



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

**TEHNIČNA SPECIFIKACIJA TSG-211-XXX: 2025**  
**TSG-212-XXX: 2025**

Ministrica za infrastrukturo na podlagi 13. člena Zakona o cestah (Uradni list RS, št. 132/2022 in 140/22 – ZSDH-1A, 29/23 in 78/23 - ZUNPEOVE) in šestega odstavka 50. člena Zakona o varnosti v železniškem prometu (Uradni list RS, št. 30/18 in 54/21) izdaja tehnično specifikacijo

## **ZEMELJSKA DELA**

### **TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM IN/ALI HIDRAVLICNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

**TSPI – PG.05.300: 2025**

Ministrica za infrastrukturo  
**mag. Alenka Bratušek**

Številka:

Ljubljana,

Ta tehnična specifikacija P.03.410: 2025 se izda ob upoštevanju postopka informiranja v skladu z Direktivo (EU) 2015/1535 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. septembra 2015 o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih predpisov in pravil za storitve informacijske družbe (UL L št. 241 z dne 17. 9. 2015, str. 1).

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****Vsebina**

<b>1</b>	<b>Predmet tehnične specifikacije .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Pomen izrazov .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Namen tretiranja zemljin .....</b>	<b>11</b>
3.1	Splošno.....	11
<b>4</b>	<b>Osnovni materiali (in njihova kakovost) .....</b>	<b>12</b>
4.1	Splošno.....	12
4.2	Identifikacija zemljin in predhodne preiskave .....	12
4.2.1	Kriteriji za izbiro načina tretiranja: .....	14
4.3	Veziva.....	16
4.3.1	Apno.....	17
4.3.2	Hidravlična veziva.....	18
4.3.2.1	Cement.....	18
4.3.2.2	Hidravlična veziva za ceste (HRB).....	18
4.3.2.3	Leteči pepeli.....	18
4.3.2.4	Žlindra.....	18
4.3.3	Alternativna veziva za tretiranje zemljin .....	19
4.3.4	Mešana veziva.....	19
4.4	Drugi materiali.....	19
4.5	Voda .....	19
<b>5</b>	<b>Tretiranje zemljin .....</b>	<b>19</b>
5.1	Splošno.....	20
5.2	Izboljšanje zemljin.....	20
5.2.1	Izbira veziva.....	20
5.2.2	Delež veziva in/ali dodatkov.....	21
5.2.3	Lastnosti izboljšane zemljine .....	21
5.3	Stabiliziranje zemljin.....	22
5.3.1	Izbira veziva.....	22
5.3.2	Delež veziva in/ali dodatkov.....	22
5.3.3	Lastnosti stabilizirane zemljine .....	23
5.4	Laboratorijska sestava (receptura).....	24
5.4.1	Priprava laboratorijske sestave (recepture).....	24
5.4.2	Priprava predhodne laboratorijske sestave .....	26
5.5	Izvedba del .....	27
5.5.1	Tehnološki elaborat .....	27
5.5.1.1	Tehnološki postopki pri izvedbi del.....	27
5.5.1.2	Podatki o mehanizaciji .....	27
5.5.1.3	Program povprečne pogostosti kontrole .....	28
5.5.1.4	Podatki o delovnem osebju in odgovornih delavcih na projektu.....	28
5.5.2	Priprava podlage .....	28
5.5.3	Priprava in vgradnja mešanice.....	28
5.5.3.1	Priprava mešanice .....	28

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

5.5.3.2	Vgradnja mešanice .....	29
5.5.3.3	Vremenski pogoji za izvajanje del .....	30
5.5.4	Nega vgrajene plasti mešanice .....	30
<b>6</b>	<b>Zahteve za kakovost proizvedene in vgrajene mešanice .....</b>	<b>30</b>
6.1	Pogostost preiskav .....	32
6.1.1	Notranja kontrola – NKK .....	32
6.1.2	Zunanja kontrola – ZKK .....	32
6.1.3	Kontrolni preskusi .....	33
<b>7</b>	<b>Merjenje in prevzem del .....</b>	<b>33</b>
7.1	Merjenje del .....	33
7.2	Prevzem del .....	34
<b>8</b>	<b>Obračun del .....</b>	<b>34</b>
8.1	Odbitki zaradi neustrezne kakovosti .....	34
8.2	Kakovost izvedenih del .....	34
8.2.1	Zaradi premajhne zgoščenosti vgrajene plasti .....	34
8.2.2	Zaradi nehomogenosti vgrajene plasti .....	35
8.2.3	Zaradi prenizke ali previsoke enoosne tlačne trdnosti ali prenizke vrednosti CBR <sub>2</sub> .....	35
8.2.4	Zaradi prenizkega deleža veziva v zmesi .....	35
<b>9</b>	<b>Popis del .....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>Referenčna dokumentacija .....</b>	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>PRILOGA 1: Priprava in nega preizkušancev tretirane zemljine za določitev enoosne tlačne trdnosti .....</b>	<b>42</b>
11.1	Priprava preizkušancev .....	42
11.2	Nega preizkušancev .....	42
<b>12</b>	<b>PRILOGA 2: Postopek določitve količnika vremenske obstojnosti .....</b>	<b>43</b>
<b>13</b>	<b>PRILOGA 3: Postopek določitve količnika odpornosti proti zmrzovanju .....</b>	<b>44</b>
<b>14</b>	<b>PRILOGA 4: Preverjanje homogenosti plasti s fenolftaleinsko metodo .....</b>	<b>45</b>

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****1 Predmet tehnične specifikacije**

Tehnična specifikacija za prometno infrastrukturo TSPI PG.05.300 določa tehnične pogoje in način izvedbe tretiranja naravnih zemljin, predelanih oziroma ponovno uporabljenih agregatov, kamnin, recikliranih materialov in umetnih materialov z apnom in/ali hidravličnimi vezivi pri gradnji prometnic z namenom izboljšanja neprimernih (neustreznih) karakteristik materialov za uporabo pri zemeljskih delih.

Uporaba izkopnih materialov, ki brez tretiranja niso uporabni pri gradnji prometnic, lahko prispeva k okoljsko in ekonomsko sprejemljivejši gradnji (krajše razdalje premikanja materiala, prevozi na deponije niso potrebni ali se potreba po deponiranju zmanjša).

Čeprav s tretiranjem v okolje vnašamo razna veziva, so ob primerni rabi pozitivni vplivi takšne rabe veliko večji od morebitnih neželenih vplivov, ki so največkrat povezani s fazo vnašanja veziva. Ob vremenskih vplivih (predvsem veter) tako lahko prihaja do prašenja in raznašanja veziva na širšo okolico, zato je potrebno že v fazi projektiranja predvideti tehnološke oblike vnašanja (zaprti sistemi mešanja, suspenzije namesto posipa, izvedba in-plant), ki na bližnjo okolico nimajo neželenih vplivov oziroma že v projektu natančneje opredeliti vremenske pogoje, pri katerih je tretiranje mogoče izvajati.

Kot veziva so v tej tehnični specifikaciji obravnavani apno, hidravlična veziva in veziva s pucolanskimi (latentno hidravličnimi) lastnostmi. Ta tehnična specifikacija ne obravnava uporabe drugih veziv, kot so na primer proizvodi na osnovi sintetičnih polimerov, proizvodov na osnovi encimov, ionskih proizvodov, ligninov, proizvodov na osnovi smol in drugih.

V TSPI PG. 05.300 sta obravnavana dva postopka tretiranja, in sicer:

- izboljšanje in
- stabiliziranje.

Oba postopka se lahko izvaja v obratu (in-plant) ali z mešanjem na mestu vgradnje (in-situ). Dopuščena je tudi kombinacija.

S postopki tretiranja lahko poleg izboljšanja mehanskih lastnosti in odpornosti proti vremenskim vplivom (delovanje vode in mraza) materialov zmanjšamo tudi negativni vpliv na okolje, kot je izluževanje morebiti prisotnih potencialno toksičnih komponent. Na ta način lahko pri zemeljskih delih uporabimo tudi potencialno onesnažene zemljine ali reciklirane materiale, pri čemer z dodatkom primernih veziv imobiliziramo okolju škodljive komponente in preprečimo njihovo izluževanje v okolje. Tretiranje z namenom zmanjšanja izluževanja potencialno toksičnih komponent mora biti obdelano v posebni študiji. V njej mora biti na podlagi predhodnih laboratorijskih in terenskih raziskav definirana vrsta in količina primernega veziva, postopki priprave, vgradnje in kontrole tretiranih materialov, na način, da so zagotovljene tako s projektom predvidene mehanske lastnosti in odpornost na vremenske vplive, kot tudi okoljska sprejemljivost tretiranih materialov v skladu z veljavno zakonodajo. Postopki tretiranja za zmanjšanje izluževanja v tej tehnični specifikaciji niso obravnavani.

V tehnični specifikaciji so opredeljene naslednje zahteve in postopki:

- zahteve za kakovost osnovnih materialov
- zahteve za kakovost tretiranih materialov
- postopki za vgrajevanje in negovanje tretiranih materialov oziroma vgrajene plasti

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- zahteve za kakovost izvedenih del oziroma kakovost vgrajene plasti
- postopki za prevzem tretirane plasti in obračun del.

V prilogah so podani postopki priprave preizkušancev in izvedbe nekaterih preiskav.

Vsebine te TSPI ni mogoče tolmačiti in izvajati na način, ki bi preprečeval ali pogojeval ustrezno uporabo gradbenih proizvodov, danih v promet v skladu z zahtevami zakona o gradbenih proizvodih.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****2 Pomen izrazov**

**Alternativna veziva** (alternative binders, alternative Bindemittel): različni drobnozrnati industrijski stranski produkti s pucolanskimi ali hidravličnimi lastnostmi.

**Apno** (lime, Kalk): kalcijev oksid in/ali hidroksid in kalcijevo-magnezijev oksid in/ali hidroksid pridobljen z žganjem (kalcinacijo) apnenca ali dolomita. V apno v skladu s SIST EN 459-1 uvrščamo živo apno (kalcijev oksid), hidrirano oziroma gašeno apno (živo apno po reakciji z vodo - kalcijev hidroksid) in apno s hidravličnimi lastnostmi (pretežno sestavljen iz kalcijevega hidroksida, kalcijevih silikatov in kalcijevih aluminatov).

**Apno s hidravličnimi lastnostmi** (lime with hydraulic properties, Kalk mit hydraulischen Eigenschaften): glej apno. Apno s hidravličnimi lastnostmi veže in se strjuje ob prisotnosti vode in z ogljikovim dioksidom iz zraka (karbonatizacija).

**Cement** (cement, Zement): hidravlično vezivo, ki se ob stiku z vodo, zaradi hidratacijskih reakcij in procesov, ki potečejo, strjuje in veže ter po strditvi ohrani trdnost in stabilnost tudi pod vodo.

**Delovni stik** (construction joint, Arbeitsnähte): zaradi pogojev dela narejeno vzdolžno ali prečno stikovanje enakega materiala (mešanice).

**Fini delci** (fines, Fein): označba za frakcijo v zmesi kamnitih zrn, ki gre skozi sito 0,063 mm.

**Frakcija kamnitih zrn** (aggregate size, Aggregatgrösse): označba zmesi zrn na osnovi spodnje (d) in zgornje (D) velikosti stranice kvadratne odprtine sita, izražena kot d/D; ta označba vključuje možnost, da nekatera zrna lahko ostanejo na zgornjem situ (nadmerna zrna) ali gredo skozi spodnje sito (podmerna zrna)

**Globina zmrzovanja** (frost depth, Frosttiefe): največja globina, do katere seže izoterma 0°C v dolgotrajnem mrazu.

**Gostota** (density, Dichte): masa materiala, vključno z vlago in votlinami, na enoto prostornine (kg/m<sup>3</sup> ali t/m<sup>3</sup>).

**Granulirana plavžna žindra** (granulated blast furnace slag, granuliert Hochofenschlacke): delno steklast stranski produkt taljenja železove rude v plavžih, ki ima ob primerni aktivaciji hidravlične lastnosti. V tej tehnični specifikaciji se izraz nanaša na granulirano plavžno žindro v skladu s SIST EN 15167-1 ali delno granulirano plavžno žindro skladno s SIST EN 14227-2.

**Hidravlično vezivo** (hydraulic binder, hydraulischen Bindemittel): vezivo, ki ob stiku z vodo otrdi tudi pod vodo in ostane trden tudi pod vodo.

**Hidrirano apno** (hydrated lime, Kalkhydrat): glej apno. Pretežno v obliki kalcijevega ali kalcijevega-magnezijevega hidroksida, ki nastane s kontroliranim gašenjem (dodajanjem vode) živega apna. Dolomitno hidrirano apno se proizvaja tudi kot delno hidrirano apno, ki ga sestavlja pretežno kalcijev hidroksid in magnezijev oksid.

**Indeks plastičnosti** (plasticity index, Plastizitätszahl): razlika v vsebnosti vode na meji tečenja in meji plastičnosti.

**Izboljšanje** (improvement, Verbesserungen/Bodenverbesserungen): postopek s katerim pridobimo homogeno mešanico zemljine in veziva, pri čemer se spremenijo lastnosti zemljine (kratkoročno), kot so plastičnost, židkost, nabreklijivost, optimalna vlažnost, ..., tako, da izboljšamo vgradljivost in povečamo togost vgrajene plasti.

**Kohezija** (cohesion, Kohäsion/Hafffestigkeit): medsebojno učinkovanje delcev materiala, ki vpliva na konsistenco, viskoznost, elastičnost in togost; delež strižne trdnosti zemljine, ki je neodvisen od efektivne normalne napetosti.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

**Kotlovska žindra** (boiler slag, Kesselschlacke): stranski produkt, ki nastane po izgorevanju premoga ali drugih goriv, ko se odstranijo lahki delci, pepel in plini.

**Leteči pepel** (fly ash, Flugasche): prah pridobljen s čiščenjem dimnih plinov z mehanskimi ali elektrostatičnimi filtri (elektrofilterski pepel) pri sežigu uprašenega premoga ali lignina z ali brez sosežiga drugih materialov v obratih za proizvodnjo elektrike (termoelektrarne). Lahko je silicijski, katerega glavne komponente so silikati, aluminati in železovi oksidi, ali kalcijski, katerega glavne komponente so silikati, aluminati, kalcijev oksid/hidroksid in sulfati. Silicijski leteči pepel je pucolanski material in za potek hidratacijske reakcije potrebuje vir kalcijevega oksida (na primer apna ali cementa).

**Mejna krivulja zrnivosti** (grading curve limit, Grenzsieblinien): krivulja, ki omejuje območje sestave zmesi zrn.

**Mešanica** (mixture, Mischung): vgradljiva sestava zmesi zemljine, veziva in vode ter morebitnih drugih dodatkov.

**Metalurška žindra** (metallurgical slag, metallurgische Schlacke): stranski produkt taljenja rude, pretaljevanja ali nadaljnega legiranja, s katerim dosežemo ločitev željenih kovinskih frakcij od neželjenih. Sestava je odvisna od vrste procesa in vhodnih materialov.

**Modificiranje** (modification, Änderung – Verbesserung): postopek s katerim spremenimo - izboljšamo lastnosti materiala.

**Naravna zemljina** (natural soil, natürlicher Boden): zemljina nastala z naravnimi procesi klasificirana v skladu s SIST EN 16907-2 in TSPI PG 05.201.

**Naravni kameni agregat** (processed aggregate, Gesteinskörnung/Mineralstoffgemisch): drobljen ali nedrobljen zrnat material naravnega mineralnega izvora pridobljen z mehansko predelavo (drobljenje, sejanje).

**Optimalna vsebnost vlage** (optimum moisture content, optimaler Wassergehalt): vsebnost vode v materialu pri največji suhi gostoti zmesi, določeni s preskusom po Proctorju.

**Plast** (layer, Schicht): predstavlja en ali več slojev materiala s podobnimi značilnostmi.

**Podlaga** (subgrade – formation level, Unterlage): območje pod prvo plastjo namenjeno tretiranju.

**Počivanje** (mellowing, Reaktionszeit): časovno obdobje med pripravo mešanice veziva in zemljine (zamešanjem) in vgradnjo (zgoščanjem) tretiranega materiala (mešanice).

**Preskus po Proctorju** (Proctor compaction test, Proctorversuch): preskus zgoščevanja zemljin ali kamenih agregatov pod določenimi pogoji za določitev odvisnosti med deležem vlage in gostoto suhega materiala.

**Pucolanski material - pucolan** (pozzolanic material, puzzolanisches Material): material, ki reagira z vodo ob prisotnosti aktivatorja (navadno  $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) in tvori hidratacijske produkte in se lahko strjuje tudi pod vodo.

**Reciklator** (recycler, Mischgerät): stroj za drobljenje in mešanje plasti ter dodajanje različnih veziv in vode.

**Reciklirani materiali** (recycled materials, recyceltes Material): materiali, ki nastajajo pri predelavi že uporabljenih gradbenih materialov ali izhajajo iz zemeljskih izkopov.

**Retardant** (retardant, Verzögerung): snov, ki upočasnjuje, zavira kemijsko reakcijo ali proces, na primer hitrost vezanja veziva.

**Stabilizator tal** (soil stabiliser, Bodenstabilisator): premična naprava - stroj za in-situ stabiliziranje ali izboljšavo tal, ki s pomočjo bobna za drobljenje in mešanje plasti tal (zemljine), ob dodatku



**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

različnih veziv, pripravi homogeno plast mešanice tal (zemljine) in veziva. V osnovi je delovanje enako delovanju reciklatorja.

**Stabiliziranje** (stabilization, Verfestigungen/Stabilisierung - Bodenverfestigungen/Bodenstabilisierung): postopek s katerim pridobimo homogeno mešanico zemljine in veziva, ki primerno vgrajena bistveno izboljša (srednjeročno ali dolgoročno) lastnosti osnovne zemljine, predvsem v smislu povečanja togosti, izboljšanje vremenske obstojnosti in povečanje odpornosti na zmrzovanje.

**Tretiranje** (treatment, Behandlungen/Bodenbehandlungen): postopek s katerim pridobimo homogeno mešanico zemljine in veziva, katere lastnosti izpolnjujejo zahteve za predviden namen uporabe.

**Umetni materiali/agregati** (artificial materials/aggregates, Künstliche Materialien/Aggregate): materiali, ki izhajajo iz industrijskih procesov (na primer jeklarska žindra).

**Vezivo** (binder, Bindemittel): proizvod ali kombinacija proizvodov, s katerimi zagotovimo (kratkoročno ali dolgoročno) izboljšanje lastnosti osnovnemu materialu, kateremu so dodani.

**Vezivo za ceste** (hydraulic road binder – HRB, Hydraulische Tragschichtbinder): komercialno hidravlično vezivo, pripravljeno za uporabo z lastnostmi primernimi predvsem za tretiranje materialov pri zemeljskih delih, v cestogradnji, pri izgradnji železniške infrastrukture, letališč in druge infrastrukture.

**Vgradljivost** (compactibility, Verdichtbarkeit): sposobnost zemljine, razgrnjene v plast, da pri rabi mehanske energije zgoščanja s statičnimi in vibracijskimi valjarji pridobiva na suhi gostoti in togosti vgrajene plasti.

**Vremenska obstojnost** (weather resistance, Wetterbeständigkeit): vplivi močenja in sušenja na mehanske lastnosti materiala.

**Vzorec** (sample, Probe): reprezentativna količina materiala za preiskavo za določitev povprečne kakovosti ali ugotovitev odstopanj od nje.

**Zemljina** (soil, Boden): je vrhnji del zemeljske skorje, sestavljen iz produktov preperevanja kamnin in/ali sedimentov iz različno velikih mineralnih ter organskih delcev in koloidov, ki med seboj niso vezani/cementirani. V zemeljskih delih je zemljina material, na katerem se gradijo objekti (temeljna tla za stavbe, mostove), v katerih se gradijo objekti (npr. predori, podzemne garaže, vkopani rezervoarji), s katerimi se gradijo objekti (npr. nasipi, hidrotehnične zemeljske pregrade) ali pa se nahajajo v zaledju podpornih konstrukcij. V okviru te tehnične specifikacije izraz zemljina zajema naslednje materiale za zemeljska dela: naravne zemljine, kamene agregate, zdrobljene kamnine, reciklirane materiale, umetne agregate.

**Zgoščenost** (degree of compaction, Verdichtung): razmerje med suho gostoto vgrajenega materiala in največjo suho gostoto tega materiala določeno po Proctorjevem postopku (%).

**Zrnavost** (grading/particle size distribution, Korngrößenverteilung): porazdelitev velikosti zrn, izražena z masnimi odstotki presejkov skozi določen stavek sit.

**Živo apno** (quick lime, Luftkalk): glej apno. Pretežno v obliki kalcijevega ali/in magnezijevega oksida, ki eksotermno reagira z vodo.

## TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC

Kratice in simboli		
Simbol / kratica	Enota	Pomen / opis
CBR <sub>2w</sub>	%	Kalifornijski indeks nosilnosti materiala vgrajenega pri vlažnosti materiala $w$ , izpostavljenega nasičenju z vodo, določen v skladu s SIST EN 13286-47 z obremenitvijo 4,5 kg.
CBR <sub>2</sub>	%	Kalifornijski indeks nosilnosti materiala vgrajenega pri optimalni vlažnosti materiala $w_{opt}$ po Proctorjevem postopku, izpostavljenega nasičenju z vodo, določen v skladu s SIST EN 13286-47 z obremenitvijo 4,5 kg
CCC		Kontinuirane dinamične meritve zgoščenosti vgrajenega materiala na površini plasti z opremo, nameščeno na merilnem valjarju (»Continuous Compaction Control«) skladno s TSC 06.713 : 2005.
C <sub>OM</sub>	%	Vsebnost organskih snovi, ki temelji na določitvi po metodi izgube pri žarenju (»loss on ignition«) skladno s SIST EN 1744-1, tč.17.
C <sub>U</sub>		Koeficient enakomernosti zrnivosti, izražen kot razmerje med velikostjo zrn pri 60 % in 10 % presejku, podan kot brezdimenzijski parameter.
DMV		Dinamična merska vrednost pri postopkih kontinuiranih površinskih dinamičnih meritev (glej tudi CCC).
D <sub>pr</sub>	%	Zgoščenost, tudi stopnja zgoščenosti. Razmerje med doseženo suho gostoto materiala po vgradnji in največjo (maksimalno) suho gostoto materiala določeno po Proctorjevem postopku (SIST EN 13286-2).
$\epsilon_{nab}$	%	Linerano nabrekanje, izraženo kot razmerje med spremembo višine preskušanca po nasičenju z vodo in višino preskušanca pred izpostavljenosti vodi, določeno v okviru določitve Kalifornijskega indeks nosilnosti skladno s SIST EN 13286-47.
E <sub>vd</sub>	MPa	Dinamični deformacijski modul določen skladno s TSC 06.720.
FA		Leteči pepel (flying ash).
IBI	%	Neposredni indeks nosilnosti materiala, vgrajenega pri optimalni vlažnosti $w_{opt}$ po Proctorjevem postopku, določen skladno s SIST EN 13286-47 (brez obremenitve).
IBI <sub>w</sub>	%	Neposredni indeks nosilnosti materiala, vgrajenega pri vlažnosti materiala $w$ , določen skladno s SIST EN 13286-47 (brez obremenitve).
I <sub>c</sub>		Brezdimenzijska vrednost, ki izraža konsistenčno stanje zemljine - indeks konsistence.
I <sub>p</sub>	%	Razlika med mejo židkosti in mejo plastičnosti.
K <sub>v</sub>	%	Količnik vremenske obstojnosti, določen po postopku v prilogi 2 te tehnične specifikacije
K <sub>z</sub>	%	Količnik odpornosti proti zmrzovanju, določen po postopku v prilogi 3 te tehnične specifikacije.
MPP		Modificirani Proctorjev preskus z energijo zgoščanja 2,7 MJ/m <sup>3</sup> , po postopku SIST EN 13286-2.
q <sub>u</sub>	kPa	Enoosna tlačna trdnost zemljin, določena skladno s SIST EN ISO 17892-7.
R <sub>c</sub>		Enoosna tlačna trdnost vezanih zmesi, določena skladno s SIST EN 13286-41.
$\rho_d$	Mg/m <sup>3</sup>	Suha gostota vgrajenega materiala.
$\rho_{d\ max}$	Mg/m <sup>3</sup>	Največja suha gostota materiala določena po Proctorjevem postopku (SIST EN 13286-2).

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

SPP		Standardni Proctorjev preskus z energijo zgoščanja $0,6 \text{ MJ/m}^3$ , po postopku SIST EN 13286-2.
w	%	Vlažnost materiala (tudi naravna vlažnost) določena s sušenjem, opredeljena kot masa vode glede na maso suhega materiala.
w <sub>A</sub>	%	Adsorpcija vode po metodi Enslin-Neff (DIN 18132).
w <sub>L</sub>	%	Meja židkosti, to je vlažnost zemljine pri kateri ta prehaja iz tekočega (židkega) v gnetno stanje.
w <sub>opt</sub>	%	Vlažnost materiala pri kateri je dosežena največja suha zgoščenost materiala določena po Proctorjevem postopku (SIST EN 13286-2).
w <sub>P</sub>	%	Meja plastičnosti, to je vlažnost zemljine pri kateri ta prehaja iz gnetnega v poltrdno stanje.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****3 Namen tretiranja zemljin****3.1 Splošno**

V okviru izgradnje prometnic se pogosto srečamo z materiali, ki ne izpolnjujejo minimalnih tehničnih zahtev za temeljna tla ali za uporabo v nasipih oziroma zasipih in jih kot take, le z mehansko obdelavo, ni možno kakovostno uporabiti pri geotehničnih delih. To so predvsem materiali:

- z visoko vlažnostjo ( $w/w_{opt} > 1,2$  in  $I_c < 0,8$ ),
- z mejo židkosti  $w_L > 65$  % in indeksom plastičnosti  $I_p > 12$  %,
- materiali, ki izkazujejo visoke nabrekalne potenciale (linerano nabrekanje  $\epsilon_{nab} > 4$  vol %),
- materiali z naravno vlažnostjo višjo od optimalne vlažnosti in, ki jih pri tej vlažnosti ni mogoče primerno zgotoviti ( $D_{pr} < 92$  %),
- slabo vgradljivi materiali ( $IBI_w < 3$  % in/ali  $CBR_{2w} < 3$  %,  $C_u < 6$ ,  $\rho_{d\ max} \leq 1,45$  Mg/m<sup>3</sup> oz.  $\leq 1,65$  Mg/m<sup>3</sup> za zaključne plasti nasipov, enoosna tlačna trdnost pri naravni vlažnosti  $q_u < 50$  kPa za drobnozrnate materiale),
- občutljivi na zmrzovanje (kategorija F3 – *Preglednica 1* in *Slika 1*),
- zemljine občutljive na vremenske vplive (neplastični, nizko, srednje in visoko plastični melji ter sestavljene zemljine, v katerih so fina zrna iz nizko plastičnega melja in je delež finih zrn velikosti pod 0,063 mm  $> 35$  %; zelo visoko plastične gline z  $w_L > 70$  % in adsorpcijo vode po Enslin-Neff  $w_A > 85$  %; vmesne zemljine, v katerih so fina zrna iz zelo visoko plastične gline) in
- zemljine pri katerih samo z mehanskim zgoščanjem ni mogoče zagotoviti izpolnjevanje minimalnih mehanskih karakteristik projekta ali tehničnih specifikacij (togost, strižna trdnost, deformabilnost – stisljivost, ...) za predvideni namen oziroma se ob vgrajevanju izkažejo kot nevgradljive.

Kljub vsemu pa takšne materiale večinoma lahko uporabimo pri gradnji prometnic, če jih primerno tretiramo z apnom in/ali hidravličnimi vezivi. Na ta način zemljinam izboljšamo lastnosti do te mere, da jih pri gradnji lahko kakovostno uporabimo (kratkoročni učinki) oziroma zagotovimo ustrezno trajnost in mehanske lastnosti vgrajenega materiala (dolgoročni učinki).

V postopkih tretiranja zemljin ločimo:

- Izboljšanje zemljin:  
Izboljšanje zemljin je postopek za izboljšanje vgradljivosti zemljin ter za lažjo izvedbo gradbenih del (kratkotrajni učinki). Izboljšanje zemljin lahko dosežemo z dodajanjem veziv ali kombinacije veziv in/ali dodatkov, vnosom drugih ustreznih gradbenih materialov ali z drugimi ukrepi. Ta specifikacija obravnava le izboljšave zemljin z vezivi, navedenimi v točki 1, 4.1 in 4.3.
- Stabilizacija zemljin:  
Stabilizacija zemljin je postopek pri katerem z dodatkom primerne veziva ali kombinacije veziv in/ali dodatkov, spremenimo lastnosti zemljine na način, da povečamo odpornost le te na obremenitve (podnebne, prometne, ...) do te mere, da postane trajno stabilna in odporna proti podnebnim vplivom in vplivom delovanja površinskih in podzemnih voda (srednjeročni in dolgoročni učinki). Ta specifikacija obravnava le stabilizacije zemljin z vezivi navedenimi v točki 1, 4.1 in 4.3.

Postopki tretiranja zemljin so lahko opredeljeni že v okviru projekta (geotehnični projekt, projekt zemeljskih del, projekt voziščne konstrukcije, ...) ali na osnovi izvedenih predhodnih raziskav materialov na območju predvidene gradnje, oziroma materialov predvidenih za gradnjo. Lahko pa se opredelijo naknadno med gradnjo, v okviru posebne študije ali tehnološkega elaborata na osnovi dodatnih raziskav razpoložljivih materialov.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

## 4 Osnovni materiali (in njihova kakovost)

### 4.1 Splošno

V postopkih tretiranja zemljin uporabljamo zemljine, veziva, dodatke in vodo.

V okviru te tehnične specifikacije se za tretiranje z vezivi obravnava materiale za zemeljska dela (zemljine):

- naravne zemljine,
- naravne kamene agregate,
- zdrobljene kamnine (kategorije 4, 5a, 5b in 6 po TSPI PG.05.100),
- reciklirane materiale,
- umetne materiale in
- mešanico navedenih materialov,

pri čemer mora biti maksimalna velikost zrna primerna za predvideno mehanizacijo za vgradnjo in debelino vgrajevanih plasti, obravnavana zemljina pa ne sme vsebovati primesi, ki bi lahko negativno vplivale na vezanje, mehanske lastnosti, okoljsko sprejemljivost in volumsko stabilnost tretiranih zemljin.

V okviru te tehnične specifikacije se kot vezivo obravnavajo apno, hidravlična veziva in pucolanski material ter njihove mešanice. V okviru hidravličnih veziv v tej tehnični specifikaciji obravnavamo cement, hidravlična veziva za ceste (Hydraulic Road Binders – HRB), leteči pepel (silicijski ali kalcijski) in granulirano plavžno žlindro, za katere v času priprave te tehnične specifikacije že obstaja harmonizirana tehnična regulativa (harmonizirani standardi). V okviru alternativnih veziv obravnavamo ostala veziva s pucolanskimi (latentno hidravličnimi) lastnostmi, s katerimi lahko dosežemo s to specifikacijo predpisane karakteristike tretiranih zemljin. Kot apno označujemo vse tipe apna, ki so obravnavani v standardu SIST EN 459-1 in zajemajo živo apno, hidrirano apno in apno s hidravličnimi lastnostmi.

### 4.2 Identifikacija zemljin in predhodne preiskave

V okviru predhodnih preiskav je za posamezen projekt potrebno na osnovi raziskovalnih vrtin ali sondažnih razkopov opredeliti vrsto in lastnosti obstoječih zemljin in po potrebi predvideti dodatne ukrepe za možnosti uporabe teh materialov v okviru nadaljnjih gradbenih del. Potreba po tretiranju zemljin se lahko pojavi tudi kasneje v teku gradnje oziroma v okviru tekočih ali kontrolnih preiskav, pri čemer je potrebno za uporabo in nadaljnje postopke upoštevati zahteve in navodila te tehnične specifikacije.

Za opredelitev vrste in načina tretiranja zemljin, kot tudi izbora primerne veziva je osnova identifikacija oziroma razvrstitev predmetne zemljine.

Obravnavano zemljino je potrebno razvrstiti v skladu s SIST EN ISO 14688–2 in TSPI PG.05.201 in ji za potrebe izbire morebitnih postopkov tretiranja določiti vsaj:

- naravno vlažnost  $w$  (SIST EN 1097-5 ali SIST EN ISO 17892-1),
- zrnastostno sestavo (SIST EN 933-1 ali SIST EN ISO 17892-4),
- konsistenčne meje (SIST EN ISO 17892-12, le za drobnozrnate zemljine),
- maksimalno suho gostoto in optimalno vlažnost po relevantnem Proctorjevem preskusu (SPP ali MPP) (SIST EN 13286-2),
- zgoščenost po Proctorju ( $D_{pr}$ ) pri naravni vlažnosti (SIST EN 13286-2),
- $IBI_w$  (SIST EN 13286-47),

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- $CBR_{2w}$  (SIST EN 13286-47),
- vertikalno nabrekanje  $\varepsilon_{nab}$  (SIST EN 13286-47),
- tlačno trdnost za drobozrnate in mešane zemljine po SIST EN ISO 17892-7 (preizkušanec pripravljen z zgoščanjem v kalup po standardnem Proctorjevem postopku v skladu s SIST EN 13286-2 pri w).

Za načrtovanje tretiranja zemljin z vezivi, meritve  $E_{vd}$  in terenskih CBR v raziskovalnih jaških niso relevantne oziroma zadostne, temveč jih je potrebno načrtovati na osnovi najmanj zgoraj navedenih laboratorijskih preiskav.

Na možnost tretiranja oziroma stopnjo učinkovitosti veziv lahko močno vpliva tudi prisotnost sulfatov in sulfidov v zemljini, kot tudi prisotnost organskih snovi ali kloridov.

Zaradi kemijskih reakcij sulfatov in sulfidov v zemljini s komponentami matrice iz apna, cementa ali mešanega veziva lahko v takšni tretirani zemljini pride do destruktivnih efektov, kot so nabrekanje in celo porušitev strukture. Dodatek veziva tako lahko povzroči nastanek sekundarnega etringita in taumazita, kar lahko povzroči tudi do 30 % volumsko nabrekanje in nabrekalne pritiske do celo 5 MPa. Tvorbo teh mineralnih faz spodbujajo predvsem:

- povišana vsebnost topnih sulfatov,
- alkalno okolje (še posebno pri  $pH > 10,5$ ),
- prisotnost reakcijskih partnerjev, kot so glin in karbonati in
- visoka vlažnost.

Načeloma so potencialno nevarna vsa tla, ki vsebujejo sulfide (npr. pirit) in sulfate (npr. sadro in anhidrit). Potencialno prisotnost sulfatov in sulfidov je potrebno opredeliti že v fazi projektiranja na podlagi geoloških kart, mineraloških preiskav in/ali preiskav vsebnosti sulfatov v okviru predhodnih raziskav.

Ob sumu na višje koncentracije sulfatov ali sulfidov v zemljini za tretiranje, ki se lahko pojavi tudi med samo gradnjo, je potrebno njihovo vsebnost preveriti skladno z gravimetrično metodo po SIST EN 196-2 (izraženo kot %  $SO_3$ ), ali s primerljivo validirano metodo (npr. SIST EN 1744-1), kot oceno tveganja pa kot okvirne referenčne vrednosti lahko privzamemo (*Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Blindmitteln, MBmB, B18740, 2021*):

- zelo nizko tveganje: vsebnost sulfata  $< 0,3$  %
- nizko tveganje: vsebnost sulfata  $0,3 - 0,5$  %,
- srednje do visoko tveganje: vsebnost sulfata  $0,5 - 0,8$  %,
- zelo visoko tveganje – tla neprimerna za tretiranje: vsebnost sulfata  $> 0,8$  %.

V primeru tretiranja zemljin s srednjim do visokim tveganjem je potrebno načrtovati in izvesti dodatne preiskave na podlagi katerih bo mogoče zagotoviti ustrezne lastnosti tretirane zemljine in njeno dolgoročno stabilnost. Ker gre v teh primerih navadno za počasen razvoj volumskih sprememb (lahko tudi več kot pol leta), je potrebno temu primerno planirati tudi raziskave.

Prisotnost organskih snovi v zemljinah lahko zavira delovanje veziv, kar je potrebno pri načrtovanju in izvedbi preiskav za potrebe tretiranja zemljin, kot tudi pri pripravi in vgradnji tretiranih zemljin upoštevati. Potrebno je preveriti predvsem vpliv prisotnosti organskih snovi na čas vezanja veziv, kot tudi vpliv na končne lastnosti tretirane zemljine. Pri vsebnosti organskih snovi pod 2% ( $C_{OM} < 2$ , metoda izguba po žarenju skladno s SIST EN 1744-1, tč.17) oziroma v primeru Abrams-Hardejeve kolorimetrične metode, svetlejše raztopine od referenčne (SIST EN 1744-1, tč.15.1), posebni ukrepi oziroma raziskave niso potrebni. Za zemljine z vsebnostjo organskih snovi  $C_{OM} 2 - 20$  % oziroma, če je raztopina po SIST EN 1744-1 temnejša od referenčne raztopine (do temno rumena), je potrebno z dodatnimi preiskavami preveriti vpliv na delovanje veziv in primernost za tretiranje. Če je vrednost  $C_{OM} > 20$ , je zemljina neprimerna za tretiranje.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

V okviru predhodnih preiskav je potrebno preveriti tudi homogenost zemljin na obravnavanem območju oziroma določiti homogene odseke, ki se bodo obravnavali ločeno. Za vsak homogeni odsek je potrebno opredeliti potrebo po tretiranju in v primeru tretiranja pripraviti ločeno recepturo.

Za tretiranje z vezivi niso primerne zelo debelozrnate zemljine (Co, Bo), enovito zrnati gramoz (GrU) in glede na operativne izkušnje tudi organske zemljine. Prav tako so za tretiranje z vezivi neprimerne drobnozrnate zemljine, katerih zrnavostna sestava v celoti leži v območju A na diagramu (*Slika 2*), ker jih v postopkih tretiranja navadno ni mogoče primerno homogenizirati. Tudi v primerih zelo visoko plastičnih zemljin, npr. zemljin z mejo židkosti  $w_L > 85\%$ , je potrebna skrbna presoja izvedljivosti tretiranja z rabo veziv zaradi tehnoloških omejitev, vezanih na homogenost mešanice.

V primerih, ko se v masnih bilancah pojavijo velike presežne količine organskih zemljin, je treba v presojo tretiranja le – teh z vezivi vključiti tudi raziskave za presojo dolgoročne obstojnosti le – teh. Prisotnost organskih komponent lahko upočasni in/ali zmanjša delovanje veziv, kar je potrebno upoštevati pri načrtovanju vsebnosti veziva. Z dodatkom 1 – 3 % apna lahko v predhodnem delovnem koraku kisle organske komponente nevtraliziramo in s tem pripravimo zemljino za nadaljnje postopke tretiranja. Količina potrebnega dodatka je odvisna od vrste uporabljenega apna in kislosti (pH vrednosti) zemljine in ga je potrebno določiti z laboratorijskimi preskusi. Grobe organske primesi v zemljini lahko ob stiku z vodo nabrekajo in negativno vplivajo na obstojnost takšnih tretiranih zemljin, čemur je potrebno v okviru načrtovanja in izvedbe tretiranja posvetiti posebno pozornost. Če je le tehnično izvedljivo, je potrebno grobe organske primesi pred postopki tretiranja odstraniti.

Ob tem je potrebno opozoriti, da so v poplavnih sedimentih kvartarne starosti, zlasti ob srednjem in spodnjem toku Save, pogosto prisotni delci premoga iz separacij v zasavskih premogovnikih. Kolorimetrijske in analitske metode bodo prepoznale organski značaj takšne zemljine, vendar pa prisotni drobcji premoga praviloma ne škodijo delovanju veziv pri tretiranju zemljin.

#### 4.2.1 Kriteriji za izbiro načina tretiranja:

Način tretiranja zemljine izberemo na podlagi lastnosti zemljine in zahtevanih karakteristik zemljine za predvideni namen. Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi delimo na izboljšanje in stabiliziranje, pri čemer pa se postopka lahko tudi prepletata oziroma nadgrajujeta.

- Izboljšanje:

Izboljšanje zajema predvsem zemljine, ki jih pri danih pogojih ni mogoče ustrezno vgraditi, kar je najpogosteje posledica zelo visoke vlažnosti razpoložljive zemljine oziroma njenih karakteristik (konsistenčnih mej oziroma zrnavosti), tako da je pri danih pogojih ni mogoče ustrezno zgostiti in zagotoviti takojšnje primerne nosilnosti.

Izboljšanje zemljine je potrebno, če je izpolnjen vsaj en od naslednjih kriterijev:

- $w/w_{opt} > 1,2$ ,
- $I_C < 0,8$ ,
- zgoščenost po Proctorju  $D_{PR} < 92\% \rho_{d max}$  (SIST EN 13286-2 za valje po SPP ali MPP) pri naravni vlažnosti, ki je višja od optimalne vlažnosti,
- $CBR_{2w} < 3\%$ ,
- $IBI_w < 3\%$ ,
- meja židkosti  $w_L > 65\%$  (za drobnozrnate zemljine),
- indeks plastičnosti  $I_P > 40\%$  (za drobnozrnate zemljine),
- tlačna trdnost za drobnozrnate in mešane zemljine  $q_u < 50$  kPa pri  $w$ ,
- zrnavost  $C_U < 6$ .

## TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC

Če je obravnavani material primeren za izboljšanje, a je zmrzljivo občutljiv in bo vgrajen do globine zmrzovanja, je ne glede na izpolnjevanje kateregakoli zgoraj navedenega kriterija, potrebno izvesti stabilizacijo ali drug ukrep (npr. zamenjavo).

Če po izboljšavi karakteristike tretirane zemljine, kljub ustrezni vgradljivosti ne dosegajo minimalnih zahtev te tehnične specifikacije ali projektnih zahtev, je potrebna še stabilizacija.

- Stabiliziranje:

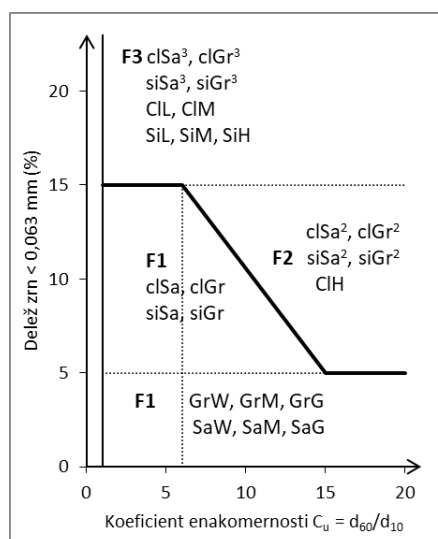
Stabiliziranje zajema predvsem zemljine, ki zaradi svojih lastnosti ne zagotavljajo primernih mehanskih lastnosti oziroma ustreznih lastnosti za predvideni namen oziroma izkazujejo visoko občutljivost na zmrzal in vremenske vplive.

Stabiliziranje zemljin je potrebno, če je izpolnjen vsaj en od naslednjih kriterijev:

- zmrzljivo občutljiv material (materiali kategorije F3 – Preglednica 1 in Slika 1), če bo vgrajen do globine zmrzovanja,
- $\rho_{dmax} < 1,45 \text{ Mg/m}^3$  oz.  $< 1,65 \text{ Mg/m}^3$  za zaključne plasti nasipov,
- $IBI_w > 3 \%$  in  $CBR_{2w} < 3 \%$ ,
- $IBI_w$  ali  $CBR_{2w}$  ne dosega projektne zahteve,
- vertikalno nabrekanje  $\varepsilon_{nab} > 4 \%$ ,
- meja židkosti  $w_L > 65 \%$ ,
- Enslin-Neff  $w_A > 85 \%$  (DIN 18132),
- zrnavost  $C_U < 6$ ,
- neplastični, nizko, srednje in visoko plastični melji ter sestavljene zemljine, v katerih so fina zrna iz nizko plastičnega melja in je delež finih zrn  $> 35 \%$ ,
- zelo visoko plastične gline,  $w_L > 70 \%$ , Enslin Neff  $w_A > 85 \%$ ; vmesne zemljine, v katerih so fina zrna iz zelo visoko plastične gline,
- tlačna trdnost  $q_u > 50 \text{ kPa}$ , vendar ne dosega projektnih zahtev (le za drobnozrnate in mešane zemljine, preskušane pri naravni vlažnosti).

Preglednica 1: Občutljivost materialov na zmrzovanje

Razred	Občutljivost	Klasifikacija <sup>1</sup>
F1	Neobčutljiv	GrW, GrM, GrG SaW, SaM, SaG
F2	malo do srednje občutljiv	clGr <sup>2</sup> , siGr <sup>2</sup> clSa <sup>2</sup> , siSa <sup>2</sup> ClH
F3	zelo občutljiv	clGr <sup>3</sup> , siGr <sup>3</sup> clSa <sup>3</sup> , siSa <sup>3</sup> CIL, CIM SiL, SiM, SiH



Slika 1: Občutljivost materialov na zmrzovanje

Opomba:

<sup>1</sup> klasifikacija po principih EN ISO 14688-2 oziroma glavne skupine po TSPI PG.05.201;

<sup>2</sup> razvrščeni v F1, če izpolnjujejo pogoj po diagramu 1

<sup>3</sup> razvrščeni v F1 ali F2, če izpolnjujejo pogoj po diagramu



## TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC

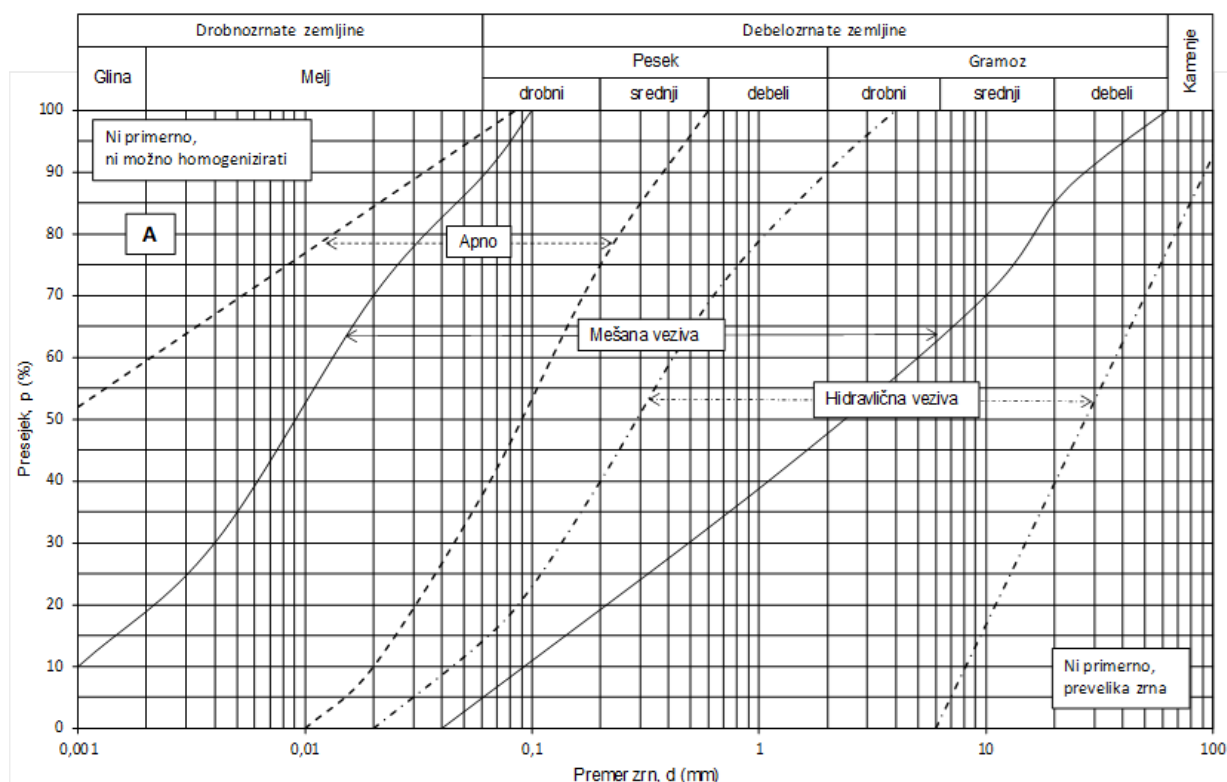
## 4.3 Veziva

Veziva se v zemeljskih delih uporabljajo za izboljšanje in stabiliziranje zemljin. Glede na obstoječo prakso v Sloveniji, se veziva uporabljajo prvenstveno za izboljšanje, redkeje pa za stabilizacijo zemljin. Najpogosteje se kot veziva uporablja apno in/ali hidravlična veziva. V splošnem se apno ali alternativna veziva z visokim deležem apna ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) uporablja za osušitev prevlažnih materialov in/ali za izboljšanje lastnosti kohezivnih materialov. Hidravlična veziva se v glavnem uporabljajo za hitro in znatno povečanje mehanskih karakteristik nekohezivnih materialov, ki v zgoščenem stanju ne zagotavljajo stabilne strukture plasti. V prisotnosti kohezivnih materialov in v odvisnosti od aplikacije se lahko apno in hidravlična veziva uporabljata skupaj, ali z izvedbo v dveh korakih, ali pa z uporabo predpripravljene mešanice veziv.

Lastnosti zemljin, ki vplivajo na izbiro vrste in učinkovitost rabe veziv so predvsem:

- zrnavostna sestava,
- plastičnost finih zrn v povezavi z drugimi kazalniki lastnosti, vezanimi na interakcijo zemljina – voda, npr. Enslin Neff test,
- prisotnost sulfatov in/ali sulfidov, kloridov
- vsebnost organskih snovi,
- parametri stanja zemljine, kot so vlažnost, indeks konsistence, ...

V splošnem lahko tip veziva izberemo na osnovi zrnavostne sestave zemljine. Območja uporabnosti posameznih vrst veziv glede na zrnavostno sestavo zemljine, so podana na diagramu (Slika 2).



Opomba:

- Alternativna veziva obravnavana v točki 4.3.3 se uporabijo smiselno glede na njihovo sestavo in način njihovega delovanja. V splošnem so uporabna v območju za mešana veziva.
- Za mejo židkosti  $w_L$  med 35 in 40 % in  $I_p$  med 12 in 15 % ter območjem zrnavosti prikazanem na diagramu, ki označuje mešana veziva, je najprimernejši postopek tretiranja z apnom in hidravličnimi vezivi

Slika 2: Uporabnost veziv za tretiranje glede na območja zrnavosti zemljin

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

V primeru, da z izbranim tipom veziva na osnovi podanih območij uporabnosti ni mogoče doseči zahtevanih lastnosti tretirane zemljine, se lahko ne glede na predlagan tip veziva v odvisnosti od zrnastostne sestave, izbere tudi drugačen tip veziva.

Izbira veziva je odvisna od lastnosti in vrste zemljine. Primernost veziv za izboljšanje zemljin glede na vrsto zemljine je podana v *Preglednici 5*, za stabiliziranje pa v *Preglednici 7*.

**4.3.1 Apno**

Apno ter alternativna veziva s primerno vsebnostjo apna ( $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) so primerna za izboljšanje drobnozrnatih, plastičnih zemljin tipov CIL, CIM, CIH ter sestavljenih zemljin tipov clGr, clSa.

V primeru rabe živega apna so potrebni posebni ukrepi za zagotavljanje homogenosti vmešavanja apna, varnosti pri delu in preprečevanja negativnih vplivov na okolico (tudi izven območja gradbišča). V splošnem se uporaba živega apna in situ odsvetuje.

Za tretiranje zemljin se lahko uporablja apno v skladu s SIST EN 459-1. Uporabljajo se lahko hidrirana apna navedena v *Preglednici 2*, živa apna navedena v *Preglednici 3*, kot tudi apna s hidravličnimi lastnostmi, ki so navedena v *Preglednici 4*.

Pri izvedbi in-situ, prvenstveno v primerih, ko bi bilo dela potrebno izvajati tudi v vetrovnem vremenu, ni pa na možna izvedba doziranja po postopku brez prašenja (na premični napravi za mešanje – reciklatorji ali stabilizatorji tal z integriranim modulom za doziranje veziva tik pred drobilno – mešalnim rotorjem), kar bi zaradi prašenja lahko povzročilo velik negativen vpliv na okolico in zdravje delavcev ter onemogočalo zagotavljanje ustreznega deleža apna v tretirani zemljini, se lahko uporablja tudi apneno mleko kategorij CL 90 S ML, CL 80 S ML, DL 85-30 S ML in DL 85-5 S ML. Ob uporabi apnena mleka (S ML) je potrebno že v okviru predhodnih raziskav natančno opredeliti postopke izvedbe in dokazati ustreznost lastnosti tretirane zemljine.

V postopkih načrtovanja in izvedbe je potrebno tehnologijo izvajanja del prilagoditi času vezanja.

*Preglednica 2: Hidrirano apno primerno za tretiranje zemljin*

Kalcijevo apno	Dolomitno apno
CL 90-S	DL 90-30-S
	DL 90-30-S1
	DL 90-5-S
	DL 90-5-S1
CL 80-S	DL 85-30-S
	DL 85-30-S1
	DL 85-5-S
	DL 85-5-S1

*Preglednica 3: Živo apno primerno za tretiranje zemljin*

Tip živega apna	Kategorija	Reaktivnost
CL 90 Q	R4, R5	$T_{60\text{ °C}} \leq 25\text{ min}$
CL 80 Q	R3, R4	$T_{50\text{ °C}} \leq 25\text{ min}$
DL 85-30 Q	R2	$T_{40\text{ °C}} \leq 25\text{ min}$
DL 80-5 Q	R1	$T_{35\text{ °C}} \leq 25\text{ min}$

Opomba: Kategorije zrnastosti so lahko P1 – P4.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC***Preglednica 4: Apno s hidravličnimi lastnostmi primerno za tretiranje zemljin*

Tip apna s hidravličnimi lastnostmi	Tlačna trdnost (28 d) MPa	Čas vezanja (h) (začetek-konec)
NHL 5	5-15	1-15
FL (A;B;C) 5	5-15	1-15
HL 2	2-7	1-15
HL 3,5	3,5-10	1-15
HL 5	5-15	1-15

**4.3.2 Hidravlična veziva**

V okviru hidravličnih veziv v tej tehnični specifikaciji obravnavamo cement, hidravlična veziva za ceste (Hydraulic Road Binders – HRB), leteči pepel (silicijski ali kalcijški) in granulirano plavžno žlindra, za katere v času priprave te tehnične specifikacije obstaja harmonizirana tehnična regulativa (standardi).

Cementi in hidravlična veziva za ceste so primerni predvsem za izboljšanje neplastičnih drobnozrnatih zemljin (SiL, SiM), sestavljenih in kompozitnih zemljin, v katerih fina zrna niso plastična (siGr, siSa). Leteči pepeli, predvsem kalcijškega tipa so v široki rabi samostojno ali v kombinaciji z apnom ali cementom za izboljšanje vlažnih, zaglinjenih gramozov in peskov (clGr, siSa). Uporabni so tudi silicijski leteči pepeli, pri čemer pa se morajo ti aktivirati, zaradi česar mora biti prisotnega dovolj apna ( $\text{CaO} / \text{Ca(OH)}_2$ ). Možnost uporabe takšnih veziv je potrebno preveriti z načrtovanjem dodatkov oziroma v okviru predhodnih raziskav, ki morajo vsebovati tudi mineraloško sestavo zemljine predvidene za tretiranje.

**4.3.2.1 Cement**

Za tretiranje zemljin so uporabni cementi v skladu s SIST EN 197-1, in sicer cementi trdnostnega razreda 32,5 L, 32,5 N ali 32,5 N – LH.

**4.3.2.2 Hidravlična veziva za ceste (HRB)**

Za tretiranje zemljin so uporabna hidravlična veziva za ceste:

- v skladu s SIST EN 13282-1, in sicer veziva trdnostnega razreda E2, E3 ali E4 in
- v skladu s SIST EN 13282-2, in sicer veziva trdnostnega razreda N1, N2 in N3.

**4.3.2.3 Leteči pepeli**

Za tretiranje zemljin so kot vezivo uporabni premogovi leteči pepeli (FA), ki nastanejo s sežigom premogovega prahu z ali brez so-sežiga drugih materialov in jih iz dima odstranimo z mehanskimi ali elektrostatičnimi lovilci - filtri.

Za tretiranje zemljin so uporabni leteči pepeli skladni s SIST EN 450-1 ali leteči pepeli skladni s SIST EN 14227-4.

Pri uporabi silicijskih pepelov je za aktiviranje pucolanske reakcije potrebno zagotoviti dovolj visok pH v sistemu, zaradi česar je potrebno natančno načrtovati kombinacijo takega pepela z aktivatorjem reakcije (prisotnostjo  $\text{CaO}$  in/ali  $\text{Ca(OH)}_2$ , apna ali cementa).

**4.3.2.4 Žindra**

Žindra, ki se lahko uporablja kot vezivo pri tretiranju zemljin je primerno aktivirana granulirana plavžna žindra v skladu s SIST EN 15167-1 ali delno granulirana plavžna žindra v skladu s SIST EN 14227-2.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****4.3.3 Alternativna veziva za tretiranje zemljin**

Alternativna veziva zajemajo različne drobnozrnate industrijske stranske produkte s pucolanskimi ali hidravličnimi lastnostmi, s katerimi lahko dosežemo ustrezne oziroma želene lastnosti tretirane zemljine. To so različni pepeli, ostanki čiščenja plinov v visokotemperaturnih procesih v industriji in energetiki, kot so na primer lesni pepeli, papirniški pepeli, pepeli biomase in drugi (razen leteči pepeli definirani v točki 4.3.2.3); žindre (razen granulirane plavžne žindre definirane v točki 4.3.2.4) ter drugi prahovi (npr. mikrosilika). Pucolanske lastnosti imajo tudi nekateri neobdelani naravni materiali (npr. tufi, diatomejska zemlja, ...) ter obdelani naravni materiali (kalcinirana glina - metakaolin, žgan skrilavec, žgana glina - keramika).

Alternativna veziva se lahko uporabijo, če je z njimi mogoče doseči minimalne zahtevane karakteristike za tretirano zemljino, dolgoročno stabilnost in okoljsko sprejemljivost tretirane zemljine (kakovost izlužka tretirane zemljine mora ustrezati kriterijem relevantne veljavne okoljske zakonodaje). Uporabijo se lahko samostojno ali kot ena od komponent mešanih veziv. Dolgoročno stabilnost in okoljsko sprejemljivost je potrebno dokazati na podlagi rezultatov predhodnih preiskav. Alternativna veziva je potrebno pred uporabo okarakterizirati in določiti najmanj njihovo mineraloško sestavo, čas potreben za njihovo delovanje (hitrost vezanja) in kemijsko sestavo izlužka za parametre v skladu z veljavno okoljsko zakonodajo. Ob uporabi alternativnih veziv je potrebno določiti tudi mineraloško sestavo zemljine predvidene za tretiranje za lažje načrtovanje postopkov tretiranja.

**4.3.4 Mešana veziva**

Za tretiranje zemljin se lahko uporabijo tudi mešana ali kompleksna veziva, ki predstavljajo mešanice zgoraj navedenih veziv v različnih razmerjih, ali kot pred-pripravljene mešanice ali pa se lahko uporabijo posamezno v zaporednih delovnih korakih. Ne glede na način uporabe mešanih veziv, je potrebno v predhodnih preiskavah preveriti združljivost posameznih komponent mešanih veziv, dokazati njihovo uporabnost in jasno definirati način njihove uporabe.

**4.4 Drugi materiali**

V postopkih tretiranja zemljin se lahko uporabijo tudi drugi materiali kot so dodatki različnih agregatov, dodatki druge zemljine ali različni kemijski dodatki, kot na primer retardanti, ali drugi, ki bi bili morebitno potrebni za aktiviranje ali izboljšanje hidravlične reakcije, izboljšanje obdelavnosti, vgradljivosti, povoznosti ali mehanskih lastnosti tretirane zemljine.

Vrsta, količina, namen in način uporabe drugih materialov mora biti podrobno opisana v laboratorijski sestavi in tehnološkem elaboratu, pri čemer je potrebno na končnem produktu (tretirani zemljini) z laboratorijskimi preiskavam dokazati, da tretirana zemljina izpolnjuje minimalne zahteve te tehnične specifikacije oziroma minimalne zahteve za predviden namen uporabe in je okoljsko sprejemljiva, kar je potrebno predhodno dokazati s kakovostjo izlužka v skladu z veljavno okoljsko zakonodajo.

**4.5 Voda**

Za tretiranje zemljin je primerna vsaka naravna ali tehnološka voda, ki ustreza kriterijem SIST EN 1008, pri čemer vrednost pH uporabljene vode ne sme biti nižja od 6 ( $\text{pH} \geq 6$ ), njena sestava pa ne vpliva negativno na vezanje in lastnosti tretirane zemljine. Pitna voda se lahko uporablja brez preverjanja.

**5 Tretiranje zemljin**

V postopkih tretiranja zemljin ločimo:

- izboljšanje zemljin in
- stabiliziranje zemljin.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****5.1 Splošno**

Primernost zemljine za izboljšanje ali stabiliziranje je potrebno preveriti s predhodnimi preiskavami, glede na lastnosti navedene v točki 4.2.1, pri čemer mora biti maksimalna velikost zrna zemljine primerna za predvideno mehanizacijo za vgradnjo in debelino vgrajevanih plasti. Praviloma so primerne vse zemljine z največjim zrnem 125 mm, ob prisotnosti večjih zrn, pa je potrebno preveriti izvedljivost izboljšanja ali stabiliziranja oziroma predvideti ukrepe, s katerimi bo izvedba možna (npr. odstranitev prekomernih zrn). Obravnavana zemljina ne sme vsebovati primesi, ki bi lahko negativno vplivale na vezanje, mehanske lastnosti, okoljsko sprejemljivost in volumsko stabilnost tretirane zemljine. Drugi osnovni materiali, ki se lahko uporabljajo v postopku tretiranja zemljin so navedeni v točkah 1 do 4.5.

**5.2 Izboljšanje zemljin**

S postopki izboljšanja zemljin predvsem spremenimo lastnosti materiala tako, da izboljšamo vgradljivost in povečamo togost vgrajene plasti.

Lastnosti izboljšane zemljine morajo ustrezati zahtevam podanim v točki 5.2.3 te tehnične specifikacije.

**5.2.1 Izbira veziva**

Izbira vrste veziva za izboljšanje zemljin je odvisna od lastnosti zemljine. Primernost veziv za izboljšanje zemljin glede na zrnovostno sestavo zemljine je kot osnovno vodilo podana na diagramu (Slika 2), glede na vrsto zemljine (klasifikacijo) pa v Preglednici 5.

Preglednica 5: Primernost veziv za izboljšanje posameznih skupin zemljin

Opis zemljine	Klasifikacija <sup>1)</sup>	Vrsta veziva		
		Apno <sup>2)</sup>	Hidravlična veziva <sup>3)</sup>	Mešana in alternativna veziva
Debelozrnate zemljine	GrW, GrM, GrG	-	X	-
	SaW, SaM, SaG	-	X	-
Mešane zemljine	siGr, clGr	(X)	X	(X)
	siSa, clSa	(X)	X	(X)
Drobnozrnate zemljine	SiL	X	X	(X)
	SiM	X	(X)	(X)
	SiH	X	-	(X)
	CiL	X	(X)	(X)
	CiM	X	(X)	(X)
	CiH	(X)	-	(X)
Organske zemljine		(X)	(X)	(X)
Zelo debelozrnate zemljine	Lbo, Bo, Co	(X)	(X)	(X)

Opomba.: X – primeren, (X) – pogojno primeren, - neprimeren

<sup>1)</sup> SIST EN ISO 14688-2

<sup>2)</sup> SIST EN 459-1

<sup>3)</sup> SIST EN 197-1, SIST EN 13282-1, SIST EN 13282-2, SIST EN 450-1, SIST EN 14227-4, SIST EN 15167-1

Če samo z eno vrsto veziva ni mogoče doseči zahtevanih karakteristik za izboljšano zemljino, se lahko uporabi tudi mešanica več veziv (mešana veziva) in/ali dodatkov, pri čemer mora biti v laboratorijski sestavi jasno navedeno katera veziva so uporabljena in v kakšnem razmerju, ali gre za predhodno pripravljeno mešanico veziv in/ali dodatkov ali za zaporedne dodatke, časovni intervali dodajanja (če je relevantno), načini in postopki homogenizacije, reakcijski čas uporabljenega veziva itd..

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****5.2.2 Delež veziva in/ali dodatkov**

Delež veziva in/ali dodatkov določimo na podlagi zahtevanih lastnosti izboljšane zemljine. Optimalni delež veziva za pripravo izboljšane zemljine je najnižji delež s katerim so zagotovljene minimalne zahtevane karakteristike izboljšane zemljine navedene v poglavju 5.2.3 oziroma zahteve projekta. Delež veziva za pripravo izboljšane zemljine ne sme biti nižji od:

- 2,5 % v primeru uporabe apna,
- 3 % v primeru uporabe hidravličnih veziv in
- 3 % v primeru uporabe mešanih ali alternativnih veziv.

V primeru, da je kot vezivo uporabljeno samo apno, lahko optimalni delež apna ocenimo na osnovi pH preskusa skladno s SIST-TS CEN/TS 17693-1, na najmanj 3 različnih dodatkih apna. Optimalni delež apna je najmanjši delež s katerim dosežemo pH izboljšane zemljine višji od 12,4. Če je z vsemi dodatki apna ugotovljena pH vrednost višja od 12,4, je potrebno pripraviti še najmanj en preizkus z dodatkom apna, pri katerem bo vrednost pH nižja od 12,4. Lastnosti mešanice z ocenjenim optimalnim deležem apna je potrebno preveriti. Če lastnosti izboljšane zemljine pripravljene z ocenjenim deležem apna ustrezajo zahtevam navedenim v točki 5.2.3 in zahtevam projekta, priprava in preveritev lastnosti drugih mešanic z različnim deležem apna, v okviru laboratorijske sestave, ni potrebna.

Ocena optimalnega deleža veziva na osnovi pH je lahko kot vodilo koristna tudi v primeru uporabe veziv z visoko vsebnostjo prostega apna (nekatera alternativna in/ali mešana), vendar pa je kljub temu nujna tudi priprava in določitev lastnosti vsem 3 serijam mešanic z različnim deležem veziva. Optimalni delež veziva za pripravo izboljšane zemljine je najnižji delež s katerim so zagotovljene minimalne zahtevane karakteristike izboljšane zemljine navedene v točki 5.2.3 oziroma projektu.

**5.2.3 Lastnosti izboljšane zemljine**

Lastnosti izboljšane zemljine, ne glede na vrsto uporabljenega veziva in morebitnih dodatkov, morajo ustrezati zahtevam v *Preglednici 6*.

Če bo izboljšana zemljina vgrajena do globine zmrzovanja je potrebno preveriti tudi odpornost mešanice proti zmrzovanju po postopku v Prilogi 3. Količnik odpornosti proti zmrzovanju ( $K_z$ ) mora biti  $\geq 0,7$ .

*Preglednica 6: Zahtevane lastnosti izboljšane zemljine*

Lastnost	Metoda določitve	Zahteva
w izboljšane zemljine	SIST EN 1097-5, SIST EN ISO 17892-1	$W_{opt} \leq w$ izboljšane zemljine $\leq W$ pri 95 % Dpr
$D_{pr}$ izboljšane zemljine ( $\rho_d$ pri w)	SIST EN 13286-2 (izračun $\rho_d/\rho_{d\ max}$ )	$\geq 95$ %
$IBI_w$	SIST EN 13286-47	$\geq 5$ % <sup>2)</sup>
$CBR_{2w}$	SIST EN 13286-47	$\geq 4$ %
Vertikalno nabrekanje $\epsilon_{nab}$	SIST EN 13286-47	$< 2$ % (posamezen do 4 %)
Količnik vremenske obstojnosti $K_v$	Priloga 2	$\geq 0,7$ <sup>1)</sup>

Opomba.:

<sup>1)</sup> obvezno za zaključno plast in območju nihanja talne vode

<sup>2)</sup> ustreznost se lahko dokazuje tudi z rezultatom preiskave na do 4 dni negovanih (po pripravi zaščitnih pred izgubo vlage) preizkušancih

## TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC

## 5.3 Stabiliziranje zemljin

S postopki stabiliziranja zemljin predvsem zagotovimo volumsko stabilnost materiala, dolgoročno izboljšanje mehanskih lastnosti (tlačne, strižne in natezne trdnosti), povečanje nosilnosti, zmanjšanje občutljivosti na vodo in povečanje odpornosti na zmrzovanje.

Lastnosti stabilizirane zemljine morajo ustrezati zahtevam podanim v točki 5.3.3 te tehnične specifikacije in zahtevam projekta.

## 5.3.1 Izbira veziva

Izbira vrste veziva za stabiliziranje zemljin je odvisna od lastnosti zemljine. Primernost veziv za tretiranje zemljin glede na zrnastostno sestavo zemljine je kot osnovno vodilo podana na diagramu (Slika 2), glede na vrsto zemljine (klasifikacijo) pa v Preglednici 7.

Če samo z eno vrsto veziva ni mogoče doseči zahtevanih karakteristik za stabilizirano zemljino, se lahko uporabi tudi mešanica več veziv (mešana veziva) in/ali dodatkov, pri čemer mora biti v laboratorijski sestavi jasno navedeno katera veziva so uporabljena in v kakšnem razmerju, ali gre za predhodno pripravljeno mešanico veziv in/ali dodatkov ali za zaporedne dodatke, časovni intervali dodajanja (če je relevantno), načini in postopki homogenizacije, reakcijski čas uporabljenega veziva.

Preglednica 7: Primernost veziv za stabiliziranje posameznih skupin zemljin

Opis zemljine	Klasifikacija <sup>1)</sup>	Vrsta veziva		
		Apno <sup>2)</sup>	Hidravlična veziva <sup>3)</sup>	Mešana in alternativna veziva
Debelozrnate zemljine	GrW, GrM, GrG	-	X	-
	SaW, SaM, SaG	-	X	-
Mešane zemljine	siGr, clGr	-	X	(X)
	siSa, clSa	-	X	(X)
Drobnozrnate zemljine	SiL	X	X	(X)
	SiM	X	(X)	(X)
	SiH	X	-	(X)
	CiL	X	(X)	(X)
	CiM	X	(X)	(X)
	CiH	(X)	-	-
Organske zemljine		(X)	(X)	-
Zelo debelozrnate zemljine	Lbo, Bo, Co	-	-	-

Opomba: X – primeren, (X) – pogojno primeren, - neprimeren

<sup>1)</sup> SIST EN ISO 14688-2

<sup>2)</sup> SIST EN 459-1

<sup>3)</sup> SIST EN 197-1, SIST EN 13282-1, SIST EN 13282-2, SIST EN 450-1, SIST EN 14227-4, SIST EN 15167-1

## 5.3.2 Delež veziva in/ali dodatkov

Delež veziva in/ali dodatkov določimo na podlagi lastnosti stabilizirane zemljine. Optimalni delež veziva za pripravo stabilizirane zemljine je najnižji delež s katerim so zagotovljene minimalne zahtevane karakteristike stabilizirane zemljine navedene v točki 5.3.3 oziroma zahteve projekta. Delež veziva za pripravo stabilizirane zemljine ne sme biti nižji od:

- 4 % v primeru uporabe apna,
- 4 % v primeru uporabe mešanih ali alternativnih veziv pri stabiliziranju grobozrnatih zemljin,
- 3 % v primeru uporabe hidravličnih veziv pri stabiliziranju grobozrnatih zemljin in

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- 6 % v primeru uporabe hidravličnih, mešanih ali alternativnih veziv pri stabiliziranju drobnozrnatih in mešanih zemljin.

V primeru, da je kot vezivo uporabljeno samo apno, lahko optimalni delež apna ocenimo na osnovi pH preskusa skladno s SIST-TS CEN/TS 17693-1, na najmanj 3 različnih dodatkih apna. Optimalni delež apna je najmanjši delež s katerim dosežemo pH stabilizirane zemljine višji od 12,4. Če je z vsemi dodatki apna ugotovljena pH vrednost višja od 12,4, je potrebno pripraviti še najmanj en preizkus z dodatkom apna, pri katerem bo vrednost pH nižja od 12,4. Lastnosti mešanice z ocenjenim optimalnim deležem apna je potrebno preveriti. Če lastnosti stabilizirane zemljine pripravljene z ocenjenim deležem apna ustrezajo zahtevam navedenim v točki 5.3.3 in zahtevam projekta, priprava in preveritev lastnosti drugih mešanic z različnim deležem apna, v okviru laboratorijske sestave, ni potrebna.

Ocena optimalnega deleža veziva na osnovi pH je lahko kot vodilo koristna tudi v primeru uporabe veziv z visoko vsebnostjo prostega apna (nekatera alternativna in/ali mešana), vendar pa je kljub temu nujna tudi priprava in določitev lastnosti vsem 3 serijam mešanic z različnim deležem veziva. Optimalni delež veziva za pripravo stabilizirane zemljine je najnižji delež s katerim so zagotovljene minimalne zahtevane karakteristike stabilizirane zemljine navedene v točki 5.3.3 oziroma projektu.

**5.3.3 Lastnosti stabilizirane zemljine**

Lastnosti stabilizirane zemljine, ne glede na vrsto uporabljenega veziva in morebitnih dodatkov, morajo ustrezati zahtevam v *Preglednici 8*.

Če bo stabilizirana zemljina vgrajena do globine zmrzovanja je potrebno preveriti tudi odpornost mešanice proti zmrzovanju po postopku v Prilogi 3. Količnik odpornosti proti zmrzovanju ( $K_z$ ) mora biti  $\geq 0,7$  in razlika višine po prvem in dvanajstem ciklu zmrzovanja in tavanja lahko znaša največ 0,1 %.

*Preglednica 8: Zahtevane lastnosti stabilizirane zemljine*

Lastnost	Metoda določitve	Zahteva
$W$ stabilizirane zemljine	SIST EN 1097-5, SIST EN ISO 17892-1	$W_{opt} \leq W_{stabilizirane\ zemljine} \leq W_{pri\ 95\ \% Dpr}$
$D_{pr}$ stabilizirane zemljine (razmerje med $\rho_d$ pri $w$ in $\rho_{d\ max}$ )	SIST EN 13286-2 (izračun $\rho_d/\rho_{d\ max}$ )	$\geq 95\ \%$
IBI	SIST EN 13286-47	$\geq 10\ \%^1$
CBR <sub>2</sub>	SIST EN 13286-47	$\geq 7\ \%^1$
Vertikalno nabrekanje $\epsilon_{nab}$	SIST EN 13286-47	$< 2\ \%$ (posamezen do 4 %)
Enoosna tlačna trdnost $R_c$ pri $w_{opt}$ : • Drobnno zrnate in mešane zemljine ○ po 7. dneh nege ○ po 28. dneh nege ----- • Grobno zrnate zemljine ○ po 7. dneh nege ○ po 28. dneh nege	SIST EN 13286-41 (priprava SIST EN 13286-50, nega Priloga 1)	0,40 – 2,5 MPa <sup>1)</sup> 0,50 – 3,5 MPa <sup>1)</sup> ----- 1,5 – 3,0 MPa <sup>1)</sup> 2,0 – 4,5 MPa <sup>1)</sup>



**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

Količnik vremenske obstojnosti $K_v$	Priloga 2	$\geq 0,7$
--------------------------------------	-----------	------------

Opomba:

- 1) Pri stabiliziranih zemljinah je mogoče izpolnjevanje zahtev dokazovati z IBI in  $CBR_2$  ali s tlačnimi trdnostmi.

**5.4 Laboratorijska sestava (receptura)****5.4.1 Priprava laboratorijske sestave (recepture)**

Za laboratorijsko (predhodno) sestavo mešanice tretirane zemljine je treba pripraviti vsaj pet serij mešanic zemljine z naravno vlažnostjo, veziva in morebitnih drugih sestavin ter, v primeru prenizke vlažnosti za vgrajevanje, potrebne (optimalne) količine vode. Mešanica mora biti v laboratoriju homogenizirana z ustreznim postopkom (praviloma v mešalni napravi), tako da je zagotovljena homogena sestava mešanice.

V primeru, da je kot vezivo uporabljeno apno ali alternativno vezivo oziroma mešano vezivo z visoko vsebnostjo prostega apna, moramo po homogenizaciji zemljine z vezivom in pred pripravo preizkušancev mešanico shraniti zaščiteno pred izgubo vlage (v zatesnjenih vrečkah ali posodah) najmanj za 1 uro (čas počivanja), da omogočimo potek reakcije. Čas počivanja mešanice se lahko razlikuje glede na vrsto apna oziroma uporabljenega veziva z vsebnostjo prostega apna. Tuje izkušnje kot osnovno vodilo za čas počivanja podajajo 6 ur za živo apno in 2 uri za hidrirano apno. Po počivanju je potrebno mešanico ponovno razmešati in homogenizirati, praviloma z vsaj 2 minutnim mešanjem v mešalni napravi. Po pripravi mešanice je potrebno preizkušance pripraviti (zgostiti) najkasneje v 30 minutah.

Pri uporabi hidravličnih veziv se priprava preizkušancev izvaja brez počivanja mešanice, priprava preizkušancev pa mora biti zaključena najkasneje v 90 minutah po zamešanju.

V primeru, da se obdelava zemljine vrši v dveh korakih, najprej z apnom ali alternativnim vezivom z visoko vsebnostjo prostega apna in nato s hidravličnim vezivom, je potrebno pred dodatkom hidravličnega veziva mešanici zagotoviti najmanj 2 uri počivanja. Priprava preizkušancev iz takšne mešanice mora biti zaključena najkasneje 90 minut po dodatku hidravličnega veziva.

Čas počivanja mešanice in časovni intervali med posameznimi dodatki pri pripravi mešanice, če se ta izvaja v dveh ali več korakih, morajo biti jasno definirani in navedeni v laboratorijski sestavi.

Lastnosti veziv, drugih materialov in vode morajo ustrezati zahtevam iz točk 1, 4.4 in 4.5.

Vsaki mešanici je potrebno določiti:

- delež veziva,
- vlažnost mešanice ob pripravi (SIST EN 1097-5, SIST EN ISO 17892-1),
- suho gostoto mešanice pri vlažnosti priprave po relevantnem Proctorjevem postopku (SPP ali MPP) (SIST EN 13286-2),
- optimalno vlažnost in maksimalno suho gostoto (SIST EN 13286-2),
- IBI (SIST EN 13286-47),
- $CBR_2$  (SIST EN 13286-47),
- vertikalno nabrekanje  $\epsilon_{nab}$  (SIST EN 13286-47),
- tlačno trdnost po 7. in 28. dneh (SIST EN 13286-41), samo za stabilizirane zemljine,
- vremensko obstojnost (postopek v prilogi 2),
- pH mešanice (SIST ISO 10390, postopek z vodo).

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

Delež veziva ( $d_{veziva}$ ) se podaja v odstotkih, kot masa suhega veziva v kg na maso suhe zemljine v kg:

$$d_{veziva} = \frac{m_{suhega\ veziva}}{m_{suhe\ zemljine}} \times 100 [\%]$$

Vlažnost mešanice ( $w_{mešanice}$ ) ob pripravi se določi s sušenjem v prezračevanem sušilniku skladno s SIST EN 1097-5 oziroma SIST EN ISO 17892-1.

Suho gostoto mešanice ( $\rho_d$  mešanice) ob pripravi se določi z zgoščanjem pripravljene mešanice v valj po relevantnem Proctorjevem postopku (SPP ali MPP) skladno s SIST EN 13286-2. Izbira Proctorjevega postopka temelji na velikosti največjega zrna in zrnavostni sestavi v tretiranem materialu. Za materiale z 90 – 100% zrn velikosti pod 16 mm, pri čemer morajo biti vsa zrna manjša od 32 mm (dovoljeno do 10 % nadmernih zrn 16 - 32 mm), in deležem zrn velikosti nad 4 mm < 25 %, je potrebno uporabiti SPP. Za ostale materiale se uporabi MPP. V laboratorijski sestavi je potrebno navesti uporabljeni Proctorjev postopek.

Optimalno vlažnost ( $w_{opt}$ ) in maksimalno suho gostoto ( $\rho_{d\ max}$ ) mešanice določimo po relevantnem Proctorjevem postopku (SPP ali MPP) skladno s SIST EN 13286-2. V Laboratorijski sestavi je potrebno navesti uporabljeni Proctorjev postopek.

Neposredni indeks nosilnosti (IBI), Kalifornijski indeks nosilnosti preizkušanca potopljenega v vodi (CBR<sub>2</sub>) in vertikalno nabrekanje ( $\epsilon_{nab}$ ) se določi skladno s SIST EN 13286-47.

Postopek priprave in nege preizkušancev za določitev tlačne trdnosti je naveden v Prilogi 1.

Tlačna trdnost posamezne mešanice se določi po 7. in 28. dneh na najmanj treh preizkušancih skladno s SIST EN 13286-41. Preizkušanci za določitev tlačne trdnosti morajo biti pripravljene in negovani skladno z zahtevami v Prilogi 1. Kot tlačna trdnost mešanice po 7. (Rc7) oziroma 28. (Rc28) dneh se poda povprečje tlačnih trdnosti najmanj treh preizkušancev po 7. oziroma 28. dneh nege, pri čemer morajo tlačne trdnosti vseh preizkušancev ustrezati zahtevam iz *Preglednice 8* v točki 5.3.3. za stabilizirane zemljine. Poleg rezultatov tlačne trdnosti posameznih preizkušancev, morajo biti v laboratorijski sestavi navedeni tudi podatki o uporabljeni hitrosti obremenjevanja in čas do porušitve.

Količnik vremenske obstojnosti mešanice ( $K_v$ ) se določi po postopku v Prilogi 2 na preizkušancih pripravljenih in negovanih po postopkih v Prilogi 1 in 2.

pH vrednost posamezne mešanice je potrebno določiti v skladu s SIST ISO 10390 po postopku z vodo.

Izmed pripravljenih serij mešanic je treba glede na lastnosti posamezne mešanice in podane zahteve te specifikacije ter zahteve za predvideni namen uporabe izbrati optimalno mešanico za izvedbo. V laboratorijski sestavi je treba podati vse podatke o pripravi in lastnostih posameznih mešanic, kakor tudi vse potrebne podatke in informacije za pripravo optimalne mešanice (vrste materialov, kakovost materialov, delež posameznih sestavin v odstotkih). V primeru izvedbe in situ je treba definirati tudi predvideno debelino izvedene plasti in delež posameznih sestavin v kg/m<sup>3</sup> in kg/m<sup>2</sup> izvedene plasti.

V laboratorijski sestavi morajo biti podane tudi lastnosti zemljine predvidene za izboljšanje oziroma stabiliziranje, količine in lastnosti uporabljenih veziv, kot tudi morebitnih dodatkov in kadar je to zahtevano v okviru te tehnične specifikacije, tudi dokazila o izpolnjevanju okoljskih zahtev v skladu z veljavno zakonodajo.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

Poročilo o laboratorijski sestavi tretirane zemljine mora vsebovati najmanj:

- rezultate vseh izvedenih preiskav,
- vrsto uporabljenega veziva oziroma veziv,
- sestavo preiskanih mešanic,
- prikaz odvisnosti količine veziva in dosežene tlačne trdnosti oziroma vrednosti  $CBR_2$ ,
- za optimalno mešanico je potrebno podati optimalno vlažnost in maksimalno suho gostoto.

#### 5.4.2 Priprava predhodne laboratorijske sestave

Pri predhodnih raziskavah za posamezni projekt je potrebno preveriti možnost uporabe razpoložljivega materiala. V primeru, da material ne izpolnjuje pogojev za običajno vgradnjo v nasipe ali zasipe, je potrebno preveriti ali ga je mogoče uporabiti po izvedenem tretiranju. Predhodne preiskave za tretiranje morajo biti izvedene za vsako vrsto homogenega materiala, katerega količina je vsaj  $5000 \text{ m}^3$  in se nahaja v plasteh debeline najmanj 2 m.

Raziskave za pripravo predhodne laboratorijske sestave za namen priprave projekta oziroma geološko geomehanskega poročila se, zaradi omejenih količin materiala pridobljenega v fazi predhodnih raziskav, lahko izvede v manjšem obsegu, kot je to predvideno za laboratorijsko sestavo v točki 5.4.1.

Za določitev optimalne predhodne laboratorijske sestave je potrebno pripraviti najmanj dve mešanici z različnim deležem veziva, od katerih vsaj ena izpolnjuje zahteve te specifikacije ter zahteve za predvideni namen uporabe.

Vsaki mešanici je potrebno določiti:

- delež veziva,
- vlažnost mešanice ob pripravi (SIST EN 1097-5, SIST EN ISO 17892-1),
- suho gostoto mešanice pri vlažnosti priprave po relevantnem Proctorjevem postopku (SPP ali MPP) (SIST EN 13286-2),
- IBI (SIST EN 13286-47),
- $CBR_2$  (SIST EN 13286-47),
- vertikalno nabrekanje  $\epsilon_{nab}$  (SIST EN 13286-47),
- tlačno trdnost po 7. in 28. dneh (SIST EN 13286-41) na najmanj dveh preskušancih, samo za stabilizirane zemljine,
- vremensko obstojnost (postopek v prilogi 2).

Optimalni mešanici, ki izpolnjuje zahteve te specifikacije ter zahteve za predvideni namen uporabe je potrebno določiti še:

- optimalno vlažnost in maksimalno suho gostoto (SIST EN 13286-2) in
- pH mešanice (SIST ISO 10390, postopek z vodo).

Pri pripravi predhodne laboratorijske sestave je potrebno upoštevati vse ostale zahteve podane v točki 5.4.1 za pripravo laboratorijske sestave.

Poročilo o predhodni laboratorijski sestavi mora vsebovati vse relevantne podatke, enako kot je to zahtevano za poročilo o laboratorijski sestavi v točki 5.4.1.

Optimalno predhodno laboratorijsko sestavo je potrebno pred izvedbo tretiranja zemljine potrditi s pripravo laboratorijske sestave (recepture) skladno z zahtevami v točki 5.4.1.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****5.5 Izvedba del**

Izvedba v splošnem zajema naslednja dela:

- pripravo Tehnološkega elaborata,
- pripravo podlage,
- pripravo in vgradnjo mešanice tretirane zemljine,
- nego vgrajene mešanice.

**5.5.1 Tehnološki elaborat**

Izvajalec mora najmanj 15 dni pred pričetkom izvedbe del predložiti nadzorniku v potrditev tehnološki elaborat, ki mora biti pripravljen po zahtevah, opredeljenih v trenutno veljavni tehnični regulativi in kot je navedeno v spodnjih poglavjih. Dela se lahko pričnejo izvajati, ko je tehnološki elaborat potrjen.

**5.5.1.1 Tehnološki postopki pri izvedbi del**

Podati je treba:

- namen tretiranja, temeljna tla, nasipi, zaključna plast,
- opis morebitnih pripravljalnih del,
- sestavo in lastnosti (recepturo) predvidene tretirane zemljine,
- postopek priprave mešanice (in plant ali in situ, in situ/in plant),
- lokacijo in predvideni čas transporta do mesta vgradnje (v primeru priprave in plant in in situ/in plant),
- postopke izvedbe vgrajevanja:
  - v primeru priprave in plant:
    - razprostiranje,
    - kompaktiranje,
  - v primeru priprave in situ:
    - doziranje veziv,
    - način izvedbe mešanja,
    - kompaktiranje,
- zaporedje in dolžino posameznih izvedbenih polj,
- skico in postopek izvedbe stikovanja oziroma preklapov med posameznimi izvedbenimi polji in plastmi,
- skico posameznih homogenih polj za tretiranje zemljine z oznakami laboratorijske sestave tretiranih zemljin, ki bodo na teh odsekih uporabljene (če je to relevantno),
- način in izvedbo nege plasti.

**5.5.1.2 Podatki o mehanizaciji**

Mehanizacijo je potrebno izbrati glede na vrsto materiala in debelino vgrajevane plasti. Izvajalec mora navesti osnovne podatke o transportnih sredstvih (v primeru priprave in plant) in ostali potrebni gradbeni mehanizaciji (vrsta, izvor, zmogljivost) predvideni za izvedbo del. Pred pričetkom obratovanja strojev in naprav, od katerih je odvisna kakovost del, je treba preveriti njihovo ustreznost za zagotovitev enakomerne kakovosti izvedbe del. Oprema in stroji morajo omogočati izvedbo del in morajo ustrezati morebitnim zahtevam, opredeljenim v projektni dokumentaciji in/ali v tej specifikaciji.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****5.5.1.3 Program povprečne pogostosti kontrole**

Izvajalec mora v tehnološkem elaboratu predložiti program povprečne pogostosti preiskav notranje kontrole, ki mora biti izdelan na osnovi določene minimalne pogostosti preskusov, opredeljene v tej specifikaciji.

**5.5.1.4 Podatki o delovnem osebju in odgovornih delavcih na projektu**

Izvajalec mora predložiti spisek odgovornih in strokovnih delavcev na gradbišču.

**5.5.2 Priprava podlage**

V primeru priprave tretirane zemljine in plant mora planum podlage (plasti pod prvo plastjo iz tretirane zemljine) izpolnjevati zahteve za temeljna tla in mora omogočati transport in izvedbo del s predvideno gradbeno mehanizacijo. Podlaga mora biti urejena v skladu s projektnimi zahtevami oziroma profilirana tako, da bo v danih terenskih razmerah zagotovljeno čim boljše odvodnjavanje.

V primeru priprave in izvedbe tretirane zemljine in situ, za podlago ni posebnih zahtev, razen da njihove lastnosti ustrezajo predvidenemu namenu uporabe (temeljna tla, nasip) in je omogočena izvedba s predvideno gradbeno mehanizacijo.

**5.5.3 Priprava in vgradnja mešanice****5.5.3.1 Priprava mešanice**

Priprava (proizvodnja) tretirane zemljine lahko poteka po postopku in situ (proizvodnja na mestu vgradnje) ali s proizvodnjo na mešalnem obratu (in plant).

- Proizvodnja na mestu vgradnje (in situ):  
Mešanico tretirane zemljine pripravimo z uporabo premične naprave naprave za mešanje (praviloma reciklatorjem oziroma stabilizatorjem tal), s katero z obdelavo zemljine in veziva (ali mešanice veziv), drugih predvidenih dodatnih sestavin ter morebitno potrebne dodane vode, pripravimo homogeno mešanico.
- Proizvodnja na mešalnem obratu (in plant):  
Pri postopku proizvodnje na mešalni napravi homogeno zmes izboljšane zemljine pripravimo z mešanjem zemljine s predvideno količino veziva (ali mešanice veziv), drugih predvidenih dodatnih sestavin in morebitne potrebne dodatne količine vode. Postopek se lahko izvaja na stacionarnih ali mobilnih napravah.

Pri obeh tehnoloških postopkih mora biti mešanje strojno. Zmogljivost opreme za mešanje mora omogočiti enakomerno proizvodnjo potrebne količine homogene mešanice, ki bo imela po vgradnji zahtevane lastnosti.

V primeru proizvodnje in plant, je potrebno kakovost proizvodnje predhodno preveriti s poskusnim mešanjem na mešalni napravi.

Mešanica mora biti pripravljena skladno z laboratorijsko sestavo (recepturo). Lastnosti proizvedene mešanice in vgrajene plasti morajo ustrezati zahtevam v *Preglednici 9*.

Pri stabiliziranih zemljinah je mogoče izpolnjevanje zahtev dokazovati z IBI in CBR<sub>2</sub> ali s tlačnimi trdnostmi.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****5.5.3.2 Vgradnja mešanice**

Pri vgradnji je potrebno upoštevati potrebni reakcijski čas uporabljenega veziva in morebitni potrebni čas počivanja mešanice pred zgoščanjem.

Vgradnja tretiranih zemljin in situ se izvaja v plasteh debeline 15 do 30 cm, v primeru proizvodnje in plant pa se lahko vgrajuje do debeline 50 cm, ob uporabi zgoščevalnih naprav s katerimi se doseže predpisana stopnja zgoščenosti.

Pri izvedbi in situ je potrebno upoštevati tudi:

- Pred nanosom (razprostiranjem) veziva je potrebno, za zagotovitev enakomerne debeline izboljšane plasti, planum plasti predvidenih za izboljšanje, izravnati in urediti v naklonih predvidenih s projektom.
- Zagotoviti je potrebno enakomeren nanos veziva, v količini predvideni v laboratorijski sestavi.
- Če mešanje in situ poteka v več prehodih na istem obdelovalnem polju, lahko razprostiranje veziva poteka izmenično z izvedbo mešalnih prehodov. Na ta način lahko dosežemo boljšo homogenost mešanice. Vezivo je treba vmešati čim prej po razprostiranju.
- V primeru zemljin z visoko vsebnostjo kamenja lahko vezivo vmešamo s pomočjo kolutnih bran, kultivatorjev ali buldožerjev ali druge ustrezne dodatne opreme. Posebno pozornost je treba nameniti zagotavljanju homogenosti. Prevelika zrna, ki onemogočajo izvedbo del, je potrebno pred nanosom veziva odstraniti.
- Dolžino posameznega poteza mešanja je potrebno prilagoditi ustrezni izvedbi stikovanja oziroma preklpov, kar mora biti opredeljeno v tehnološkem elaboratu.

Pri izvedbi in situ se vezivo pred pričetkom mešanja z ustrežno mehanizacijo (posipalec, trosilnik, ...) v predvideni količini nanese na pripravljeno površino za tretiranje. Količino dodanega veziva kontroliramo z merjenjem količine posipa na površino plasti za tretiranje. Količino posipa določimo tako, da na površino plasti za tretiranje pred izvedbo posipa položimo pladenj ali platno znane površine (površina pladnja ali platna ne sme biti manjša od 2500 cm<sup>2</sup>), preko katerega izvedemo posip. V primeru doziranja veziva z integriranim modulom za direktno doziranje tik pred drobilno – mešalni rotor, se doziranje preveri na enak način, pri čemer mora biti ob prehodu mešalne naprave drobilno – mešalni rotor izklopljen. Iz mase veziva v pladnju določimo količino dodanega veziva na m<sup>2</sup> oz. m<sup>3</sup> tretirane plasti. Po kontrolni določitvi količine veziva je potrebno mesto, kjer je bila meritev izvedena posuti s predvideno količino veziva.

V primeru, da izvedba ne omogoča opisanega načina preverjanja količine veziva, se lahko na osnovi predhodnega dogovora z nadzornikom oziroma naročnikom opredeli drug primeren način preverjanja količine dodanega veziva (na primer dokazila o porabi z dobavnicami, tehtanjem, ...).

Zgoščanje in planiranje pripravljene tretirane zemljine s hidravličnim vezivom mora biti pri temperaturah zraka pod 20 °C zaključeno najpozneje 3 ure po zamešanju na obratu (in-plant) oziroma najpozneje 2 uri po razprostiranju veziva na mestu vgrajevanja (in-situ).

Pri temperaturah zraka nad 20 °C mora biti zgoščanje in planiranje zaključeno najpozneje 2 uri po zamešanju na obratu (in-plant) oziroma 1,5 ure po razprostiranju veziva na mestu vgrajevanja (in-situ).

V primeru tretiranja z apnom, alternativnimi vezivi z visoko vsebnostjo apna in/ali mešanimi vezivi mora biti pri temperaturah zraka pod 20 °C zgoščanje in planiranje zaključeno v 5 urah po zamešanju na obratu (in plant) oziroma 4 urah po razprostiranju veziva na mestu vgrajevanja (in-situ).

Pri vgrajevanju pri temperaturah nad 20 °C mora biti zgoščanje in planiranje zaključeno v 4 urah po zamešanju na obratu (in plant) oziroma 3 urah po razprostiranju veziva na mestu vgrajevanja (in-situ).

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

Maksimalni dopustni čas vgradnje se v primeru uporabe apna, alternativnih veziv z visoko vsebnostjo apna in/ali mešanih veziv lahko podaljša za čas počivanja mešanice, kar mora biti predhodno opredeljeno v laboratorijski sestavi in tehnološkem elaboratu, ter potrjeno na poskusnem polju.

Plast tretirane zemljine je potrebno enakomerno zgostiti po vsej debelini plasti. Pri tem je potrebno upoštevati, da je v primeru izvedbe in situ na območju kolesnic trosilnika veziva in mešalne naprave, že izvedeno predzgoščanje.

Za vgrajevanje izboljšanih drobnozrnatih zemljin je nujna uporaba valjarja z jež bandažo.

Po zaključenem zgoščanju je potrebno planum vgrajene plasti urediti v predvidenem naklonu, skladno z zahtevami projekta.

Izvajalec mora dokazati ustreznost vgradnje s predhodno izvedbo poskusnega polja. Na poskusnem polju je potrebno preveriti ustreznost postopkov vgradnje, opredeliti časovni potek izvedbe del, število prehodov valjarjev za zagotavljanje ustrezne zgoščenosti, izvedbo stikovanja, preveriti homogenost in lastnosti vgrajene plasti. Poskusno polje mora biti izvedeno v dolžini najmanj 50 m in širini najmanj dveh potezov vgrajevanja (zajet en vzdolžni stik).

#### 5.5.3.3 Vremenski pogoji za izvajanje del

Dela se ne smejo izvajati v naslednjih neugodnih vremenskih pogojih:

- dež,
- veter (možna je izvedba ob uporabi suspenzij veziva in vode, npr. apnenega mleka, kar pa mora biti že predhodno opredeljeno in podrobno opisano v laboratorijski sestavi in tehnološkem elaboratu),
- pri temperaturah zraka in/ali podlage pod 3 °C.

#### 5.5.4 Nega vgrajene plasti mešanice

V primeru tretiranja zemljin z apnom in/ali alternativnimi vezivi z visoko vsebnostjo apna, nega plasti navadno ni potrebna, zagotoviti je potrebno le, da je plast, zaščitena pred prekomernim močenjem ali sušenjem. Zaščita je potrebna do nadgradnje z naslednjo plastjo.

V primeru uporabe hidravličnih veziv za tretiranje zemljin je vgrajeno plast treba ustrezno negovati najmanj 3 dni oziroma do nadgradnje z naslednjo plastjo (kar je prej) z vlaženjem ali z ustreznim postopkom zaščite pred izsuševanjem (prekritje z materialom, ki zadržuje vodo, na primer juto ali polstjo, s prekritjem s folijo, ki preprečuje izhlapevanje vode., ...).

Gradbiščni promet in nadaljnja gradbena dela na vgrajeni tretirani plasti se lahko izvajajo najprej 24 ur po zaključeni vgradnji.

## 6 Zahteve za kakovost proizvedene in vgrajene mešanice

Tretiranje zemljin mora biti izvedeno skladno s predhodno sestavo (recepturo). Lastnosti proizvedene zmesi in vgrajene plasti tretirane mešanice mora ustrezati zahtevam podanim v *Preglednici 9*.

Pri stabiliziranih zemljinah je mogoče izpolnjevanje zahtev dokazovati z IBI in CBR<sub>2</sub> ali s tlačnimi trdnostmi.

## TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC

Preglednica 9: Zahteve za vgrajevano zmes in vgrajeno plast tretirane zemljine

Lastnost	Postopek preskusa	Zahteva (izboljšane zemljine)	Zahteva (stabilizirane zemljine)
Zgoščenost plasti	TSC 06.711 izotopska sonda (ali druga neporušna metoda) ali nadomestna metoda skladno s TSC 06.712 ali TSC 06.713	≥ 95 % (skrajna mejna vrednost min. 92 %)	≥ 95 % (skrajna mejna vrednost min. 92 %)
Zgoščenost plasti – zaključna plast	TSC 06.711 izotopska sonda (ali druga neporušna metoda) ali nadomestna metoda skladno s TSC 06.712 ali TSC 06.713	≥ 98 % (skrajna mejna vrednost min. 95 %)	≥ 98 % (skrajna mejna vrednost min. 95 %)
IBI in CBR <sub>2</sub>	SIST EN 13286-47	IBI ≥ 5 % <sup>6)</sup> CBR <sub>2</sub> ≥ 4 % (skrajna mejna vrednost za posamezni preizkušane 3,6 %)	IBI ≥ 10 % <sup>5)</sup> CBR <sub>2</sub> ≥ 7 % <sup>5)</sup> (skrajna mejna vrednost za posamezni preizkušane 6,3 %)
Tlačna trdnost – Drobnozrnate in mešane zemljine - 7 dni	SIST EN 13286-41 (priprava SIST EN 13286-50, nega Priloga 1)	-	0,4 MPa – 2,5 MPa <sup>5)</sup> (skrajna mejna vrednost po 7 dneh za posamezni preizkušane 0,3 MPa – 3,0 MPa)
Grobozrnate zemljine - 7 dni		-	1,5 MPa – 3,0 MPa <sup>5)</sup> (skrajna mejna vrednost po 7 dneh za posamezni preizkušane 1,0 MPa – 3,5 MPa)
Vremenska obstojnost - po 7 dneh (K <sub>v</sub> )	Priloga 2	≥ 0,7 <sup>1)</sup>	≥ 0,7 <sup>1)</sup>
Vlažnost w	SIST EN 1097-5	W <sub>opt</sub> ≤ W ≤ W pri 95 % Dpr	W <sub>opt</sub> ≤ W ≤ W pri 95 % Dpr
Togost E <sub>vd</sub>	TSC 06.720	≥ 15 MPa <sup>2)</sup>	≥ 20 MPa <sup>2)</sup>
Togost E <sub>vd</sub> – zaključna plast (le v primeru nadgradnje z voziščno konstrukcijo)	TSC 06.720	≥ 25 MPa <sup>2)</sup>	≥ 30 MPa <sup>2)</sup>
Delež veziva	Tehtanje Postopek točka 5.5.3.2	največ ± 10% predvidenega deleža veziva oziroma mešanice veziv <sup>3)</sup>	največ ± 10% predvidenega deleža veziva oziroma mešanice veziv <sup>3)</sup>
Homogenost plasti	razkop, metoda s fenolftaleinom <sup>4)</sup>	v celoti obarvano	v celoti obarvano
Debelina	razkop	±15%	±15%

Opombe:

<sup>1)</sup> obvezno za stabilizirane zemljine, pri izboljšanih le v zaključni plasti<sup>2)</sup> E<sub>vd</sub> meritev se izvede najprej 4 ure po vgradnji, v primeru uporabe veziv na osnovi prostega apna, najprej 1 dan po vgradnji<sup>3)</sup> predvideni delež veziva se določi v okviru predhodnih preiskav (laboratorijske sestave)<sup>4)</sup> pobriz raztopine fenolftalein po steni razkopa – postopek v Prilogi 4<sup>5)</sup> pri stabiliziranih zemljinah je mogoče izpolnjevanje zahtev dokazovati z IBI in CBR<sub>2</sub> ali s tlačnimi trdnostmi<sup>6)</sup> ustreznost se lahko dokazuje tudi z rezultatom preiskave na do 4 dni negovanih (po pripravi zaščitnih pred izgubo vlage) preizkušancih



**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****6.1 Pogostost preiskav****6.1.1 Notranja kontrola – NKK**

Notranjo (lastno) kontrolo kakovosti mora izvajati izvajalec del ali po njegovem naročilu pooblaščen inštitucija za ugotovitev, ali kakovost uporabljenih osnovnih materialov, proizvedene tretirane mešanice in vgrajene tretirane plasti ustreza zahtevam Projekta ali te tehnične specifikacij. Izvajalec notranje kontrole mora razpolagati z vso laboratorijsko in terensko opremo, ki omogoča izvedbo vseh v tej specifikaciji navedenih terenskih in laboratorijskih preiskav ter meritev.

Minimalni obseg preskusov za notranjo kontrolo kakovosti je podan v *Preglednici 10*.

**6.1.2 Zunanja kontrola – ZKK**

Zunanjo kontrolo zagotovi naročnik in jo izvaja po njegovem naročilu pooblaščen inštitucija za ugotavljanje kakovost uporabljenih osnovnih materialov, proizvedene tretirane mešanice in vgrajene tretirane plasti ustreza zahtevam Projekta ali te tehnične specifikacije.

Vrsta zunanjih preskusov je enaka preskusom, ki jih mora izvajati NKK, in sicer v obsegu, ki je v razmerju 1:4 glede na pogostnost NKK (*Preglednica 10*).

*Preglednica 10: Minimalna pogostnost preskusov za NKK in ZKK*

Preskusi za kontrolo kakovosti			Pogostost	
Lastnost	Postopek preskusa	Enota	NKK	ZKK
<b>Zemljine</b>				
Zrnavost, konsistenca (temeljna tla)	SIST EN 933-1, SIST EN ISO 17892-1, SIST EN ISO 17892-12	m <sup>2</sup>	4000	16000
Zrnavost, konsistenca (nasipi)	SIST EN 933-1, SIST EN ISO 17892-1, SIST EN ISO 17892-12	m <sup>3</sup>	4000	16000
<b>Vezivo</b>				
Delež	tehtanje	m <sup>2</sup>	4000	16000
<b>Proizvedena mešanica</b>				
Vlažnost	SIST EN 1097-5	m <sup>2</sup>	4000	16000
Največja suha gostota in optimalna vlažnost proiz. zmesi po Proctorju (ρ <sub>d</sub> pri w)	SIST EN 13286-2	m <sup>2</sup>	4000	16000
IBI in CBR <sub>2</sub> <sup>(3)</sup>	SIST EN 13286-47	m <sup>2</sup>	4000	16000

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

tlačna trdnost <sup>(3)</sup> (3 preizkušanci po 7 dneh)	SIST EN 13286-41, SIST EN 13286-50, Priloga 1	m <sup>2</sup>	4000	16000
Vremenska obstojnost (K <sub>z</sub> )	Postopek <sup>1)</sup>	m <sup>2</sup>	8000	32000
<b>Vgrajena plast mešanice</b>				
Vlažnost in gostota	TSC 06.711 (ali druga neporušna metoda) oziroma nadomestna metoda skladno s TSC 06.712 ali TSC 06.713	m <sup>2</sup>	100 <sup>2)</sup>	400
Dinamični deformacijski modul (E <sub>vd</sub> )	TSC 06.720	m <sup>2</sup>	200 <sup>2)</sup>	800
Debelina	razkop	m <sup>2</sup>	4000	16000
Homogenost plasti	razkop, Priloga 4	m <sup>2</sup>	4000	16000

- 1) Določitev vremenske obstojnosti se izvaja po postopku v Prilogi 2 (izboljšane zemljine-zaključna plast, stabilizirane zemljine-vse)
- 2) V kolikor se za kontrolo zgoščevanja uporabi valjar s sistemom CCC (TSC 06.713, SIST EN 16907-5, SIST-TS CEN/TS 17006), se v okviru notranje kontrole meritve vlažnosti in zgoščenosti ter dinamičnega deformacijskega modula lahko opustijo.
- 3) Pri stabiliziranih zemljinah je mogoče izpolnjevanje zahtev dokazovati z IBI in CBR2 ali s tlačnimi trdnostmi.

V primeru, da je tretirana površina manjša od navedene minimalne pogostnosti preskusov za NKK in ZKK, je potrebno izvesti najmanj en preskus oziroma meritve.

### 6.1.3 Kontrolni preskusi

Kontrolne preskuse lahko naroči izvajalec del ali investitor oziroma od njega pooblaščen inštitucija, če meni, da rezultati notranje oziroma zunanje kontrole ne kažejo dejanskega stanja izvršenega dela.

Kontrolne preskuse mora izvršiti neodvisna inštitucija, ki ni sodelovala pri izvajanju notranje ali zunanje kontrole in je določena v dogovoru med izvajalcem in investitorjem oziroma od investitorja pooblaščen inštitucijo.

Stroški kontrolnih preskusov bremenijo tistega, kateremu je rezultat preskusa v škodo.

## 7 Merjenje in prevzem del

### 7.1 Merjenje del

Površino tretirane plasti se izmeri po dejanskem obsegu dela, ki je bilo izvršeno v okviru projekta, in iz vrednoti v kvadratnih metrih.

Zaradi morebitne nadgradnje z drugimi načrtovanimi plastmi materialov je treba obseg izvršenega dela pravočasno izmeriti in pisno dokumentirati. Izvajalec ne sme nadaljevati z deli, dokler izmera ni izvršena. Če nadaljuje z deli kljub temu, da izmera ni bila izvršena, nosi vse posledice, ki bi nastale zaradi naknadnih del za ugotovitev dejanskega obsega izvršenega dela.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****7.2 Prevzem del**

Osnova za prevzem tretiranih plasti so ugotovljeni rezultati zunanjih in notranjih preskusov kakovosti v odnosu na zahteve teh tehničnih specifikacij in ugotovljene količine izvršenega dela.

Zaradi morebitne nadgradnje tretiranih plasti z drugimi načrtovanimi plastmi materialov je dolžan izvajalec del pravočasno zahtevati in počakati na začasni prevzem. V nasprotnem nosi vse posledice, ki bi nastale zaradi naknadnih del za ugotovitev kakovosti izvršenega dela.

Vse ugotovljene pomanjkljivosti po zahtevah teh tehničnih specifikacij mora izvajalec popraviti preden nadaljuje z deli, drugače se mu obračunajo odbitki za neustrezno kakovost izvršenih del.

Vsi stroški za odpravo pomanjkljivosti bremenijo izvajalca, vključno stroški za vse meritve in preskuse, ki so pokazali neustrezno kakovost izvršenih del in je bilo treba po izvršenem popravilu s ponovnimi meritvami in preskusi ugotoviti kakovost del.

**8 Obračun del****8.1 Odbitki zaradi neustrezne kakovosti**

Kakovost osnovnih materialov, določena v teh tehničnih specifikacijah, mora biti zagotovljena.

**8.2 Kakovost izvedenih del**

Če kontrola kakovosti ugotovi:

- premajhno zgoščenost vgrajene plasti,
- nehomogeno plast tretirane zemljine,
- prenizke ali previsoke enoosne tlačne trdnosti mešanice oziroma prenizke vrednosti  $CBR_2$  ali
- prenizek delež veziva v vgrajeni plasti,

nadzorni organ lahko uveljavlja odbitke, ki jih je treba iz vrednotiti po osnovah podanih za vsak primer, kjer pomeni:

FO	finančni odbitek (€)
p	presežek navedenih mejnih vrednosti, do navedenih skrajnih mejnih vrednosti (nad oziroma pod navedenimi skrajnimi vrednostmi je vrednost izvedenih del nična) (%)
C	cena na enoto količine izvršenega dela ( $m^2$ )
d	delež neobarvane površine stene razkopa – vizualna ocena (%)
PD	obseg pomanjkljivo izvedenega dela ( $m^2$ )

**8.2.1 Zaradi premajhne zgoščenosti vgrajene plasti**

Odbitke se določi pri zgoščenosti pod 95 % zgoščenosti določene po MPP v postopku predhodnih preiskav (receptura) do skrajne mejne vrednosti - 3 % (92 % po MPP) po enačbi:

$$FO=1/100 \times (11p-4,5) \times C \times PD,$$

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

Pri čemer je v primeru zgoščenosti pod skrajno mejo plast ničvredna oziroma o nadaljnjih ukrepih odloči nadzor.

**8.2.2 Zaradi nehomogenosti vgrajene plasti**

Kadar je ugotovljena nehomogenost vgrajene tretirane plasti (vizualna ocena; neobarvano več kot 10 % preiskovane površine stene razkopa) se odbitke določi po enačbi:

$$FO=d \times C \times PD,$$

**8.2.3 Zaradi prenizke ali previsoke enoosne tlačne trdnosti ali prenizke vrednosti CBR<sub>2</sub>**

Odbitke se izračuna glede na odstopanje od podane mejne vrednosti enoosne tlačne trdnosti do skrajne mejne vrednosti (0,3 - 3,0 MPa oz. 1,0 - 3,5 MPa za stabilizirane zemljine za posamezen preizkušane) po 7. dneh po enačbi:

$$FO=p/100 \times 2 \times C \times PD, \text{ pri čemer je } p \text{ (absolutno)}$$

$$p = \frac{\sigma_z - \sigma_d}{\sigma_z} \times 100(\%)$$

Odbitek se lahko izračuna na osnovi povprečne vrednosti vseh doseženih enoosnih tlačnih trdnosti ali na osnovi vsote odbitkov za posamezne preizkušance. Večja vrednost odbitka je merodajna.

Odbitke se izračuna glede na odstopanje od podane mejne vrednosti CBR<sub>2</sub> do skrajne mejne vrednosti (3,6 % za izboljšane zemljine oziroma 6,3 % za stabilizirane zemljine) za posamezen preizkušane po enačbi:

$$FO=p/100 \times 2 \times C \times PD, \text{ pri čemer je } p \text{ (absolutno)}$$

$$p = \frac{\sigma_z - \sigma_d}{\sigma_z} \times 100(\%)$$

Odbitek se lahko izračuna na osnovi povprečne vrednosti vseh doseženih vrednosti CBR<sub>2</sub> ali na osnovi vsote odbitkov za posamezne preizkušance. Večja vrednost odbitka je merodajna.

**8.2.4 Zaradi prenizkega deleža veziva v zmesi**

Kadar ugotovljena količina veziva odstopa več kot 0,5 % od predvidene vrednosti se odbitke določi po enačbi:

$$FO=p^2 \times C \times PD \times f$$

$$\text{utežnostni količnik } f = 3$$

## TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC

## 9 Popis del

Šifra	Enota mere	Opis del
Tretiranje temeljnih tal		
0001	m <sup>2</sup>	Priprava planuma temeljnih tal
0002	m <sup>2</sup>	Izvedba (posipanje dodatkov, vmešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti) tretirane drobnozrnate zemljine in situ, v debelini do 20 cm
0003	m <sup>2</sup>	Izvedba (posipanje dodatkov, vmešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti) tretirane drobnozrnate zemljine in situ, v debelini od 21 cm do 30 cm
0004	m <sup>2</sup>	Izvedba (posipanje dodatkov, vmešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti) tretirane grobozrnate zemljine in situ, v debelini do 20 cm
0005	m <sup>2</sup>	Izvedba (posipanje dodatkov, vmešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti) tretirane grobozrnate zemljine in situ, v debelini od 21 cm do 30 cm
0006	m <sup>2</sup>	Izvedba (posipanje dodatkov, vmešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti) tretirane grobozrnate zemljine in situ, v debelini od 31 cm do 40 cm
0007	t	Dobava veziva za tretiranje zemljine – apno
0008	t	Dobava veziva za tretiranje zemljine – hidravlična veziva
0009	t	Dobava veziva za tretiranje zemljine – drugi dodatki
0010	m <sup>2</sup>	Dodatek za delo z zaprtim načinom (brez prašenja)
Tretiranje nasipa (nasipnih plasti, zasipnih plasti, klinov in zaključnih plasti)		
0011	m <sup>3</sup>	Izvedba tretirane drobnozrnate in mešane zemljine in situ (dobava in dovoz osnovnega materiala in dodatkov, priprava planuma, posipanje dodatkov, umešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti)
0012	m <sup>3</sup>	Izvedba tretirane drobnozrnate in mešane zemljine in plant (dobava mešanice osnovnega materiala in dodatkov, priprava planuma, razprostiranje, vgradnja in utrjevanje plasti)
0013	m <sup>3</sup>	Izvedba tretirane drobnozrnate in mešane zemljine in situ/in plant (dobava osnovnega materiala in dodatkov, izdelava mešanice, priprava planuma, navoz in razprostiranje mešanice, vgradnja in utrjevanje plasti)
0014	m <sup>3</sup>	Izvedba tretirane grobozrnate in mešane zemljine in situ (dobava in dovoz osnovnega materiala in dodatkov, priprava planuma, posipanje dodatkov, umešanje dodatkov, vgradnja in utrjevanje plasti)
0015	m <sup>3</sup>	Izvedba tretirane grobozrnate in mešane zemljine in plant (dobava mešanice osnovnega materiala in dodatkov, priprava planuma, razprostiranje, vgradnja in utrjevanje plasti)
0016	m <sup>3</sup>	Izvedba tretirane grobozrnate in mešane zemljine in situ/in plant (dobava osnovnega materiala in dodatkov, izdelava mešanice, priprava planuma, navoz in razprostiranje mešanice, vgradnja in utrjevanje plasti)
0017	t	Dobava veziva za tretiranje zemljine – apno
0018	t	Dobava veziva za tretiranje zemljine – hidravlična veziva
0019	t	Dobava veziva za tretiranje zemljine – drugi dodatki
0020	m <sup>3</sup>	Dodatek za delo z zaprtim načinom (brez prašenja)
0021	m <sup>2</sup>	Ureditev planuma zaključne plasti

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****10 Referenčna dokumentacija**

- Bebar, Marko, Bohar, Feri. Kemična stabilizacija vezljivih zemljin ter postopek izvedbe cementne stabilizacije "mix in place". V: 5. slovenski kongres o cestah in prometu, Bled, 25.-27. oktobra 2000. 5. slovenski kongres o cestah in prometu = 5th Slovenian Road and Transportation Congress, Bled, 25. - 27. oktobra 2000. Ljubljana: Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 2000. 8 str. ISBN 961-90709-2-5. [COBISS.SI-ID 271966]
- BRITPAVE. Soil improvement and soil stabilisation, Definitive Industry Guidance. The British Cementitious Paving Association, 2017. <https://www.eupave.eu/wp-content/uploads/BP62-Soil-improvement-and-soil-stabilisation.pdf>
- BRRC. Code of good practice, Soil treatment with lime – European experiences for soil improvement and soil stabilisation, State of the art. Belgian Road Research Centre, EuLA - European Lime Association. 2021. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A997144/FULLTEXT01.pdf>
- Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V..Bodenverbesserung Bodenverfestigung mit Kalk. 2004. [https://www.kalk.de/fileadmin/Home/Wissensportal/Publikationen/Fachpublikationen/Erd-\\_und\\_Stra%C3%9Fenbau/2013-09-10\\_Broschuere\\_Bodenbehandlung\\_02.pdf](https://www.kalk.de/fileadmin/Home/Wissensportal/Publikationen/Fachpublikationen/Erd-_und_Stra%C3%9Fenbau/2013-09-10_Broschuere_Bodenbehandlung_02.pdf)
- Celauro, Bernardo, Bevilacqua, Antonio, Lo Bosco, Dario, Celauro, Clara. Design Procedures for Soil-Lime Stabilization for Road and Railway Embankments. Part 1 - Review of Design Methods, SIIV - 5th International Congress - Sustainability of Road Infrastructures. Procedia - Social and Behavioral Sciences 53 ( 2012 ), 755 – 764. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281204387X>
- DIN 18132:2012 Soil, Testing Procedures And Testing Equipment - Determination Of Water Absorption
- GHT. Bodenbehandlung Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln. GHT GmbH & Co. KG. 2011. [https://www.ght-baustoffe.de/fileadmin/downloads/Bodenbehandlung-Tragschichten\\_mit\\_hydraulischen\\_Bindemitteln.pdf](https://www.ght-baustoffe.de/fileadmin/downloads/Bodenbehandlung-Tragschichten_mit_hydraulischen_Bindemitteln.pdf)
- Joint Departments of the Army and Air Force, USA. TM 5-822-14/AFJMAN 32-1019. Soil Stabilization for Pavements. Department of the Army, the Navy and the Air Force, 1994
- JUS U.B1.018 (1980) Geomehantička ispitivanja - Određivanje granulometrijskog sastava
- LCPC, Soil treatment with lime and/or hydraulic binders, Application on the Construction of Fills and Capping Layers, Technical Guide, 2004
- MAČEK, Matej, LOČNIŠKAR, Andrej, BEBAR, Marko, PETKOVŠEK, Ana. Experience with lime treated soils in Slovenia. V: VUJANIĆ, Milan (ur.), VUKSANOVIĆ, Biljana (ur.). Zbornik radova. Beograd: Srpsko društvo za puteve "Via-Vita", 2016. Str. 1-11, ilustr. ISBN 978-86-88541-06-0. [COBISS.SI-ID 7542369]
- MAČEK, Matej, MERC, Miran, PETKOVŠEK, Ana, MAJES, Bojan. Poročilo o določitvi strižne trdnosti z apnom stabiliziranih zemljin : z lokacije AC Lešnica - Kronovo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem, 2007. 1 zv. (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 3938401]
- Makusa, Gregory Paul. Soil Stabilization Methods and Materials in Engineering Practice, Stat of the art review. Department of Civil, Environmental and Natural resources engineering, Division of Mining and Geotechnical Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden. 2012. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2%3A997144/FULLTEXT01.pdf>

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- Mostafa Elseif, Nirmal Dhakal. Lime Utilization in the Laboratory, Field, and Design of Pavement Layers. Final Report 575. Louisiana Transportation Research Center, Louisiana State University, 2017
- Petkovšek, Ana, Bebar, Marko, Ločniškar, Andrej. Stabiliziranje zemljin pri gradnji avtocest v Sloveniji - pretekle izkušnje in nove perspektive. V: Zbornik referatov. 9. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 22.-24. oktober 2008. Ljubljana: DRC - Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 2008. Str. 89-99, ilustr. ISBN 978-961-6527-14-9.
- Petkovšek, Ana. Stabiliziranje zemljin pri gradnji avtocest v severovzhodni Sloveniji. V: Gradnja avtocest v Pomurju : zbornik referatov. Ljubljana: DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 2006. Str. [13]-35, ilustr. ISBN 961-6527-05-3. [COBISS.SI-ID 3077985]
- Posebni tehnični pogoji za ceste, knjiga 3, Zemeljska dela, SCS, 1989, z dopolnili
- Rukavina, Tatjana; Dragčević, Vesna; Lopuh, Sanja; Rajič, Slaviša. Metode stabilizacije slabo nosivog tla pri izgradnji prometnica. Građevinar, 59 (2007), 4; 301-309.
- RVS 11.02.45 Unterbau, Bodenstabilisierung mit Kalk. 1978
- Setra. Technical Guide Treatment of soils with lime and/or hydraulic binders, Application to the construction of pavement base layers. 2008. <https://www.cerema.fr/en/centre-ressources/boutique/technical-guide-treatment-soils-lime-andor-hydrolic-binders>
- SIST EN 1008:2003 Voda za pripravo betona - Zahteve za vzorčenje, preskušanje in ugotavljanje primernosti vode za pripravo betona, vključno vode, pridobljene iz procesov v industriji betona
- SIST EN 1097-5:2008 Preskusi mehanskih in fizikalnih lastnosti agregatov - 5. del: Določevanje vode s sušenjem v prezračevanem sušilniku
- SIST EN 13282-1:2013 Hidravlična veziva za ceste - 1. del: Hidravlična veziva za ceste, ki se hitro strjujejo - Sestava, zahteve in merila skladnosti
- SIST EN 13282-2:2015 Hidravlična veziva za ceste - 2. del: Hidravlična veziva za ceste, ki se normalno strjujejo - Sestava, zahteve in merila skladnosti
- SIST EN 13286-2:2005 Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 2. del: Preskusne metode za določanje laboratorijske referenčne gostote in vlage – Proctorjev preskus
- SIST EN 13286-2:2010/AC:2013 Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 2. del: Preskusne metode za določanje laboratorijske referenčne gostote in vlage – Proctorjev preskus (popravek)
- SIST EN 13286-47:2022 Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 47. del: Preskusna metoda za ugotavljanje kalifornijskega indeksa nosilnosti (CBR), neposrednega indeksa nosilnosti (IBI) in linearnega nabrekanja
- SIST EN 13286-50:2005 Nevezane in hidravlično vezane zmesi - 50. del: Postopek (metoda) za pripravo preizkušancev iz hidravlično vezanih zmesi, zgoščenih po Proctorjevem postopku ali vibracijsko mizo
- SIST EN 14227-2:2013 Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 2. del: Vezane zmesi z žlindro
- SIST EN 14227-4:2013 Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 4. del: Elektrofitrski pepel za hidravlično vezane zmesi
- SIST EN 14227-15:2016 Hidravlično vezane zmesi - Specifikacije - 15. del: Stabiliziranje zemljin s hidravličnimi vezivi

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- SIST EN 15167-1:2006 Grobozrnata plavžna žlindra za uporabo v betonu, malti in injekcijski malti - 1. del. Definicije, specifikacije in merila skladnosti
- SIST EN 16907-1:2019 Zemeljska dela - 1. del: Načela in splošna pravila
- SIST EN 16907-2:2019 Zemeljska dela - 2. del: Klasifikacija materialov
- SIST EN 16907-3:2019 Zemeljska dela - 3. del: Postopki izvajanja zemeljskih del
- SIST EN 16907-4:2019 Zemeljska dela - 4. del: Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi
- SIST EN 16907-5:2019 Zemeljska dela - 5. del: Kontrola kakovosti
- SIST EN 1744-1:2010+A1:2013 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov - 1. del: Kemijska analiza
- SIST EN 1744-3:2002 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov - 3. del: Priprava izlužkov agregatov
- SIST EN 1744-5:2007 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov - 5. del: Določevanje kloridnih soli, topnih v kislin
- SIST EN 1744-6:2007 Preskusi kemičnih lastnosti agregatov - 6. del: Ugotavljanje vpliva izlužka recikliranega agregata na začetni čas vezanja cementa
- SIST EN 196-2:2013 Metode preskušanja cementa - 2. del: Kemijska analiza cementa
- SIST EN 197-1:2011 Cement - 1. del: Sestava, zahteve in merila skladnosti za običajne cemente
- SIST EN 1997-1:2005 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 1. del: Splošna pravila
- SIST EN 1997-1:2005/A1:2014 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 1. del: Splošna pravila [dodatek]
- SIST EN 1997-1:2005/A101:2006 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 1. del: Splošna pravila – Nacionalni dodatek
- SIST EN 1997-1:2005/AC:2009 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 1. del: Splošna pravila [popravek]
- SIST EN 1997-2:2007 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 2. del: Preiskovanje in preskušanje tal
- SIST EN 1997-2:2007/AC:2010 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 2. del: Preiskovanje in preskušanje tal [popravek]
- SIST EN 450-1:2013 Elektrofiltrski pepel - 1. del: Definicije, specifikacije in merila skladnosti
- SIST EN 459-1:2015 Gradbeno apno - 1. del: Definicije, zahteve in merila skladnosti
- SIST EN 933-1:1999/A1:2005 Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 1. del: Ugotavljanje zrnivosti – Metoda sejanja [dodatek]
- SIST EN 933-1:2012 Preskusi geometričnih lastnosti agregatov - 1 del: Ugotavljanje zrnivosti – metoda sejanja
- SIST EN ISO 14688-1:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Prepoznavanje in razvrščanje zemljin - 1. del: Prepoznavanje in opisovanje
- SIST EN ISO 14688-2:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Prepoznavanje in razvrščanje zemljin - 2. del: Načela za razvrščanje



**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- SIST EN ISO 17892-1:2015 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 1. del: Ugotavljanje vlažnosti
- SIST EN ISO 17892-1:2015/A1:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 1. del: Ugotavljanje vlažnosti - Dopolnilo A1
- SIST EN ISO 17892-12:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje tekočine in plastičnosti
- SIST EN ISO 17892-12:2018/A1:2021 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje židkosti in plastičnosti - Dopolnilo A1
- SIST EN ISO 17892-12:2018/A2:2022 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 12. del: Ugotavljanje meje tekočine in plastičnosti - Dopolnilo A2
- SIST EN ISO 17892-4:2017 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 4. del: Ugotavljanje zrnastostne sestave
- SIST EN ISO 17892-7:2018 Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 7. del: Enoosni tlačni preskus
- SIST ISO 10390:2006 Kakovost tal – Določevanje pH
- SIST ISO 10694:1996 Kakovost tal - Določevanje organskega in celotnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza)
- SIST-TS CEN/TS 17006:2017 Zemeljska dela - Kontinuirana kontrola zgoščanja (CCC)
- SIST-TS CEN/TS 17693-1:2022 Zemeljska dela - Preskusi obdelave zemljin - 1. del: pH test za določanje vsebnosti apna v zemljini pri stabilizaciji (točka vezave apna LFP, optimum apnene stabilizacije LMO)
- Starbek, Franci. Vpliv apna na volumsko stabilnost zemljin v spodnjem ustroju cest : diplomska naloga = Lime influence on volume stability of soil in lower structure of roads : graduation thesis. Ljubljana, 2008. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/129/>.
- Straßenbau A-Z, B 187400 4933-2021 Bodenbehandlungen mit Bindemitteln / Merkblatt / M BmB, Merkblatt über Bodenbehandlungen mit Bindemitteln, Ausgabe 2021, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, FGSV Verlag GmbH Köln - FGSV 551 (R2), Deutschland
- Texas Department of Transportation. Treatment Guidelines for Soils and Base in Pavement Structures, Materials & Tests Division, Soils & Aggregates Section. 2019. <https://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot/mtd/treatment-guidelines.pdf>
- TSC 06.512:2003 Projektiranje, klimatski in hidrološki pogoji
- TSC 06.711:2001 Meritev gostote in vlage, Postopek z izotopskim merilnikom
- TSC 06.720:2003 Meritve in preiskave, Deformacijski moduli vgrajenih materialov
- TSPI - PGV.06.325:2022 Zgornji ustroj cest, Stabilizirane nosilne plasti voziščne konstrukcije izvedene po hladnem postopku (v pripravi)
- TSPI PG.05.201:2021 Zemeljska dela - razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih - 1. del - Razvrščanje zemljin (v pripravi)
- TSPI PG.05.202:2021 Zemeljska dela - razvrščanje geoloških materialov pri zemeljskih delih - 2. del - Smernice za presojo uporabnosti zemljin pri zemeljskih delih na osnovi razvrščanja (v pripravi)

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC**

- U.S. Army Corps of Engineers. Unified Facilities Criteria (UFC), UFC 3-250-11, Soil Stabilisation and Modification for Pavements. 2020. [https://www.wbdg.org/FFC/DOD/UFC/ufc\\_3\\_250\\_11\\_2020.pdf](https://www.wbdg.org/FFC/DOD/UFC/ufc_3_250_11_2020.pdf)
- Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 77/22)
- Vukičević, Mirjana, Pujević, Veljko, Marjanović, Miloš, Jocković, Sanja, Maraš-Dragojević, Snežana. Stabilizacija sitnozrnateg tla letećim pepelom. Građevinar 67 (2015) 8, 761-770.
- Žlender, Bojan, Vrelc Kojc, Helena, Dolinar, Bojana. Osnove temeljenja – Skripta predavanj ter seminarških in laboratorijskih vaj

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****11 PRILOGA 1: Priprava in nega preizkušancev tretirane zemljine za določitev enosne tlačne trdnosti****11.1 Priprava preizkušancev**

Preizkušance za določitev tlačne trdnosti in je treba pripraviti skladno s postopkom SIST EN 13286-50 pri vlažnosti mešanice (naravni vlažnosti  $w$ ) oziroma pri optimalni vlažnosti ( $w_{opt}$ ) z energijo zgoščanja v skladu standardnim oziroma modificiranim Proctorjevim postopkom, v odvisnosti od vrste zemljine (glej točko 5.4).

**11.2 Nega preizkušancev**

Pripravljene preizkušance za določitev tlačne trdnosti je treba negovati 7 oziroma 28 dni v vlažni komori z najmanj 95 % vlago pri temperaturi  $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Namesto vlažne komore se lahko preizkušance hrani tudi v tesno zaprtih plastičnih vrečkah. Preizkušance se lahko razkalupi najprej 3 dni po pripravi.

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****12 PRILOGA 2: Postopek določitve količnika vremenske obstojnosti**

Za določitev količnika vremenske obstojnosti se za posamezno mešanico pripravi dve seriji s po najmanj tremi preizkušanci skladno s prilogo 1 (minimalno 6 preizkušancev).

Eno serijo preizkušancev negujemo predviden čas negovanja skladno s postopkom v točki 11.2. Tako negovanim preizkušancem je treba določiti njihovo enosno tlačno trdnost po SIST EN 13286-41.

Drugo serijo preizkušancev po zaključenem postopku nege po 7. dneh, podanem v točki 11.2 za, 24 ur potopimo v vodo s temperaturo  $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ . Po namakanju v vodi preizkušance odcedimo na mreži, perforirani pločevini ali porozni plošči (najmanj 1 uro) in določimo njihovo enosno tlačno trdnost po SIST EN 13286-41.

Razmerje povprečnih vrednosti enosnih tlačnih trdnosti preizkušancev potopljenih v vodo in preizkušancev po enakem času nege po postopku negovanja v točki 11.2, je označeno kot količnik vremenske obstojnosti mešanice ( $K_v$ ).

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****13 PRILOGA 3: Postopek določitve količnika odpornosti proti zmrzovanju**

Za določitev količnika odpornosti proti zmrzovanju se za posamezno mešanico pripravi dve seriji s po najmanj tremi preizkušanci skladno s priložo 1 (minimalno 6 preizkušancev). Določiti je potrebno količnik odpornosti na zmrzovanje ( $K_z$ )

Eno serijo preizkušancev negujemo 32 dni v vlažni komori po postopku v točki 11.2 Tako negovanim preizkušancem je treba po zaključku nege določiti njihovo enoosno tlačno trdnost po SIST EN 13286-41.

Drugo serijo preizkušancev po 7. dneh nege v vlažni komori (po postopku v točki 11.2) izpostavimo 12 ciklom zmrzovanja in tajanja, tj. izmeničnega hranjenja preizkušancev po 24 ur v zamrzovalni komori s temperaturo  $-23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  in po 24 ur v vlažni komori na temperaturi  $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ , kjer morajo biti preizkušanci postavljeni na z vodo zasičeno podlago (polst), ki omogoča vsrkavanje (navzemanje) vode.

Po zadnjem 24 urnem tajanju (v vlažni komori) preizkušancev je treba določiti njihovo enoosno tlačno trdnost po SIST EN 13286-41.

Po vsakem ciklu zamrznjenja in tajanja je treba izmeriti višino preizkušancev. Razlika višine po prvem in dvanajstem ciklu zmrzovanja in tajanja lahko znaša največ 0,1 %.

Razmerje povprečnih vrednosti enoosnih tlačnih trdnosti preizkušancev, izpostavljenih 12 ciklom zmrzovanja in tajanja, ter preizkušancev, po 32 dneh nege po postopku podanem v točki 11.2 samo v vlažni komori (priloga 1), je označeno kot količnik odpornosti mešanice proti zmrzovanju ( $K_z$ ).

**TRETIRANJE ZEMLJIN Z APNOM/ALI HIDRAVLIČNIMI VEZIVI PRI GRADNJI PROMETNIC****14 PRILOGA 4: Preverjanje homogenosti plasti s fenolftaleinsko metodo**

Homogenost vgrajene plasti tretirane zemljine preverimo na osnovi vizualne ocene z uporabo indikatorske raztopine fenolftaleina. Metoda temelji na spremembi barve indikatorske raztopine iz brezbarvne v vijolično pri pH vrednosti zemljine nad 8,2. Homogenost obarvanja tretirane zemljine na območju poskusnega razkopa podaja homogenost vmešanja veziva v plasti tretirane zemljine.

Indikatorsko raztopino fenolftaleina pripravimo po postopku (SIST EN 14630):

1 g fenolftaleina raztopimo v 70 mL etanola (min. 95%). Ko je fenolftalein popolnoma raztopljen, raztopino z destilirano ali deionizirano vodo razredčimo na 100 mL.

Po zaključeni vgradnji plasti tretirane zemljine za preveritev homogenosti izvedemo razkop v širini najmanj 30 cm po celotni globini preverjane plasti. Steno razkopa v celoti popršimo z indikatorsko raztopino fenolftaleina. Plast je homogena, če se stena razkopa v celoti obarva vijolično. Neobarvana mesta kažejo na nehomogeno izvedbo plasti.

Če se tretirana zemljina ne obarva, je delež veziva za tretiranje prenizek oziroma vezivo ni prisotno. V tem primeru je potreben podroben pregled laboratorijske sestave, postopkov vgradnje, skladnost lastnosti zemljine za tretiranje s predvidenimi lastnostmi v laboratorijski sestavi in ponovno tretiranje zemljine, po potrebi s predhodno izdelano novo laboratorijsko sestavo.