot sagatavotās teritorijas platumu, garumu utml., jāpārbauda augstuma atzīmes, garenkritumi un šķērskritumi.

Uzsākot grunts stabilizācijas procesu, jāpārbauda esošās grunts mitrums, jāaprēķina papildus pievienojamā ūdens daudzums. Ūdens daudzumam jābūt tuvu optimālajam vai nedaudz zemākam ( $\leq 2$  masas %). Saskaņā ar stabilizācijas projekta datiem jāaprēķina izberamās saistvielas daudzums.

Saistvielas izbēšanai ieteicams lietot iekārtu ar datorizētu dozācijas vadību, kas nodrošina automātisku iestādītā saistvielas daudzuma izbēšanu neatkarīgi no iekārtas kustības ātruma.

Atkarībā no stabilizējamās joslas platumā un konkrētās lietotās tehnikas parametriem jāaprēķina vienam tvērienam nepieciešamais stabilizācijas gājienu skaits joslā un jānosaka to secība.

Darba gaitā regulāri jākontrolē izbērtais saistvielas daudzums, veicot kontroļsvēršanu, kā arī jāizmēra ar recikleru samaisītās kārtas biežums.

Pēc saistvielas izbēšanas jāveic tās iemaisīšana gruntī ar recikleru. Darbus nav ieteicams veikt stipra vēja vai lietus laikā, jo tad saistviela pēc tās izbēšanas līdz iemaisīšanai gruntī var tikt aizpūsta prom vai noskalota.

Papildus nepieciešamo ūdeni ieteicams pievienot tieši reciklera maisītājā, jo tādējādi ir iespējams efektīvi pievienot nepieciešamo ūdens daudzumu, kā arī nepieciešamības gadījumā koriģēt dozāciju. Ja ūdens pievienošanu realizē, to izlejot no ūdens cisternas uz apstrādājamās virsmas, tad ūdens izliešana ir jāveic pirms cementa izbēšanas un jāaprēķinās ar to, ka var būt problemātiski vai pat neiespējami šādā veidā pievienot stabilizācijas maisījumam nepieciešamo ūdens daudzumu. Lai ūdeni varētu pievienot nepieciešamajā daudzumā, tad ūdens izliešana no cisternas ir jāveic uzirdinātā segumā, piemēram aprīkojot ūdens cisternu ar arkliem (7-19 attēls).



7-19 attēls. Ūdens cisterna aprīkota ar arkliem efektīvai ūdens izliešanai

Ja pēc samaisīšanas tiek konstatēts, ka ūdens daudzums ir nepietiekams, tad jāveic atkārtota pārmaisīšana pievienojot ūdeni, ievērojot saistvielu iestrādei gruntī noteiktos laika ierobežojumus.

Sekojoši reciklera darba gājienam jāveic ar saistvielu un ūdeni samaisītās grunts pieblīvēšana. Pēc tam, kad ir veikti visi reciklera darba gājieni pilnā stabilizējamās joslas platumā, jāveic joslas profilēšana un noslēdzošā sablīvēšana. Ieteicams profilēšanas un blīvēšanas laikā nedaudz mitrināt stabilizētās kārtas virsmu, lai kompensētu reciklēšanas laikā no apstrādātās virsmas iztvaikojušo ūdeni.

Jālieto vibroveltni. Stabilizētas smagas gruntis, vislabāk sablīvēt ar dūru valča veltni ar lielām vibrāciju amplitūdām. Stabilizētas vieglas gruntis, vislabāk sablīvēt ar gludo valču veltniem ar mazām vibrāciju amplitūdām.

Stabilizētās kārtas sablīvēšanas procesu ieteicams pabeigt, izsmidzinot uz stabilizētās kārtas virsmas nelielu ūdens daudzumu un blīvējot ar pneimoriteņu veltni.

Darbu izpildes laikā (ja stabilizē ar cementu, tad tajā pašā dienā pēc sablīvēšanas pabeigšanas, ja stabilizē ar kaļķi, tad ne vēlāk kā nākosajā dienā pēc sablīvēšanas pabeigšanas), jākontrolē stabilizētās grunts sablīvējums. Tam ieteicams izmantot operatīvās testēšanas iekārtas, kuras var uzstādīt uz blīvēšanas iekārtām, kā arī tās ieteicams aprīkot arī ar datu uzskaites un koordināšu noteikšanas sistēmu. Pietiekams stabilizētās kārtas sablīvējums ir viens no galvenajiem faktoriem, kurš ietekmē uzbūvētās konstrukcijas kalpostspēju un ilgmūžību.

Gadījumos, kad kā saistviela tiek izmantots cements, darba process jāorganizē tā, lai pēc pirmā cementa izbēršanas viss grunts stabilizācijas process pilnā ceļa joslas platumā visā tvēriena garumā tiktu pabeigts, t.sk. noprofilēts un sablīvēts, 4 h laikā. Ieteicams pie apkārtējā gaisa temperatūras virs 20 °C darbu izpildi veikt 2 h laikā, bet, ja temperatūra ir zemāka par 20 °C, tad 1,5 h. Cementa reakcijas laiks no tā saskares ar ūdeni ir 1 h (CEM III – 2 h).

Stabilizējot ar kaļķi un cementu, vispirms veic kaļķa iestrādi, pēc tam veic cementa iestrādi. Iestrādes process neatšķiras, bet strādājot ar kaļķi, tā pilnīgas iestrādes process var tikt plānots visas maiņas garumā, līdz ar to var plānot garāku reciklera darba gājieni, un darba izpilde potenciāli var tikt plānota racionālāk. Cementa iestrādi ieteicams veikt vienas nedēļas laikā pēc kaļķa iestrādes, bet nepieciešamības gadījumā var tikt noteikts arī cits periods, jo kopējā stabilizētās grunts struktūra, cementu iemaisot arī nedaudz vēlāk kā pēc vienas nedēļas, necietīs.

Stabilizējot grunti ar kaļķi, kaļķa iestrāde var tikt realizēta vienā vai divos tvērienos. Divos tvērienos iestrāde var būt nepieciešama gruntīs, kuras ir ļoti smagi safrēzēt (pārmaisīt). Šādā gadījumā otro tvērienu ieteicams izpildīt 2 - 3 dienas pēc pirmā tvēriena.

Stabilizētās kārtas būvniecības laikā nepārtraukti vizuāli jākontrolē maisījuma un virsmas viendabīgums un stāvoklis, vismaz 1 reizi dienā jāveic izlietotās saistvielas daudzuma uzmērījums (tas drīkst atšķirties ne vairāk kā  $\pm 15\%$  no paredzētā daudzuma uz 1 m<sup>2</sup>) - uzmērīšanas metodika jānosaka piemērota saistvielas iestrādes tehnoloģijai.

Ne retāk, kā katras maiņas beigās ir jāizmēra stabilizētā platība un jāaprēķina kopējais izlietotais saistvielas daudzums. Jāsālīdzina faktiski izlietotais saistvielas daudzums ar projektēto – atšķirības drīkst pārsniegt ne vairāk kā 5 %.

Vismaz no katriem 5000 m<sup>2</sup> jānoņem ar saistvielu samaisītās grunts paraugi un jātestē TNI (maisījumam) un spiedes stiprība.

Pēc darba izpildes jāizmēra stabilizētās kārtas virsmas platība, platumš, garums, augstuma atzīmes, garenkritumi, šķērskritumi un kārtas biežums.

Periodā, kamēr stabilizētā kārta netiek nosepta ar nosedzošo kārtu (vai vismaz 7 dienas), ir jānodrošina, lai stabilizētās kārtas virsma nezaudētu pārlietu lielu ūdens daudzumu. To var realizēt vai nu regulāri virsmu mitrinot ar ūdeni – sausā laikā vismaz katru dienu vai vairākas

reizes dienā, atkarībā no klimatiskajiem apstākļiem, vai arī izolējot virsmu, izlejot bitumena emusiju un nekavējoši pārberot to ar, piemēram, 2/5 sīkšķembām.

Pēc stabilizēšanas darbu pabeigšanas jānodrošina stabilizētās kārtas vismaz 7 dienu "miera" periods, kura laikā stabilizētā kārtā netiek pakļauta transporta slodzēm. "Miera" periods nav nepieciešams, ja nākamās diennakts laikā pēc stabilizēšanas darbu pabeigšanas tiek uzbūvēta nosedzošā kārtā, kuras biezums nav mazāks par 30 cm.

Jāņem vērā, ka ar hidrauliskajām saistvielām (īpaši ar kaļķi) stabilizētas kārtas noformējas ilgā laika periodā, kas var aizņemt no 1 līdz pat 3 mēnešiem. Tā kā stabilizētā kārtā savas īpašības un konstruktīvo nestspēju neiegūst uzreiz, nestspēju vai stiprību raksturojošu mērījumu izdarīšana neilgi pēc stabilizēšanas darbu pabeigšanas būs zemāki un neatpoguļos rezultātus, kādi tie būs, kad stabilizētā kārtā būs pilnībā noformējusies.

Jākontrolē būvobjektā pievestā, pārvietotā vai iestrādātā materiāla un saistvielas daudzums, izmantojot kravu kontroļsvēršanu un laboratoriski noteiktu bērtu tilpumsvaru vai kontrolējot ar ģeodēziskiem mērījumiem, vai izmantojot citas efektīvas uzmērīšanas metodes.

Pēc uzbūvētās kārtas sacietēšanas (7 vai 28 dienas, vai cits periods), jāveic paraugu izurbšana un spiedes stiprības testēšana.

## 8 Kvalitātes kontrole

Grunts stabilizēšanas procesam jānodrošina gan efektīva un racionāla priekšizpēte un stabilizācijas sastāva izstrāde, gan arī skurpuloza būvdarbu, gan izpildīto darbu kvalitātes kontrole. Kvalitātes kontroles plāns jāizstrādā pirms būvdarbu izpildes, atbilstoši jāapmāca personāls un jānozīmē par būvdarbu izpildes kvalitāti atbildīgie darbinieki, kuri veic kvalitātes uzraudzību, seko būvdarbu izpildei un kvalitātes uzmērījumiem, un nepieciešamības gadījumā realizē preventīvās un korektīvās darbības.

8-1 tabula. Esošās grunts testēšana un mērījumi

Parametrs	Metode	Apjoms
Grunts nestspēja – elastības modulis $E_{v2}$ vai CBR	DIN 18134	katrai raksturīgajai gruntij un posmam, bet ne mazāk kā 1 mērījums vai grunts īpašību testēšana katriem 5000 m <sup>2</sup>
Grunts esošais mitrums	LVS EN 1097-5	
Grunts optimālais mitrums un tilpumsvars	LVS EN 13286-2	
Grunts granulometriskais sastāvs un Cu	LVS EN 933-1	
Grunts plasticitātes rādītāji	LVS EN ISO/TS 17892-12	
Grunts organisko savienojumu saturs (ja gruntij ir novērojami organiskie savienojumi)	Ceļu specifikācijas 12.5 punkts	
Grunts ūdenī šķīstošo sulfāta saturs (ja gruntij novērojama tendence izplešties sairt)	LVS EN 1744-1	

8-2 tabula. Testēšana izstrādājot grunts stabilizācijas projektu

Parametrs	Metode
pH līmenis	Ceļu specifikācijas 12.10. vai 12.11. punkts
Tūlītējais nestspējas rādītājs stabilizētajam maisījumam	LVS EN 13286-47
Stabilizēto paraugu izgatavošana pēc Proktora (jāizgatavo ne mazāk kā 2 paralēli paraugi katram paredzētajam testam, ieteicams izgatavot ne mazāk kā 3 paralēlus paraugus)	LVS EN 13286-50 LVS EN 13286-2
Stabilizēto paraugu kondicionēšana cietēšanas periodā	Atbilstoši dotajai metodikai šajā Rokasgrāmatā
Stabilizēto paraugu salizturības cikli, ja paredzēts	LVS CEN/TS 12390-9
Stabilizēto paraugu spiedes stiprība vai CBR	LVS EN 13286-41 vai LVS EN 13286-47

8-3 tabula. Stabilizētas grunts kārtas būvniecības laikā kontrolējamie parametri un prasības

Parametrs	Prasības	Metode	Periodiskums
Izpildīto sagatavošanas darbu atbilstība projektam (novietojums plānā, garums, platums, šķērsprofili, augstuma atzīmes, līdzenums, sablīvējums)	- jāatbilst projektam	- vizuāli un veicot uzmērījumus	- pirms stabilizācijas darbu uzsākšanas
Stabilizētā maisījuma ūdens saturs	- ≤ 2 masas % no optimālā ūdens satura	- vizuāli - paraugu noņemšana un testēšana	- pastāvīgi - 1x mainā
Izlietotās saistvielas daudzums	- ± 15 % / 1 m <sup>2</sup> - ± 5 % no paredzētā kopējā daudzuma	- veicot kontrolsvēršanu - aprēķinot izlietojumu	- 1x mainā - maiņas beigās

Parametrs	Prasības	Metode	Periodiskums
Stabilizētās kārtas sablīvējums	$\geq 98\%$ no Proktora vai $E_{v2}/E_{v1} \leq 3,5$	- ar operatīvām iekārtām - veicot testēšanu: LVS EN 13286-1 LVS EN 13286-2 AASHTO T205 ASTM D2167-08 ASTM D1556-07 BS 1377-9 DIN 18134	- pastāvīgi - 1x katrā tvēriena joslā*

\* - pēc sablīvēšanas tajā pašā dienā, ja saistviela cements; un ne vēlāk kā nākamajā dienā pēc sablīvēšanas, ja saistviela kaļķis.

Uzbūvētajai stabilizētajai kārtai jābūt līdzenai, jābūt nodrošinātai pilnīgai ūdens notecei. Izpildīto darbu kvalitātei jāatbilst izvirzītajām prasībām (8-4 tabula). Mērījumi, pārbaudes un testēšana jāveic pirms nosedzošās kārtas būvniecības, izņemot izurbto paraugu spiedes stiprību.

8-4 tabula. Uzbūvētas stabilizētās kārtas kvalitātes prasības un nosacījumi testēšanai un mērījumiem

Parametrs	Prasība	Metode	Izpildes laiks vai apjoms
Virsmas augstuma atzīmes	$\leq \pm 5$ cm no paredzētā	LBN 305-1 Veicot ģeodēziskos uzmērījumus	Visā būvobjektā vismaz trīs vietās šķērsprofilā (piem., uz ceļa ass un malās) ik pēc 100 m
Šķērsprofils	$\leq \pm 1,5\%$ no paredzētā	Ar 3 m mērlatu un līmeņrādi	Visā būvobjektā katrā joslā ik pēc 100 m pirms nosedzošās kārtas būvniecības
Platums	$\leq \pm 10$ cm no paredzētā uz katru pusi no ceļa ass	Ar mērlenti	
Novietojums plānā	$\leq \pm 10$ cm no paredzētā	LBN 305 – 1 Veicot ģeodēziskos uzmērījumus	Visā būvobjektā raksturīgos punktos
Kārtas biezums	$\leq \pm 5$ cm no paredzētā	Šurfējot (atrokot, vai izurbjot - tad pēc LVS EN 12697-36) un uzmērot ar lineālu, ne tuvāk par 1,0 m no kārtas malās	Visā būvobjektā vismaz trīs vietās šķērsprofilā (piem., uz ceļa ass un malās) ik pēc 500 m
Sablīvējums katrā kārtai vai pamatnei <sup>(1)(2)</sup>	$\geq 98\%$ no Proktora blīvuma vai veicot dubulto sloģošanu ar statisko plātni $E_{v2}/E_{v1} \leq 3,5$	LVS EN 13286-1 LVS EN 13286-2 AASHTO T205 ASTM D2167-08 ASTM D1556-07 BS 1377-9 DIN 18134	Visā būvobjektā katrā joslā ik pēc 1000 m pirms nosedzošās kārtas būvniecības
Izurbtu paraugu spiedes stiprība	Jāatbilst noteiktajām prasībām (6-2 tabula vai 6-4 tabula)	LVS EN 13286-50 LVS EN 13286-41 LVS CEN/TS 12390-9	Izurbjot paraugus ne ātrāk kā 28 dienas pēc kārtas stabilizēšanas darbu pabeigšanas <sup>(3)</sup>

PIEZĪME<sup>(1)</sup> Jānosaka uzbūvētās kārtas tilpuma blīvums, kas jāattiecinā pret no kārtas noņemta parauga Proktora blīvumu.

PIEZĪME<sup>(2)</sup> Kārtas sablīvējums ar cementu stabilizētām vai uzlabotām kārtām jānosaka ne vēlāk kā tās pašas dienas laikā, kad veikta cementa iestrāde. Ar kaļķi stabilizētas vai uzlabotas kārtas sablīvējums jānosaka ne vēlāk kā nākamajā dienā pēc kaļķa iestrādes.

PIEZĪME<sup>(3)</sup> Ja stabilizācija veikta ar kaļķi, paraugu izurbšanu ieteicams veikt ne ātrāk kā 3 mēnešus pēc darbu pabeigšanas.

Neatbilstību gadījumā jāizstrādā neatbilstību novēršanas plāns un jāveic nepieciešamie pasākumi prasību nodrošināšanai.

## 9 Standarti

1. Ceļu specififikācijas 12.5 punkts. Metodiskie norādījumi organisko savienojumu satura noteikšanai gruntīs ar izdedzināšanas metodi.
2. Ceļu specififikācijas 12.10 punkts. pH testēšana kaļķa satura noteikšanai stabilizējot ar kaļķi.
3. Ceļu specififikācijas 12.5 punkts. pH testēšana grunts-cementa maisījumiem.
4. LVS EN 14227-10 Hidrauliski saistītie maisījumi. Specifikācijas. 10.daļa: Ar cementu apstrādāta grunts.
5. LVS EN 14227-11 Hidrauliski saistītie maisījumi. Specifikācijas. 11.daļa: Ar kaļķi apstrādāta grunts.
6. LVS EN 197-1 Cements. 1. daļa.
7. LVS EN 197-4 Cements. 4. daļa.
8. LVS EN 932-1 Minerālo materiālu vispārējo īpašību testēšana. 1. daļa. Paraugu ņemšanas metodes
9. LVS EN 932-2 Minerālo materiālu vispārējo īpašību testēšana. 2. daļa. Laboratorijas paraugu samazināšanas metodes.
10. LVS EN 933-1 Minerālo materiālu ģeometrisko īpašību testēšana. 1. daļa. Daļiņu izmēra sadalījuma noteikšana. Sijāšanas metode.
11. LVS EN 1008 Betona maisījuma ūdens - Ūdens paraugu ņemšanas, pārbaudes un derīguma noteikšanas tehniskie noteikumi, ieskaitot arī no betona ražošanas atgūto ūdeni.
12. LVS EN 13286-1 Nesaistītie un hidrauliski saistītie maisījumi. 1. daļa. Laboratorijas atsaucis blīvuma un ūdens satura testēšanas metodes. Ievads. Vispārējā prasības un paraugu ņemšana.
13. LVS EN 13286-2 Nesaistītie un hidrauliski saistītie maisījumi. 2. daļa. Laboratorijas atsaucis blīvuma un ūdens satura testēšanas metodes. Proktora sablīvēšana.
14. LVS EN 13286-41 Nesaistītie un hidrauliski saistītie maisījumi. 41. daļa. Hidrauliski saistītu maisījumu elastības moduļa testēšanas metode.
15. LVS EN 13286-43 Nesaistītie un hidrauliski saistītie maisījumi. 43. daļa. Hidrauliski saistītu maisījumu spiedes pretestības testēšanas metode.
16. LVS EN 13286-47 Nesaistītie un hidrauliski saistītie maisījumi. 47. daļa. Hidrauliski saistītu maisījumu Kalifornijas nestspējas vērtības, tūlītējā nestspējas indeksa un uzbriestamības testēšanas metodes.
17. LVS EN 13286-50 Nesaistītie un hidrauliski saistītie maisījumi. 50. daļa. Hidrauliski saistītu maisījumu paraugu sagatavošanas metodes sablīvējot ar Proktora iekārtu vai vibrogaldū.

## 10 Izmantotā literatūra

1. 1ST INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUBGRADE STABILISATION AND INSITU PAVEMENT RECYCLING USING CEMENT (1 TO 4 OCTOBER 2001 SALAMANCA (ESPAÑA))
2. <http://www.britpave.org.uk/> mājas lapas publikācijas.
3. ZTV E-StB 09:2009 "Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau"
4. Bodenbehandlung Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln (Eine Publikation der Holcim (Süddeutschland) GmbH)
5. <https://www.vdz-online.de/> mājas lapas publikācijas.
6. Soil treatment base layers with hydraulic binders (Wirtgen)
7. Wirtgen холодный ресайклинг Руководство по применению (2-е издание, апрель 2006 г.)
8. Wirtgen Cold Recycling Technology (3rd edition 2010)
9. [http://www.britishlime.org/documents/BLA\\_Seminar\\_2013/BLA\\_Seminar\\_2013\\_Paul\\_Edwards.pdf](http://www.britishlime.org/documents/BLA_Seminar_2013/BLA_Seminar_2013_Paul_Edwards.pdf)
10. LIME-TREATED SOIL CONSTRUCTION MANUAL LIME STABILIZATION & LIME MODIFICATION (<http://lime.org/>)
11. SOIL STABILIZATION FOR PAVEMENTS. ARMY TM 5-822-14 / AIR FORCE AFJMAN 32-1019. DEPARTMENT OF THE ARMY, THE NAVY, AND THE AIR FORCE, OCTOBER 1994
12. Soil Treatment. Base Layers with Hydraulic Binders. Wirtgen GmbH