

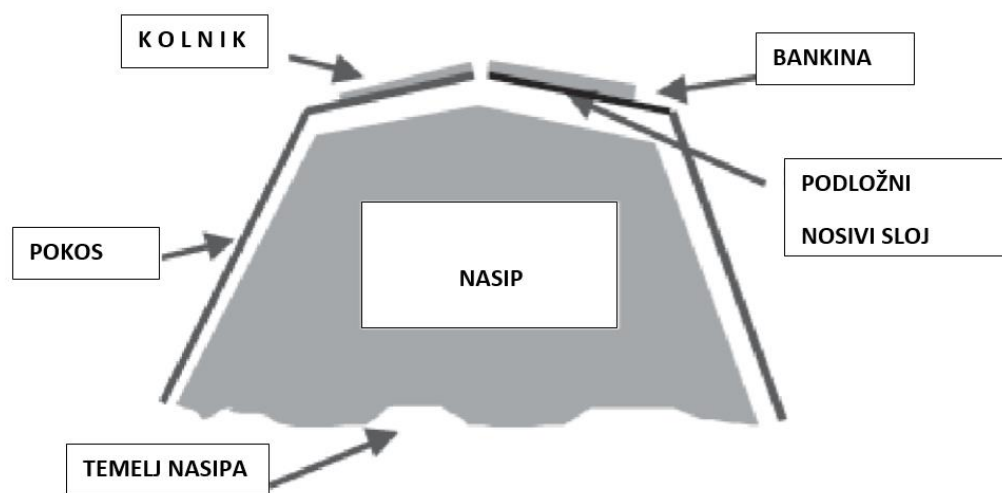
PREDAVANJE BR. 4

NASIPI ZA PROMETNICE

1. OSNOVNA PRAVILA ZA UREĐENJE PODTLA I GEOMETRIJU NASIPA

Nasipi prometnica su vrlo važni za dugoročnu stabilnost i izdržljivost prometnice i zato se moraju planirati kao građevine (trasa, priprema podloge, izbor materijala, tehnologija i kontrola izvedbe, opazanje..).

Nasip je struktura u prometnici građena od tla, agregata od tla, materijala sličnih tlu ili drobljene stijene smještena između postojećeg tla i nisivih slojeva prometnice (kolničke konstrukcije). Može imati homogen ili složen presjek, kao na slici 2. Složeni presjeci su korisni kada se treba iskorisiti više vrsta materijala iz iskopa kojima se mogu zadovoljiti zahtjevi za mehaničkim svojstvima.

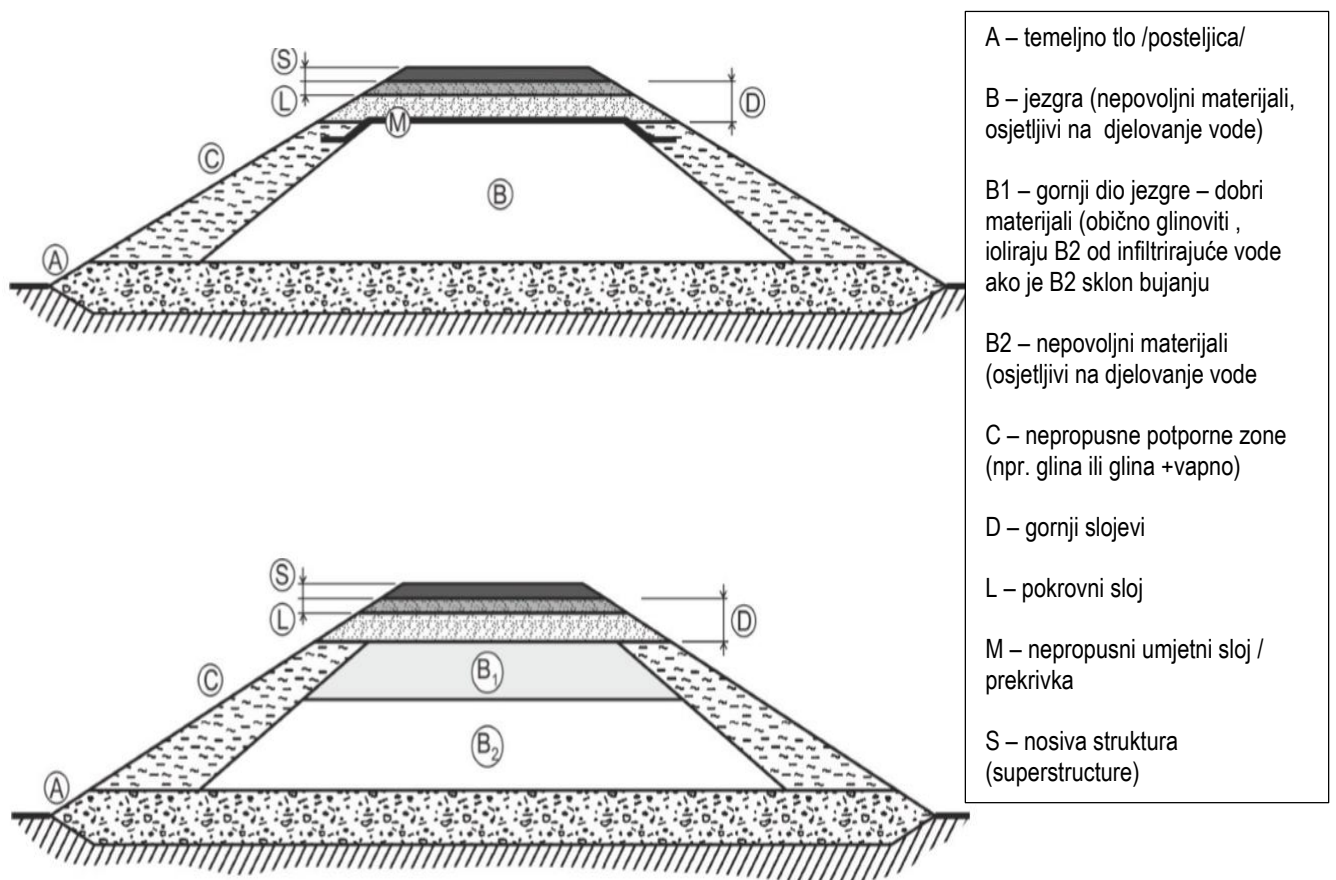


Slika 1. Shematski prikaz građe prometnice – nasip je između temeljnog tla i kolničke konstrukcije

Projektiranje nasipa osim izbora trase treba obuhvatiti:

- Procjenu dostupnih materijala i njihovih svojstava (tlo, stijena, reciklirani materijali, nus-proizvodi) i njihov raspored u tijelu nasipa
- Definiranje potrebnih svojstava zbijenog tla u nasipu i način njihove kontrole
- Optimizaciju izvedbe nasipa u pogledu opreme, ograničenja u transportu, zaštiti okoliša, održivog razvoja, troškova, trajanja radova i sl.
- Definiranje ispravnih postupaka kontrole i vrednovanja radova (vrsta ispitivanja, metode ispitivanja, učestalost ispitivanja tijekom izvedbe i nakon nje)

Građa nasipa prometnica prikazana je na slici 1.



Slika 2. Nasipi prometnica u dvije varijante i raspored slojeva

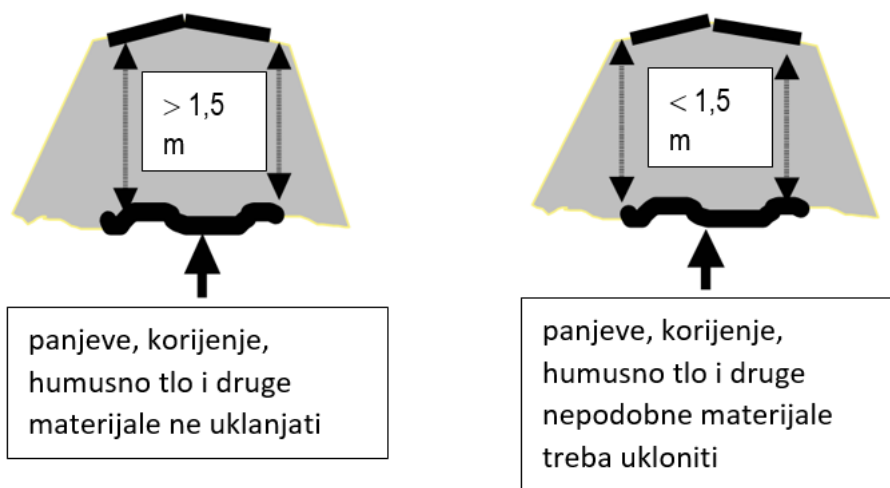
(prema prEN 16907-1, Earthworks - Part 1: Principles and general rules, Jan 2016)

Za sve dijelove ukupnog nasipa prometnice propisani su geometrijski, fizikalni i mehanički zahtjevi, te zahtjevi za vrstu i svojstva materijala od kojih se te zone izgrađuju. U ovom poglavlju prikazat će se oblikovni elementi sukladno važećim preporukama, pravilnicima i normama koje se koriste u svijetu a tiču se izgradnje prometnica. Zahtjevi na materijale u pojedinim zonama i njihova svojstva u zbijenom stanju bit će obrađena u drugim predavanjima.

PRIPREMA PODLOGE – TEMELJNOG TLA

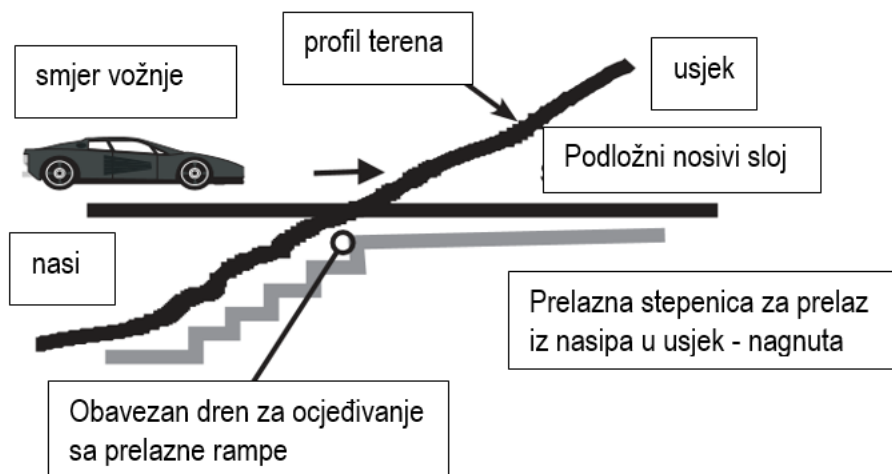
Priprema temeljnog tla za izvedbu nasipa provodi se prema projektu i nalogima nadzornog inženjera a sukladno OTU (Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, RH).

U pravilu temeljno tlo treba pripremiti (posteljica) za dobro temeljenje nasipa. Neke zemlje propisuju da je to potrebno samo za niske nasipe visine manje od 1,5 m (USA).



Slika 3. Preporuke za čišćenje i uređenje temeljnog tla u USA

Uređenje temeljnog tla podrazumijeva i ispravan kontakt nasipa sa tlom na pokosima. Tada se koriste stepenice, radi veće sigurnosti protiv klizanja i radi stabilnijeg prelaza iz nasipa u usjeko/zasjeko.



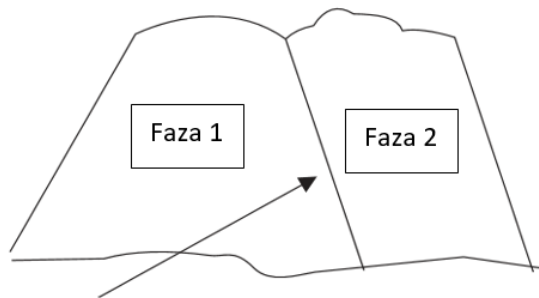
Slika 4. Prelaz iz nasipa u usjek/zasjek provodi se stepenicama ispod nasipa i prelaznom stepenicom u usjeku, koja se obavezno mora drenirati.

Pokose postojećeg nasipa izvesti u stepenicama pri kontaktu sa novim nasipom

- Pola širine novog nasipa istovremeno
- U kontaktu sa postojećim nasipom / padinom
- Gdje novi nasip siječe postojeći pod kutem 300 ili više i pokosi su strmiji od 1:4 (V:H)

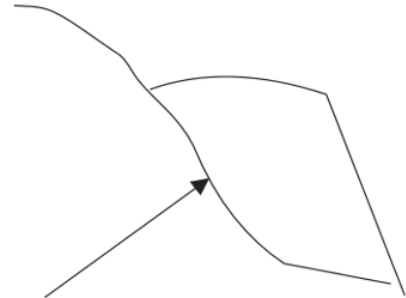
Kontakt starog i novog nasipa

Pola širine odjednom



Stepenice na kontaktu

Kontakt nasipa sa
postojećim nagnutim terenom



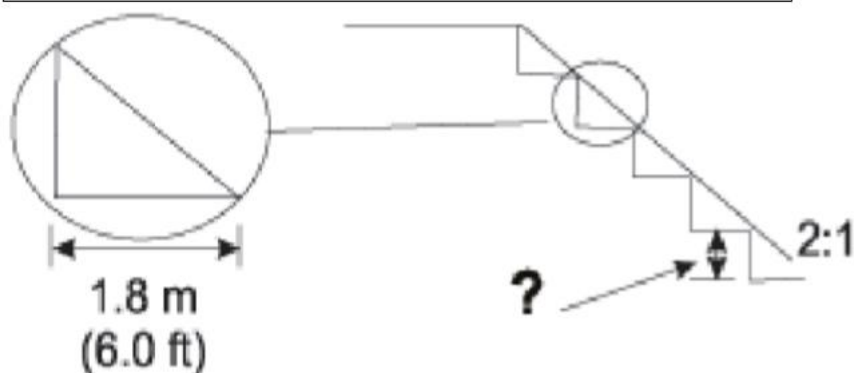
Stepenice na kontaktu

Slika 5. Kontakt nasipa sa kosom podlogom (stari nasip ili padina) treba izvesti u stepenicama (USA preporuke)

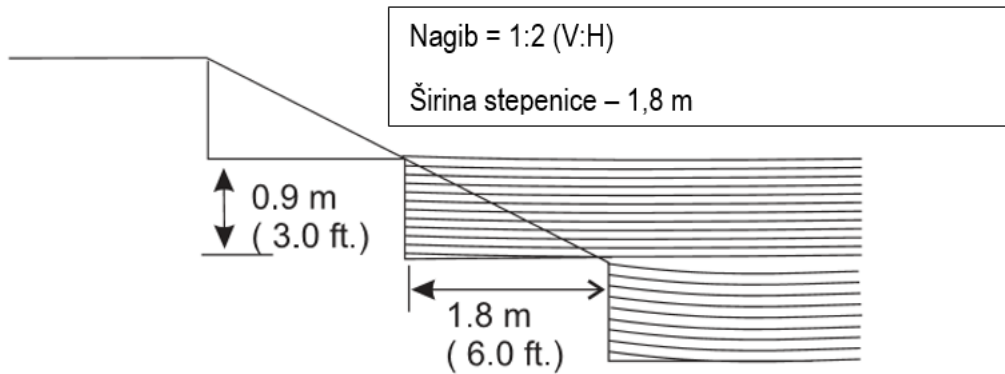
Pri izvedbi stepenica na pokosu strmijem

od 1:4 (V:H) ali ne strmijem od 1:1,5

najmanja širina stepenice je 1,8 m



Slika 6. Stepenice su nužne na kontaktu nasipa i kose podloge strmije od 1:4



Slika 7. Izvedba slojeva nasipa na kontaktu sa pokosom

2. MATERIJALI ZA NASIP – ANALIZA I POTREBNA SVOJSTVA

Materijali za izvedbu nasipa moraju omogućiti postizanje mehaničkih svojstava zahtijevanih projektnim rješenjem i osigurati trajnost konstrukcije, pa se zbog toga traži da ti materijali moraju zadovoljiti sljedeće:

- Biti odobreni za uporabu (npr. zadovoljiti uvjete OTU)
- Ne smiju sadržavati organski otpad
- Ne smiju sadržavati smrznute materijale
- Ne smiju sadržavati korijenje
- Ne smiju sadržavati busenje
- Ne smiju sadržavati druge štetne materijale

Materijal za nasipe uobičajeno se vadi iz pozajmišta, postojećeg ili namjenskog za neki projekt. Posebni materijali (gume, ostaci betona, pepeo, šljaka i sl.) mogu se koristiti ali uz posebne uvjete određene projektnim rješenjem.

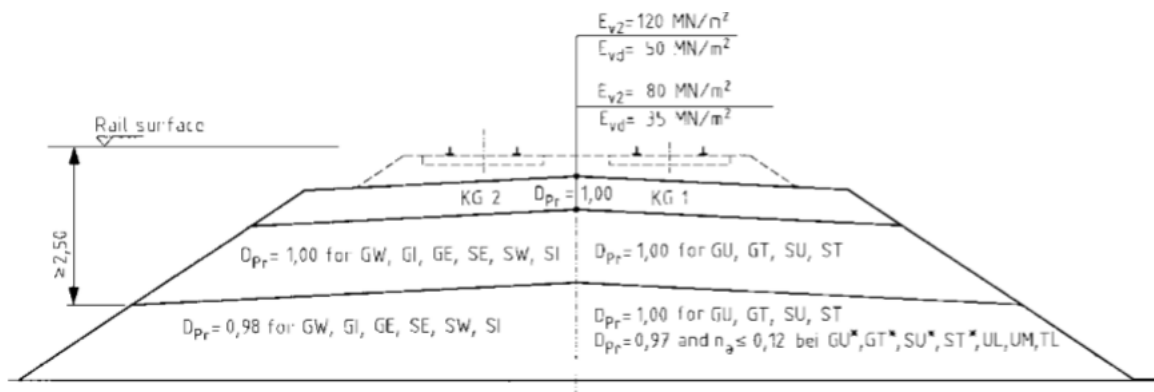
Materijali za nasip klasificiraju se prema odredbama norme FINAL DRAFT FprEN 16907-2, February 2018 Earthworks - Part 2: Classification of materials, ili prema nekim drugim odgovarajućim normama za radove u prometnicama (npr. ASTM, AASHTO). Klasifikacijom se karakteriziraju potencijalni materijali za izgradnju nasipa, sa stanovišta izvornih svojstava, koja ne znače automatski prihvatljivost, budući da se traže povoljna svojstva zbijanja i pripadna mehanička svojstva zbijenog tla.

Prema krupnoći zrna tla se dijele na :

- Vrlo krupna , kada sadrže zrna $D_{max} > 63 \text{ mm}$
- Tla sa zrnima ispod 63 mm ($D_{max} \leq 63 \text{ mm}$) i sa sadržajem organskih tvari ispod 2% , a mogu se dodatno podijeliti s obzirom na sadržaj sitnih čestica ($\leq 0,063 \text{ mm}$)

: krupna i kompozitna tla sa do 15% sitnih čestica (karakteriziraju se koeficijentom zakrivljenosti i koeficijentom jednolikosti granulometrijskog sastava), ili mogu biti srednja tla i sitnozrna tla sa sadržajem finih čestica preko 15 % (koriste se pokazatelji plastičnosti tla za dalje grupiranje i klasifikaciju).

Na slici 8. prikazan je porepčni presjek pruge za brzine do 230 km/h i građa nasipa i nosivih slojeva sa potrebnim svojstvima, kao ilustracija visokih zahtjeva za mehaničkim svojstvima koja se mogu postići samo sa pažljivo odabranim i ugrađenim materijalima.



Slika 8. Struktura nosivih i nasipnih slojeva željezničkog nasipa sa balastnim nasipom za brzine do 230 km/h (prmjern korištenja netretiranog tla)

Oznake na slici 8 :

KG1, KG2 – specijalne mješavine krupnozrnatog tla za slojeve ispod balasta

GW – dobro graduiran šljunak (DIN 18196)

Dpr – stupanj zbijenosti, standardni Proktor

Ev2 – modul deformacije, pokus statčkom pločom $d=30 \text{ cm}$ (prema DIN 18134)

Evd – modul deformacije, pokus dinamičkom pločom $d=30 \text{ cm}$, (prema TP BF-StB)

Materijali u nasipu moraju imati otpornost smrzavanju. U tablici 1. prikazani su kriteriji za stupnjeve osjetljivosti pojedinog materijala na smrzavanje.

Tablica 1. Klasifikacija grupa tla s obzirom na osjetljivost na smrzavanje

	osjetljivost na smrzavanje	Grupe tla (DIN 18196)
F1	Neosjetljiva tla	GW, SW bez ili s malo sitnih čestica
F2	Malo do srednje osjetljiva	G i S s umjerenim sadržajem glinovitih i prašiniastih čestica, gline
F3	Vrlo osjetljiva	Jako zaglinjeni ili prašiniasti G i S, gline i prahovi

Brandl , H. (FREEZING-THAWING BEHAVIOUR OF SOILS AND UNBOUND ROAD LAYERS, Slovak Journal of Civil Engineering, 2008,) detaljno prikazuje ovisnost osjetljivosti tla na smrzavanje i opasnost od ciklusa smrzavanje-odmrzavanje za tla u prometnicama.

Sljedeći faktori utječu na osjetljivost tla na smrzavanje / odmrzavanje:

- Gragulometrijski sastav – mineraloški sastav – organski sadržaj – keimzam u tlu – vlažnost i stuoanj saturacije tla – gustoća i stupanj zbijenosti – vodopropusnost – kapilarnost – dubina podzemne vode – pojava vode (padaline, srujanje, podzemna voda) – temperatura , hidraulički gradijent i kemizam vode – temperaturni uvjeti (veličina i trajanje niskih temperatura, temperaturni gradijent) – lokalni klimatološki uvjeti (ciklusi smrzavanje-odmrzavanje) – nadsloj tla – ponašanje složenog nasipa (višeslojna građevina)

U USA se koristi dijagram za vrste tla u ovisnosti o sadržaju sitnih čestica pri procjeni osjetljivosti na smrzavanje (slika dole). Taj dijagram ne uzima u obzir mineralogiju tla.

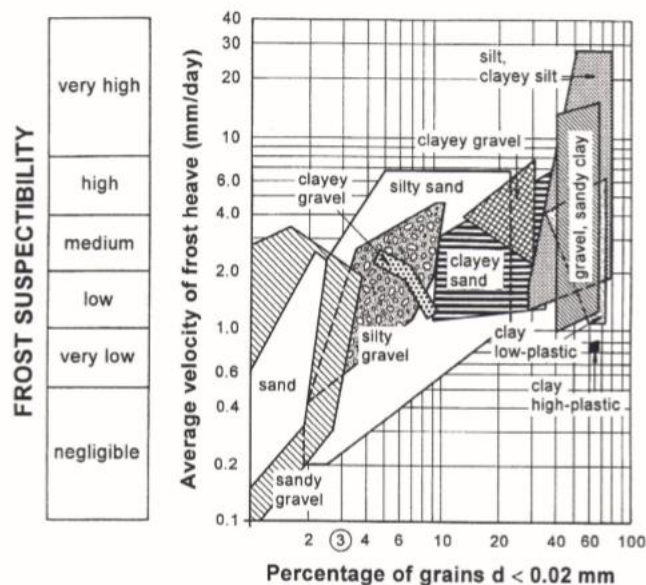
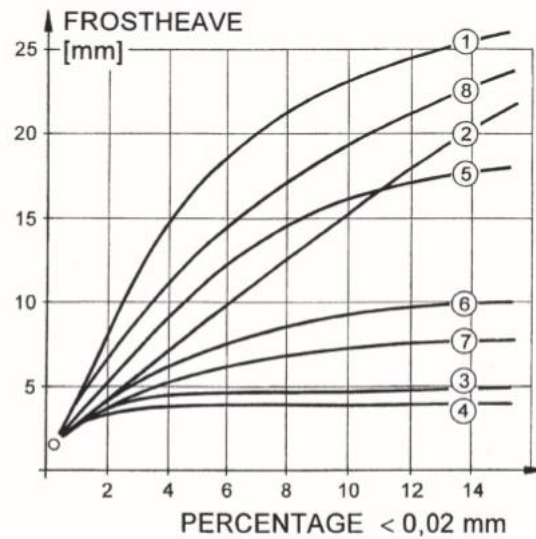


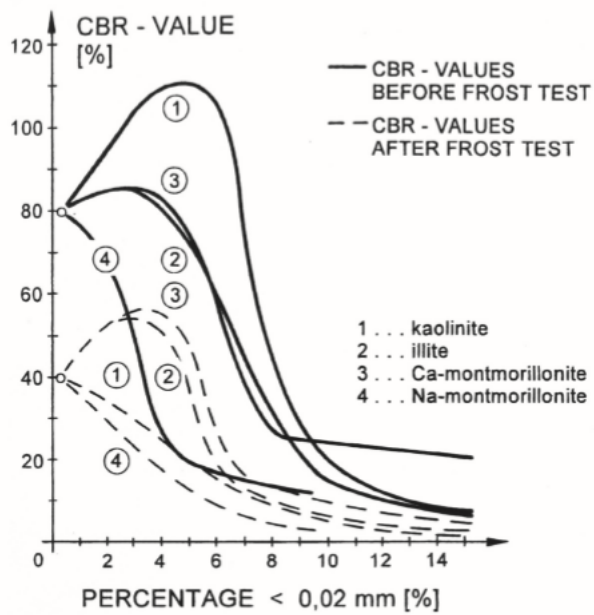
Fig. 1 Influence of the fine grains < 0.02 mm on the frost susceptibility of soils (U.S. Army Corps of Engineers).

Brandl (2008) je proveo niz pokusa provjeravajući utjecaj mineralogije u sprezi sa granulometrijskim sastavom tla na osjetljivost na smrzavanje.



ista granulacija matrice tla sa dodatkom finih čestica različite mineralogije ima dramatične promjene u pogledu osjetljivosti na smrzavanje

Fig. 3 Influence of percentage of fine grains < 0.02 mm and their mineralogical composition on frost-heave (maximum value after testing period of 15 days). Sandy gravel mixed with fine grains of different clay minerals.



CBR vrijednost smanjuje se dramatično sa pojavom smrzavanja

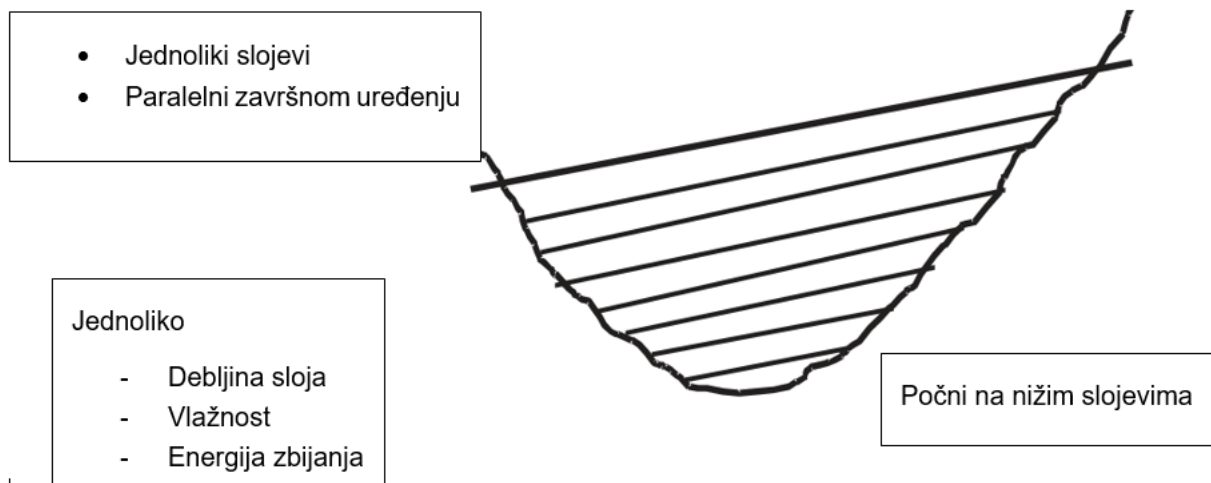
Fig. 4 Influence of the percentage of fine grains < 0.02 mm and their mineralogical composition on the CBR-value before and after freezing-thawing tests. Sandy gravel mixed with fine grains of different clay minerals.

Tab. 1 Mineral criterion for assessing freezing-thawing susceptibility.

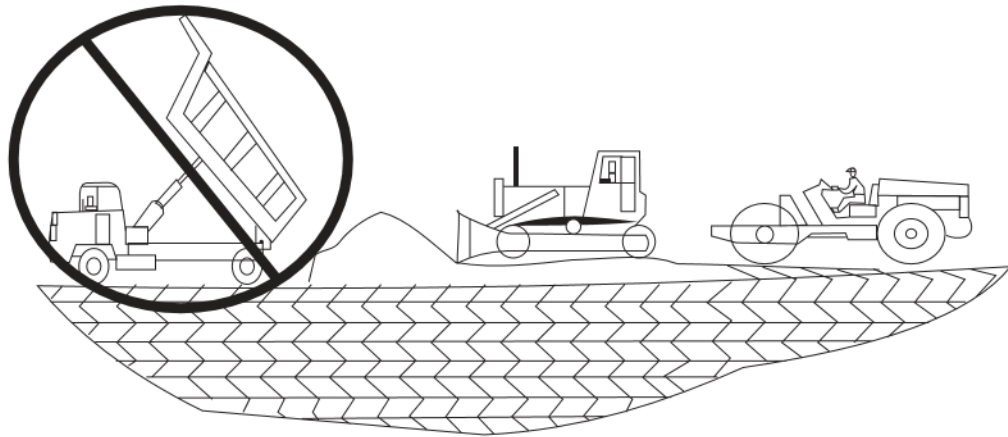
Maximum allowable percentage < 0.02 mm (by mass)	Mineral composition of the grains < 0.02 mm
3 %	Determination of mineral components is not necessary
5 %	S t a n d a r d C a s e : Additional tests are not necessary if the mineral composition, or the material behaviour under freeze-thaw conditions (in the field or in the laboratory) respectively, are known from earlier investigations.
5 %	In case of materials whose characteristics are unknown : 1) Non-active minerals 2) Mixture of 1) and a maximum of a) 10 % kaolinite group b) 30 % chlorite group c) 30 % vermiculite group d) 40 % montmorillonite group e) 50 % mica group Marginal condition : mixture of 1) and a maximum of a) 60 % mica group + chlorite group b) 50 % mica group + chlorite group + kaolinite group c) 50 % mica group + kaolinite group d) 40 % mica group + chlorite group + kaolinite group + + montmorillonite group Further mixtures, not listed here, of laminated silicates are allowable up to a total sum of a maximum of 40 %. If this limit value is exceeded, freezing-thawing tests are necessary. 3) Freezing-thawing tests should be performed, if an i n t e n s i v e reddish-brown colour of the material indicates that iron hydroxides are contained.
8 %	Non-active minerals, with a maximum of 1 % by mass < 0.002 mm

3. TEHNOLOGIJA IZVEDBE

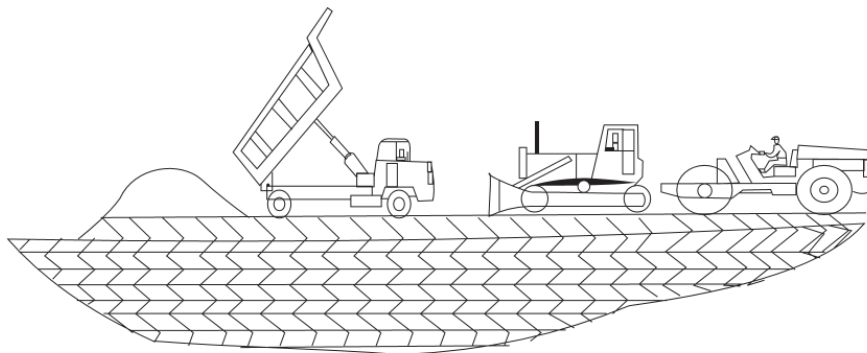
Nasipi se izvode u slojevima, prikladnim strojevima za zbijanje, pri čemu treba voditi računa o nagibu slojeva, jednolikosti, debljini, vlažnosti i zbijenosti slojeva. Navode se neki primjeri pravilne izvedbe slojeva nasipa.



Razastiranje tla ne smije se obavljati kao na donjoj slici jer će rezultirati nejednolikom debljinom sloja, lošim miješanjem i nejednolikm zbijanjem.



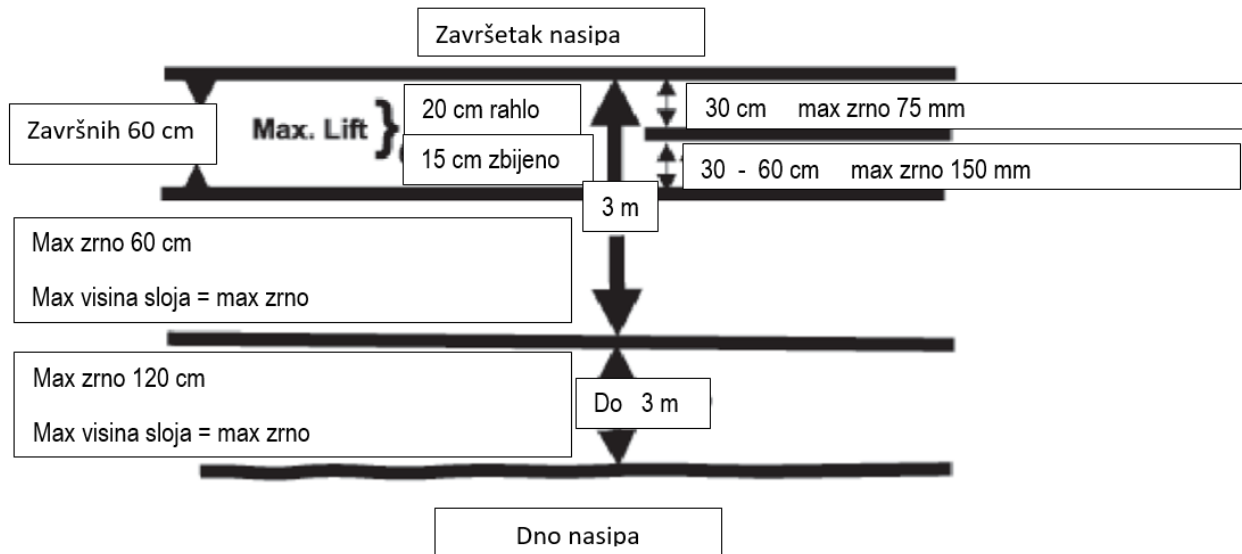
Razastiranje preko izvedenog sloja pomaže jednolikosti debljine sloja, dobrom miješanju i jednolikosti energije zbijanja.



Stalna kontrola debljine sloja (prije i poslije zbijanja) osigurava dobre uvjete za uspješnu izvedbu sloja nasipa.



Krupnozrnati materijali za nasip moraju se ugrađivati u slojeve debljine prilagođene veličini najvećeg zrna, i obrnuto.



POKOSI

Pokosim nasipa moraju biti stabilni. Dodatni izazov stabilnosti je erozija od djelovanja kiše i nakupljene vode koja se slijeva niz padinu, Dobra zbijenost tla na pokosu je vrlo važna (zbijanje kretanjem valjka po pokosu, „prekoprofilno“ zbijanje i kasnije rezanje). Treba spriječiti ispiranje čestica sa pokosa odgovarajućom drenažom i odvodnjim vode da se spriječi dugi tok vode i pojava veće brzine tečenja vode. Zasadi trave na pokosima (i drugih biljaka) pomažu sprječavanju upijanja vode i korijenom ojačavaju pokos. Zatravnjenje mora biti dobro izvedeno, tlo zbijeno i sve obavljeno na vrijeme da se stigne formirati korijenski sustav prije velikih oborina. Ponekad se mora na pokosu izvesti posebna zaštita (pletiva, geosintetičke mreže, kameni nabačaj) da bise spriječilo ispiranje čestica i njihovo nakupljanje pored kolnika, što voi nestabilnost pokosa i nesigurnosti u korištenju prometnice,

4. ISKUSTVA - PRIMJERI







LITERATURA

Brandl , H. Freezing-thawing behaviour of soils and unbound road layers, Slovak Journal of Civil Engineering, 2008,

prEN 16907-1, Earthworks - Part 1: Principles and general rules, Jan 2016,

16907-2 : Part 2 – Classification of materials, 2018,

16907-3 : Part 3 – Construction procedures, 2018.