

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Gurda, E., 2016. Primerjava tehničnih specifikacij za ceste za zemeljska dela in nevezane plasti v Sloveniji in Hrvaški. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Petkovšek, A.): 48 str.

Datum arhiviranja: 15-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Gurda, E., 2016. Primerjava tehničnih specifikacij za ceste za zemeljska dela in nevezane plasti v Sloveniji in Hrvaški. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Petkovšek, A.): 48 pp.

Archiving Date: 15-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER**

Kandidatka:

ERNA GURDA

**PRIMERJAVA TEHNIČNIH SPECIFIKACIJ ZA CESTE
ZA ZEMELJSKA DELA IN NEVEZANE PLASTI V
SLOVENIJI IN HRVAŠKI**

Diplomska naloga št.: 3509/PS

**COMPARISON OF TECHNICAL CONDITIONS FOR
EARTHWORKS AND UNBOUND GRANULAR
MATERIAL FOR ROADS IN SLOVENIA AND CROATIA**

Graduation thesis No.: 3509/PS

Mentorica:

doc. dr. Ana Petkovšek

Ljubljana, 09. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«

IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana študentka **Erna Gurda**, vpisna številka **26106179**, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: **Primerjava tehničnih specifikacij za ceste za zemeljska dela in nevezane plasti v Sloveniji in Hrvaški**

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označila;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, 26.8.2016

Podpis študentke: _____

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 624.13:625.7/.8(497.4)(497.5)(043.2)
Avtor: Erna Gurda
Mentor: doc. dr. Ana Petkovšek, univ. dipl. inž. geol.
Naslov: Primerjava tehničnih specifikacij za ceste za zemeljska dela in nevezane plasti v Sloveniji in Hrvaški
Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 48 str., 17 pregl., 14 sl.
Ključne besede: agregat, evropski standard, nevezana plast, kriteriji kakovosti tehnični pogoji/specifikacije, togost, vezana plast, zemeljska dela, zgoščenost

IZVLEČEK

V diplomskem delu so obravnavane slovenske in hrvaške tehnične specifikacije ter evropski standardi za zemeljska dela in nevezane nosilne plasti pri gradnji cest. Analizirani so kriteriji kakovosti za materiale, vgrajene plasti in postopke preizkušanja. V uvodnem delu so opisane glavne funkcije posameznih plasti v cestnem telesu. V nadaljevanju so za vsako plast analizirani kriteriji za oceno in kontrolo kakovosti materialov in izvedenih del, določeni v slovenskih, hrvaških in evropskih predpisih ter je narejena primerjava med kriteriji in zahtevami posameznih tehničnih pogojev. Ugotovljeno je, da se tehnični pogoji za gradnjo cest v Sloveniji in Hrvaški močno razlikujejo in da niso usklajeni z relevantnimi evropskimi standardi.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.13:625.7/.8(497.4)(497.5)(043.2)
Author: Erna Gurda
Supervisor: Assist. Prof. Ana Petkovšek, Ph.D.
Title: Comparison of technical conditions for earthworks and unbound granular material for roads in Slovenia and Croatia
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 48 p., 17 tab., 14 fig.
Key words: aggregate, bound layer, earthworks, European standard, road technical condition/specification, relative density, stiffness, unbound road layer, quality criteria

ABSTRACT

The thesis discusses the Slovenian and Croatian technical specifications and European standards for earthworks and unbound granular layers on roads. The comparative analysis of requirements is made for road materials, quality requirements and test methods. At the beginning, the functional properties of characteristic layers in road structure are introduced. The quality criteria for materials and compacted layers are analysed and compared along with the reference test methods for quality control in Slovenia and Croatia. A comparison of requirements is made also with the reference EN standards. Analysis shows some important differences in demands and test methods.

ZAHVALA

Za usmerjanje in nasvete ob nastajanju diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Ani Petkovšek.

Prav tako se zahvaljujem vsem sošolcem in sošolkam za vso nesebično pomoč in spodbudo med študijem. Velika zahvala tudi vsem tistim, ki so mi študij omogočili.

Največja zahvala pa vsekakor velja mojim najbližjim in vsem tistim, ki so verjeli vame, me podpirali in mi ves čas študija stali ob strani.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

IZJAVA O AVTORSTVU	III
BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
1 UVOD.....	1
2 KARAKTERISTIČNI PREREZ CESTE IN FUNKCIONALNE LASTNOSTI ZNAČILNIH PLASTI.....	2
2.1 Karakteristični prerez ceste.....	2
2.2 Značilne plasti spodnjega cestnega ustroja	5
2.2.1 Temeljna tla.....	5
2.2.2 Povožni plato	9
2.2.3 Drenažne plasti.....	9
2.2.4 Nasip	10
2.2.5 Posteljica	11
2.2.6 Nevezane nosilne plasti.....	12
3 TEHNIČNI POGOJI ZA ZEMELJSKA DELA IN NEVEZANE PLASTI CESTE V SLOVENIJI, HRVAŠKI IN EVROPSKI UNIJI	14
3.1 Uvod.....	14
3.2 Tehnične specifikacije za javne ceste	15
3.3 Popis del in posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje, Ljubljana, 1989	16
3.4 Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Zagreb, 2001	17
3.5 Evropski standardi za zemeljska dela (EN16907 – draft)	18
4 PRIMERJAVA TEHNIČNIH POGOJEV ZA ZEMELJSKA DELA V SLOVENIJI IN HRVAŠKI	19
4.1 Osnovne ugotovitve	19
4.2 Primerjava tehničnih pogojev za temeljna tla	20
4.3 Primerjava tehničnih pogojev za povožni plato ter drenažne in filtrske plasti.....	22
4.4 Primerjava tehničnih pogojev za nasipe.....	25

4.5	Primerjava pogojev za posteljico.....	29
4.5.1	Posteljica iz zemljin.....	29
4.5.2	Kamnita posteljica.....	29
4.5.3	Kakovost vgrajene posteljice.....	30
4.6	Zaključne ugotovitve v povezavi z zemeljskimi deli	31
5	PRIMERJAVA TEHNIČNIH POGOJEV ZA NEVEZANE NOSILNE PLASTI.....	32
5.1	Osnove	32
5.2	Pregled zahtev kakovosti po EN 13242	32
5.3	Primerjava slovenskih in hrvaških kriterijev za NNP	33
5.3.1	Zrnavostna sestava	33
5.3.2	Ostale geometrijske lastnosti	35
5.3.3	Fizikalno-mehanske lastnosti.....	35
5.3.4	Kemijske lastnosti	36
5.3.5	Kakovost vgrajene NNP	36
5.3.6	Sklepne ugotovitve	37
6	RAZPRAVA POGOJEV ZA IZBOLJŠANJE IN STABILIZACIJO ZEMLJIN	38
6.1	Kriteriji in primerjava kriterijev	38
6.2	Sklepne ugotovitve	44
7	ZAKLJUČEK.....	45
VIRI		46

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava kriterijev kakovosti materiala v temeljnih tleh	20
Preglednica 2: Zahteve kakovosti urejenega planuma temeljnih tal	21
Preglednica 3: Primerjava kriterijev za geosintetike	23
Preglednica 4: Zahteve kakovosti materialov za povozni plato in drenažne plasti	24
Preglednica 5: Zahteve kakovosti del za povozni plato in drenažne plasti.....	25
Preglednica 6: Primerjava kriterijev kakovosti nasipnih materialov.....	26
Preglednica 7: Kriteriji kakovosti vgrajenih plasti nasipa	28
Preglednica 8: PTP, TSC in OTU zahteve kakovosti vgrajene posteljice.....	30
Preglednica 9: Mejno območje zrnastostne sestave zmesi kamnitih zrn za NNP (OTU)	33
Preglednica 10: Primerjava kriterijev za geometrijske lastnosti	35
Preglednica 11: Kriteriji za določitev mehanske odpornosti in obstojnosti zrn za NNP	35
Preglednica 12: TSC in OTU zahteve kakovosti vgrajene NNP.....	37
Preglednica 13: Odločilni kriteriji kakovosti mešanice/plasti	39
Preglednica 14: PTP, OTU in EN kriteriji kakovosti materialov	40
Preglednica 15: PTP, OTU in EN kriteriji kakovosti mešanic	41
Preglednica 16: PTP zahteve kakovosti za izboljšanje in stabilizacijo	43
Preglednica 17: OTU zahteve kakovosti za stabilizacijo zemljin.....	43

KAZALO SLIK

Slika 1: Primerjava konstruktivne zasnove visoke zgradbe in ceste (Petkovšek, študijsko gradivo).....	2
Slika 2: Značilna prereza cestne zgradbe (Petkovšek, študijsko gradivo).....	3
Slika 3: Značilna prečna prereza ceste (Petkovšek, študijsko gradivo).....	3
Slika 4: Prerez utrditve voziščne konstrukcije (Petkovšek, študijsko gradivo).....	4
Slika 5: Izboljšanje temeljnih tal z apnom (LIME, 2004).....	7
Slika 6: Shematski prikaz vloge ločilnih geosintetikov (Petkovšek, študijsko gradivo)	7
Slika 7: Shematski prikaz vloge armaturnih geosintetikov (Petkovšek, študijsko gradivo)	8
Slika 8: Tesnjenje temeljnih tal AC s PEHD membrano (Petkovšek, študijsko gradivo).....	8
Slika 9: Značilna primera rabe ločilnih geosintetikov (Petkovšek, študijsko gradivo)	9
Slika 10: Napetosti med zrn (COST 337, 2002).....	13
Slika 11: Mejni zrnovostni krivulji zmesi kamnitih zrn 0/22 mm za NNP (TSC 06.200)	34
Slika 12: Mejni zrnovostni krivulji zmesi kamnitih zrn 0/31 mm za NNP (TSC 06.200)	34
Slika 13: Mejni zrnovostni krivulji zmesi kamnitih zrn 0/45 za NNP (TSC 06.200)	34
Slika 14: Diagram za oceno primernosti materiala za stabilizacijo (OTU).....	38

SEZNAM OKRAJŠAV

AP	Asfaltna plast
BNP	Bitumenizirana nosilna plast
CBR	(California Bearing Ratio) Kalifornijski indeks nosilnosti
DSTP	Dopolnila splošnih in tehničnih pogojev
EF	Elektrofiltrski
EN	Evropski standard
HRN	(Hrvatska norma) Hrvaški standard
JUS	Jugoslovanski standard
MPP	Modificirani preizkus po Proctorju
NNP	Nevezana nosilna plast
NP	Nosilna plast
NPS	Nosilna plast stabilizirana z hidravličnim vezivom
OTU	(Opći tehnički uvjeti za radove na cestama) Splošni tehnični pogoji za dela na cestah
PEHD	(High-density polyethylene terephthalate) Polietilen visoke gostote
PTP	Popis del in posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje
SPP	Standardni preizkus po Proctorju
TO	Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste
TSC	Tehnična specifikacija za javne ceste

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Ceste so linijski inženirski objekti in hkrati veliki porabniki naravnih geoloških materialov, zemljin in kamnin ter kamenega agregata, to je materialov z nizko stopnjo industrijske predelave. V enem kilometru dvopasovne ceste, grajene na ravnih, dobro nosilnih tleh, je na primer vgrajenega ca. 10 000 m³ kamenega agregata. Pri gradnji cest na mehkih, malo nosilnih tleh, pri gradnji cest na nasipih za premoščanje dolin ali zagotavljanje poplavne varnosti ceste, pa se količine vgrajenih geoloških materialov povečajo na več sto tisoč in celo milijon m³ na en kilometer ceste.

Pri linijskih objektih, kot so ceste in železnice, objekt v celotni tlorisni širini nalega na temeljna tla - geološko podlago. Zato ni naključje, da postopki dimenzioniranja vozišč in tehnični pogoji za gradnjo cest v Evropi še danes temeljijo na izkušnjah, pridobljenih v različnih geoloških in klimatskih okoljih. V večini evropskih držav so v rabi t.i. »Splošni« in »Posebni« tehnični pogoji za gradnjo, znotraj katerih so nato vsebinsko zaokrožena ločena poglavja za zemeljska dela, nevezane plasti, podporne in oporne konstrukcije, dreniranje ipd. (Splošni tehnični pogoji za gradnjo cest, Popis del in posebni tehnični pogoji za gradnjo cest, Tehnične specifikacije za javne ceste, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama ipd.).

Omejevanje rabe kakovostnih geoloških materialov iz stranskih odvzemov (kamnolomov in gramoznic), pomanjkanje prostora za gradnjo deponij viškov materialov, ter zahteve po »nič odpadkov« oz. »zero waste«, pa vnašajo v tradicionalne, na preteklih izkušnjah temelječe postopke načrtovanja in gradnje cest, predvsem pa na področje vrednotenja kakovosti geoloških materialov pri gradnji cest, nove zahteve. V okviru teh zahtev se vse bolj spodbuja raba manj kakovostnih geoloških materialov in nadomeščanje naravnih materialov z alternativnimi materiali, pridobljenimi z recikliranjem odpadkov, ne da bi se s tem znižale zahteve glede varnosti in funkcionalnosti ceste. Hkrati se pripravljajo novi skupni evropski standardi za zemeljska dela (EN 16907 – draft), ki morajo podobno kot standardi za kamni agregat pokrivati specifični značaj geoloških materialov od Finske na severu do Grčije na jugu.

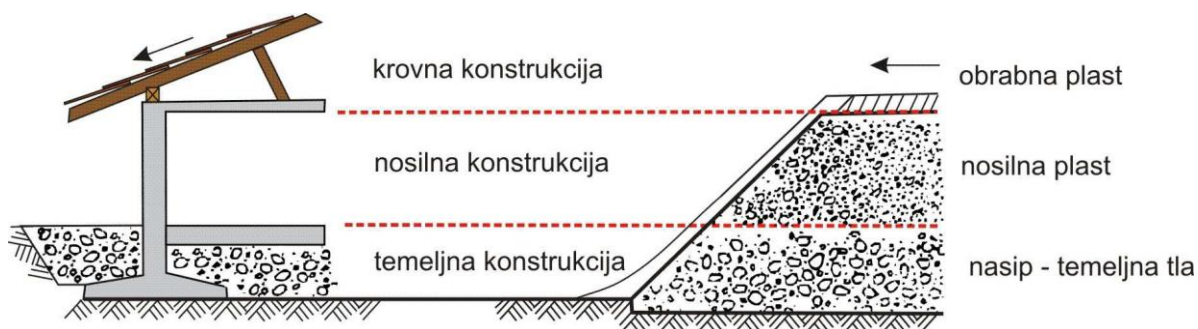
V diplomski nalogi sem analizirala tehnične zahteve za zemeljska dela in nevezane nosilne plasti pri gradnji cest v Sloveniji in na Hrvaškem. V okviru analize sem primerjala in analizirala zasnovo tehničnih pogojev, strogost zahtev in omejitev za materiale in za kakovost vgradnje ter le te primerjala z zahtevami evropskih (v nadaljevanju EN) standardov, kjer ti obstajajo.

2 KARAKTERISTIČNI PREREZ CESTE IN FUNKCIONALNE LASTNOSTI ZNAČILNIH PLASTI

2.1 Karakteristični prerez ceste

Glede na konstruktivno zasnovo in funkcije konstruktivnih elementov, lahko cesto v določeni meri primerjamo z visoko zgradbo (slika 1). V obeh primerih obravnavamo:

- temeljna tla, ki so lahko naravna, poboljšana, stabilizirana ali umetno nasuta in morajo biti sposobna prevzeti obremenitve objekta,
- nosilno konstrukcijo, kjer so zahteve za konstrukcije objekta in ceste težko primerljive in
- krovno plast, kjer so zahteve za konstrukcije objekta in ceste prav tako težko primerljive.

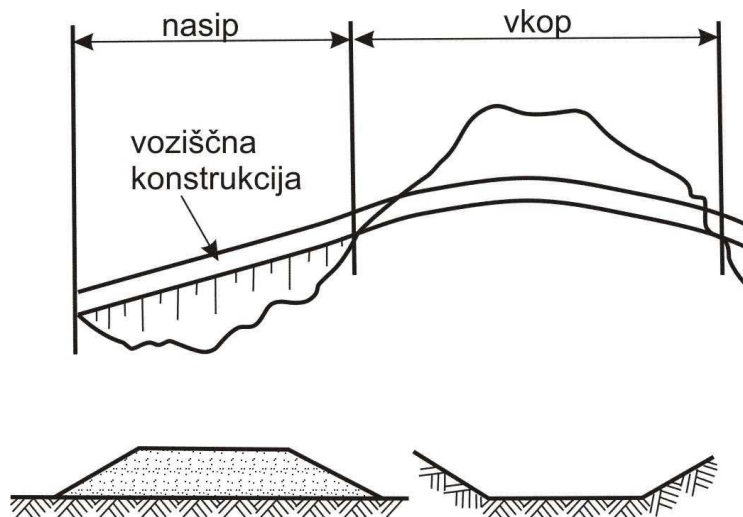


Slika 1: Primerjava konstruktivne zasnove visoke zgradbe in ceste (Petkovšek, študijsko gradivo)

Poudariti je tudi treba, da so za projektiranje gradbenih konstrukcij sprejeti skupni evropski standardi Evrokod, ki pa ne vključujejo projektiranja in dimenzioniranja cest.

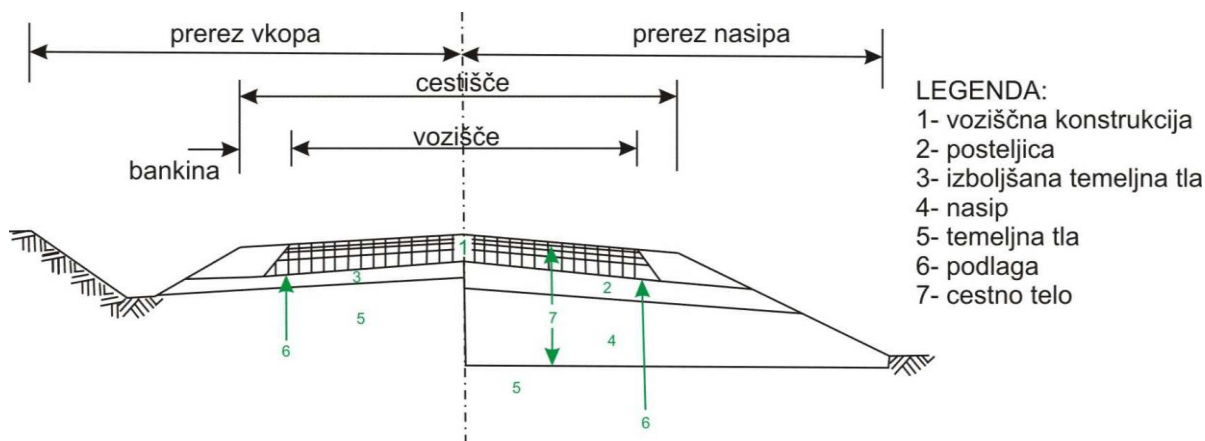
Glede na prečni prerez je vozišče lahko zgrajeno v ravnini raščenih tal, v vkopu, na nasipu ali v mešanem profilu (slika 2).

Naravna geološka tla praviloma niso sposobna neposredno prevzeti prometnih obremenitev sodobnih cest. Prenos prometnih obremenitev iz vozišča na podlago zagotavlja ustrezno načrtovano zaporedje v kontroliranih pogojih vgrajevanih plasti z natančno določenimi mehanskimi in hidravličnimi lastnostmi: tornimi lastnostmi, togostjo, prepustnostjo itd. Strogost zahtev praviloma narašča od temeljnih tal navzgor.



Slika 2: Značilna prereza cestne zgradbe (Petkovšek, študijsko gradivo)

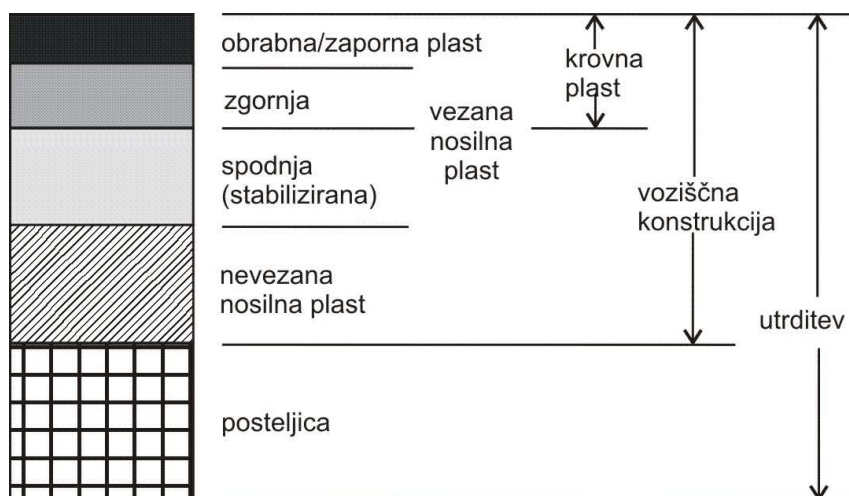
Posteljica (kamnita posteljica) je prehodna plast in povezovalni člen med plastmi t.i. spodnjega in zgornjega cestnega ustroja (slika 3). Zgornji ustroj oz. voziščna konstrukcija mora biti dimenzionirana tako, da v načrtovani življenjski dobi lahko prevzame prometne obremenitve v takšni meri, da ne pride do permanentnih (plastičnih) deformacij na planumu spodnjega ustroja.



Slika 3: Značilna prečna prereza ceste (Petkovšek, študijsko gradivo)

Hkrati morajo vgrajene plasti zgornjega ustroja skupaj s posteljico zagotavljati ustrezno zmrzlinško varnost vozišča in preprečevati škodljive, sezonsko pogojene spremembe vlage in togosti v nevezanih plasteh.

Karakteristični prerez vozišča, značilen za ceste v Sloveniji, je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Prerez utrditve voziščne konstrukcije (Petkovšek, študijsko gradivo)

Na cestah za težke in zelo težke prometne obremenitve, je za dimenzioniranje debelin vezanih in nevezanih nosilnih plasti odločujočega pomena velikost prometne obtežbe in načrtovana življenjska doba, skladno z navodili za dimenzioniranje (Tehnične specifikacije za javne ceste: TSC 06.520, TSC 06.530, TSC 06.541).

Na cestah za lahke in srednje prometne obremenitve pa je debelina vezanih in nevezanih nosilnih plasti in posteljice odvisna od klimatskih in hidroloških pogojev. Skladno z določili tehnične specifikacije (TSC 06.512), je minimalna debelina vezanih in nevezanih plasti v ugodnih hidroloških pogojih $\geq 0,6 h_m$ in v neugodnih hidroloških pogojih $\geq 0,8 h_m$, pri čemer je h_m globina prodiranja mraza, določena s karto globin prodiranja mraza, podano v TSC 06.512.

Po TSC 06.512 so hidrološke razmere ugodne, kadar je nasip visok $> 1,5$ m, gladina podzemne vode pod nivojem prodiranja mraza, če je plitev vkop dobro odvodnjava in ni podzemnih dotokov vode v vozišče. Hidrološke razmere so neugodne, če je nasip nižji od 1,5 m, gladina podzemne vode v vplivnem območju prodiranja mraza, če je vkop globok ali slabo odvodnjava in če je omogočen kapilarni dvig vode v območje vozišča. Iz navedenega sledi, da je v neugodnih hidroloških pogojih, minimalna potrebna debelina zmrzlinško varnih plasti v vozišču v Sloveniji med 0,8 m in 0,6 m. To pomeni, da so vse plasti, vgrajene v cestno telo pod navedeno globino, lahko grajene z materiali naravnega porekla, če je le dokazana njihova mehanska stabilnost.

2.2 Značilne plasti spodnjega cestnega ustroja

V spodnjem cestnem ustroju obravnavamo naslednje značilne plasti:

- temeljna tla,
- povozni plato,
- drenažne in filtrske plasti ter
- nasip.

2.2.1 Temeljna tla

Temeljna tla ceste so lahko naravna ali umetno nasuta. V naravnih geoloških tleh so temeljna tla zgrajena iz zemljin in kamnin, ki se lahko nahajajo v saturirani ali nesaturirani coni, nad ali pod gladino podzemne vode. Klasifikacijo teh zemljin urejajo standardi za preiskovanje in klasificiranje zemljin in kamnin (SIST EN ISO 14688-1:2004, SIST EN ISO 14688-2:2004, SIST EN ISO 14689-1:2004).

Temeljna tla na umetnih nasutij so običajno tam, kjer cesta prečka stara jalovišča, odlagališča odpadkov ali, ko novogradnja posega na območje starejših prometnic.

Zahteve za pripravo temeljnih tal se razlikujejo z ozirom na:

- višinsko razliko med voziščem in temeljnimi tlemi,
- klimatske in hidrološke pogoje,
- vrsto materiala v temeljnih tleh,
- geotehnične lastnosti podlage in
- okoljevarstvene zahteve, zlasti z vidika zaščite podlage in podzemne vode pred vplivi stalnih ali naključnih onesnaženj s ceste.

V Tehničnih pogojih za gradnjo cest se privzema, da sta za opredelitev lastnosti podlage merodajna sestava tal in togost planuma temeljnih tal. To pomeni, da so drugi ukrepi, pomembni za zagotavljanje stabilnosti cestnega nasipa oz. vozišča zagotovljeni z geotehničnim projektom in niso v sestavi zahtev tehničnih pogojev za gradnjo ceste.

Praviloma se za pripravo temeljnih tal postavljajo naslednje zahteve:

- zrnavostna sestava in plastičnost za materiale v temeljnih tleh,
- omejitve glede vsebnosti organskih snovi,
- zgoščenost planuma in
- togost planuma.

Omejitve oz. izločitveni kriteriji, ki so običajni pri vrednotenju temeljnih tal so naslednji:

- volumska nestabilnost zemljin ali kamnin (npr. bentonitne gline, sadre),
- visoka plastičnost zemljin ter
- prisotnost šote ali drugih organskih snovi, ki bi zaradi biokemičnega razpada povzročila poškodbe na zgornjem cestnem ustroju.

Kadar v planumu temeljnih tal ni moč izpolniti zahtev, temeljna tla saniramo ali poboljšamo.

Ukrepi obsegajo:

- nadomeščanje,
- modificiranje (poboljšanje) z vezivi,
- izboljšanje z geosintetiki,
- »premoščanje« s povoznim platojem.

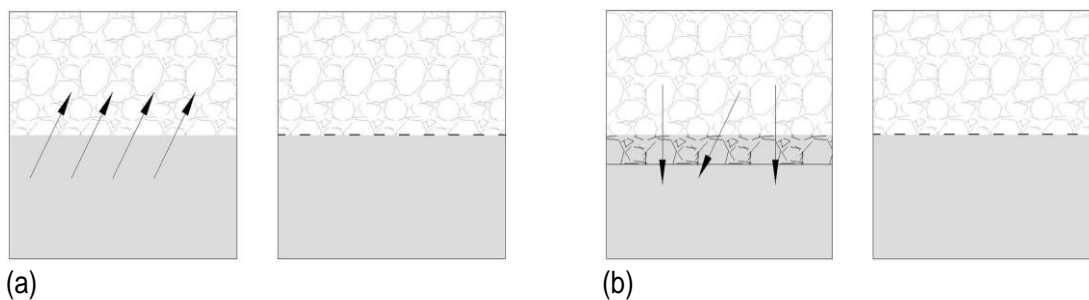
Nadomeščanje je bil v preteklosti najbolj pogosto uporabljen postopek. Kadar temeljna tla v planumu niso izpolnjevala zahtev, je bil izveden izkop do določene globine, npr. 30 do 40 cm in nadomeščanje izkopanega materiala z boljšim materialom, pripeljanim od drugod. Nadomeščanje slabih tal se vse bolj opušča na račun postopkov modificiranja na mestu. Izjema so le šotna in organska tla, ki jih v primeru, ko posteljica nalega neposredno nanje, moramo nadomestiti.

Modificiranje je vsak postopek, ki omogoča, da neustrezna temeljna tla spremenimo v ustrezna. Med ukrepe modificiranja uvrščamo metode prisilnega sušenja, ali vlaženja, ukrepe z dodajanjem drugih zemljin in ukrepe dodajanja veziv (slika 5). V večini primerov je treba z modificiranjem znižati naravno vlago ali plastičnost zemljine v temeljnih tleh, ki sta odločilnega pomena za učinkovito zgoščanje. Med vezivi se največ uporabljata apno za glinena in EF pepel za meljno peščena tla.



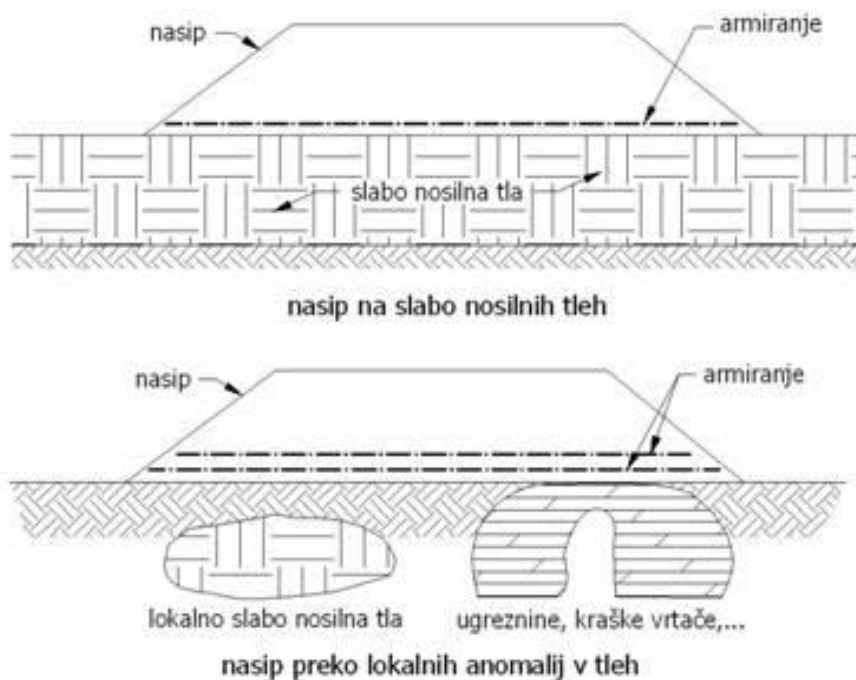
Slika 5: Izboljšanje temeljnih tal z apnom (LIME, 2004)

Ojačitev z geosintetiki se uporablja za izboljšanje filtrske stabilnosti med temeljnimi tlemi in kamnito posteljico ter za povečanje togosti plasti. Najbolj pogosta je raba ločilnih geosintetikov (slika 6), s katerimi se zagotavlja učinkovita debelina kamnite posteljice in preprečuje mešanje materialov iz temeljnih tal in kamnite posteljice oz. prve, na temeljna tla nadgrajene plasti.



Slika 6: Shematski prikaz vloge ločilnih geosintetikov (Petkovšek, študijsko gradivo)

Posebna je raba ojačitvenih (armaturnih) geosintetikov pri gradnji cest na temeljnih tleh s kraško in razpoklinsko poroznostjo in kjer obstaja nevarnost, da pride do nenadnega ugrezka vozišča v nepravčasno identificirane podzemne praznine (slika 7).



Slika 7: Shematski prikaz vloge armaturnih geosintetikov (Petkovšek, študijsko gradivo)

Vse večja je tudi raba tesnilnih geosintetikov, zlasti v primerih, ko ceste prečkajo vodonosnike (slika 8). Zahteve za geosintetike so prilagojene namenu rabe (ločilne, drenažne, ojačitvene, tesnilne plasti) v povezavi z lastnostmi temeljnih tal in lastnostmi materiala, ki se nasipa na geosintetik.



Slika 8: Tesnjenje temeljnih tal AC s PEHD membrano (Petkovšek, študijsko gradivo)

2.2.2 Povožni plato

Povožni plato je sloj nevezane, homogene zmesi kamnitih zrn, vgrajene na mehka temeljna tla. Gradimo ga z namenom, da omogočimo transport in gradnjo ceste. Praviloma se s povoznim platojem zahteve za temeljna tla prenesejo na planum povoznega platoja.

Za povozni plato se praviloma uporabljajo naravni in/ali drobljeni kamniti materiali, z visoko prepustnostjo. Zahteve za povozni plato se običajno navezujejo na:

- zrnastostno sestavo materiala, ki naj bo iz obstojnih kamnitih zrn,
- prepustnost ter
- zgoščenost in togost vgrajene plasti.

2.2.3 Drenažne plasti

Drenažne plasti v cestnem telesu morajo prestrezati vode, ki se sezonsko ali ob vremenskih ujmah pojavljajo v temeljnih tleh ali dotekajo podzemno iz bokov v vkopih (slika 9). V ta sklop pa ne sodijo drenažne plasti, npr. gruščnati koli ali vertikalne geosintetične drenaže, ki jih vgrajujemo za izboljšanje temeljnih tal pred začetkom gradnje ceste.

V drenažne plasti vgrajujemo drenažne kamnite materiale, ki pa jih vse bolj nadomeščajo drenažni geosintetiki.

Uporabnost zmesi kamnitih zrn za vgradnjo v drenažne plasti ocenjujemo na podlagi:

- zrnastostne sestave in filtrske stabilnosti,
- obstojnosti kamnitih zrn,
- prevodne sposobnosti.



Slika 9: Značilna primera rabe ločilnih geosintetikov (Petkovšek, študijsko gradivo)

2.2.4 Nasip

Nasip je del cestnega telesa med temeljnimi tlemi in posteljico, planum nasipa pa predstavlja podlago za nadgrajeno voziščno konstrukcijo. Z nasipi praviloma premoščamo doline, malo nosilna ali poplavna tla oz. zagotavljamo ustreznih niveletni potek ceste na morfološko razgibanem terenu.

Pri načrtovanju in gradnji nasipov obravnavamo ločeno več vidikov gradnje in sicer:

- primernost temeljnih tal za gradnjo nasipa z vidika stabilnosti, posedkov in časovnega razvoja posedkov. Temeljna tla morajo biti sposobna prevzeti obtežbo z nasipom, hkrati pa morajo biti posedki temeljnih tal pod nasipom v času gradnje vozišča v strogo določenih mejah;
- načrtovanje nagibov brežin. Omejitve pri načrtovanju nagibov so vezane na stabilnost temeljnih tal, vrsto materiala, ki je na voljo za gradnjo, čas in hitrost gradnje, še sprejemljive sesedke nasipa, odkupe zemljišč in zahteve krajinskih arhitektov;
- masno bilanco,
- zahteve vozišča.

V primerjavi s premostitvenimi objekti so nasipi cenejši, stroški vzdrževanja vozišča in nasipa v življenjski dobi pa so neprimerljivo nižji od stroškov vzdrževanja premostitvenih objektov.

V nasipe lahko vgrajujemo vse vrste zemljin in zdrobljenih kamnin, pa tudi alternativne materiale, kot so EF pepeli, žindre, reciklirani gradbeni odpadki. Sprejemljivost določene vrste materiala, ki se lahko vgrajuje v določen nasip se določi v okviru geotehničnih izračunov in ni predmet tehničnih pogojev gradnje.

V tehničnih pogojih gradnje nasipa se ocenjuje in omejuje le vrsta nasipnega materiala z ozirom na njegove morebitne negativne vplive in sicer na osnovi naslednjih preiskav:

- zrnastostne sestave,
- Atterbergovih meja plastičnosti,
- vsebnosti organskih snovi,
- zgostljivosti oz. omejitev glede minimalne zahtevane referenčne maksimalne suhe gostote in optimalne vlage,
- dosežene zgoščenosti in togosti plasti, alternativno tudi CBR indeksa nosilnosti,
- volumske stabilnosti, merjeno kot linearni dvižek.

Kadar materiali, ki so na voljo za gradnjo nasipov, ne ustrezajo zahtevam iz tehničnih pogojev, jih poboljšamo (modificiramo) z mešanjem z drugimi materiali ali z vezivi. Med vezivi se najpogosteje uporabljajo apno, EF pepeli in jeklarske žindre, redkeje tudi cement.

Za erozijsko zaščito brežin nasipov se uporabljajo najrazličnejši tipi geosintetikov, kot so kokosove mreže in mreže iz jute, različna satovja ali vnaprej predpisane oblike biološke zaščite s popleti, lesenimi koli ipd.

2.2.5 Posteljica

Posteljica je prehodna plast med spodnjim in zgornjim cestnim ustrojem. Vgrajujemo jo med temeljna tla in nevezano nosilno plast ali med planum – krono nasipa in nevezano nosilno plast. Kadar se v nasip vgrajujejo kamnolomski drobljenci ali kvalitetni prodi iz gramoznic, je ureditev posteljice možna v sklopu gradnje nasipa.

Vloga posteljice je v različnih tradicijah gradnje cest različna, zato je tudi predpisana sestava materialov za posteljico različna.

Pri pripravi posteljice je treba ločevati med posteljico iz zemljin in posteljico iz kamnitih materialov. V slovenski praksi gradnje cest je posteljica pri novogradnjah praviloma iz kamnitih materialov, kakovost posteljice pa je določena s TSC 06.100. Čeprav ni izrecno predpisano, bi materiali za kamnito posteljico, pripeljani iz gramoznic in kamnolomov, morali imeti certifikat.

Osnovne zahteve za kamnito posteljico so vezane na njeno strukturno vlogo v vozišču, kar pomeni, da mora kamnita posteljica ves čas življenjske dobe izpolnjevati zahteve glede:

- zmrzlinke/vremenske obstojnosti,
- prepustnosti oz. prevodne sposobnosti,
- togosti.

Izpolnjevanje teh zahtev omogoča raba kamnitih materialov z ustreznimi lastnostmi kamnine, iz katerih so ta zrna nastala po naravni poti ali z umetno predelavo in z ustrežno pripravo teh zrn v kamni agregat ustrezne zrnivosti.

2.2.6 Nevezane nosilne plasti

Nevezana nosilna plast (v nadaljevanju NNP) je najnižja nosilna plast voziščne konstrukcije. V vozišču prevzema prometne obremenitve z višjih plasti in jih porazdeli ter prenaša na spodnje plasti na način, da ne pride do nepovratnih deformacij na planumu podlage (posteljice). Hkrati pa NNP deluje kot drenažni in zmrzlinško varni sloj in je hkrati delovni plato za gradnjo vezanih plasti.

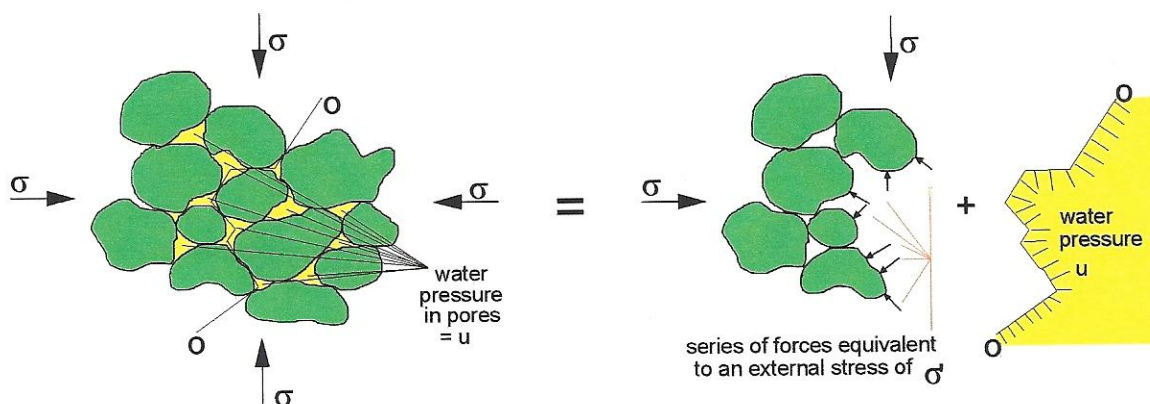
Načrtovanje NNP temelji na domeni, da je po vgradnji, v NNP in njeni podlagi že akumulirana večina plastičnih deformacij in da bodo vse deformacije, ki se bodo pod prometom dogajale v NNP, povratne oz. elastične.

Vloga oz. pomen NNP je na cestah za lažje prometne obremenitve, kjer je debelina vezanih plasti manjša, veliko večji kot na cestah za težke in zelo težke prometne obremenitve, kjer je debelina vezanih plasti velika. Na cestah za lahke prometne obremenitve je skupna obtežba zaradi prometa res manjša, vendar pa so napetosti, ki jim je nevezana plast izpostavljena ob prehodu težkega vozila, večje.

Trajno nosilnost tamponske plasti vozišča zagotavljamo z vgradnjo kakovostne in kontrolirane zmesi kamnitih zrn, ki je obstojna na mrazu in v vodi. Na obnašanje zrn v mrazu odločilno vpliva sestava zmesi zrn. Kakovost agregatov ocenjujemo na podlagi deleža finih delcev (zrn manjših od 0,063 mm), ki lahko imajo škodljiv vpliv na zmrzlinško obstojnost. Njihovo škodljivost (nabrekanje) vrednotimo na osnovi rezultatov preskusa metilen modro, sukucije in ekvivalenta peska. Poleg tega mora material biti ustrezno odporen na kemikalije in soli, delež organskih snovi v njem pa nizek.

Zmes zrn, ki jo vgrajujemo v NNP, mora biti dobro stopnjevane zrnivosti, zato so v tehničnih pogojih definirane mejne krivulje zrnivosti (idealni material glede zrnivosti je tisti, ki poteka vzporedno z mejnima krivuljama). Uporaba ustrezno granulirane zmesi kamnitih zrn je (poleg optimalne vlage) bistvenega pomena za doseganje primerne zgoščenosti vgrajene plasti. Pod vplivom zunanje sile se tako zrna uredijo v gosto in stabilno strukturo, v kateri se delež por bistveno zmanjša. Zaradi ustreznega zaklinjenja med sosednjimi zrni, ta nimajo več potrebe po premikanju znotraj plasti in spreminjanju oblike. Pri tem so pomembne še ustrezne geometrijske značilnosti zrn (velikost, oblika, hrapavost) ter seveda odpornost proti drobljenju. Poleg trdnosti, ki izvira iz notranjega trenja (kontakta med zrni), k trdnosti tamponske plasti prispeva tudi sukucija. Presežni porni tlaki znižujejo efektivne napetosti med zrni (slika 10), zato moramo biti pozorni, da se tamponska plast nikoli ne nahaja v saturirani

coni. Ker vlaga močno vpliva na trdnost, togost in resilient modul (po Paute), mora tampon biti dobro dreniran.



Slika 10: Napetosti med zrn (COST 337, 2002)

Zmes kamnitih zrn preverjamo glede na sestavo (presejna krivulja), nosilnost (CBR), delež drobljenih zrn in finih delcev, obliko in kakovost grobih zrn, ekvivalent peska, odpornost grobih zrn proti drobljenju (metoda Los Angeles) in obrabi (metoda micro – Deval), delež organskih primesi ter odpornost proti zmrzovanju. Za potrebe uspešnega mehanskega stabiliziranja je potrebno določiti optimalno vlago in gostoto po MPP, izmeriti deformacijska modula (s krožno ploščo), ter z izotopsko sondo preveriti gostoto in vlago.

Kamnitni agregati za NNP plasti morajo biti certificirani. Evropski produktni standard SIST EN 13242:2015 določa obseg preiskav in razrede kakovosti zmesi kamnitih zrn za nevezane in hidravlično vezane zmesi.

3 TEHNIČNI POGOJI ZA ZEMELJSKA DELA IN NEVEZANE PLASTI CESTE V SLOVENIJI, HRVAŠKI IN EVROPSKI UNIJI

3.1 Uvod

V nalogi sem primerjala kriterije, podane za gradnjo cest v slovenskih in hrvaških tehničnih pogojih za ceste in jih skušala povezati z evropskimi standardi za preiskave oz. relevantnimi produktnimi standardi.

Hrvaški tehnični pogoji:

- Opći tehnički uvjeti za radove na cestama (v nadaljevanju OTU):
 - knjiga II – Zemljani radovi, odvodnja, potporni i obložni zidovi,
 - knjiga III – Kolnička konstrukcija.

Slovenski tehnični pogoji:

- Tehnične specifikacije za javne ceste (v nadaljevanju TSC):
 - TSC 06.100 : 2003** Kamnita posteljica in povozni plato,
 - TSC 06.200 : 2003** Nevezane nosilne in obrabne plasti,
- Popis del in posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje – knjiga 3 (v nadaljevanju PTP).

Evropski standardi – privzeti slovenski standardi (v nadaljevanju EN):

- **SIST EN 14227-10:2006** Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 10. del: Izboljšanje zemljin s cementom,
- **SIST EN 14227-11:2006** Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 11. del: Izboljšanje zemljin z apnom,
- **SIST EN 14227-13:2006** Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 13. del: Izboljšanje zemljin s hidravličnim vezivom za nosilne plasti,
- **SIST EN 14227-14:2006** Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 14. del: Izboljšanje zemljin z letečim pepelom,
- **SIST EN 13285:2010** Nevezane zmesi – Specifikacije,
- **SIST EN 13242:2015** Agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest.

3.2 Tehnične specifikacije za javne ceste

TSC določajo tehnične pogoje za kakovost gradnje in uporabljenih materialov ter za preverjanje in nadzor kakovosti izvedenih del pri gradnji cest v Sloveniji. So javno dostopne na spletni strani pristojnega Ministrstva. TSC so smiselno razdeljeni po družinah. Najbolj popolno so obdelana poglavja iz TSC 06, to je v domeni Tehničnega odbora (v nadaljevanju TO) za voziščne konstrukcije.

Zemeljska dela, ki sodijo v domeno TO 5, nimajo veljavne TSC za nobeno področje del.

Za namene te naloge, so za obravnavo relevantni le TSC 06.100 - Kamnita posteljica in povozni plato, TSC 06.200 – Nevezane nosilne in obrabne plasti ter TSC, ki obravnavajo meritve gostote in togosti vgrajenih plasti, to so: TSC 06.711 – Meritev gostote in vlage. Postopek z izotopskim merilnikom, TSC 06.712 - Meritve gostote. Nadomestni postopki ter TSC 06.720 – Meritve in preiskave. Deformacijski moduli vgrajenih materialov.

Vsebina in oblika TSC je stalna in pisana v uporabniku jasni in prijazni obliki. Vse TSC imajo naslednja poglavja:

- Predmet, v katerih je opisan namen TSC,
- Referenčna dokumentacija, v katerem so podani sklici na relevantne druge specifikacije in standarde,
- Pomen izrazov, v katerem je podana nedvoumna razlaga posameznih pojmov,
- Osnovni materiali (ko gre za materiale) ali pogoji (ko gre za dimenzioniranje),
- Osnove za izvedbo,
- Način izvedbe,
- Kakovost izvedbe,
- Preverjanje kakovosti in
- Merjenje, prevzem in obračun del.

Ključna pomanjkljivost specifikacij TSC 06.100 in TSC 06.200 je, da se z novelacijami ne prilagajata aktualnim spremembam standardov, na katere se sklicujeta.

3.3 Popis del in posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje, Ljubljana, 1989

Vsebina je razdeljena na dva sklopa, in sicer na popis del in podrobnejši del o posebnih tehničnih pogojih. Vsebina Tehničnih pogojev je razdeljena na naslednja poglavja:

- Izkopi,
- Planum temeljnih tal,
- Drenažne in filtrske plasti, povozni plato,
- Nasipi, zasipi, klini, posteljica in glinasti naboj,
- Brežine in zelenice,
- Armiranje zemljin,
- Koli in vodnjaki,
- Zagatne stene,
- Razprostiranje odvečnega materiala.

Vsebina poglavij je naslednja:

- Opis,
- Osnovni materiali in zahteve za njihovo kakovost,
- Način izvedbe,
- Kakovost izvedbe,
- Preverjanje kakovosti izvedbe,
- Merjenje in prevzem del,
- Obračun del.

Po letu 1989 je bilo k PTP sprejetih več dopolnil, ki so izšla v »Dopolnilih splošnih in tehničnih pogojev« (v nadaljevanju DSTP) in so v povezavi z zemeljskimi deli obsegala več dopolnil, med katerimi so najpomembnejša dopolnila v zvezi z:

- navodili za določanje potrebnih debelin nevezanih kamnitih materialov za voziščne konstrukcije na avtocestah, DSTP III. knjiga, 2000,
- spremembami in dopolnitvami zahtev in preskušanj nekamnitih materialov za drenažne in filtrske plasti, DSTP III. knjiga, 2000,
- spremembami in dopolnitvami v zvezi z razvrstitvijo zemljin in kamnin, DSTP IV. knjiga, 2001,
- spremembami in dopolnitvami v zvezi z zemljinami, kakovostjo izvedbe, nosilnostjo in zgoščenostjo temeljnih tal, DSTP IV. knjiga, 2001,
- spremembami in dopolnitvami v zvezi s kamninami ter nosilnostjo nasipov, zasipov, klinov in posteljice, DSTP IV. knjiga, 2001.,

- spremembami in dopolnitvami v zvezi s kamnitimi in nekamnitimi materiali za drenažne in filtrske plasti ter povozni plato, DSTP IV. knjiga, 2001,
- spremembami in dopolnitvami v zvezi z zrnavostjo in deponiranjem zmesi kamnitih zrn kot tudi preverjanjem mehanskih lastnosti ter tekočimi in kontrolnimi preiskavami NNP, DSTP V. knjiga, 2004,
- smernicami za načrtovanje in rabo geosintetikov za ločilne, filtrske in drenažne plasti v cestogradnji, DSTP V. knjiga, 2004.

3.4 Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, Zagreb, 2001

Knjiga II in Knjiga III Općih tehničkih uvjeta za radove na cestama (OTU) vsebujeta naslednje samostojne sklope:

- Zemljani radovi (zemeljska dela),
- Odvodnja,
- Potporni i obložni zidovi,
- Nosivi slojevi (nosilne plasti),
- Asfaltni kolnički zastor.

V nadaljevanju se bom osredotočila samo na vsebino sklopov Zemeljskih del in Nosilnih plasti (samo NNP).

Vsebina zemeljskih del je razdeljena na naslednja poglavja:

- Iskopi (Iskop humusa, Široki iskop, Iskop stepenica, Iskopi za temelje i građevne jame, Iskop rovova za instalacije i drenaže, Iskopi regulacijskih kanala, Prijevoz materijala)
- Uređenje temeljnog tla,
- Iskop stepenica,
- Izrada nasipa,
- Izrada posteljice,
- Stabilizacija zemljanih materijala vapnom i hidrauličnim vezivima,
- Glineni naboj u zelenom pojasu i uz kanalizacijske i drenažne cijevi,
- Izrada klinova uz objekte,
- Odlaganje materijala,
- Zaštita pokosa i drugih površina izloženih eroziji,
- Izrada bankina,
- Norme i tehnički propisi.

V OTU je vsebina poglavij oblikovana drugače kot vsebina PTP. V prvem delu vsakega vsebinskega sklopa je v OTU podan krovni opis del z naslednjo vsebino:

- Opis del
- Izvedba
- Kontrola kakovosti, vključno z navedbo referenčnih standardov za preiskave
- Tekoče raziskave
- Kontrolne raziskave
- Obračun dela.

Krovnemu poglavju nato sledi podroben opis del in natančna opredelitev kriterijev kakovosti materialov in izvedbe.

3.5 Evropski standardi za zemeljska dela (EN16907 – draft)

Evropski standardi za zemeljska dela še niso sprejeti v končni veljavni obliki, so pa v postopku sprejemanja v državah članicah kot predstandardi. Vsebujejo naslednja poglavja:

- Part 1: Principi in splošna pravila,
- Part 2: Klasifikacija materialov,
- Part 3: Izvedba,
- Part 4: Tretiranje zemljin z apnom in/ali hidravličnimi vezivi,
- Part 5: Kontrola kakovosti,
- Part 6: Priprava (izboljšanje) tal z uporabo hidravličnih nasipov z materiali iz podvodnih izkopov,
- Part 7: Hidravlično nasipanje mineralnih odpadkov.

V primerjavi z obstoječimi pristopi v PTP in OTU, prinašajo novi standardi EN velike spremembe na številnih področjih, še zlasti je treba poudariti spremembe na področju klasifikacije materialov za nasipe in spremenjene pristope k gradnji nasipov. Zaradi popolne neuskladenosti vsebin, vsebin iz osnutka EN 16907 ne bom analizirala v luči PTP in OTU.

4 PRIMERJAVA TEHNIČNIH POGOJEV ZA ZEMELJSKA DELA V SLOVENIJI IN HRVAŠKI

4.1 Osnovne ugotovitve

V nadaljevanju bom najprej sistematsko navedla glavne razlike v sestavi in principih obeh dokumentov, nato pa se bom osredotočila na analizo zahtev za najbolj značilne plasti.

Ključne razlike:

- **Letnica izdaje.** PTP je iz leta 1989; OTU pa iz leta 2001.
- **Sklic na starejše tehnične pogoje.** OTU se vsebinsko tesno navezuje na skupne Tehnične pogoje iz leta 1986 in praktično povzema večino zahtev.
- **Standardi.** OTU v poglavju smiselno vključuje sklice na HRN standarde, ki pa so stari JUS standardi, v katerih je predpona JUS nadomeščena s HRN. V PTP sklicev na standarde ni, navedba standardov je zbrana v posebnem zvezku, skupaj z več sto drugimi standardi. Nobeden pa ne vsebuje novele glede na relevantne EN standarde, ki veljajo za vse vrste preiskav zemljin.
- **Kategorizacija izkopa.** PTP uporablja kategorizacijo izkopa, razdeljeno v 6 kategorij (1-6) in kasneje v dopolnilih spremenjenih v 5 kategorij. OTU izkopni material razvršča v tri kategorije, A, B in C. Za praktično rabo je razvrstitev po OTU ustrežnejša.
- **Temeljna tla.** V OTU so načini sanacije temeljnih tal bolj natančno dorečeni kot v PTP. Med drugim OTU vključujejo podrobne opise zamenjave tal in sanacijo vrtač, česar PTP ne.
- **Raba geosintetikov.** V PTP je opredeljena v Dopolnilih (DSTP) in temelji na švicarskih priporočilih, medtem ko se raba geosintetikov v OTU sklicuje na avstrijske smernice.
- **Stabilizacija zemljin.** V PTP je opisana z nejasno definiranimi zahtevami. Kot merilo kakovosti sta podani tlačni trdnosti za stabilizirane zemljine (0,5 MPa) in stabilizirane kamnine (2 MPa) po 7 dneh vezanja. V OTU je stabilizaciji zemljin namenjeno ločeno poglavje, z natančno opredeljenimi kriteriji zrnivosti za rabo apna in cementa, podrobno so podani kriteriji, ločeno za temeljna tla, nasipe in posteljico, za 7 dni in 28 dni negovane zmesi, s kriteriji tlačne trdnosti in nosilnosti CBR.
- **Kriterij zgoščenosti.** PTP podaja kriterij zgoščenosti ločeno za standardni postopek po Proctorju za drobno zrnate zemljine in ločeno na modificirani postopek za debelo

zrnate zemljine (zdrobljene kamnine). OTP podaja kriterije zgoščenosti samo s sklicem na standardni postopek po Proctorju.

- **Kriterij togosti.** PTP podaja kriterij togosti za meritve deformacijskih modulov E_v s krožno ploščo po nemškem postopku, OTP pa za kriterij meritve modula stisljivosti M_s po švicarskem postopku.

4.2 Primerjava tehničnih pogojev za temeljna tla

Oba tehnična pogoja podajata zahteve kakovosti materialov in kakovosti izvedenih del, ter določata postopke za kontrolo kakovosti.

V preglednici 1 je podana primerjava zahtev za zemljine v temeljnih tleh. OTU ne omejuje rabe zemljin v temeljnih tleh glede na njihovo sestavo in lastnosti. PTP omejuje rabo zemljin glede na kriterije Atterbergovih meja plastičnosti zemljin. Oba tehnična pogoja pa zahtevata preverjanje konsistenčnih mej s predhodnimi preiskavami, kot tudi določanje optimalne vlažnosti po SPP. Slovenski PTP ne podaja konkretnih zahtev vlažnosti materiala, temveč je njegova uporabnost pogojena z dosegljivostjo ustrezne zgoščenosti in/ali togosti urejenih tal, kar se preverja s tekočimi in kontrolnimi preiskavami. OTU zahteva optimalno vlažnost materiala pred zgoščevanjem, ne zahteva pa kontrolo vlažnosti s tekočimi in/ali kontrolnimi preiskavami. Po obeh tehničnih pogojih je potrebno s predhodnimi preiskavami preveriti vsebnost humoznih in organskih delcev, konkretno omejitev pa podaja samo PTP.

Preglednica 1: Primerjava kriterijev kakovosti materiala v temeljnih tleh

LASTNOSTI ZEMLJIN – OMEJITVE RABE	
PTP	Indeks plastičnosti < od 12 % in meja židkosti < 35 %, sicer je potrebno izboljšanje.
OTU	Ni posebnih omejitev.
PREDHODNE RAZISKAVE ZA OCENO VGRADLJIVOSTI ZEMLJIN	
PTP	Vlažnost, vsebnost organskih snovi, referenčne vrednosti po Proctorju.
OTU	Vlažnost, vsebnost organskih snovi, referenčne vrednosti po Proctorju.

Kriterije kakovosti utrjenega planuma temeljnih tal prikazuje preglednica 2. Oba tehnična pogoja narekujeta vrednotenje kakovosti po približno enakih kriterijih zgoščenosti in togosti, le da se PTP sklicuje na nemški postopek meritve, OTU pa na švicarskega. Kot je že omenjeno v tč. 4.1 se OTU sklicuje le na standardni Proctorjev postopek, PTP pa vrednoti zgoščenost glede na zrnavostno sestavo, ločeno po standardnem in modificiranem Proctor postopku.

Preglednica 2: Zahteve kakovosti urejenega planuma temeljnih tal

	Vrsta materiala		Zgoščenosti glede na gostoto po SPP [%]		Modul stisljivosti Ms
	OTU	Koherentne zemljine	Nasip višine ≤ 2 m	≥ 97	
Nasip višine > 2 m			≥ 95		≥ 20
Nekoherentni in mešani materiali		Nasip višine ≤ 2 m	≥ 100		≥ 25
		Nasip višine > 2 m	≥ 95		≥ 25
Višina nasipa = višina od kote planuma temeljnih tal do kote planuma posteljice.					
	Opis del		Zgoščenost glede na gostoto materiala [%]		Nosilnost E _{v2} [MN/m ²]
			Po SPP	Po MPP	
PTP	Planum temeljnih tal nad 2 m pod koto planuma posteljice iz:				
	-zemljin		≥ 92	-	-
	-kamnin		-	≥ 92	-
	Planum temeljnih tal od 2,0 do 0,5 m pod koto planuma posteljice iz:				
-zemljin		≥ 95		≥ 15	
-kamnin		-	≥ 95	≥ 60	
Planum temeljnih tal od 0,5 m pod koto do kote planuma posteljice iz:					
-zemljin		≥ 98	-	≥ 20	
-kamnin		-	≥ 98	≥ 80	
E_{v2}:E_{v1} ≤ 2,2		Če izmerjeni E _{v1} presega 50 % zahtevanega E _{v2} , razmerje ni odločilno za oceno nosilnosti.			

PTP predpisuje tekoče in kontrolne preiskave zgoščenosti z izotopsko sondo, medtem ko OTU izotopske sonde ne omenja, temveč se sklicuje na standardne postopke meritev z nadomestnimi metodami s peskom in vodo ter kalibriranimi cilindri.

Nobeden od tehničnih pogojev še ne predpisuje kriterijev togosti za merjenje s krožno ploščo z lahko padajočo utežjo.

4.3 Primerjava tehničnih pogojev za povozni plato ter drenažne in filtrske plasti

Slovenski kriteriji kakovosti za drenažne plasti in povozni plato so zajeti v PTP, knjiga 3, hkrati pa se PTP, knjiga 5 posebej ukvarja z odvodnjavanjem in v okviru teh so podani tudi kriteriji za drenaže. V Sloveniji so kriteriji za povozni plato, podani v PTP, nadgrajeni s kriteriji, podanimi v TSC 06.100, ki so novejši od PTP.

OTU ne obravnava termina povozni plato, rabo drenažnih plasti pa obravnava v delu Odvodnja. Geosintetične drenažne plasti obravnava OTU v posebnem poglavju o Geosintetikih, v katerem podaja minimalne zahteve glede trdnosti in hidravličnih lastnosti.

Zahteve za geosintetične drenaže podaja PTP v Dopolnilih št. V (DPTP), v katerih so podani kriteriji za minimalno zahtevano trdnost in hidravlične lastnosti:

V preglednici 3 je podana primerjava kriterijev za geosintetike.

Preglednica 4 prikazuje zahteve za povozni plato in za drenažne plasti iz mineralnega agregata po PTP in TSC.

V preglednici 5 so podani kriteriji zahtevanih lastnosti vgrajenih plasti. Kriterij zgoščenosti obravnava samo TSC, oba pa postavljata zahtevo glede togosti.

Preglednica 3: Primerjava kriterijev za geosintetike

MEHANSKE LASTNOSTI						
	Filter (nasipni material)	Tla	Največja natezna sila [kN/m]	Največji natezni raztezek [%]	Preboj [N]	Premer luknje [mm]
OTU	Okrogla ali kvadratna zrna < 63 mm	Koherentna	≥ 7	> 55	≥ 1150	< 34
		Nekoherentna	≥ 8,5	> 55	≥ 1500	< 30
	Kvadratna zrna > 63 mm	Koherentna	≥ 8,5	> 55	≥ 1500	< 30
		Nekoherentna	≥ 11	> 55	≥ 1850	< 27
DPTP	Vrsta uporabe		Natezna trdnost [kN/m]	Raztezek [%]	-	
	Stenske drenaže (betonska stena/zemljina)		≥ 8	≥ 10	-	
	Vkopane vertikalne drenaže		≥ 8	≥ 20	-	
	Horizontalne drenaže		Odvisno od sekundarne vloge geosintetika.		-	
HIDRAVLICNE LASTNOSTI						
	Zrnavost zemljine	Koeficient prepustnosti k_G [m/s]	Velikost por [mm]	Permitivnost [s^{-1}]	Transmisivnost [m^2/s]	
OTU	-	-	$O_{90, w}: 0,1 - 0,2$	> 1	$> 5 \times 10^{-7}$ (pri 20 kN/m ²)	
DPTP	$D_{50} \leq 0.06$ mm	$k_G > 10 k_{zemljine}$	$O_{90} \leq d_{85}$ $O_{90} \geq 0.05$ mm	-	V odvisnosti od širine in št. plasti geotekstilije, hidravličnega gradienta, in max. količine vode.	
	$D_{50} > 0.06$ mm	$k_G > 10 k_{zemljine}$	$O_{90} \leq d_{85}$ ali $O_{90} \leq 5 d_{10} \times (C_u)^{1/2}$ $O_{90} \geq 0.05$ mm	-		

Preglednica 4: Zahteve kakovosti materialov za povozni plato in drenažne plasti

KAKOVOST IN SESTAVA ZMESI ZRN		
Vsebnost humoznih ali organskih primesi TSC in PTP zahtevata oceno na podlagi rezultatov Abrams-Harderjeve kolorometrične preiskave in omejujeta vsebnost primesi z največ temno rumeno barvo raztopine natrijevega luga.		Tlačna trdnost kamnine ≥ 80 MPa.
	POVOZNI PLATO	DRENAŽNE IN FILTRSKÉ PLASTI
Omejitve v sestavi zrn	Pri uporabi zrn iz sekundarnih surovin, TSC zahteva preverjanje odpornosti proti izluževanju.	Zmes kamnitih zrn ne sme vsebovati glinastih, sljudastih in grafitnih skrilačev, glinenih in glavkonitnih peščenjakov ter lapornatih in laporastih zrn.
Zahteve zrnivosti	Ni podanih mejnih krivulj. C_U : PTP: $5 \leq C_U \leq 50$ C_U :TSC: > 5 oz. optimalno $8 \leq C_U \leq 50$	Določene s kriterijem filtrske stabilnosti: $12 < d_{15 F}/d_{15 Z} < 40$ $12 < d_{50 F}/d_{50 Z} < 52$ PTP podaja mejne krivulje, ki veljajo, kadar je med zemljino ter drenažno in/ali filtrsko plast vgrajen geosintetik.
Nazivne velikosti frakcije	PTP dovoljuje od 0/32 do 0/63 mm. TSC pa dovoljuje tudi bolj grobe zmesi, zrnivosti do 0/300.	NI ZAHTEV
Največje zrno [mm]	≤ 100 oz. v TSC še dodatno $\leq 1/2$ debeline nasipne plasti	$\leq 2/3$ debeline plasti
Delež finih delcev [%]	PTP: ≤ 10 % (vgrajeno stanje) TSC: Za zmes vgrajeno do globine zmrzovanja in $C_U \geq 15$ zahteva: $\leq 5\%$ na deponiji oz. $\leq 8\%$ v vgrajenem stanju. V grobozrnati zmesi pa ne sme presegati 12%.	$\leq 5\%$ za vgrajeno filtrsko plast
Koeficient prepustnosti [cm/sek]	$k \geq 10^{-3}$	Samodejno določeno z izračuni krivulje zrnivosti

Preglednica 5: Zahteve kakovosti del za povozni plato in drenažne plasti

Plast		Zgoščenost glede na MPP [%]	Nosilnost E_{v2} [MN/m ²]
Planum drenažne in/ali filtrske plasti		NI ZAHTEVE	≥ 45 in $E_{v2}:E_{v1} \leq 2,2$
Planum povoznega platoja	TSC	≥ 95 če je vgrajen do 1,5 m pod posteljico ≥ 92 , če je vgrajen več kot 1,5 m pod posteljico	> 50 oz. $E_{vd} > 25$
	PTP	NI ZAHTEVE	≥ 30

4.4 Primerjava tehničnih pogojev za nasipe

Nasipi so največji porabniki geoloških materialov in hkrati delujejo kot »regulator« masnih bilanc na trasi. Zato so kriteriji za nasipe v PTP in OTU zelo natančno opredeljeni.

V preglednici 6 je podana primerjava zahtev za nasipne materiale. OTU podaja več kriterijev za vrednotenje kakovosti zemeljskih nasipnih materialov. Pogoji zahtevajo oceno na podlagi zrnavost (oz. koeficienta neenakomernosti), suhe prostorninske mase, gostote in nabrekanja (po 4 dnevnem namakanju v vodi). Tako OTU kot tudi PTP omejujeta količino humoznih in organskih primesi v zemljini, za določanje količine pa se predpisujeta različni predhodni preiskavi. Prav tako ocenjujeta kakovost zemljine na podlagi konsistence, pri čemer se zahteve standardov močno razlikujejo. Iz predpisanih kriterijev je razvidno, da veljavni slovenski pogoji dovoljujejo vgradnjo vseh vrst zemljin, ne glede na plastičnost in nabrekanje, kar lahko ogrozi stabilnost in trajnost nasipa. Zato bi v prihodnosti bilo potrebno omejiti uporabnost visoko plastičnih glin v nasipih. Kriterij vlažnosti zemljin pri PTP ni dovolj konkreten, medtem ko OTU omejuje optimalno vlažnost zemljine, ki je pomemben dejavnik za zagotavljanje kakovostne vgradnje zemljine v nasip. Vlažnost kamnitega nasipnega materiala oba tehnična pogoja pogojujeta z dosegljivostjo zahtevane zgoščenosti in/ali togosti posamezne plasti nasipa, kar se preverja s tekočimi in kontrolnimi preiskavami. Prav tako oba narekujeta vrednotenje kakovosti kamnitega nasipnega materiala na podlagi zrnavosti in sicer koeficienta neenakomernosti in največjega zrna v zmesi (PTP pa še na podlagi deleža finih zrn). Pomanjkljivost hrvaških pogojev lahko najdemo v kriteriju humoznih

in organskih primeseh, saj OTU ne omejuje njihovo količino. To lahko v določenih primerih negativno vpliva na zgrajen nasip. Vse lastnosti nasipnih materialov se preverjajo s predhodnimi, tekočimi in kontrolnimi preiskavami.

V preglednici 7 so podani kriteriji zgoščenosti in togosti vgrajenih plasti.

Preglednica 6: Primerjava kriterijev kakovosti nasipnih materialov

	PTP	OTU
MATERIALI ZA NASIPE		
Vrste materialov	Zemljine Izboljšani materiali Kemično stabilizirani materiali in EF pepel Kamnine	Zemljine Mešani materiali Kamniti materiali
ZEMLJINE		
Vlažnost	Vlažnost mora biti tolikšna, da je pri zgoščevanju dosegljiva predpisana gostota.	Uporabne so samo zemljine z optimalno vlažnostjo $\leq 25\%$ ($\pm 2\%$).
Vsebnost humoznih in organskih snovi	Abrams-Harderjeva kolorometrična preiskava, barva največ temno rumena	$\leq 6\%$ (pogojno lahko do 10%) glede na HRN.U.B1.024/68
Zrnava sestava	NI ZAHTEV	$C_u > 9$ (pogojno lahko tudi $C_u < 9$, vendar samo z ustrezno tehnologijo vgradnje). Preverja se s predhodnimi preiskavami.
Referenčna suha prostorninska masa po SPP	NI ZAHTEV	$>1,50\text{ g/cm}^3$ za nasipe višine do 3,0 m, $>1,55\text{ g/cm}^3$ za nasipe višine nad 3,0 m
Meja židkosti w_L	$\leq 35\%$ (zaključna plast)	$\leq 65\%$
Indeks plastičnosti I_p	$\leq 12\%$ (zaključna plast)	$\leq 30\%$
Nabrekanje	NI ZAHTEV	$\leq 4\%$
Proctorjevo število P_b	NI ZAHTEV	$0 \leq P_b \leq 20$

KAMNITI MATERIAL		
Vlažnost	Vlažnost mora biti tolikšna, da je pri zgoščevanju dosegljiva predpisana gostota.	Vlažnost mora biti tolikšna, da je pri zgoščevanju dosegljiva predpisana gostota.
Vsebnost humoznih in organskih primesi	Abrams-Harderjeva kolorometrična preiskava, barva največ temno rumena.	NI ZAHTEV
Koeficient neenakomernosti C_U	$C_U \geq 8$	$C_U > 4$ za kamniti material $C_U > 9$ za mešani material (kadar ni določljiv, primernost materiala ocenimo praktično na poskusnem odseku)
Največje zrno	\leq dve tretjini debeline plasti in ≤ 30 cm	\leq polovica debeline plasti in ≤ 40 cm (≤ 15 % zrn velikosti do 50 mm)
Delež finih zrn	Do globine zmrzovanja in v neugodnih hidroloških pogojih: ≤ 5 % pri $C_U \geq 15$ ter ≤ 15 % pri $C_U \leq 8$.	NI ZAHTEV
OTU obravnava še EF pepel ter zahteva predhodno preverjanje njegove optimalne vlažnosti in največje gostote po SPP.		

Preglednica 7: Kriteriji kakovosti vgrajenih plasti nasipa

	Vrsta materiala		Zgoščenost glede na gostoto po SPP [%]		Modul stisljivosti [MN/m ²]	
	OTU	Zemljine	plasti nasipov višjih od 2 m v coni od dna nasipa do višine 2 m pod planumom posteljice	≥ 95		≥ 20
plasti nasipov nižjih od 1 m in plasti nasipov višjih od 2 m v coni 2 m pod planumom posteljice			≥ 100		≥ 25	
Mešani materiali		plasti nasipov višjih od 2 m v coni od dna nasipa do višine 2 m pod planumom posteljice	≥ 95		≥ 35	
		plasti nasipov nižjih od 1 m in plasti nasipov višjih od 2 m v coni 2 m pod planumom posteljice	≥ 100		≥ 40	
Kamniti materiali		plasti nasipov višjih od 2 m v coni od dna nasipa do višine 2 m pod planumom posteljice	≥ 95		≥ 40	
		plasti nasipov nižjih od 1 m in plasti nasipov višjih od 2 m v coni 2 m pod planumom posteljice	≥ 100		≥ 40	
PTP		Opis del		Zgoščenost [%] glede na gostoto		Nosilnost E _{v2} [MN/m ²]
				po SPP	po MPP	
	Nasipi nad 2 m pod koto planuma posteljice iz:					
	-zemljin		≥ 92	-	-	
	-kamnin		-	≥ 92	-	
	Nasipi 2,0-0,5 m pod koto planuma posteljice iz:					
-zemljin		≥ 95	-	≥ 15		
-kamnin		-	≥ 95	≥ 60		
Planum temeljnih tal od 0,5 m pod koto do kote planuma posteljice iz:						
-zemljin		≥ 98	-	≥ 20		
-kamnin		-	≥ 98	≥ 80		
E_{v2}:E_{v1} ≤ 2,2 (oz. ≤ 3 za kamnite plasti)		Če E _{v1} presega 50 % zahtevane vrednosti E _{v2} , razmerje ni odločilno za oceno nosilnosti.				

4.5 Primerjava pogojev za posteljico

PTP obravnava posteljico, zgrajeno iz zemljin, kamnin in EF pepela. Kriteriji za posteljico so v PTP podani v okviru zaključne plasti nasipa (preglednica 7). TSC 06.100 obravnava le kamnito posteljico. OTU obravnava posteljico iz zemljin, kamnin in mešanega materiala.

4.5.1 Posteljica iz zemljin

OTU dovoljuje uporabo zemljin z mejo židkosti pod 40 % in indeksom plastičnosti pod 20 %. PTP dovoljuje mejo židkosti do 35 % in indeks plastičnosti do 12 %, sicer zahteva vgradnjo takih zemljin s kemično stabilizacijo.

OTU določa za posteljico iz zemljin še:

- maksimalno referenčno suho gostoto: $> 1,65 \text{ t/m}^3$,
- max.nabrekljivost $\leq 3 \%$,
- CBR $> 3 \%$ ter
- koeficient neenakomernosti zrnivosti $C_U > 9$.

4.5.2 Kamnita posteljica

Vsi tehnični pogoji zahtevajo vrednotenje kakovosti zmesi kamnitih zrn na osnovi zrnivosti. S kriterijem dopustne vsebnosti finih zrn se posredno vrednoti zmrzljinska odpornost zmesi, s kriterijem max. zrna pa kakovost homogenosti vgrajevanja plasti.

Po TSC 6.100 je kriterij zrnivosti določen z zahtevami:

- max. vsebnost finih zrn: 5 % na deponiji in 8 % v plasti,
- koeficient neenakomernosti zrnivosti: $C_U > 5$,
- max.zrno: ne več kot 125 mm in ne več kot 50 % debeline posteljice.

Po OTU je kriterij zrnivosti določen z:

- koeficient neenakomernosti: $C_U > 9$ in
- max. zrno: 60 mm (10 % zrn velikosti do 70 mm).

TSC 06.100 za kamen za proizvodnjo agregata za kamnito posteljico zahteva tlačno trdnost kamnine $> 80 \text{ Mpa}$, sicer pa je za kamnito posteljico pomembno, da ne vsebuje mehkih, drobljivih zrn.

4.5.3 Kakovost vgrajene posteljice

V PTP in TSC 06.100 je določena z zahtevano zgoščenostjo 98 % po Proctorju MPP in togostjo plasti $E_{v2} > 80$ Mpa za kamnite materiale oz. $E_{v2} > 20$ Mpa za zemljine, hkrati pa TSC že podaja tudi kriterij za dinamični modul $E_{vd} > 40$ MPa.

Po OTU pa so zahteve podane kot:

- zahtevana zgoščenosti ≥ 100 % SPP za vse vrste posteljic,
- togost plasti pa predpisana za različne vrste materiala, in sicer: zemljine ≥ 30 MPa, za mešane materiale ≥ 35 MPa in za kamnite materiale ≥ 40 MPa. Kriteriji se nanašajo na meritev švicarskega modula (M_s).

V preglednici 8 so podani kriteriji zgoščenosti in togosti vgrajenih plasti.

Preglednica 8: PTP, TSC in OTU zahteve kakovosti vgrajene posteljice

OTU	Vrsta materiala za posteljico		Zgoščenost glede na gostoto po SPP [%]	Modul stisljivosti M_s [MN/m ²]	
	Zemljina		≥ 100	≥ 30	
	Mešani materiali			≥ 35	
	Kamniti materiali			≥ 40	
PTP, TSC	Vrsta materiala za posteljico		Zgoščenost glede na gostoto materiala [%]		Nosilnost E_{v2} [MN/m ²]
			po SPP	po MPP	
	Zemljina, izboljšani in kemično stabilizirani materiali		≥ 98	-	$> 20; 25; 40$
	Kamniti material		-	≥ 98	> 80
$E_{v2}:E_{v1} \leq 3$ $E_{vd} > 40$		Če E_{v1} presega 50 % zahtevanega E_{v2} , razmerje ni odločilno za oceno nosilnosti.			

4.6 Zaključne ugotovitve v povezavi z zemeljskimi deli

Iz analize kriterijev, podanih za zemeljska dela, lahko zaključimo, da kriteriji kakovosti niso direktno primerljivi, ker za vrednotenje kakovosti izhajajo iz različnih meril, kot smo jih opisali v tč. 4.1.

Skupno kriterijem pa je to, da razvrščajo zemeljske materiale v zaokrožene skupine zemljin, kar se nanaša na drobnozrnate, vezljive zemljine, na skupino mešanih materialov in na skupino kamniti materiali, to je skupina, proizvedena iz čistih kamnin ali čistih gramozov.

5 PRIMERJAVA TEHNIČNIH POGOJEV ZA NEVEZANE NOSILNE PLASTI

5.1 Osnove

Kameni agregati za nevezane nosilne plasti (NNP) morajo imeti certifikat, skladno z direktivo o gradbenih proizvodih in standardom EN 13285. To pomeni, da se kameni agregat za NNP lahko daje na trg samo, če ima certifikat in tehnični list s podatki o lastnostih, s sklicem na eno od kategorij za posamezne parametre, kot se navajajo v standardu EN 13242. Potrebno je poudariti, da se certifikat lahko nanaša tudi samo na eno lastnost, zato certifikat sam po sebi še ne pomeni, da material ustreza kriterijem kakovosti.

V Sloveniji so kriteriji kakovosti navedeni v TSC 06.200, na Hrvaškem pa v OTU. Ker pa je razkorak med zadnjo izdajo EN 13242 (leta 2015) in izdajo TSC in OTU velik, večji od 10 let, je razumljivo, da se lahko merila kakovosti razlikujejo glede na podane kriterije kakovosti.

5.2 Pregled zahtev kakovosti po EN 13242

Evropski standard EN 13242 določa zahteve kakovosti agregata za naslednje skupine lastnosti:

- geometrijske lastnosti zrn:
 - o zrnavostna sestava,
 - o vsebnost finih zrn,
 - o kakovost finih zrn (ekvivalent peska, MB indeks),
 - o oblika zrn (indeks podolgovatosti ali indeks oblike) in količina drobljenih zrn,

- mehanske lastnosti:
 - o žilavost (Los Angeles),
 - o obstojnost na obrabo (Micro Deval),
 - o udarna trdnost,

- gostota zrn, specifična teža zrn, vpijanje vode in kapilarnost,

- kemične lastnosti:
 - o petrografski opis,
 - o zahteve, vezane na vsebnost sulfatov in drugih škodljivih primesi,

- trajnost:
 - o obstojnost v magnezijevem sulfatu,
 - o preizkus zmrzovanje- tajanje,
 - o vpijanje vode,
 - o posebni test za bazalte (Sonnenbrand).

5.3 Primerjava slovenskih in hrvaških kriterijev za NNP

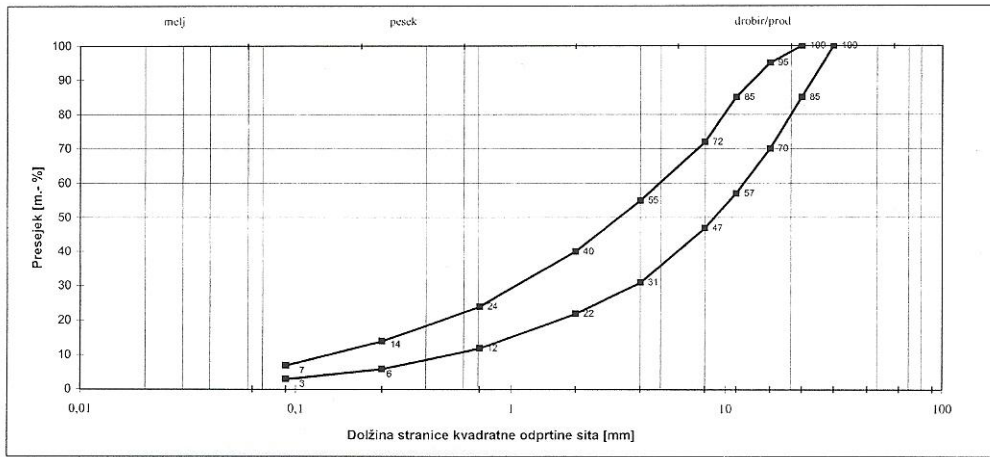
5.3.1 Zrnavostna sestava

Po določenih OTU, mora biti načrtovana tako, da se krivulja zrnivosti zmesi nahaja znotraj predpisanega mejnega območja, kot prikazuje preglednica 9.

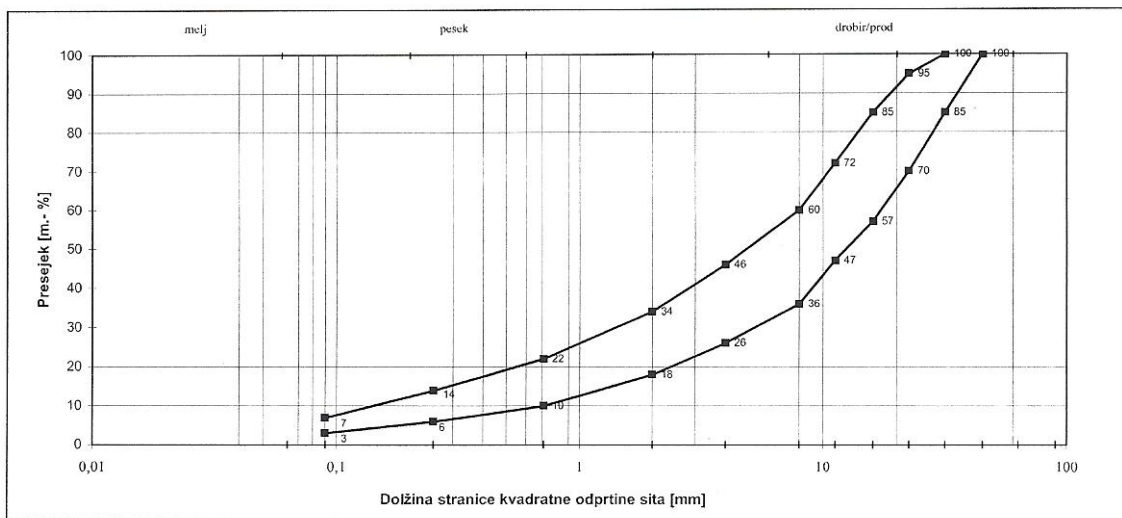
Preglednica 9: Mejno območje zrnivosti sestave zmesi kamnitih zrn za NNP (OTU)

Odprtine sit [mm]	0,1	0,2	0,5	1	2	4	8	16	31,5	50	63
Presejek – razpon [%]	2-15	3-20	7-28	13-38	20-48	29-60	40-75	54-90	73-100	90	100

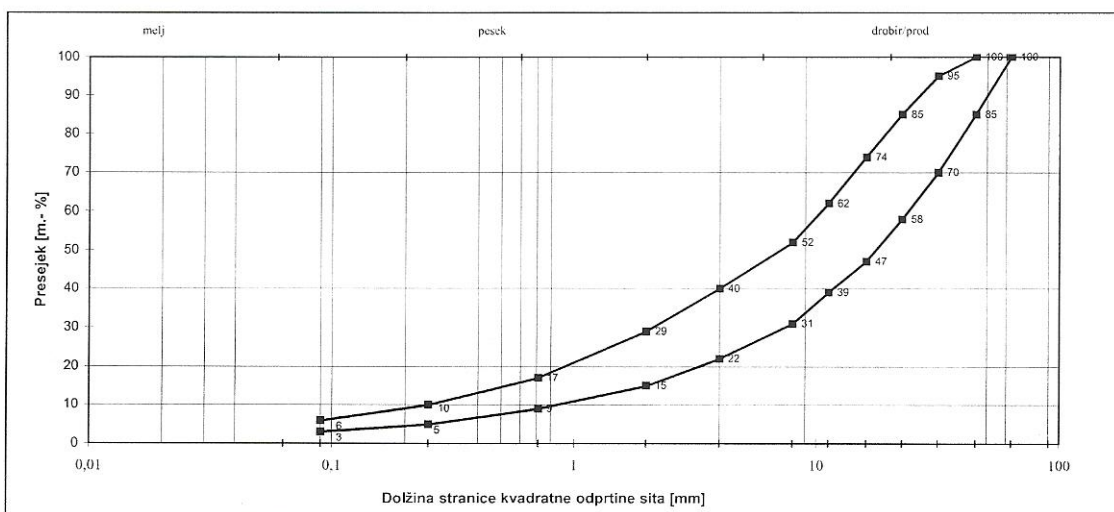
TSC določa mejne krivulje zrnivosti in sicer za 3 različne skupine frakcij: 0/45 mm, 0/31 mm in 0/22 mm (slike 11,12 in 13).



Slika 11: Mejni zrnovostni krivulji zmesi kamnitih zrn 0/22 mm za NNP (TSC 06.200)



Slika 12: Mejni zrnovostni krivulji zmesi kamnitih zrn 0/31 mm za NNP (TSC 06.200)



Slika 13: Mejni zrnovostni krivulji zmesi kamnitih zrn 0/45 za NNP (TSC 06.200)

5.3.2 Ostale geometrijske lastnosti

Primerjava zahtev za geometrijske lastnosti po OTU in TSC 06.200 so podane v preglednici 10.

Preglednica 10: Primerjava kriterijev za geometrijske lastnosti

Zahteva	OTU	TSC
Vsebnost finih zrn (0,063 mm)	Max. 3 % zrn < 0,02 mm	Max. 5 % na deponiji Max. 8 % v vgrajenem stanju
Aktivnost finih zrn	NI ZAHTEVE	SE* ≥ 60 % za težke prometne obremenitve SE* ≥ 50 % za lažje prometne obremenitve MB ≤ 1,5 g/kg ali SE > 40 %
Oblika zrn - indeks oblike	Max. 40 % zrn podolgovate oblike	Max 20 % indeks oblike (SI)
Količina drobljenih zrn	NI ZAHTEVE	Določi se glede na projekt.
* sprememba kriterijev glede na spremembo metode preiskave SE		

5.3.3 Fizikalno-mehanske lastnosti

Na področju nekdanje skupne Jugoslavije je bil temeljni kriterij določanje odpornosti zrn na mehanske vplive določen s preiskavo Los Angeles. Primerjava veljavnih kriterijev je podana v preglednici 11.

Preglednica 11: Kriteriji za določitev mehanske odpornosti in obstojnosti zrn za NNP

Kriterij	OTU	TSC
Los Angeles	Max. 45 %	Max. 30 % za težke obremenitve Max. 35 % za srednje in lahke obremenitve
Obstojnost	Max. 12 % (stari kriterij v Na ₂ SO ₄) Vpijanje vode: max. 1,6 %	Max. 10 % (stari kriterij v Na ₂ SO ₄) -
Lastnosti zrn	Max. 7 % slabih zrn	-

OTU predpisuje vrednotenje kakovosti zmesi zrn na podlagi predhodnih preiskav nosilnosti CBR, na preizkušancih, zbitih pri optimalni vlažnosti. Zahtevani indeks CBR znaša:

- min. 40 % za naravni gramoz ali mešani gramoz z manj kot 50 % drobljenega kamnitega materiala ter
- min. 80 % za drobljeni kamniti material ali mešani naravni gramoz z več kot 50 % drobljenega kamnitega materiala.

Pri pregledu kriterijev kakovosti je potrebno poudariti, da EN standardi za preiskovanje obstojnosti v soli ($MgSO_4$), ekvivalenta peska (SE), določanje zgoščenosti agregata po Proctorju itd. niso ekvivalentni hrvaškim standardom, zato kriterije ni moč direktno primerjati. Podobno velja tudi za TSC, ki bi iz podobnih razlogov potreboval novelo.

5.3.4 Kemijske lastnosti

Po določbah vseh obravnavanih tehničnih pogojev je potrebno kakovost zmesi zrn ovrednotiti glede na delež in/ali značaj organskih, humoznih in škodljivih primesi. OTU zahteva gravimetrijsko preskušanje deleža primesi (ki ne sme presegati 2 %) samo v primerih, kadar kot rezultat določanja značaja primesi dobimo temnejšo barvo raztopine od standardne. Pri metodah preskušanja se OTU sklicuje na hrvaške standarde. TSC in EN predpisujeta vrednotenje kakovosti samo glede na delež organskih primesi pri čemer TSC zahteva največ temno rumeno obarvanje raztopine.

Za oceno kakovosti zmesi zrn, OTU zahteva določanje mineraloško-petrografske sestave s predhodnimi preiskavami zmesi zrn, medtem ko se TSC že sklicuje na sistem certificiranja, kar avtomatsko vključuje mineraloško petrografski pregled.

5.3.5 Kakovost vgrajene NNP

Kakovost vgrajene NNP ni odvisna od posameznih indeksnih kriterijev kakovosti, ampak od ugodne kombinacije različnih lastnosti. Pri enaki zrnastosti sestavi, bo togost plasti iz apnenčevega agregata višja od togosti plasti npr. agregata iz granita, ker je apnenec mehkejši in se zato med vgrajevanjem, zrna boljše zaklinjajo.

Kot smo pojasnili na sliki 10, na togost NNP močno vpliva tudi pravilna porazdelitev vlage v nesaturirani plasti in temu prilagojena sukcija. Zrna agregata, ki so brez finih zrn, ki so nosilci

kapilarnosti ne morejo doseči take togosti plasti, kot jo dosegajo zrna z dobro stopnjo graduiranost in prisotnostjo finih zrn po površini agregata.

V preglednici 12 je podana primerjava zahtev kakovosti vgrajene NNP plasti.

Preglednica 12: TSC in OTU zahteve kakovosti vgrajene NNP

TSC	TOGOST:	Vrsta zmesi kamnitih zrn	Prometna obremenitev					
			težka			lahka ali srednja		
			E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/E_{v1}	E_{vd} [MN/m ²]	E_{v2} [MN/m ²]	E_{v2}/E_{v1}	E_{vd} [MN/m ²]
		naravna	≥ 100	≤ 2,2	≥ 45	≥ 90	≤ 2,4	≥ 40
		drobljena ali mešana	≥ 120	≤ 2,0	≥ 55	≥ 100	≤ 2,2	≥ 45
ZGOŠČENOST: ≥ 98 % glede na gostoto zmesi po MPP								
OTU	Plasti nad nevezano nosilno plastjo		ZGOŠČENOST glede na MPP [%]			MODUL STISLJIVOSTI M_s [MN/m ²]		
	AP, BNP in NPS skupne debeline > 40 cm		≥ 95			≥ 50		
	AP in BNP skupne debeline > 15 cm ali AP, BNP in NPS skupne debeline od 30 cm do 40 cm		≥ 98			≥ 80		
	AP in BNP skupne debeline < 15 cm		≥ 100			≥ 100		

5.3.6 Sklepne ugotovitve

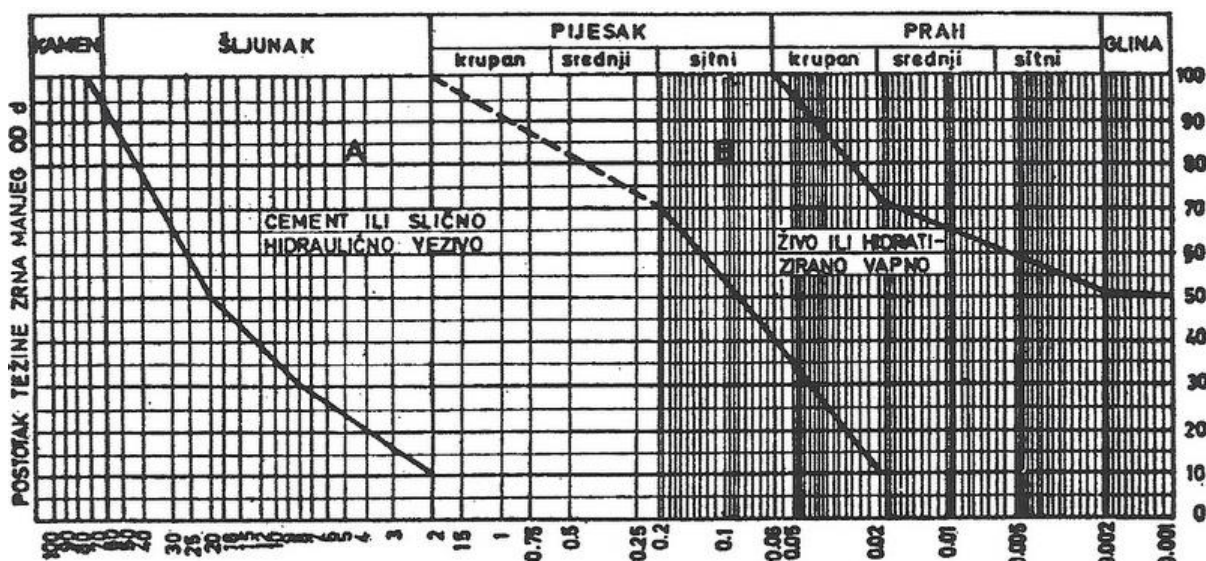
Iz podane analize je vidno, da niti TSC niti OTU nista usklajena z zahtevami EN standardov za NNP, in to kljub temu, da gre za certificirane proizvode. Ker se novi EN standardi za določanje lastnosti agregata razlikujejo od starih JUS (HRN) standardov, je treba upoštevati tudi razlike, ki so posledica razhajanja v postopkih. Za določitev kriterijev odpornosti v magnezijevem sulfatu, in obstojnosti proti obrabi, micro - Deval, ki predstavlja enega največjih neznank za agregate na prostoru Slovenije in Hrvaške, bo treba s temeljnimi raziskavami, te lastnosti najprej v okvirnih določiti za najbolj značilne kamnine.

6 RAZPRAVA POGOJEV ZA IZBOLJŠANJE IN STABILIZACIJO ZEMLJIN

6.1 Kriteriji in primerjava kriterijev

PTP obravnava izboljšanje zemljin z vezivi kar v okviru priprave temeljnih tal in nasipov in je zelo ohlapen pri določanju kriterijev.

OTU namenja stabilizaciji zemljin z vezivi posebno poglavje. Na sliki 14 je prikazana ocena primernosti anorganskih veziv za različne skupine zemljin.



Slika 14: Diagram za oceno primernosti materiala za stabilizacijo (OTU)

V temeljnih tleh in v nasipih ima kemična stabilizacija drugačno vlogo kot v vezanih spodnjih nosilnih plasteh. Temeljna vloga rabe veziv v spodnjem ustroju je izboljšanje vgradljivosti (znižanje vlage zemljine) in povečanje volumske obstojnosti vgrajene plasti (zmanjšanje občutljivosti na vlago, mehčanje in nabrekanje). V glinah apno deluje kot flokulant, zato se ob dodajanju apna, poveča optimalna vlaga in zniža suha gostota, zniža pa se tudi meja židkosti in indeks plastičnosti. OTU ocenjuje ustreznost dodajanja apna na osnovi teh kriterijev in sicer priporoča preiskave, ki pokažejo na lastnosti zemljine pred in po dodajanju veziva.

EN standardi določajo postopke za izboljšanje zemljin z različnimi vezivi:

- SIST EN 14227-10:2006: Izboljšanje zemljin s cementom,
- SIST EN 14227-11:2006: Izboljšanje zemljin z apnom,
- SIST EN 14227-13:2006: Izboljšanje zemljin s hidravličnim vezivom za nosilne plasti,
- SIST EN 14227-14:2006: Izboljšanje zemljin z EF pepelom.

Vsebina vseh standardov je praktično enaka, razlikuje se samo dikcija, ki se nanaša na tip veziva.

Podobno, kot smo opisali za NNP, tudi EN standardi za z vezivi izboljšane zemljine ne predpisujejo zahtev kakovosti z minimalnimi kriteriji, temveč podajajo različne kategorije kakovosti za različne izbrane parametre, med katerimi so:

- takojšnji indeks nosilnosti, ki je v resnici CBR vrednost takoj po nabitju,
- vrednost vlage,
- stopnja zgoščenosti glede na Proctorjevo zgoščenost,
- CBR po 4 dneh vezanja,
- tlačna in natezna trdnost,
- nabrekanje, linearno in volumsko in
- obstojnost na zmrzal.

V preglednicah 13, 14, 15, 16 in 17 smo zbrali primerjavo kriterijev po PTP, OTU in EN.

Preglednica 13: Odločilni kriteriji kakovosti mešanice/plasti

		Tlačna trdnost		Natezna trdnost in modul elastičnosti	CBR	Zgoščenost (glede na SPP)	Nosilnost	Vremenska obstojnost ali odpornost na vodo in/ali zmrzal
		Starost vzorcev:						
		7 dni	28 dni					
PTP	Temeljna tla	+	-	-	-	+	+	
	Nasip	+				+		
	Posteljica					+		
OTU	Temeljna tla	+	+	-	+	+	-	-
	Nasip	+	+		+			
	Posteljica	+	+		+	+		
EN	EF pepel	+		+	+	-	-	+
	Hidravlično za NP	+		+	+	-		+
	Cement	+ vezane zemljine		+ vezane zemljine	+ stabiliz.	-		+
	Apno	+ stabiliz.		-	+ stabiliz.	+ izboljšanje		+

Preglednica 14: PTP, OTU in EN kriteriji kakovosti materialov

ZEMLJINA:	
PTP	Primernost zemljine se ocenjuje na podlagi vremenske obstojnosti stabilizacijske mešanice.
OTU	Za oceno uporabnosti zemljine, OTU zahteva predhodne preiskave geomehanskih lastnosti materiala: <ul style="list-style-type: none"> - granulometrijske sestave, - vsebnosti organskih in škodljivih primesi, - konsistenčnih mej, - optimalne vlažnosti, - največje gostote po Proctorju, - vlažnosti in - nosilnosti (indeksa CBR), kot tudi naslednje lastnosti mešanic: <ul style="list-style-type: none"> - tlačne trdnosti ter - odpornosti na vodo in zmrzal.
EN	SIST EN temelji oceno zemljin na zrnavostni sestavi (z omejitvijo deleža zrn večjih od 63 mm). Opozarja na organske snovi in sulfate v zemljini, ki jih je potrebno preiskati (ne podaja konkretnih zahtev). Ob prisotnosti sulfatov in drugih nabreklih delcev standard zahteva laboratorijske preiskave mešanic za oceno škodljivih vplivov.
VODA:	
PTP	NE OBRAVNAVA
OTU	Voda ne sme vsebovati škodljivih primesi.
EN	Uporabljena voda ne sme vsebovati primesi, ki imajo škodljiv učinek na vezanje in lastnosti mešanice. Voda, ki se uporablja za izboljšanje s cementom mora biti v skladu z EN 1008.

Preglednica 15: PTP, OTU in EN kriteriji kakovosti mešanice

DOZIRANJE IN SUHA PROSTORNINSKA MASA:	
PTP	NE OBRAVNAVA
OTU	<p>Pri izdelavi recepture mešanice se določa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - delež veziva glede na suho maso zemljine ali količino veziva na enoto površine za določeno debelino plasti, - optimalna vlažnost mešanice, - maksimalna suha prostorninska masa, - mehanske lastnosti: tlačna trdnost (po 7 dni in po 28 dni) ter odpornost na vodo in zmrzal. <p>Zahteva preverjanje količine dodanega veziva s tekočimi preiskavami.</p>
EN	Za uporabo vseh veziv se doziranje sestavin mešanice določa na podlagi laboratorijskih preiskav in/ali praktičnih izkušenj.
VLAŽNOST:	
PTP	Mešanica mora pred zgoščevanjem vsebovati toliko vode, da jo je mogoče ustrezno zgostiti (ne podaja konkretnih zahtev). EFP se vgrajuje z optimalno vlago.
OTU	Zahteva optimalno vlažnost mešanice, določene po Proctorju.
EN	Standard predpisuje vlažnost mešanice, ki mora znašati najmanj 90 % optimalne vlažnosti določene s Proctorjevim testom ali drugih preiskav, opredeljenih v standardu. Količina vsebovane vode mora zagotavljati ustrezno zgoščevanje in optimalne mehanske lastnosti mešanice.
IMMEDIATE BEARING INDEX (CBR TAKOJ PO NABITJU)	
PTP	NE OBRAVNAVA
OTU	NE OBRAVNAVA
EN	Podaja kot kategorije od 10 do ≥ 25 %
POGOJI VLAŽNOSTI:	
PTP	NE OBRAVNAVA, ni v tradiciji rabe
OTU	NE OBRAVNAVA, ni v tradiciji rabe
EN	Vsi obravnavani standardi predpisujejo zahtevane vrednosti pogojev vlažnosti mešanice.
ODPORNOST NA VODO:	
PTP	Dokazuje se na 7 dni starih nabitih mešanicah. Odpornost je podana kot razmerje med tlačno trdnostjo suhih in 24 ur namočenih preizkušancev. Minimalna zahtevana odpornost vseh obravnavanih mešanice je 0,7.
OTU	Pri izdelavi recepture mešanice se določa odpornost na vodo in zmrzal. Pri temeljnih tleh in nasipih, OTU ne zahteva odpornosti na vodo, medtem ko je za posteljico potrebno upoštevati omejitve opredeljene v projektu.

EN	Določa se na nabitih vzorcih in vzorcih, ki so bili predhodno potopljene v vodi in sicer na podlagi rezultatov preskušanj trdnosti in nabrekanja (linearnega in volumskega). Pri uporabi apna, preiskujemo samo nabrekljivost (za stabilizacijo se določata linearno in volumsko nabrekanje, medtem ko za izboljšanje z apnom zadostuje določanje samo ene izmed navedenih vrst nabrekanj).	
	Trdnost	Starost vzorcev pred namakanjem v vodo (Z) ter trajanje namakanja vzorcev (W) se izbere glede na določbe mesta uporabe (za uporabo cementa pa se vrednosti izbirata iz tabele, priložene v standardu). Odpornost predstavlja razmerje povprečnih tlačnih trdnosti namočenih vzorcev (starih Z+W dni) in vzorcev, ki niso bili izpostavljeni vodi (starosti Z+W dni).
	Linearno nabrekanje	Določa se na CBR preizkušancih, predhodno potopljenih v vodo. Preiskava traja do prenehanja nabrekanja oz. najmanj 28 dni (za s cementom izboljšane zemljine se lahko zaključi po 28 dni oz. kasneje, ko postane nabrekanje manjše od 0,05 mm v 48 h). Omejitve so podane glede na povprečje maksimalnega nabrekanja treh preizkušancev in maksimalnega nabrekanja posameznega preizkušanca.
	Volumsko nabrekanje	Volumsko nabrekanje ne sme presegati 5 %.
ODPORNOST PROTI ZMRZALI:		
PTP	Ne obravnava	
OTU	Pri izdelavi recepture mešanice se določa odpornost na vodo in zmrzal. Pri temeljnih tleh in nasipih, OTU ne zahteva odpornosti na zmrzal, medtem ko je za posteljico potrebno upoštevati omejitve opredeljene v projektu. Kadar je posteljica v coni zmrzovanja, preiskuje se padec tlačne trdnosti na vzorcih izpostavljenih cikličnim spremembam zmrzovanja in tajanja, pri čemer padec ne sme biti večji od 20 % glede na vzorce, ki temu niso bili izpostavljeni.	
EN	Standardi dovoljujejo oceno odpornosti na zmrzal na podlagi tehničnih pogojev, veljavnih na področju izvajanja del. Pri uporabi apna pa zahteva določanje odpornosti samo za stabilizacijo, ne pa tudi za poboljšanje.	
ZGOŠČENOST:		
PTP	Podana je v kriterijih za nasipe, glej preglednico 7.	
OTU	Min. 95 % pri temeljnih tleh in nasipih ter min. 100 % pri posteljici.	
EN	Podana je s kategorijami DC ₉₅ do DC ₉₇ oz. z deklarirano vrednostjo.	
POVOZNOST		
PTP	NE OBRAVNAVA	
OTU	NE OBRAVNAVA	
EN	Določijo se omejitve skladno s določbami mesta uporabe, vendar samo pri uporabi EF pepela in hidravličnega veziva.	

Preglednica 16: PTP zahteve kakovosti za izboljšanje in stabilizacijo

Lastnost	Plast cestnega telesa	Material	
		Zemljina	Kamnina
Tlačna trdnost negovanih vzorcev po 7 dni [MN/m ²]	Temeljna tla	≥ 0,4	≥ 1,5
	Nasip, posteljica	≥ 0,5	≥ 2
Vremenska obstojnost	≥ 0,70		
ZGOŠČENOST IN NOSILNOST:			
Plast cestnega telesa		Lastnost	
		Zgoščenost glede na gostoto po SPP [%]	Nosilnost E _{v2} [MN/m ²]
Planum temeljnih tal in nasip nad 2m pod koto planuma posteljice	Izboljšanje	≥ 92	-
	Stabilizacija	≥ 92	-
Planum temeljnih tal in nasip 2m - 0,5m pod koto planuma posteljice	Izboljšanje	≥ 95	≥ 20
	Stabilizacija	≥ 95	≥ 30
Planum temeljnih tal in nasip od 0,5 m pod koto do kote planuma posteljice (=posteljica)	Izboljšanje	≥ 98	≥ 25
	Stabilizacija	≥ 98	≥ 40
E_{v2}:E_{v1} ≤ 2,2		Če izmerjen E _{v1} presega 50 % zahtevanega E _{v2} , razmerje ni odločilno za oceno nosilnosti.	

Preglednica 17: OTU zahteve kakovosti za stabilizacijo zemljin

Lastnost		Plast cestnega telesa	Stabiliziranje apnom	Stabiliziranje cementom
Zgoščenost glede na SPP [%]		Temeljna tla, nasip	≥ 95	≥ 95
		Posteljica	≥ 100	≥ 100
Tlačna trdnost negovanih vzorcev [MN/m ²]	Po 7 dni	Temeljna tla	≥ 0,2	≥ 0,7
	Po 28 dni		≥ 0,3	-
	Po 7 dni	Nasip	≥ 0,3	-
	Po 28 dni		≥ 0,4	≥ 1,0
	Po 7 dni	Posteljica	≥ 0,4	≥ 1,4
	Po 28 dni		≥ 0,5	≥ 1,75
Odpornost na vodo in zmrzal		Temeljna tla, nasip	Ni obvezna	Ni obvezna
		Posteljica	Po projektu	Po projektu
CBR [%]		Temeljna tla, nasip	≥ 5	≥ 5
		Posteljica	≥ 10	≥ 20

6.2 Sklepne ugotovitve

Pri rabi veziv je treba razlikovati med nameni poboljšanja (angl. improvement ali modification) in stabilizacijo. Poboljšanje se izvaja v času gradnje, da se omogoči izvedba del s sicer nevgradljivimi zemljinami.

Stabilizacija pa se izvaja na dolgi rok, to je, da se zagotovi trajna mehanska trdnost in volumska stabilnost, zlasti v povezavi s sezonskimi spremembami vlage. Ta dva temeljna principa niti v PTP, niti v OTU nista zajeta v ustrezni meri, nasprotno pa EN standard jasno podaja te kriteriji.

Podobno, kot smo ugotavljali v poglavju 5 za NNP, se tudi na področju stabiliziranja zemljin z vezivi uvajajo novi EN standardi za določanje lastnosti, kot so takojšnji indeks nosilnosti, natezna trdnost, volumsko nabrekanje, ki ga v tradiciji gradnje cest na Hrvaškem in v Sloveniji nismo poznali, zato jih tudi tehnični pogoji ne vključujejo.

7 ZAKLJUČEK

Predpisi, ki določajo merila kakovosti ter odgovornosti posameznih udeležencev pri gradnji in vzdrževanju cest so osnova za kakovostno gradnjo cestne infrastrukture vsake države. Zato imajo ob standardih in pravilnikih, vse evropske države v veljavi Tehnične pogoje gradnje cest, ki so tudi sestavni del razpisne (tenderske) dokumentacije.

Glede na to, da sta Slovenija in Hrvaška del Evropske unije, hkrati pa sta bili pred letom 1991 del skupne Jugoslavije, bi pričakovali, da so njuni tehnični pogoji usklajeni. V diplomski nalogi sem pokazala, da temu ni tako in da bo potrebno še veliko dela, da se njuni tehnični pogoji uskladijo z referenčnimi standardi EU.

Posebej zanimivo je tudi to, da slovenski in hrvaški pogoji ne uporabljajo enakih metod preizkušanja za najbolj merodajne kontrolne preizkuse, kot so na primer merjenje gostote in vlage z izotopsko sondo in merjenje togosti plasti s krožno ploščo.

Generalno pa lahko ocenimo, da so OTU, ki so sicer 12 let mlajši od PTP, sodobnejši od PTP in bolj sledijo trendom na področju zemeljskih del. Nasprotno pa so kriteriji za NNP in kamnito posteljico v TSC bližje usmeritvam, ki jih podajajo EN standardi, kot pa OTU.

Posebej pogrešam uveljavitev rabe dinamične plošče za merjenje togosti plasti, ki je ni niti v PTP, niti OTU.

Tako Slovenija kot tudi Hrvaška sta, v obdobju od izdaje še veljavnih tehničnih pogojev do danes, zgradili precejšnji del svojega avtocestnega omrežja in pri tem pridobili veliko novih strokovnih in praktičnih znanj, specifičnih za lastna ozemlja. Ta znanja in izkušnje bi morali vključiti v novele tehničnih pogojev, tudi v luči EN standardov, ki s kategorizacijami zahtev taka ravnanja spodbujajo in ne omejujejo.

VIRI

COST 337. 2002. Unbound Granular Materials for Road Pavements. Final Report of the Action, European Commission, Directorate-General for Energy and Transport: 386 str.

Petkovšek, A. 2015. Študijsko gradivo.

Tehnične specifikacije/pogoji, standardi

Henigman S., 2004. Dopolnila splošnih in tehničnih pogojev V. knjiga. Ljubljana, DDC – Družba za državne ceste: 56 str.

Đukan P., Tomljanović Z. 2001. Opći tehnički uvjeti za radove na cestama. Knjiga II – zemljani radovi, odvodnja, potporni i obložni zidovi. Zagreb, IGH - Institut građevinarstva Hrvatske: loč. pag.

<http://www.hrvatske-ceste.hr/UserDocImages/knjiga2.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

Đukan P., Tomljanović Z. 2001. Opći tehnički uvjeti za radove na cestama. Knjiga III – kolnička konstrukcija. Zagreb, IGH – Institut građevinarstva Hrvatske: loč. pag.

<http://www.hrvatske-ceste.hr/UserDocImages/knjiga3.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

prEN 16907 – draft. 2016. Earthworks (Part 1 – Part 7). Brussels, European Comitee for standardization.

SIST EN 13242:2015. Agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest. Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo.

SIST EN 13285:2010. Nevezane zmesi – Zahteve. Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo.

SIST EN 14227-10:2006. Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 10. del: Izboljšanje zemljin s cementom. Ljubljana, Slovenski inštitut za standardizacijo.

SIST EN 14227-11:2006. Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 11. del: Izboljšanje zemljin z apnom.

SIST EN 14227-13:2006. Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 13. del: Izboljšanje zemljin s hidravličnim vezivom za nosilne plasti.

SIST EN 14227-14:2006. Hidravlično vezane zmesi – Specifikacije – 14. del: Izboljšanje zemljin z letečim pepelom.

TSC 06.100 : 2003. Tehnična specifikacija za javne ceste. Kamnita posteljica in povozni plato. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_100_Kamnita_posteljica_in_povozni_plato.pdf (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

TSC 06.200 : 2003. Tehnična specifikacija za javne ceste. Nevezane nosilne in obrabne plasti. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_200_Nevezane_nosilne_in_obrabne_plasti.pdf (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

TSC 06.512 : 2003. Tehnična specifikacija za javne ceste. Projektiranje. Klimatski in hidrološki pogoji. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_512_2003_Projektiranje_klimatski_in_hidroloski_pogoji.pdf (Pridobljeno 25. 8. 2016.)

TSC 06.520 : 2009. Tehnična specifikacija za javne ceste. Projektiranje. Dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_520_2009_Projektiranje_Dimenzioniranje_novih_asfaltnih_voziscnih_konstrukcij.pdf

(Pridobljeno 25. 8. 2016.)

TSC 06.530 : 2008. Tehnična specifikacija za javne ceste. Projektiranje. Dimenzioniranje novih cementnobetonkih voziščnih konstrukcij. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_530_2008_Projektiranje_Dimenzioniranje_novih_cementnobetonkih_voziscnih_konstrukcij.pdf (Pridobljeno 25. 8. 2016.)

TSC 06.541 : 2008. Tehnična specifikacija za javne ceste. Projektiranje. Dimenzioniranje ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_541_2008_Projektiranja_Dimenzioniranje_ojacitev_obstojecih_asfaltnih_voziscnih_konstrukcij.pdf (Pridobljeno 25. 8. 2016.)

TSC 06.711 : 2001. Tehnična specifikacija za javne ceste. Meritve gostote in vlage. Postopek z izotopskim merilnikom. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_711_2001_Meritev_gostote_in_vlage_Postopek_z_izotopskim_merilnikom.pdf (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

TSC 06.712 : 2002. Tehnična specifikacija za javne ceste. Meritve gostote. Nadomestni postopki. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_712_2002_Meritve_gostote_Nadomestni_postopki.pdf (Pridobljeno 15. 6. 2016.)

TSC 06.720 : 2003. Tehnična specifikacija za javne ceste. Meritve in preiskave. Deformacijski moduli vgrajenih materialov. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.

http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Tehnicne_specifikacije_z_cest/TSC_06_720_2003_Meritve_in_preiskave_Deformacijski_moduli_vgrajenih_materialov.pdf

(Pridobljeno 15. 6. 2016.)

Žmavc, J. 1989. Popis del in posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje. Knjiga 3. Ljubljana, Skupnost za ceste Slovenije: 77 str.

Internetni viri

Example of lime slurry application. 2004.

Lime-treated soil. Construction manual. Lime stabilization & lime modification. 2004, LIME - National Lime Association: 41 str.

http://www.graymont.com/sites/default/files/pdf/tech_paper/lime_treated_soil_construction_manual.pdf (Pridobljeno 10. 7. 2016.)