

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:

Šuklje, M. J., 2013. Analiza stroškov gradnje protipoplavnih nasipov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Brilly, M., somentor Kryžanowski, A.): 52 str.

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:

Šuklje, M. J., 2013. Analiza stroškov gradnje protipoplavnih nasipov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Brilly, M., co-supervisor Kryžanowski, A.): 52 pp.

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 ŠTUDIJ  
VODARSTVA IN  
KOMUNALNEGA  
INŽENIRSTVA

Kandidat:

**MATIJA JOŽE ŠUKLJE**

**ANALIZA STROŠKOV GRADNJE PROTIPOPLAVNIH  
NASIPOV**

Diplomska naloga št.: 215/VKI

**COST ANALYSIS OF FLOOD-PROOFING LEVEES**

Graduation thesis No.: 215/VKI

**Mentor:**

prof. dr. Mitja Brilly

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Dušan Žagar

**Somentor:**

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Ljubljana, 08. 11. 2013

### STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Stran z napako	Namesto	Naj bo

## IZJAVE

Podpisani Matija Jože Šuklje izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Analiza stroškov gradnje protipoplavnih nasipov«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Trnovec, 23. 10. 2013

Matija Jože Šuklje

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>627.5:69(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Matija Jože Šuklje</b>
<b>Mentor:</b>	<b>red. prof. dr. Mitja Brilly</b>
<b>Somentor:</b>	<b>doc. dr. Andrej Kryžanowski</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Analiza stroškov gradnje protipoplavnih nasipov</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>52 str., 16 pregl., 20 sl., 7 graf., 7 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>poplava, nasipi, super nasipi, cene gradbenih del, analiza stroškov</b>

### **Izveleček**

V diplomski nalogi sem obravnaval nekatere cene gradbenih del od leta 1950 naprej in hkrati naredil stroškovno analizo upravičenosti gradnje super nasipa. Podrobneje so v nalogi predstavljeni zemeljski in betonski nasipi ter pronicanje skozi jedro nasipa in pronicanje izpod temeljev nasipov. Veliko pozornosti je namenjeno tudi predstavitvi gradnje in uporabe novih tipov nasipov, in sicer gre za super nasipe. V diplomski nalogi je narejena tudi analiza spreminjanja cen nekaterih gradbenih del, ki so pomembna pri gradnji nasipov. Obravnavano obdobje obsega 63 let, in sicer gre za predračunske postavke odkupa zemljišč, izkopov različnih kategorij zemljine, cene obojestranskega opaža, vgradnje armature, betona ter humuziranje in zatravitev. Diplomaska naloga v zadnjem delu predstavlja analizo stroškov gradnje treh klasičnih nasipov, dimenzionirane za različne pretoke in primerjavo s super nasipom, zgrajenim na istem območju.

---

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 627.5:69(043.2)  
**Author:** Matija Jože Šuklje  
**Supervisor:** Prof. Mitja Brilly, Ph.D.  
**Cosupervisor:** Assist. Prof. Andrej Kryžanowski, Ph.D.  
**Title:** Cost analysis of constructing flood levees  
**Document type:** Graduation Thesis – University studies  
**Scope and tools:** 52 p., 16 tab., 20 fig., 7 graf., 7 ann.  
**Keywords:** flood, levee, super levee, construction work prices, cost analysis

**Abstract**

In the thesis I analyzed some prices of construction works from 1950s and did a cost analysis of building a super levee. Earth and concrete dams, percolation through the core of the embankment and foundation seepage beneath the dykes are presented in details. Much attention is given to the construction and use of new types of dams such as super-levees. Furthermore, the analysis of changing prices of some construction works are presented as the costs are important in the building of levees. The analyses of super-levees building price changes for 63 years are presented, including the variability in the land prices, costs of soil excavations, price of sided notes, installation of reinforcement, concrete and humusation and green cover. In the last part of the thesis an analysis of the cost of construction of three classis dams dimensioned for different flow rates and a comparison with the great dam built on the same work site was done.

## ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Mitji Brillyju, somentorju doc. dr. Andreju Kryžanowskemu, g. Ivanu Grabiču in g. Damjanu Severu iz podjetja VGP, d. d., ki sta mi omogočila dostop do njihovih osebnih arhivov in za dovoljene uporabe projektov v diplomski nalogi.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, dekletu ter študijskim kolegom za pomoč in podporo v času študija.

## Kazalo vsebine

IZJAVE .....	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT .....	IV
ZAHVALA.....	V
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 NASIPI .....</b>	<b>3</b>
2.1 Zemeljski nasipi .....	5
2.1.1 Homogeni zemeljski nasipi .....	5
2.1.2 Zonirani zemeljski nasipi .....	6
2.1.3 Nasipi z neprepustnim ekranom .....	8
2.2 Nasipi iz valjanih betonov .....	8
<b>3 SUPER NASIPI .....</b>	<b>11</b>
<b>4 PRONICANJE.....</b>	<b>15</b>
4.1 Pronicanje skozi nasip .....	15
4.2 Pronicanje pod nasipom .....	17
<b>5 CENE GRADBENIH DEL PRI GRADNJI NASIPOV.....</b>	<b>19</b>
5.1 Strošek nakupa zemljišč .....	19
5.2 Cena izkopov različnih kategorij zemljine .....	21
5.3 Obojestranski opaž .....	23
5.4 Armatura.....	25
5.5 Beton .....	27
5.6 Humuziranje in zatravitev .....	28
<b>6 PRIMER.....</b>	<b>30</b>
6.1 Območje postavitve nasipa.....	30
6.2 Lastnosti obstoječega nasipa .....	31



6.3 Opis temeljnih tal .....	32
6.4 Gradnja nasipov.....	33
6.4.1 Gradbena mehanizacija, uporabljena pri izdelavi nasipov .....	34
6.4.2 I.) Nasip .....	35
6.4.3 II.) Nasip.....	38
6.4.4 III.) Nasip .....	40
6.4.5 Super nasip .....	42
<b>7 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>47</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>49</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Varnostna nadvišanja nasipov po državah sveta. ....	4
Preglednica 2: Cene kmetijskih zemljišč v različnih časovnih obdobjih. ....	20
Preglednica 3: Kategorije zemljin s pripadajočimi razrahljivostnimi faktorji.....	21
Preglednica 4: Cene izkopov različnih kategorij zemljine preračunane na datum 1.1.2013. Cene veljajo za izkop enega kubičnega metra materiala (€/m <sup>3</sup> ).....	21
Preglednica 5: Cene obojestranskega opaža v različnih časovnih obdobjih. Cene veljajo za m <sup>2</sup> obojestranskega opaža.....	24
Preglednica 6: Cene kilograma gladke jeklene armaturne palice $\Phi 12$ v različnih časovnih obdobjih..	26
Preglednica 7: Klasificiranje betonov po standardih JUS in EUROCODE. ....	27
Preglednica 8: Cene 1 kubičnega metra betona marke MB 25 v različnih časovnih obdobjih .....	27
Preglednica 9: Cena 1 m <sup>2</sup> humuziranja in zatraitve brežine nasipa v različnih časovnih obdobjih.....	29
Preglednica 10: Sestava temeljnih tal na 2,9 km obravnavanega odseka Savskega nasipa.....	32
Preglednica 11: Izračun stroškov gradnje I. Nasipa z max pretokom 3329 m <sup>3</sup> /s .....	37
Preglednica 12: Izračun stroškov gradnje II. Nasipa z max pretokom 3694 m <sup>3</sup> /s.....	39
Preglednica 13: Izračun stroškov gradnje III. Nasipa z max pretokom 4687 m <sup>3</sup> /s.....	41
Preglednica 14: Izračun stroškov gradnje super nasipa z max pretokom 6000 m <sup>3</sup> /s.....	43
Preglednica 15: Izračun neto zazidljive površine na zračni strani brežine.....	44
Preglednica 16: Izračun prihodka pri prodaji stavbnega zemljišča na zračni brežini super nasipa.....	45

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Gibanje cen kmetijskih zemljišč v različnih časovnih obdobjih.....	20
Grafikon 2: Gibanje cen izkopa zemljin različnih kategorij, preračunane na datum 1.1.2013. Cene veljajo za izkop enega kubičnega metra materiala ( $\text{€}/\text{m}^3$ ).....	22
Grafikon 3: Gibanje cen obojestranskega opaža v različnih časovnih obdobjih, preračunane na datum 1.1.2013. Cene veljajo za postavitev $1 \text{ m}^2$ opaža. ....	24
Grafikon 4: Gibanje cen kilograma armature $\Phi 12$ v različnih časovnih obdobjih, preračunane na datum 1.1.2013. Cene veljajo za vgraditev 1kg armaturnega železa.....	26
Grafikon 5: Gibanje cen kubičnega metra betona marke MB 25 v različnih časovnih obdobjih, preračunane na datum 1.1.2013. Cene veljajo za vgraditev $1 \text{ m}^3$ betona MB 25.....	28
Grafikon 6: Gibanje cen $1 \text{ m}^2$ humuziranja in zatratitve brežine nasipa v različnih obdobjih. Cene so preračunane na datum 1.1.2013 in veljajo za humuziranje in zatratitev $1 \text{ m}^2$ brežine nasipa.....	29
Grafikon 7: Prikazuje gibanje srtoškov v odvisnosti od pretokov reke Save.....	45

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Poplavljanje Save.....	1
Slika 2: Prečni prerez homogenega zemeljskega nasipa, ki sem ga obravnaval pri analizi cen	6
Slika 3: Primer zoniranega zemeljskega nasipa z neprepustnim jedrom .....	7
Slika 4: Primer nasipa z neprepustnim ekranom .....	8
Slika 5: Primer težnostne pregrade, grajene z valjanimi betoni .....	10
Slika 6: Primerjava »klasičnega« nasipa s super nasipom .....	12
Slika 7: Primerjava med klasičnim nasipom in super nasipom v primeru preplavitve, pronicanja in potresa .....	13
Slika 8: Prenos lastništva iz starega stanja na površino super nasipa .....	14
Slika 9: Prikaz tokovnic precejajočih se voda skozi homogen nasip z vodoravnim drenom: a) homogen izotropno prepustni material; b) homogen, vodoravno bolj propusten material .....	16
Slika 10: Primer neprepustnega nasipa na prepustnih temeljnih tleh in ukrepi za preprečevanje pronicanja vode pod nasipom. a) horizontalna neprepustna preproga s kratko horizontalno drenažo, b) injekcijska zavesa, ki sega vse do neprepustne podlage, c) horizontalna drenaža s filtrsko zaščito, d) razbremenilni vodnjak.....	18
Slika 11: Buldožer Caterpillar D7 .....	23
Slika 12: Jeklo za armiranje betona, rebrasta in gladka armatura .....	25
Slika 13: Lokacija obravnavanega nasipa .....	30
Slika 14: Bager goseničar z močjo 115 KW .....	34
Slika 15: Buldožer goseničar, moči 55 KW TG.....	34
Slika 16: Vibracijski valjar, uporabljen za valjanje nasipov po plasteh, moči nad 18 KW .....	35
Slika 17: Prečni prerez obravnavanega nasipa 1 .....	36

Slika 18: Prečni prerez II. nasipa.....	38
Slika 19: Prečni prerez III. nasipa .....	40
Slika 20: Območje super nasipa. Območje je obarvano z rdečo barvo.....	42
Slika 21: Prečni prerez obravnavanega super nasipa .....	44



## 1 UVOD

Poplave so eden izmed najhujših povzročiteljev naravnih nesreč. Poplave in njihova rušilna moč so krojile razvoj človeštva vse od začetka in bodo tudi še v prihodnosti. Zaradi znatnih klimatskih sprememb in posledično zaradi spremembe padavinskih režimov, ki predvsem v urbanem okolju povzročajo velike površinske odtoke, se intenziteta in pogostost poplav povečujeta. Veliko vlogo pri vsem tem ima človeški faktor, saj je človek s širitvijo vasi, mest, kmetijskih površin odvezel naravni prostor vodotokom, ki pa se razlivajo po sedaj naseljenih območjih.

Slovenija je poplavno ogrožena država in je veliko poplavno območje. Po podatkih Inštituta za vode je v Sloveniji približno 30.000 km vodotokov, vendar ima stalno tekočo vodo nekje polovica vodotokov. To predstavlja 5 % potencialno poplavljenе površine Slovenije, na kateri je živel 80.140 prebivalcev po podatkih iz leta 2011 (IzVRS, 2011). Najbolj poplavno ogrožena območja v Sloveniji so Ljubljansko barje, okolica Krškega, Vipavska dolina in Dravsko – Ptujsko polje. Katastrofalne poplave v zadnjem obdobju, predvsem v zadnjih dvajsetih letih, nas opozarjajo, da so se odtočne razmere pri nas zelo poslabšale in to predvsem zaradi stalnega in največkrat neustreznega poseganja v prostor. Naša strategija varovanja pred poplavami sloni predvsem na odpravi posledic visoke vode, kar pa ni ustrezna rešitev. Prikaz poplavljanja Save je na Sliki 1.



**Slika 1: Poplavljanje Save (Eposavje, 2013)**

V svoji diplomski nalogi bom analiziral gradnjo nasipov v različnih časovnih obdobjih. Vsi obravnavani nasipi so zgrajeni na porečju spodnje Save. Na tem območju so se v začetku nasipi gradili kot obramba pred visokimi vodami. V zadnjem obdobju pa so se zaradi vse večjega povpraševanja po

električni energiji začeli izvajati razni projekti, s katerimi bi zadovoljili povečanemu povpraševanju. Med takimi projekti je tudi projekt izgradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi, ki predvideva gradnjo 5 hidroelektrarn od Zidanega Mosta pa vse do meje s Hrvaško: HE Boštanj, HE Blanca, HE Krško, HE Brežice ter HE Mokrice. Ker je gradnja hidroelektrarn velik poseg v okolje, predvsem ko gre za zaježitev reke in se s tem dvigne gladina vode, nam nasipi omogočajo zadrževanje vode in varovanje zalednih območij.

V diplomski nalogi sem poskušal primerjati cene izgradnje nasipov v različnih časovnih obdobjih. Obravnaval sem nasipe od leta 1950 naprej. Od takrat naprej sem lahko dobil valutne tečaje za preračun vrednosti gradbenih del na dan 1. 1. 2013. Večina projektov, ki sem jih obravnaval, je bila oziroma se gradi na spodnji Savi in jih izvaja isto gradbeno podjetje. Projekti, ki sem jih obravnaval, so Idejni projekt izgradnje nasipa na HE Kobarid iz leta 1950, Savski nasip Čatež–Podgračeno iz leta 1963, Savski nasip Brežice–Nova Gabernica (odsek most Čatež–Nova Gabernica od kilometra 0,943 do kilometra 3,891) iz leta 1981, Savski nasip Brežice–Sotla I. faza (od kilometra 3,891 do kilometra 4,906) iz leta 1989, Nasip Čatež–Podgračeno, sanacija obstoječega obrambnega zidu iz leta 1998, Visokovodni nasip Sevnica na objektu HE Blanca iz leta 2005 in HS Sava – pritoki Save, Glažuta, popravilo sonaravne regulacije iz leta 2013. V zadnjem delu diplomske naloge sem naredil ekonomsko analizo gradnje več nasipov in jih primerjal z gradnjo super nasipa.

Poleg primerjave cen gradnje nasipov in stroškovne analize gradnje super nasipa ter klasičnih nasipov sem v nalogi omenil in predstavil zemeljske in betonske nasipe, pa tudi podrobneje predstavil super nasipe.



## 2 NASIPI

Voda je in je bila vedno ena izmed najpomembnejših snovi, ki omogoča življenje na planetu in je bila oporni kamen razvoja vseh civilizacij. S svojo privlačnostjo in nujnostjo za življenje je vedno privlačila ljudi k svoji bližini, tako v pradavnini kot tudi sedaj. Pozabljalo pa se je, da so tekoče vode nepredvidljive, saj se njihova gladina neprestano spreminja v odvisnosti od padavin in letnih časov. Vodotoki so s svojimi nanosi v njihovih bližinah ustvarili najrodovitnejša območja, človeka pa je to pritegnilo k poselitvi in izrabi teh površin. Vendar pa reka zaradi obilnih padavin, taljenja snega, plimovanja prestopi svoje bregove in se razliva po poplavnih površinah in povzroča škodo na teh naseljenih območjih. Zaščita pred visokimi vodami je bil tudi eden najpomembnejših razlogov, da je človek začel graditi protipoplavne objekte. Nasipi so eden izmed najstarejših gradbenih ukrepov pri varstvu proti poplavam (VODNE UJME, Brilly). Poznamo gradbene in negradbene ukrepe proti poplavam. Med gradbene ukrepe štejemo nasipe, protipoplavne zidove, kanaliziranje vodotokov, pregrade (jezove), zadrževalnike, oddušne kanale, drenažne sisteme, obnove poplavnih območij, prepuste, montažne protipoplavne zidove, zaščito s peščenimi vrečami in paletne zaščite. Med negradbene ukrepe pa uvrščamo napovedovanje poplav, izdajanje opozoril prebivalstvu, evakuacijo ogroženih prebivalcev in preselitev iz poplavnega območja (Petry, 2002).

Nasipi so objekti, narejeni iz naravnih materialov, največkrat zemlje in glin, z namenom zadrževati visoke vode. Nasipov običajno ne gradimo na gosto poseljenih območjih, saj zavzemajo ogromno prostora. Idealni so za zaščito pred poplavami primestnih in ruralnih območij. V mestih jih gradimo, če nam to omogoča prostor, v obrečnih parkih, saj je nasipe možno izredno dobro povezati s športno rekreacijskimi dejavnostmi. Delimo jih na zemeljske in betonske, lahko pa je tudi kombinacija obeh materialov. Vsi nasipi so zgrajeni iz treh osnovnih delov:

- krone nasipa (vrhnjega dela nasipa),
- telesa nasipa (ki je deljen na vodno in zaščiteno stran),
- temeljnih tal (podlage, kjer je nasip temeljen).

Nasipi so v zgradbi zelo podobni zemeljskim pregradam. Največja razlika med njimi je dolžina objekta. Za nasipe je značilno, da so zelo dolgi, saj v večini primerov ščitijo velika območja pred visokimi vodami. Od pregrad se razlikujejo tudi po funkciji, saj je glavna naloga nasipov zadrževanje visokih vod in so le v primeru poplav pod vodo in v uporabi. Ravno zaradi dolgih dolžin, velike količine materiala in občasne uporabe je konstrukcija nasipa bolj ekonomična od konstrukcije pregrade (Brilly in sod., 1999).

**Preglednica 1: Varnostna nadvišanja nasipov po državah sveta (Brilly, 2013)**

Država	Reka	Nadvišanje	Višina nasipov
		(m)	(m)
ZDA	Mississippi	0,9	
	Tennessee		
	Ohio		
	Huntington	1,0	
	Ironton	0,9	
Italija	Po	0,8–1,0	
Pakistan	Indus	1,2–1,8	4,0–7,0
Indija	Ganges	1,0–1,5	6,0
Vietnam	Bed River	1,0	7,0
Burma	Irrawaddy	1,2	4,0–9,0
Tajska	Pei-Hang	1,5	6,0
Kitajska	Hwang-Ho	1,6–2,0	
	Yang-Tse	1,0	7,0
Filipini	Agno & Pampanga	1,0	7,0
Japonska	Tone	2,0	8,0
Madžarska	Danube	0,5–1,0	3,0–5,0
	Tisza	1,0–1,6	
Nemčija	Rhine		5,0–7,0

Velikost vodnih nasipov je v največji meri odvisna od povratne dobe, za katero dimenzioniramo objekt, in od količine pretoka v vodotoku. Običajno dimenzioniramo nasipe na povratno dobo 100 let. Glede na ta dva dejavnika na določenem prerezu struge izračunamo ustrezno višino nasipa in dodamo še varnostno nadvišanje *freebord*. To nadvišanje preprečuje poplavnemu valu prelivanje čez krono nasipa in s tem preprečuje morebitno erozijo zračne brežine zemeljskega nasipa. Pri določanju varnostne višine upoštevamo še netočnost izračunov ter posedke v temelju in telesu nasipa. V večini držav je to varnostno nadvišanje predpisano v standardnih ali internih predpisih. Praviloma znaša en meter, na večjih vodotokih, ki so namenjeni plovbi in so podvrženi tudi večjemu plimovanju, pa tudi do dveh metrov (Brilly in sod., 1999).

Širina nasipa je zelo odvisna od višine nasipa, ki pa je odvisna od maksimalnega pretoka, za katerega smo dimenzionirali nasip. Za zemeljske nasipe je značilno, da imajo položne brežine in zato so tudi mnogo širši od betonskih nasipov. Običajni nakloni brežin so na vodni strani 1 : 2, na zračni strani pa 1 : 3. Pri super nasipih pa so nakloni zračne brežine mnogo položnejši in imajo nagibe od razmerja 1 : 30 pa kar do 1 : 50. Razlogi za tako položne brežine in posledično zelo široke nasipe so predstavljeni v nadaljevanju. Nagibi brežin so močno odvisni od materialov, ki jih vgrajujemo v telo nasipa, in od želene širine krone nasipa. Krona nasipa mora biti dovolj široka, a nam omogoča lahek dostop, ki je zelo pomemben v obdobju poplav za popraviljanje poškodovanega dela nasipa in v času normalnih pretokov, ko le vzdržujemo objekt. Za nasipe je značilno, da se ob pravilnem upravljanju njihova funkcija in uporabnost s časom ne zmanjšujeta, ampak povečujeta. (Richard, 2009)

## 2.1 Zemeljski nasipi

Kot že omenjeno, se nasipi generalno ločijo na zemeljske in betonske nasipe, lahko pa je nasip zgrajen iz kombinacije obeh materialov. Zemeljski nasip je primernejši za gradnjo ob bližini rek, na njihovih aluvialnih nanosih, zaradi njihove širine, ki posledično bolj razporedi pritiske na netrdnih obrečnih tleh kot pa betonski nasip. Ravno zaradi netrdnih tal imajo zemeljski nasipi pomembno lastnost, da so podajni. To je sposobnost prilagajati se posedkom brez večjih poškodb. Zato na mestih neenakomernih deformacij ne pride do zmanjšanja funkcionalnosti nasipa kot pri togih betonskih nasipih. Prednost zemeljskih nasipov je tudi možnost ozelenitve, dobre vključitve v prostor, možno pa jih je tudi kombinirati z različnimi rekreacijskimi dejavnostmi.

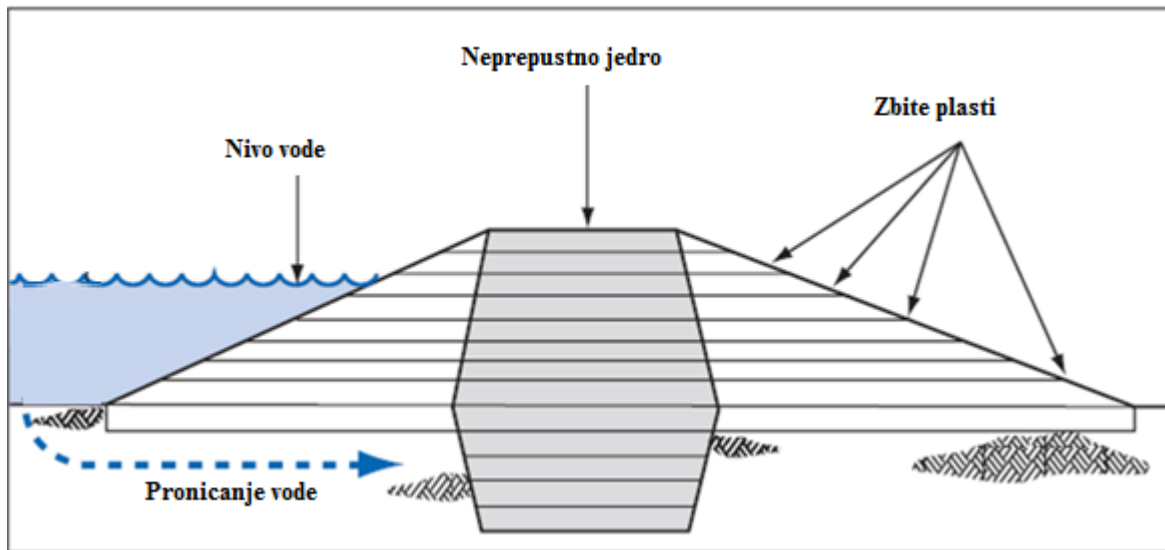
Glavna funkcija nasipov je zadrževanje vode v koritu reke in preprečevanje razlivanja vod na zaščitene površine. Da to dosežemo, je treba zagotoviti vodotesnost, ki preprečuje pronicanje vode skozi nasip in izpod nasipa. Neprepustnost in stabilnost nasipa zagotovimo z različnimi vgrajenimi materiali in načinom gradnje. Zemeljske nasipe delimo na:

- homogeni zemeljski nasip,
- zonirani zemeljski nasip,
- nasip z neprepustnim ekranom. (Richard, 2009)

### 2.1.1 Homogeni zemeljski nasipi

Homogeni nasipi so najstarejši tipi nasipov in so zgrajeni samo iz ene vrste materiala. Tip materiala, ki se vgrajuje, mora biti pazljivo izbran, da ne prihaja do prevelikega pronicanja. Posebej tam, kjer je predvideno veliko nihanje vode (v rezervoarjih). Če je pronicanje preveliko, lahko privede do destabilizacije nasipa zaradi notranje erozije in posledično do porušitve. Velikokrat se pri homogenih nasipih vgrajujejo drenaže, ki zmanjšujejo vodne pritiske ter posledično s tem povečujejo stabilnost nasipov. V kolikor nasip stoji na neprepustni podlagi, je nujno dodati drenažo. Postavimo jo na spodnji del zračnega nasipa v horizontalni smeri. Vodoravne drenaže lažje vgrajujemo od vertikalnih, vendar te niso dovolj učinkovite, če telo pregrade ni dovolj izotropno prepustno. Problem nastane, če se homogen nasip gradi v plasteh, saj postane anizotropno prepusten. To se zgodi, ker so mejne površine med plastmi bolj prepustne in je tu pronicanje znatno večje. Ker so te plasti enako usmerjene kot vodoravna drenaža, je njihova učinkovitost precej manjša. V takih primerih je vertikalna drenaža zelo zaželena, saj so tokovnice skoraj pravokotne (Nonveiller, 1983).





**Slika 3: Primer zoniranega zemeljskega nasipa z neprepustnim jedrom (Fema, 2009)**

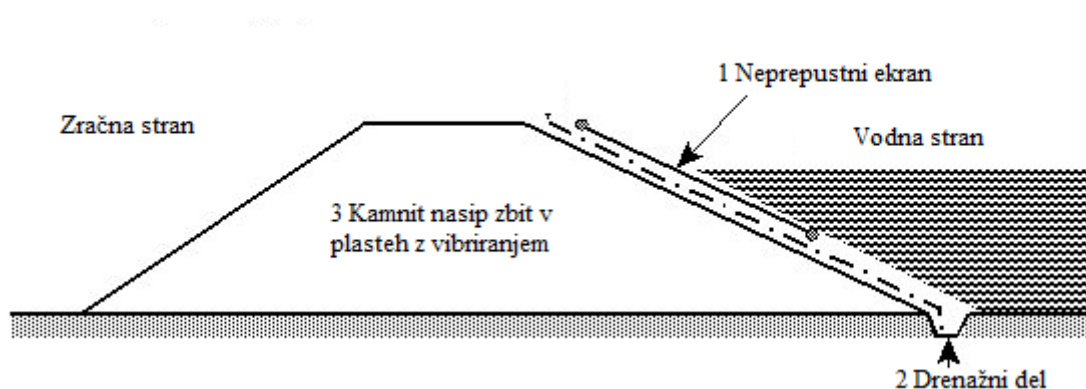
Razpored vrste materiala v cone prečnega prereza nasipa, njihove dimenzije ter detajli njihovega medsebojnega delovanja so odvisni od cene dostopnih materialov, od nosilnosti temeljnih tal, načina vgrajevanja, vrste zelenih dispozicij nasipa, pa tudi od znanja in izkušenj projektanta. Dimenzije nasipa so najpogosteje pogojene s pozicijo in debelino jedra. Jedro nasipa lahko postavimo v tri različne lege. V primeru, da jedro postavimo navpično, je potrebna največja prostornina materiala na zračni strani. To pomeni položnejši naklon, medtem ko je naklon brežine na vodni strani lahko večji. Če je jedro maksimalno nagnjeno, pomeni, da je vodna stran nasipa položnejša, zračna stran je pa v tem primeru bolj strma. Tretja možnost nagiba jedra je vmesna možnost, in sicer jedro je rahlo nagnjeno (Nonveiller, 1983).

V preseku nasipa se na mejah med različnimi materiali spreminja gradient tlaka precejajoče se vode. V teh območjih se pri prehodu vode iz manj prepustnega v bolj prepustni material pojavlja izpiranje jedra nasipa (notranja erozija). Posledica je, da lahko pride do izgube samega jedra. Tak nasip ni več funkcionalen, zato ga je treba sanirati. To notranjo erozijo preprečimo z vgrajevanjem filtrskih slojev. Filtrski sloj je sestavljen iz različnih vmesnih granulacij med jedrom in nosilno plastjo, da znižuje razliko med pornimi tlaki in otežuje spiranje finih (glinenih) delcev jedra nasipa. Ti filtri so zelo pomembni za stabilnost, funkcionalnost in življenjsko dobo nasipa. Sloji filtra so običajno razdeljeni tako, da je manjša granulacija agregata bližje jedru in večja granulacija bližje stabilni plasti.

Sestava zoniranih zemeljskih nasipov je zelo raznolika. Jedro je največkrat zgrajeno iz plastičnih glin (najmanjši material). Potem pa se postopoma prek filtrskega sloja zrna agregata večajo do zunanega dela zidu, kjer se nahaja najbolj grob material (Steinman in Banovec, 2004).

### 2.1.3 Nasipi z neprepustnim ekranom

Gradnje teh nasipov se poslužujemo na območjih, kjer okoliški material ni ustrežne kvalitete za vgradnjo v jedro nasipa. V tem primeru namesto jedra nasipa vgrajujemo armirane betone ali asfalt betone, ki jih imenujemo neprepustni ekran nasipa. Neprepustni ekran je zelo pomemben del nasipa, saj varuje zračno stran nasipa pred poplavo. Materiali, ki se uporabijo za izdelavo ekrana, so pod velikimi pritiski vode, podvrženi so velikim temperaturnim spremembam (segrevanju in zmrzovanju), koroziji armature in nimajo zaščite pred potencialnimi mehanskimi poškodbami. Zaradi vseh teh škodljivih vplivov je treba zelo previdno izbrati vgrajen material ekrana, urediti ustrezno drenažiranje podloge ekrana, posvetiti pozornost pravilni dilataciji in ustrezno konstrukcijsko rešiti temelje neprepustnega materiala (Nonveiller, 1983).



Slika 4: Primer nasipa z neprepustnim ekranom (Agriculture and environmental affairs, 2013)

### 2.2 Nasipi iz valjanih betonov

Poleg zemeljskih nasipov poznamo tudi betonske nasipe, ki pa se ne uporabljajo tako pogosto kot zemeljski nasipi za namen varovanja pred poplavami. Njihova največja prednost je odpornost proti eroziji, zato se uporabljajo tam, kjer je prisotna močna bočna erozija. V zadnjem obdobju so se razširili novi načini vgradnje, predvsem uporaba valjanih betonov, ki omogočajo cenejšo in hitrejšo izvedbo del. Vedno bolj se poslužujemo tega načina gradnje pri nasipih kot pri vodnih pregradah. Prednost valjanih betonov je, da ne zajemajo velikih površin (niso široki) in jih lahko uporabljamo pri gradnji cest in železnic. Ta način vgradnje in uporaba valjanega betona pri težkih betonskih pregradah se je razvijala postopoma. Začetki uporabe takšnega betona niso točno določeni, segajo pa tja med leti 1960 in 1970. Prva primera uporabe valjanih betonov sta pregradi Alpe Gere Dam v Italiji in pregrada Manicougan I v Kanadi leta 1960. Kasneje pa se je tehnologija še malce spremenila in je prva prava valjana betonska pregrada nastala šele leta 1980 (Hansen, 1999).

Valjani betoni ali RCC (angl. roller compacted concrete – mednarodni izraz za valjane betone) so posebni betoni z manjšimi količinami cementa, so zemeljsko vlažni in težko vgradni. Pri tem tipu betonov je tehnologija vgradnje pomembnejša od sestave betonske mešanice. Proces vgradnje valjanih betonov je hitrejši od vgradnje standardnih. Pri vgradnji ne potrebujemo opažev, hitreje lahko nanašamo naslednjo plast betona, kar zmanjša čas končanja projekta. Največkrat se uporabljajo za betonske težnostne pregrade ter pri gradnji cest. Pri betonskih pregradah se uporablja ta tehnologija za gradnjo novih pregrad in rekonstrukcijo starih, za utrditev podpor in izboljšanje nasipov za zmanjševanje precejanja.

Valjani betoni morajo med vgradnjo obdržati svojo konsistenco, ki bo podpirala težo valjarja. Zato se mora njena sestava betonske mešanice razlikovati od običajne mešanice. Najpomembnejša faktorja sta količina cementne paste in sestava agregata. Cementna pasta mora zaliti vsa zrna agregata in tvoriti gosto, kompaktno betonsko mešanico. Pri valjanih betonih imamo večjo izbiro materialov, saj lahko uporabljamo tiste, ki so primerni za običajne betonske mešanice kot materiale, ki ne dosegajo pogojev standardnih betonov, dosegajo pa pogoje valjanih betonov. Zaradi velikega nabora različnih materialov imajo valjani betoni več različnih karakteristik. Razmerja v betonski mešanici določimo nekako tako, da je količina surovega agregata čim večja, količina cementa pa je odmerjena na minimum, le toliko, da lahko cementna pasta oblepi celotna zrna agregata (Hansen, 1999).





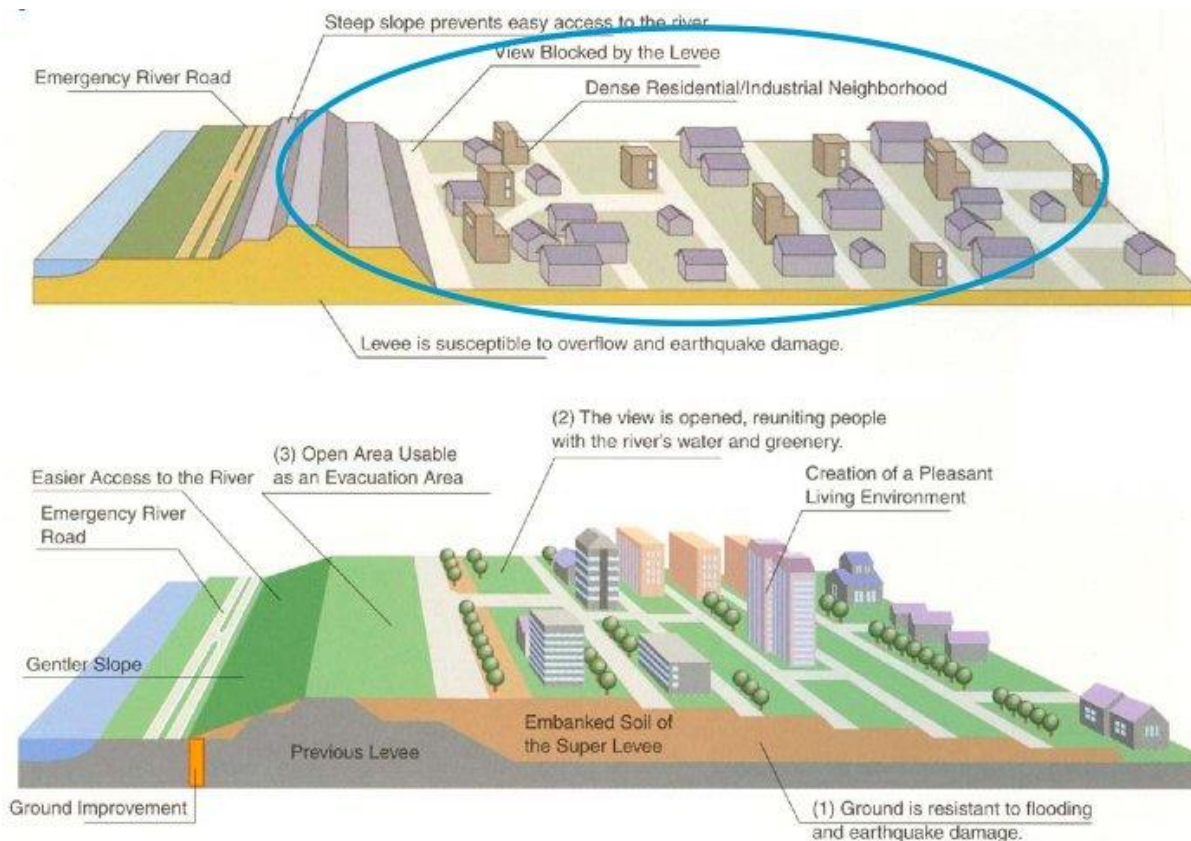
**Slika 5: Primer težnostne pregrade, grajene z valjanimi betoni (Reichler engineering, 2009)**



### 3 SUPER NASIPI

Obstajata dve vrsti nasipov, in sicer klasični nasipi, ki sem jih omenil v prejšnjem poglavju, in super nasipi. Prvi super nasip je bil zgrajen na Japonskem na reki Arakawa. Japonska je ena izmed najbolj poplavno ogroženih območij na svetu, saj zaradi zelo razgibane pokrajine in ogromnih količin padavin, ki padejo v razmeroma kratkem času, predstavlja veliko grožnjo tej zelo gosto poseljeni državi. Reka Arakawa teče skozi eno najbolj naseljenih območij na svetu in bi njena preplavitev protipoplavnih objektov imela katastrofalne posledice za prebivalstvo in gospodarstvo Japonske. Zato so tukaj protipoplavni objekti ključnega pomena. Pred izgradnjo super nasipov so bili na tem območju glavna protipoplavna zaščita visoki nasipi, ki so bili visoki tudi več kot 10 m, kar pa za potresno zelo aktivno območje, kot je Japonska, ni bila ustrezna rešitev. Zato so leta 1987 na Japonskem začeli razvijati idejo o super nasipih, ki bi varovali prebivalstvo pred katastrofalnimi posledicami poplav, hkrati pa približali življenje k reki, omogočili lažji dostop do reke ter odstranili stare nasipe, ki so zaradi svoje višine (tudi 10 m) delovali kot neprehodni zidovi (Superlevesbook, 2007).

Glavna razlika med tema dvema vrstama nasipov je naklon zračne brežine in izraba območja na zračni strani nasipa. Super nasipi so zelo široki nasipi z izredno položno brežino na zračni strani nasipa. Brežine imajo naklon tudi v razmerju 1 : 50. Povprečne dimenzije super nasipov merijo v višino neke 10 m oziroma višina je odvisna od pričakovane največje visoke vode. V širino pa njihov povprečni prečni prerez meri kar 300 m. Zračna stran nasipa se uporabi kot urbanistično območje, saj je krona nasipa dvignjena na višino, da lahko zadrži tudi največje visoke vode in tako daje zalednim območjem visoko poplavno varnost. Zaledno območje, ki ga pokriva super nasip, je odlično za urbanizacijo in gradnjo novih naselij, saj bližina reke, lepa sonaravna ureditev predstavlja idealno območje za širitev mest. Praviloma zemlja, ki je namenjena pozidavi na super nasipih, dosega visoke vrednosti ravno zaradi odlične sonaravne ureditve brežine nasipa. Boljša izraba območij na zračni strani super nasipa ni edina prednost pred klasičnimi nasipi. Omogočajo boljši nadzor poplav, povečujejo potresno varnost, omogočajo razvoj vodnega okolja in njihova prednost je predvsem v sociološkem in družbenem vidiku (Brilly in sod., 2012).



**Slika 6: Primerjava »klasičnega« nasipa s super nasipom (Brilly in sod., 2012)**

Super nasipi s svojo višino, širino in robustnostjo predstavljajo trajno obrambo pred poplavami in ponujajo poleg poplavne varnosti tudi boljše okolje za delo in življenje. Kot omenjeno, imajo izredno položno zračno brežino nasipa, povprečno je nasip tridesetkrat večji kot je visok, lahko pa je razmerje tudi 1 : 50. Tako nežen naklon brežine ni zgrajen samo zaradi potreb urbanizacije, ampak je njegova glavna funkcija, da v primeru, če reka preplavi kono nasipa, voda počasi odteka in ne povzroča večjih škod na nasipu in objektih. Konvencionalni nasipi delujejo kot »zid«, ki ločuje prebivalstvo od vodotoka, medtem ko super nasipi omogočajo izredno vključitev v prostor z vzpostavitvijo parkov, novih naselij in omogočajo prijeten pogled na reko. Gradnja teh velikih projektov poteka vzporedno z dolgoročnim načrtovanjem razvoja mest ob rekah in zagotavlja prebivalstvu visoko poplavno varnost z izredno naravno ureditvijo.



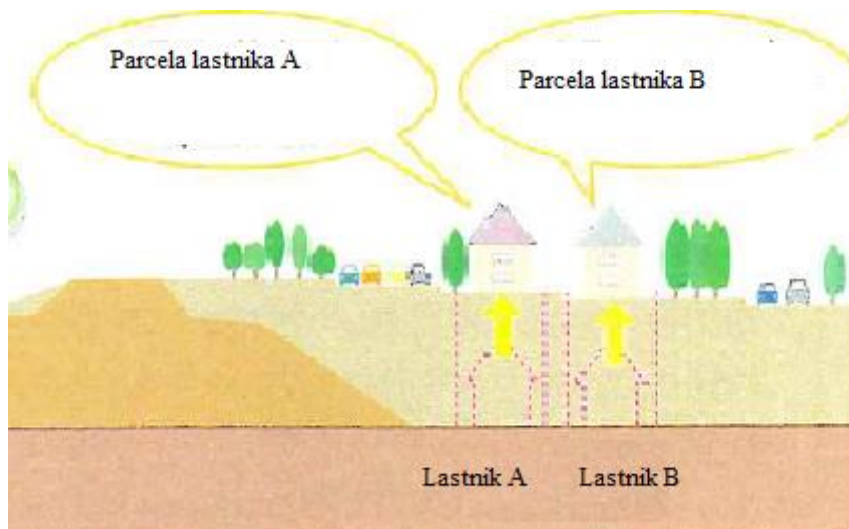
**Slika 7: Primerjava med klasičnim nasipom in super nasipom v primeru preplavitve, pronicanja in potresa (Brilly in sod., 2012)**

Na Sliki 7 je prikazanih nekaj situacij, ki jih klasični nasipi ne bi mogli vzdržati. V primeru, če pride do preplavitve super nasipa, ne pride do katastrofalnih posledic, saj ravno zaradi položne zračne brežine nasipa voda počasi odteče in ne povzroča velike škode, kot v primeru, če voda preplavi klasični nasip, kjer je škoda katastrofalna. Pri super nasipih ne poznamo problema pronicanja vode. Tukaj se ne pojavlja niti pronicanje skozi telo nasipa niti pronicanje izpod nasipa. Glavni vzrok temu je veliko telo nasipa, ki se razprostira še globoko v zračno stran nasipa. Ta tip nasipa je tudi mnogo stabilnejši kot klasični nasipi, tako da se tudi v primeru potresa ne pojavijo deformacije v takšni meri kot pri klasičnih nasipih. Prednosti, ki jih imajo super nasipi pred klasičnimi, niso le tiste, ki so predstavljene na Sliki 7, ampak predstavljajo boljše rešitev zaradi:

- njihove boljše odpornosti na poplave, tako na vodni kot zaledni brežini;
- omogočajo odprt pogled na vodotok in ponovno povezujejo ljudi z reko;
- odprta območja služijo kot prostor za evakuacijo in rekreacijo;
- super nasipi omogočajo lažji dostop do reke.

K izgradnji super nasipov se nagibamo predvsem zaradi zagotavljanja varnosti in zaradi urbanega razvoja. Gradnja super nasipa je predvsem zanimiva z vidika prostorske perspektive, saj omogoča ogromno možnosti za različno rabo prostora. Pri gradnji nasipa moramo biti pozorni, da nasip opravlja svojo primarno nalogo in to je zagotavljanje varnosti pri visokih vodah, posebej pri teh nasipih, ker na njih gradimo nova naselja in zračno brežino poseljujemo. Ravno zaradi poselitve zračne brežine dimenzioniramo super nasipe na 1000-letne visoke vode ali celo na 10.000-letne dogodke in ne na 100-letne dogodke kot klasične nasipe. Za ljudi, ki živijo na super nasipih, je treba določiti striktna pravila, koliko in na kakšen način se lahko posega v telo nasipa. V primeru, če se opravljajo dela na površini nasipa, nam ni treba pridobiti posebnih dovoljenj, v kolikor pa gre za izvajanje izkopov, je treba pridobiti ustrezna soglasja upravljavcev nasipa. Edino na tak način se lahko ohranja zeleno stanje

objekta. Vzdrževanje in upravljanje takšnega objekta predstavlja velike stroške zaradi poseljenosti nasipa ter njegove dimenzije. (Brilly in sod, 2012)



**Slika 8: Prenos lastništva iz starega stanja na površino super nasipa (Superleveesbook, 2007)**

Gradnja super nasipov je klasična in je zelo podobna gradnji homogenim nasipom. Tukaj gre predvsem za navažanje razsutega materiala, največkrat ga pridobimo kar iz vodotoka in ga zbijamo po plasteh. Ker za gradnjo tega nasipa potrebujemo izredno velike količine materiala, je gradnja teh nasipov zelo draga. Ekonomsko upravičenost izgradnje tega nasipa doseženo s prodajo prvoklasnih zemljišč na zgrajeni zračni strani nasipa, ki nudijo lep pogled na vodotok. Možno znižanje cene izgradnje znižamo tudi na ta način, da ne odkupujemo zemljišč, ki jih potrebujemo za gradnjo nasipa, ampak se lastnina prenese na nasuto brežino, kot je prikazano na Sliki 8. (Superleveesbook, 2007)

## 4 PRONICANJE

Pronicanje je pojav, kjer voda prehaja skozi material. Poznamo horizontalno in vertikalno pronicanje. Pri nasipih je posebej pomembno horizontalno pronicanje, saj je ta tip pronicanja posledica sprememb vodnega tlaka. Tlaki se hočejo medsebojno izenačevati, zato se voda premika iz območja z višjim tlakom v območje z nižjim tlakom. V primeru nasipov je to pronicanje usmerjeno iz vodne strani nasipa na zračno stran. Pri vertikalnem pronicanju gre predvsem za delovanje gravitacijske sile, ki povzroči, da večje količine padavin pronicajo do neprepustne podlage in tako nastajajo podzemni vodotoki. Glavni faktor pri pronicanju je prepustnost oz. poroznost materiala, od katerega je odvisna hitrost in količina pronicajoče vode. Poroznost je količina med seboj povezanih por, dostopnih za gibanje tekočin, in je izražena kot delež prostornine med seboj povezanih por in celotne prostornine materiala. Poroznost največkrat opisujemo z Darcyjevim zakonom. ((Mikoš, 2003).

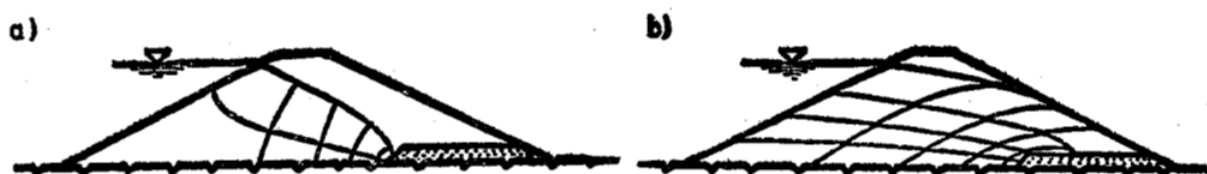
Pronicanje je poleg nestabilnosti podlage nasipa največja grožnja za življenjsko dobo objekta in njegovo funkcionalnost. Ker je vloga nasipa zadrževanje vode, je naš cilj, da čim manj vode preide na zračno stran. Pri nasipih se osredotočamo predvsem na horizontalno pronicanje, saj se v času poplav na vodni strani nasipa pojavljajo veliki vodni pritiski, ki težijo k izenačenju s tlakom na zračni strani. Količina pronicajoče vode je odvisna od materiala, ki je vgrajen v nasip. Pri nasipih obravnavamo dva tipa precejanja, to je precejanje skozi telo nasipa in precejanje izpod nasipa. (Šimic, 2006)

### 4.1 Pronicanje skozi nasip

Pronicanje skozi nasip se pojavi ob visokih vodah, ko začne voda s svojo silo pritiskati ob brežino nasipa in zaradi težnje po izenačevanju tlaka voda išče pot do območja z nižjim pritiskom, ki se nahaja na zračni strani nasipa. Na čim manjšo prepustnost materiala moramo misliti že pri gradnji nasipa, ker s pravilno izbiro materiala in izbiro najugodnejše vrste nasipa lahko drastično zmanjšamo pronicanje. Vodni pritiski so lahko tako veliki, da se pojavi notranja erozija nasipa, kar lahko privede do porušitve. Do notranje erozije pride zaradi omenjenih visokih vodnih pritiskov, ki začnejo odnašati manj stabilne delce materiala. V večini primerov gre za materiale, ki se uporabljajo za neprepustne dele nasipa, torej so slabo prepustni. Taki nasipi, ki jih je načela notranja erozija, so funkcionalno neuporabni. S pravilno izbiro in postavitvijo materiala lahko občutno zmanjšamo notranjo erozijo nasipov. Zonirani zemeljski nasipi so najbolj izpostavljeni notranji eroziji, medtem ko nasipi z neprepustnim ekranom, zaradi ekrana, narejenega iz betona ali asfaltov, in homogeni zemeljski nasipi niso izpostavljeni notranji eroziji.

Pri preprečevanju pronicanja vode pri zoniranih nasipih je najpomembnejša postavitev materialov. Pri tem tipu nasipov je jedro sestavljeno iz neprepustnih oz. iz materialov, ki so malo prepustni, vendar so ti materiali nestabilni in zahtevajo blažje naklone. Glavna funkcija jedra nasipa je, da preprečuje pronicanje vode. Polprepustni materiali pa prepuščajo večje količine vode, vendar jih lahko vgrajujemo pod večjimi nakloni, zato so uporabni za izgradnjo podporne cone okoli jedra nasipa. Za zagotavljanje večje stabilnosti nasipov in boljšega preprečevanja pronicanja lahko vgradimo tudi drenaže in filtrski sloj. Filtrski sloj se postavi na mejo med materiali različnih prepustnosti, ker se na teh mejah pojavijo velike razlike med tlaki. Tukaj lahko pride do izpiranja neprepustnega jedra v večje pore prepustnega materiala. Filtrski sloji tvorijo prehodne cone, v katerih se zmanjšujejo ti pritiski in preprečujejo degradacijo nasipa in so zelo pomembni za trajno funkcionalnost nasipa. Z drenažo lahko prav tako zmanjšujemo vodne pritiske, lahko jih vgrajujemo vertikalno ali horizontalno (Nonveiller, 1983).

Vodni pritisk deluje toliko časa na zemeljski nasip, dokler se ne vzpostavi ravnotežno stanje in postane pronicanje konstantno. Ko se vzpostavi to ravnovesje in je pronicanje konstantno, takrat tudi ni več nevarnosti zaradi notranje erozije. Pri nasipih, ki imajo funkcijo protipoplavnega objekta, nam konstantno nihanje vode predstavlja velik problem, saj se z nihanjem vode neprestano spreminjajo tudi vodni tlaki in se ravnovesno stanje zelo redko vzpostavi, pa še to za kratek čas. Zaradi nihanja vode in velike izpostavljenosti notranji eroziji je pravilna gradnja teh nasipov izrednega pomena. V praksi se v večini primerov kot protipoplavni objekti gradijo homogeni zemeljski nasipi, ker so protipoplavni nasipi le redko pod vplivom vode, le nekajkrat v življenjski dobi in za kratek čas in ni smiselno graditi zoniranih zemeljskih nasipov, ker je njihova izgradnja neprimerno dražja.



**Slika 9: Prikaz tokovnic precejajočih se voda skozi homogen nasip z vodoravnim drenom: a) homogen izotropno prepustni material; b) homogen, vodoravno bolj propusten material**

(Nonveiller, 1983)

Pri betonskih nasipih predstavlja precejanje skozi nasip velik problem. Precejanje je škodljivo še posebej v zimskih obdobjih, ko je voda podvržena zmrzovanju. Večje kot so količine vode v telesu nasipa, večja škoda nastane zaradi zmrzali. V primeru ponavljanja zmrzovanja in odtaljevanja vode v porah se razpoke hitro širijo, kar ima lahko katastrofalne posledice za stabilnost in funkcionalnost

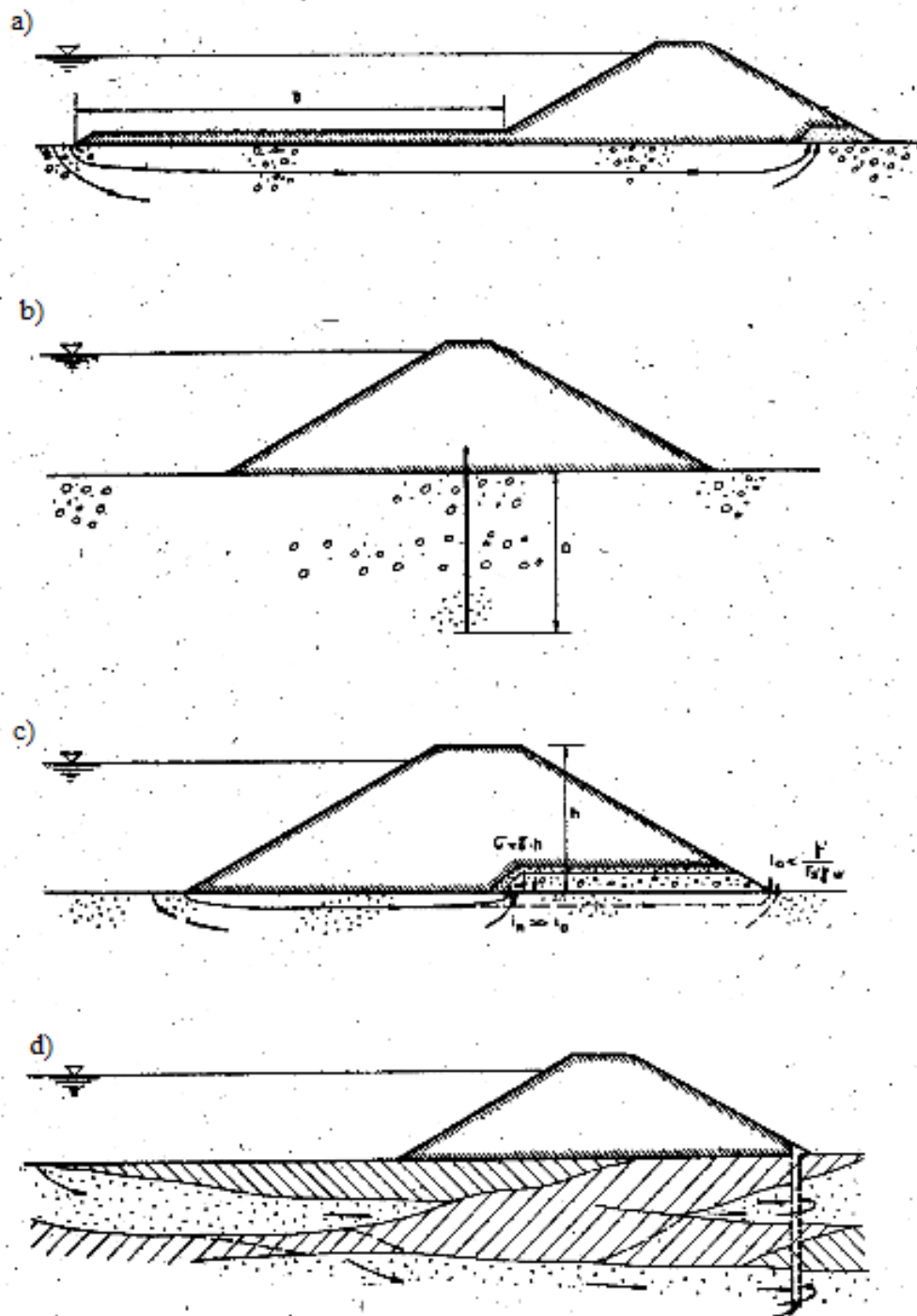


nasipa. Pronicanju v betonskih nasipih se lahko izognemo z uporabo kvalitetnih betonov in pravilnim vgrajevanjem (Nonveiller, 1983).

#### 4.2 Pronicanje pod nasipom

To pronicanje je predvsem nevarno, ker spodjeda temeljna tla nasipa. V primeru, da so temeljna tla neprepustna, nimamo problemov s tem tipom pronicanja, v kolikor pa so tla prepustna, pa lahko to pronicanje povzroča velike težave za stabilnost nasipa. To pronicanje poteka pri vseh vrstah nasipov in je rešljivo na več načinov. Najbolj razširjeni ukrepi za preprečevanje pronicanja pod nasipom so uporaba neprepustne preproge v vodno stran, uporaba vertikalnih drenaž, podaljšanje jedra nasipa do neprepustne podlage, vgradnja razbremenilnih vodnjakov, uporaba tesnilne zaves. Največkrat za reševanje problema pronicanja uporabimo več ukrepov skupaj. Tukaj igra veliko vlogo tudi funkcija oz. namembnost nasipa. Na primer, če je nasip uporabljen za zadrževanje akumulacij, je smiselno vložiti veliko denarja, da ne prihaja do uhajanja akumulacije. V primeru, da je nasip zgrajen kot protipoplavni objekt in je le nekajkrat v življenju pod vplivom vodnih pritiskov, ni smiselno izvajati dragih ukrepov za preprečevanje pronicanja. Pri protipoplavnih nasipih se za preprečevanje pronicanja pod nasipom največkrat uporabljajo horizontalne neprepustne preproge ali uporaba injekcijskih zaves do neprepustne podlage. Za neprepustne zaves se lahko uporabijo diafragme, injektiranje betona ali piloti. Neprepustne preproge se vgrajujejo na vodno stran nasipa in povzročajo hitrejšo padanje vodnega tlaka in s tem zmanjšajo verjetnost pronicanja izpod nasipa. Njihova prednost pred neprepustnimi zavesami je tudi, da se hitrejšo odstranijo, imajo manjše vplive na okolje in so cenejše za izgradnjo.

V primeru nasipov, ki so pod stalnim pritiskom vode, ki so namenjeni za zadrževanje akumulacij, pa je treba zagotoviti čim manjše pronicanje vode izpod temeljev nasipa, saj gre za nepotrebno izgubo akumulacije. Najpogosteje se v tem primeru poslužujemo uporabi več ukrepov skupaj, da minimiziramo izgube akumulacije. Velikokrat se uporabljajo horizontalne drenaže skupaj z razbremenilnimi vodnjaki. V kolikor so nasipi namenjeni zadrževanju vode v akumulacijah, je možno, da skozi čas fini sedimenti zapolnijo pore in naredijo oblogo na dnu in ob robih akumulacije, kar lahko znatno pripomore k preprečevanju pronicanja. (Nonveiller, 1983)



Slika 10: Primer neprepustnega nasipa na prepustnih temeljnih tleh in ukrepi za preprečevanje pronicanja vode pod nasipom. a) horizontalna neprepustna preproga s kratko horizontalno drenažo, b) injekcijska zavesa, ki sega vse do neprepustne podlage, c) horizontalna drenaža s filtrsko zaščito, d) razbremenilni vodnjak (Nonveiller, 1983)



## 5 CENE GRADBENIH DEL PRI GRADNJI NASIPOV

Obravnaval sem nekatere predračunske postavke pri izgradnji nasipov. Vsi predračuni so bili izdani za isti nasip na območju spodnje Save, in sicer za gradnjo levobrežnega nasipa in ureditev levobrežnih pritokov Save. Nasip je bil grajen po več etapah v različnih časovnih obdobjih, tako da je primerjava cen gradbenih del zelo realna, saj gre za isti objekt na istem območju, kjer je sestava tal skoraj identična. Izjema so le prvi podatki iz leta 1950, ki sem jih pridobil iz diplomske naloge, in sicer so bili narejeni za idejni projekt HE Kobarid. Predračunske postavke, ki sem jih obravnaval, so nakup zemljišč, cena izkopov materiala različnih kategorij, cena betona, strošek armature, humuziranja in cena obojestranskega opaža.

Kot omenjeno, sem podatke pridobil iz projektov nasipov, ki so bili zgrajeni na spodnji Savi, in iz idejnega nasipa na objektu HE Kobarid. Najstarejši podatki o cenah gradbenih del, ki sem jih obravnaval, segajo v leto 1950. Pridobil sem jih v arhivu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo iz diplomske naloge Božnika Edmunda z naslovom Izdelava idejnega projekta HE Kobarid. Za naslednji obravnavani objekt se je gradnja začela leta 1963. To je savski nasip Čatež–Podgračeno, in sicer gre za prvi odsek levobrežnih nasipov, ki poteka od mostu Čatež do 0,943 kilometra. Tretji obravnavani protipoplavni nasip je gradnja drugega odseka, ki se je začela leta 1981. Gre za odsek do Nove Gabernice od kilometra 0,943 do 3,891 km. Četrty obravnavani objekt je tretji odsek objekta savski nasip Čatež–Podgračeno, in sicer gre za odsek od kilometra 3,891 do 4,906 km. Dela na tem odseku so se začela leta 1989. Naslednji, peti obravnavani projekt je iz leta 1998. Predračun je bil izdelan za sanacijo obstoječega obrambnega zidu na nasipu Čatež–Podgračeno. Šesti obravnavani nasip je bil zgrajen v sklopu HE Blanca. Gre za visokovodni nasip Sevnica. Gradnja tega protipoplavnega objekta se je začela leta 2005. Zadnji obravnavani predračunski podatki so iz leta 2013. Ti podatki se ne nanašajo na gradnjo nasipa, ampak za popravilo sonaravne regulacije na vodotoku Glažuta, ki je pritok reke Save.

Vse podatke, z izjemo projekta iz leta 1950, mi je priskrbelo podjetje VGP, d. d., Novo mesto, ki je tudi izvajalo ta dela. Zaradi lokacije opravljenih del (vsa dela so bila opravljena na območju spodnje Save, štiri projekti celo na istem objektu) in istega izvajalca del bo primerjava cen gradbenih del zelo realna.

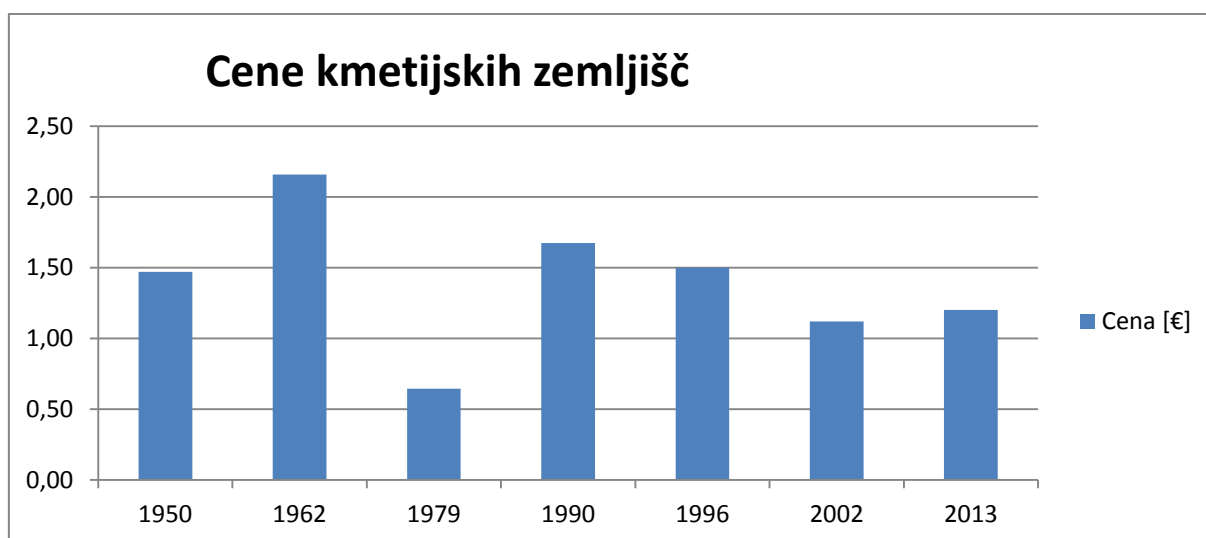
### 5.1 Strošek nakupa zemljišč

Zemeljski nasipi zavzemajo veliko prostora, zato je nakup zemljišč velik strošek pri izgradnji nasipov. Običajno ne gradimo zemeljskih nasipov v urbanih predelih, mestih, ravno zaradi njihove velike potrebe po prostoru. Zato so parcele, ki jih odkupujemo za potrebe gradnje visokovodnih nasipov,

največkrat kmetijske površine. Ker so ob vodotokih kmetijske površine zaradi fluvialnih nanosov najboljše kvalitete, je cena zemljišč nekoliko višja. Normalni prečni profil obravnavanega Savskega nasipa v širino meri 34 m in v dolžino nekaj kilometrov. Iz tega lahko sklepamo, da je za gradnjo protipoplavnega nasipa treba odkupiti velike površine kmetijskih zemljišč.

**Preglednica 2: Cene kmetijskih zemljišč v različnih časovnih obdobjih (Interno gradivo, 2013).**

	din/m <sup>2</sup>	\$/m <sup>2</sup>	\$(1. 1. 2013)/m <sup>2</sup>	€(1. 1. 2013)/m <sup>2</sup>
1950	10 din/m <sup>2</sup>	0,2 \$/m <sup>2</sup>	1,94 \$/m <sup>2</sup>	1,47 €/m <sup>2</sup>
1962	110,4 din/m <sup>2</sup>	0,36 \$/m <sup>2</sup>	2,85 \$/m <sup>2</sup>	2,16 €/m <sup>2</sup>
1979	5 din/m <sup>2</sup>	0,263 \$/m <sup>2</sup>	0,85 \$/m <sup>2</sup>	0,64 €/m <sup>2</sup>
1990	14 din/m <sup>2</sup>	1,23 \$/m <sup>2</sup>	2,21 \$/m <sup>2</sup>	1,67 €/m <sup>2</sup>
1996		sit/m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	
		185,6 sit/m <sup>2</sup>	1,15 €/m <sup>2</sup>	1,5 €/m <sup>2</sup>
2002			0,92 €/m <sup>2</sup>	1,12 €/m <sup>2</sup>
2013				1,2 €/m <sup>2</sup>



**Grafikon 1: Gibanje cen kmetijskih zemljišč v različnih časovnih obdobjih**

Iz Grafikona 1 lahko razberemo, kako so se gibale cene kmetijskih zemljišč od leta 1950 do 2013. Vse cene so preračunane v evre na dan 1. 1. 2013. Cena kmetijskih zemljišč se je skozi celotno obravnavano obdobje gibala približno 1,5 €/m<sup>2</sup>. Znaten padec cene kvadratnega metra kmetijskega zemljišča je zaznan leta 1979, ko je bil 1 m<sup>2</sup> prodan le za 0,64 €. Ta kupoprodajna pogodba je bila sklenjena z Občino Metlika, kar lahko pojasnjuje nizko ceno zaradi takratne politične ureditve v državi.

## 5.2 Cena izkopov različnih kategorij zemljine

Pred gradnjo nasipa moramo utrditi temeljna tla, saj količina materiala, ki je potrebna za gradnjo nasipa, predstavlja veliko obremenitev za temeljna tla. Utrdimo jih lahko z odstranitvijo neprimerne oziroma šibke podlage. Z izkopi odstranjujemo to mehko vrhno plast, dokler ne pridemo do trde podlage, ki jo ocenimo, da je primerna za temeljna tla nasipa. V strokovni literaturi s področja gradbeništva je opredeljenih 7 različnih kategorij zemljin. Merilo za uvrstitev posameznih vrst tal v določeno kategorijo je odpor, na katerega se naleti pri izkopavanju in s tem povezana poraba časa in materiala. (Rickard, 2009) V Preglednici 3 so klasificirane zemljine.

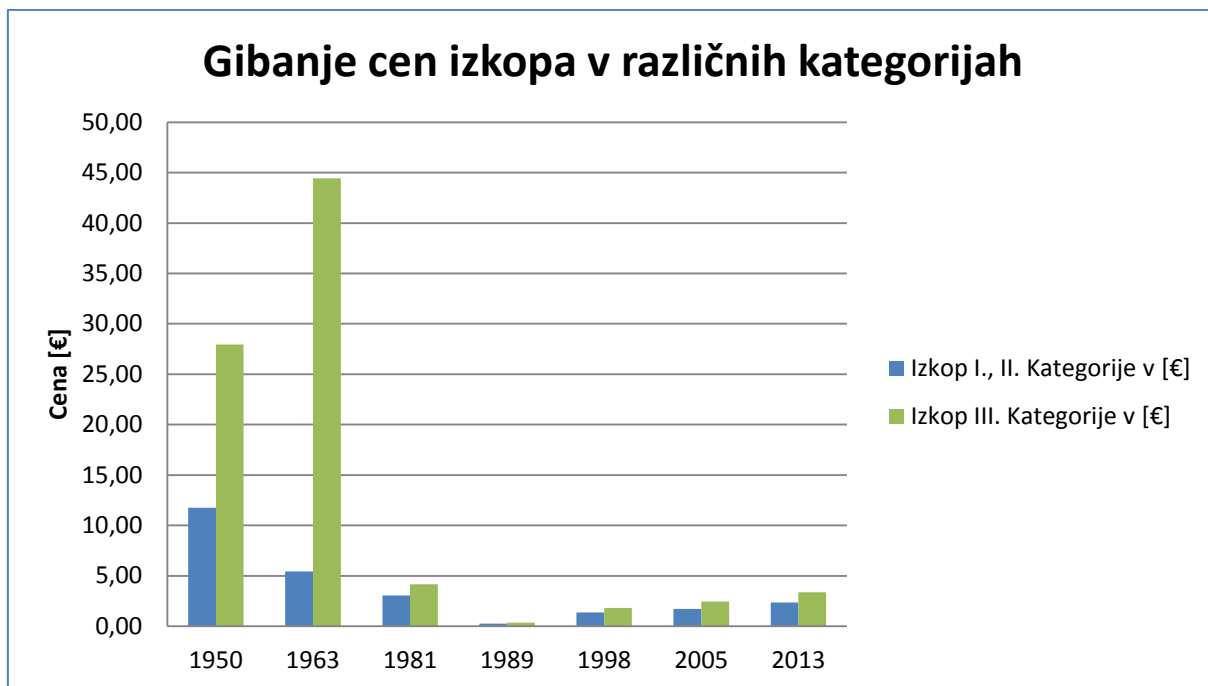
**Preglednica 3: Kategorije zemljin s pripadajočimi razrahljivostnimi faktorji**

I. kategorija	Zrahljana zemljina	1,15
II. kategorija	Navadna zemlja (obdelana zemlja, lahka glina ...)	1,20
III. kategorija	Trda zemlja (polvezan gramoz)	1,25
IV. kategorija	Skala v razpadanju (preperele stene, razpadli škrlavec ...)	1,30
V. kategorija	Srednje trda stena (apnenec, lapor)	1,40
VI. kategorija	Trda stena (marmor, dolomit ...)	1,50
VII. kategorija	Zelo trda stena (granitni porfirij ...)	1,50

Razrahljivostni faktorji nam povedo, za kakšno spremembo volumna gre pri izkopu različnih kategorij materiala. Volumen zbitega stanja se poveča od 15 % pri razrahljani zemlji pa do 50 % pri trdih in zelo trdih stenah. To povečanje volumna je treba nujno upoštevati pri upoštevanju stroškov prevoza materiala. (Grabič, 2013)

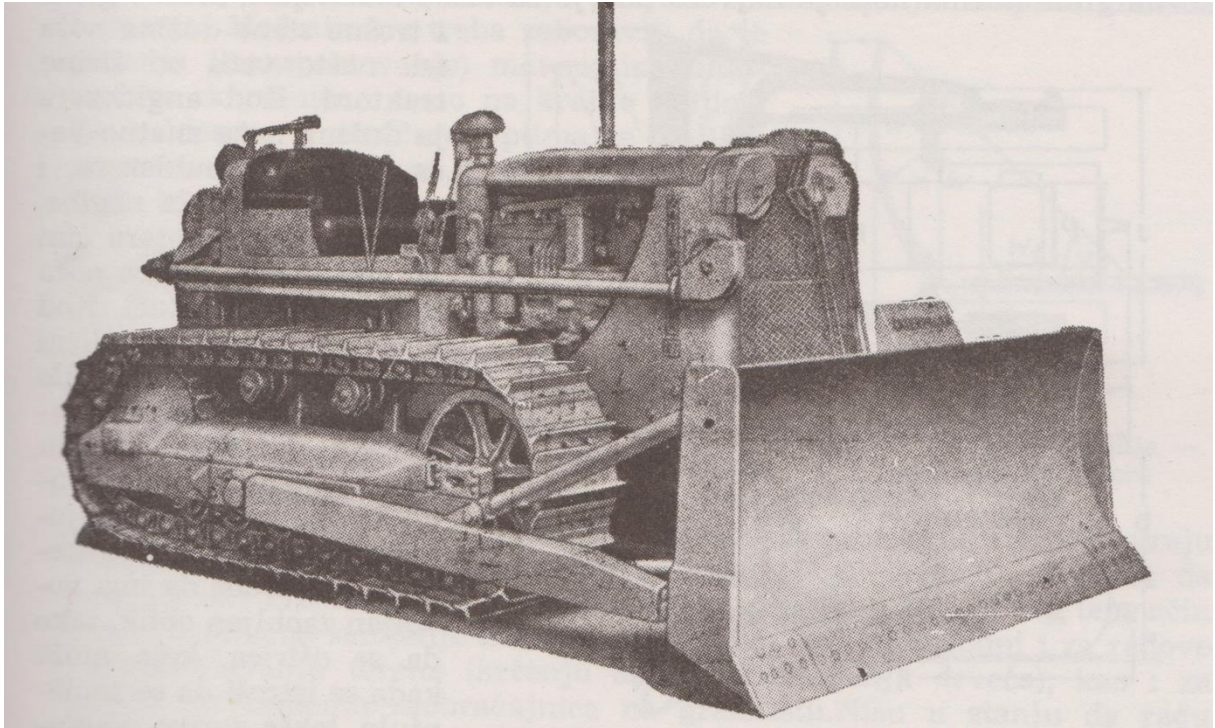
**Preglednica 4: Cene izkopov različnih kategorij zemljine, preračunane na dan 1. 1. 2013. Cene veljajo za izkop enega kubičnega metra materiala (€/m<sup>3</sup>)**

Leto	1950	1963	1981	1989	1998	2005	2013
Izkop I., II. kategorije	11,75 €	5,42 €	3,05 €	0,25 €	1,35 €	1,72 €	2,35 €
Izkop III. kategorije	27,93 €	44,44 €	4,17 €	0,36 €	1,80 €	2,46 €	3,36 €



**Grafikon 2: Gibanje cen izkopa zemljin različnih kategorij, preračunane na dan 1. 1. 2013. Cene veljajo za izkop enega kubičnega metra materiala ( $\text{€}/\text{m}^3$ )**

Analiza gibanja cen izkopov je narejena le za dve kategoriji, ker se v praksi zaradi želje po večjem zaslužku zemljine uvrščajo nekoliko drugače. Podatkov o izkopih v najtrših kategorijah (torej V., VI., VII.) nisem mogel pridobiti, ker trdota teh kategorij ustreza zahtevam za temeljenje nasipov in ni treba izvajati globljih izkopov. V praksi se odkop humusa klasificira v prvo kategorijo, prva in druga kategorija pa v tretjo (Grabič, 2013.). Iz Grafikona 2 lahko razberemo, da se je cena izkopov kubičnega metra materiala ( $\text{€}/\text{m}^3$ ) od leta 1950 pa do 1981 zelo spreminjala. Vzrok za to je, da so bili izkopi III. kategorije v letih 1950 in 1963 opravljeni ročno in brez uporabe mehanizacije, kar vidno podraži ceno izkopa kubičnega metra materiala. Izkop oziroma odziv I. in II. kategorije pa je bil izveden z uporabo buldožerja. Na savskem nasipu Čatež–Podgračeno iz leta 1963 je bil za izkop I. in II. kategorije zemljine uporabljen buldožer Caterpillar D7.



**Slika 11: Buldožer Caterpillar D7 (Trbojevič, 1975)**

Kasneje, po letu 1963, pa se je že splošno razširila uporaba težke mehanizacije za izvedbo izkopov, kar je močno olajšalo delo in pocenilo izkop kubičnega metra materiala. Iz Grafikona je razvidno, da se od 1981 od 2013 strošek izkopa  $m^3$  zemljine ni bistveno spreminjal. Opozoril bi na leto 1989, ker je znašala cena izkopa I. in II. kategorije le  $0,25 \text{ €/m}^3$  in izkopa III. kategorije le  $0,36 \text{ €/m}^3$ . Predvidevamo, da so tako nizke cene posledice hiperinflacije in denominacije, ki se je dogajala tistega leta zaradi notranjepolitične krize. Pri vseh predračunskih postavkah je tega leta zaznana izredno nizka cena izvedenih del. Od leta 1989 do danes je zaznana rahla tendenca dvigovanja cen izkopov obeh obravnavanih kategorij.

### 5.3 Obojestranski opaž

Želena obliko betonskega gradbenega elementa dosežemo z uporabo opažev. Svežo betonsko mešanico, ki je sestavljena iz agregata, cementa in vode, ki je v plastični koeksistenci, vgradimo v opaž, da dosežemo želeno obliko. Opaževanje zagotavlja dve pomembni funkciji, poleg že prej omenjenega oblikovanja, daje betonu preko svoje stične površine grobo, gladko ali vzorčasto površino strjenega betona. Podporna konstrukcija zagotavlja upogibno trdnost, kot tudi zelene dimenzije betonskega elementa. Med opaž, v notranjost položimo armaturo, ki ima v gradbeni konstrukciji nalogo prevzema tlačnih in nateznih napetosti. Armaturo moramo položiti pred vlitjem betona in vibriranjem. Med elemente podkonstrukcije sodijo leseni tramovi, plohi, podvezja in rešetke, opažni nosilci in opažni podporniki (okrogli les ali jeko). Podkonstrukcijo imenujemo nosilna konstrukcija, če

imajo navedeni elementi velike dimenzije in nosilnost. Pri gradnji nasipov je opaževanje pomembno pri objektih, ki se gradijo skupaj z nasipi, na primer raznimi kanali in prepusti. (Slana, 2009)

**Preglednica 5: Cene obojestranskega opaža v različnih časovnih obdobjih. Cene veljajo za m<sup>2</sup> obojestranskega opaža**

leto	din/m <sup>2</sup>	€ 1. 1. 2013
1950	108 din/m <sup>2</sup>	15,86 €/m <sup>2</sup>
1963	1490 din/m <sup>2</sup>	28,70 €/m <sup>2</sup>
1981	379,5 din/m <sup>2</sup>	21,12 €/m <sup>2</sup>
1989	62510 din/m <sup>2</sup>	3,09 €/m <sup>2</sup>
	sit/m <sup>2</sup>	
1998	1816,6 sit/m <sup>2</sup>	12,41 €/m <sup>2</sup>
2005	2873 sit/m <sup>2</sup>	14,14 €/m <sup>2</sup>
2013		13,90 €/m <sup>2</sup>



**Grafikon 3: Gibanje cen obojestranskega opaža v različnih časovnih obdobjih, preračunane na dan 1. 1. 2013. Cene veljajo za postavitev 1 m<sup>2</sup> opaža**

Iz Grafikona 3 lahko razberemo veliko nihanje cen opaževanja od leta 1950 do 1998. Leta 1963 je bilo opaževanje najdražje, in sicer je kvadratni meter opaža stal 28,7 €. Najcenejše je bilo opaževanje leta 1989. Cena kvadratnega metra opaža leta 1989 je bila le 3,09 €/m<sup>2</sup>. Tako nizka cena je verjetno posledica hiperinflacije in denominacije zaradi razmer v takratni državi. Po osamosvojitvi se je cena izvedenega kvadratnega metra opaža ustalila nekje med 12 € in 14 €.



## 5.4 Armatura

Iz Francije izhajajo prve korenine armiranega betona. Prvič je bila armatura dodana betonu okoli leta 1850. Leta 1856 je Jean-Louis Lambot patentiral svoj izum v Franciji in Belgiji in ga opisal kot izboljššan material za gradnjo stavb, ki lahko nadomesti les in kamen. Leta 1967 si je francoski vrtnar sposodil patent in izdelal betonska korita iz armiranega betona in kasneje patentiral stebra iz armiranega betona, ki naj bi se uporabljal za izgradnjo cest in železnic (Department of civil engineering, 2013).

Z namenom izboljšanja karakteristike betona uporabljamo jekleno armaturo, ki prevzame natezno obremenitev in upogibno obremenitev betonov. Sam beton je na ti dve obremenitvi zelo neodporen in hitro pride do porušitve. Material, ki se uporablja za armiranje, je jeklo. Generalno ločimo štiri vrste betonske armature:

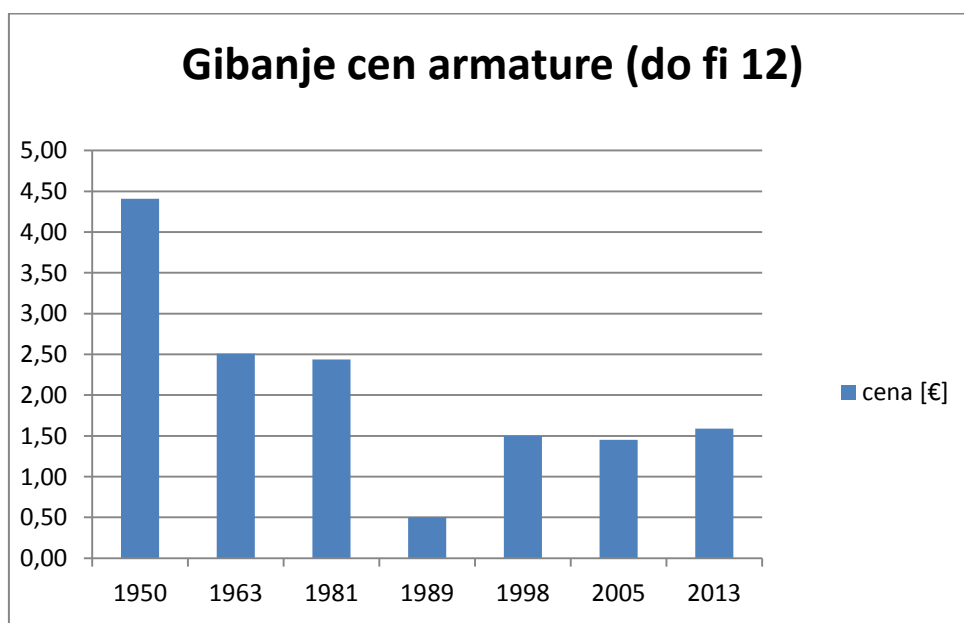
- gladke palice – najpogostejša vrsta armatur, proizvedena z vročim valjanjem mehkega gradbenega jekla;
- rebraste palice – močno povečajo trdnost, rebrasto betonsko železo pa se pridobiva z vročim valjanjem naravno trdega jekla, s posebnimi kalibrirnimi valji;
- mreže – mrežasto betonsko železo, sestavljeno iz hladno vlečenega gladkega betonskega železa, kar bistveno izboljša kakovost z zvarjenimi križanji;
- BI železo – je iz visokovrednega jekla, sestavljeno iz dveh palic in prečk kvadratnega profila, največkrat ga uporabljamo za betonske elemente, obremenjeni so na upogib in torzijo. (Slonep, 2013)



**Slika 12: Jeklo za armiranje betona, rebrasta in gladka armatura (Železokrivstvo Rakanovič, 2013)**

**Preglednica 6: Cene kilograma gladke jeklene armaturne palice  $\Phi 12$  v različnih časovnih obdobjih**

	din/kg	€ 1. 1. 2013
1950	30,0 din/kg	4,41 €/kg
1963	130,0 din/kg	2,51 €/kg
1981	43,8 din/kg	2,44 €/kg
1989	10120,0 din/kg	0,5 €/kg
	sit/kg	
1998	220,0 sit/kg	1,50 €/kg
2005	294,9 sit/kg	1,45 €/kg
2013		1,59 €/kg



**Grafikon 4: Gibanje cen kilograma armature  $\Phi 12$  v različnih časovnih obdobjih, preračunane na dan 1. 1. 2013. Cene veljajo za vgraditev 1 kg armaturnega železa**

Iz Grafikona 4 lahko razberemo potek gibanja cen betonske armature v različnih časovnih obdobjih. Leta 1950 je bila cena kilograma gladke armaturne palice  $\Phi 12$  najvišja, znašala je 4,41 €/kg. Najnižjo vrednost je kilogram armature dosegel leta 1989, in sicer 0,5 €/kg armaturne palice  $\Phi 12$ . Tako nizka cena je verjetno posledica hiperinflacije in denominacije dinarja. Od leta 1998 do danes lahko vidimo, da se je cena kilograma armature umirila nekje pri 1,5 €/kg.



## 5.5 Beton

Betoni se pri gradnji samega zemeljskega nasipa ne uporabljajo, razen v primeru, če gradimo nasip z nepropustnim ekranom. Uporabljajo pa se pri gradnji pomožnih objektov, ki so nujni za funkcionalnost nasipa, vzdrževanje nasipa in dostopnost do nasipa. Kot omenjeno, lahko armirane betone uporabljamo za nepropustne ekrane, kjer okoliški material ni dovolj kvaliteten in ko so klimatske razmere neugodne za vgrajevanje gline ali meljev. Betoni niso tako odporni in prilagodljivi kot zemljine na delovanje vode, zato skozi čas pride do poškodb in deformacij, zato je zelo pomembna pravilna izbira materialov in ustrezno vzdrževanje. (Nonveiller, 1983)

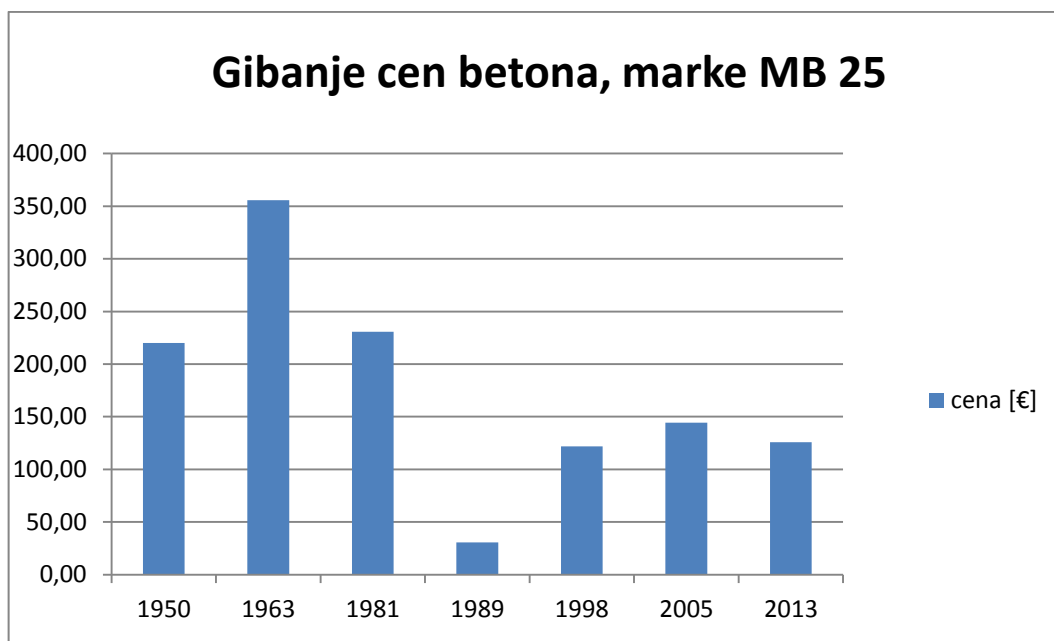
Obraunal sem beton z marko MB 25, kar je oznaka tlačne trdnosti vgrajenega betona. Tlačna trdnost je bila v preteklosti (po standardih JUS) označena z oznakami MB 10, MB 20, MB 25, MB 30, MB 40. V teoriji naj bi pomenilo, da za doseganje MB 10 potrebujemo 100 kg cementa na 1 m<sup>3</sup> betona. Kasneje, ko so v veljavo stopili evropski standardi EUROCODE (SIST EN 206-1 : 2003), je izraz MB zamenjal C razred tlačne trdnosti. Prva številka za oznako C pomeni preizkušeno tlačno trdnost na vzorčnem valju s premerom 150 mm in višino 300 mm po 28 dneh, druga oznaka pa predstavlja tlačno trdnost kock s stranico 150 mm po 28 dneh (Žarnić, 2003).

### Preglednica 7: Klasificiranje betonov po standardih JUS in EUROCODE (Gradimo, 2013)

JUS standardi	Eurocode standardi
MB 15	C12/15
MB 20	C16/20
MB 25	C20/25
MB 30	C25/30
MB 40	C35/45

### Preglednica 8: Cene 1 m<sup>3</sup> betona marke, MB 25, v različnih časovnih obdobjih

	din/m <sup>3</sup>	€ 1. 1. 2013
1950	1500 din/m <sup>3</sup>	220,23 €/m <sup>3</sup>
1963	18456 din/m <sup>3</sup>	355,69 €/m <sup>3</sup>
1981	4149,3 din/m <sup>3</sup>	230,87 €/m <sup>3</sup>
1989	618000 din/m <sup>3</sup>	30,56 €/m <sup>3</sup>
	sit/m <sup>2</sup>	
1998	17817,2 sit/m <sup>2</sup>	121,82 €/m <sup>3</sup>
2005	29324,77 sit/m <sup>2</sup>	144,28 €/m <sup>3</sup>
2013		125,75 €/m <sup>3</sup>



**Grafikon 5: Gibanje cen kubičnega metra betona, marke MB 25, v različnih časovnih obdobjih, preračunane na dan 1. 1. 2013. Cene veljajo za vgraditev 1 m<sup>3</sup> betona MB 25**

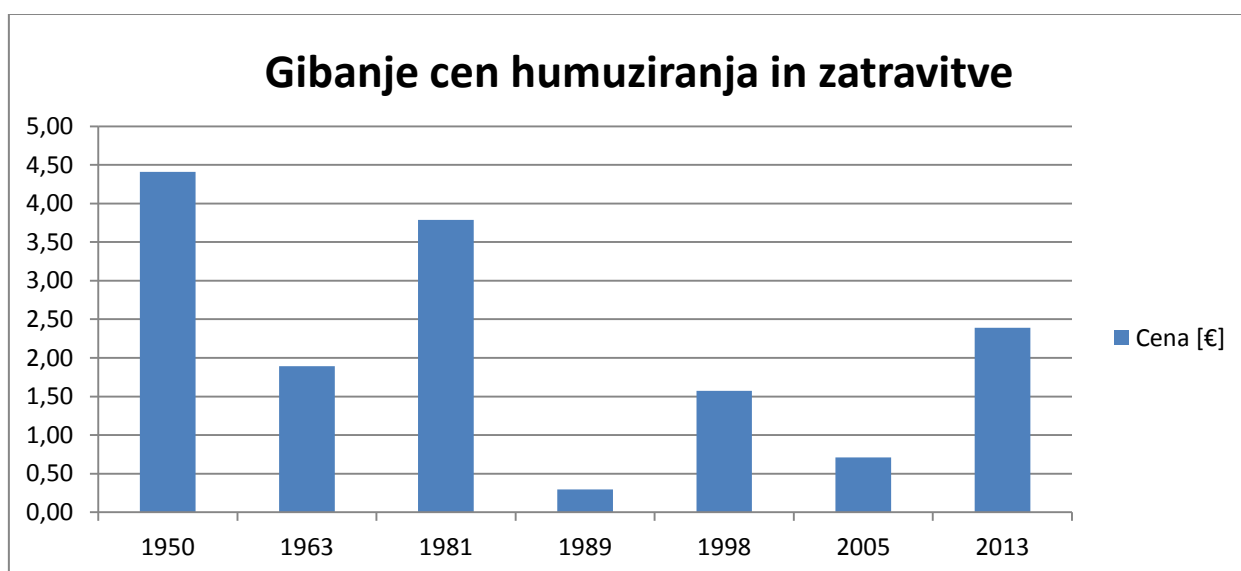
Za obravnavanje betona, marke MB 25, sem se odločil, ker je bil v vseh obravnavanih projektih največkrat uporabljen. V Grafikonu 5 je prikazano gibanje cen enega kubičnega metra vgrajenega betona. Razvidno je, da je bil beton med leti 1950 in 1981 neprimerno dražji kot je danes. Takratna slaba tehnološka opremljenost gradbišč, veliko ročnega dela in tudi težje dobave cementa so vzroki za višjo ceno v primerjavi z današnjo. Najnižjo točko doseže graf gibanja cene leta 1989, in sicer le 30 €/m<sup>3</sup>. To leto je specifično zaradi političnih razmer, hiperinflacije in denominacije. Od leta 1998 do danes pa se cena kubičnega metra vgrajenega umiri. Od leta 1998 do 2005, ko je bilo gradbeništvo v močnem porastu, je na krivulji gibanja cene zaznati rahel dvig cen po letu 2005, ko se je začela svetovna gospodarska kriza, pa je zopet zaznano nižanje cene enega kubičnega metra betona, marke MB 25 oz. C20/25.

## 5.6 Humuziranje in zatravitev

Humuziranje je zelo pomemben proces pri gradnji nasipa, saj s humuziranjem in zatravitvijo dajemo nasipu odpornost proti površinski eroziji in s tem tudi dajemo nasipu naraven videz. Glavna funkcija humuziranja in posledično zatravitve sta zaščita pred površinsko erozijo, saj trava s svojim koreninskim sistemom drži oz. ščiti površino pred izpiranjem. V kolikor ne bi humuzirali in zatravili nasipa, bi začela poganjati nezaželena zarast in ob nalivih bi se pojavili jarki zaradi površinske erozije. Jarki bi se v času poplav zelo povečali in resno ogrozili obstojnost nasipa. (Sever, 2013)

**Preglednica 9: Cena 1 m<sup>2</sup> humuziranja in zatravitve brežine nasipa v različnih časovnih obdobjih**

	din/m <sup>2</sup>	€ 1. 1. 2013
1950	30 din/m <sup>2</sup>	4,4 €/m <sup>2</sup>
1963	98 din/m <sup>2</sup>	1,89 €/m <sup>2</sup>
1981	68,03 din/m <sup>2</sup>	3,78 €/m <sup>2</sup>
1989	59,20 din/m <sup>2</sup>	0,29 €/m <sup>2</sup>
	sit/m <sup>2</sup>	
1998	230 sit/m <sup>2</sup>	1,57 €/m <sup>2</sup>
2005	144 sit/m <sup>2</sup>	0,7 €/m <sup>2</sup>
2013		2,39 €/m <sup>2</sup>



**Grafikon 6: Gibanje cen 1 m<sup>2</sup> humuziranja in zatravitve brežine nasipa v različnih obdobjih. Cene so preračunane na dan 1. 1. 2013 in veljajo za humuziranje in zatravitve 1 m<sup>2</sup> brežine nasipa**

Iz Grafikona 6 lahko razberemo gibanje cen humuziranja in zatravitve 1 m<sup>2</sup> brežine nasipa. Najvišjo točko doseže graf leta 1950, kar je logično, saj je bilo takrat delo opravljeno ročno, brez uporabe gradbene mehanizacije. Tako kot že vse predračunske postavke je bilo humuziranje in zatravitve najcenejše leta 1989, zaradi takratnih političnih in gospodarskih razmer v tedanji državi. Presenetljivo visoka cena za 1 m<sup>2</sup> humuziranja in zatravitve brežine nasipa je danes, in sicer kar 2,39 €/m<sup>2</sup>. Vzrok tega je dejstvo, da je družba VGP, d. d., koncesionar države Republike Slovenije in so cene nekoliko višje, kot so dejanske cene na trgu, na to so me opozorili tudi zaposleni. Od vseh obravnavanih predračunskih postavk je pri humuziranju in zatravitvi opazno najbolj neenakomerno gibanje cen.

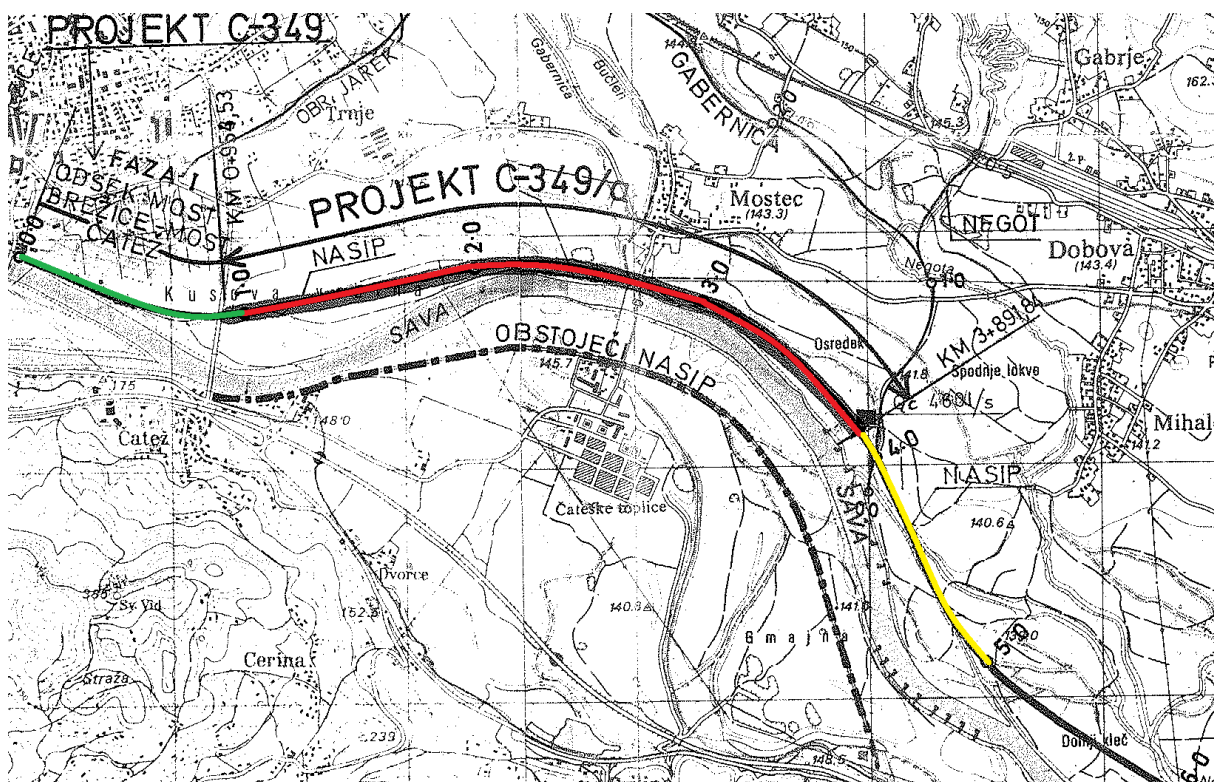
## 6 PRIMER

V praktičnem delu moje diplomske naloge bom primerjal ekonomsko upravičenost gradnje dveh tipov protipoplavnih nasipov. Primerjal bom izgradnjo klasičnega zemeljskega nasipa in izgradnjo super nasipa na istem območju.

Za primer sem vzel nasip na Savi, in sicer levoobrežni savski nasip most Čatež–Nova Gabernica, od 0,943 km do 3,891 km, ki je bil zgrajen leta 1981. Gre za protipoplavni objekt, ki ima glavno funkcijo zaščito naselij pred poplavljanjem Save. Na tem območju bom primerjal ekonomsko upravičenost klasičnega nasipa s super nasipom. Podatke za nasip sem pridobil na podjetju VGP, d. d., v Novem mestu.

### 6.1 Območje postavitve nasipa

Kot omenjeno, bom obravnaval savski nasip, odsek most Čatež–Nova Gabernica (od kilometra 0,943 do kilometra 3,981). Nasip ima nalogo, da ščiti zaledna območja pred visokimi vodami, torej je protipoplavni objekt.



Slika 13: Lokacija obravnavanega nasipa (Savski nasip Brežice–Nova Gabernica, 1981)

Nasip ščiti mesto Brežice in naselji Trnje in Mostec. Poleg omenjenih naselij nasip ščiti tudi veliko površino kmetijskih zemljišč. Celoten nasip Brežice–Sotla je bil grajen po več etapah. Prvi del od mosta Čatež do 0,943 kilometra je bil zgrajen leta 1963, druga etapa se je začela graditi 1981 in se je raztezala od 0,943 km do 3,891 kilometra, za tretjo etapo so se dela začela izvajati leta 1989 in gradilo se je nasip od 3,891 km do 4,906 km. Zadnja in končna faza do osmega kilometra se bo zgradila v okvirju izgradnje Hidroelektrarne Mokrice. Na Sliki 13 je z zeleno barvo označena prva faza izgradnje, z rdečo druga faza izgradnje in z rumeno barvo tretja faza izgradnje nasipa.

## 6.2 Lastnosti obstoječega nasipa

Savski nasip odsek most Čatež–Nova Gabernica (na Sliki 13 je označen z rdečo barvo), je protipoplavni objekt, ki je dimenzioniran za 100–letne visoke vode s 40 cm nadvišanjem, torej za maksimalen pretok 3329 m<sup>3</sup>/s. Trasa objekta je bila določena že v idejni zasnovi in jo je zakoličilo Vodnogospodarsko podjetje Novo mesto, ki je tudi izvedlo ostale potrebne meritve in analize, tako za nasip, kakor tudi za ureditev v območju Mosteca. Podolžni profil nasipa ima povprečen naklon 0,88 %, kar je tudi naklon terena. Normalni profil nasipa ima širino krone 4 m, minimalen nagib krone nasipa je nagnjen v smeri proti Savi, da vode lahko odtekajo. Naklona brežin na vodni in zračni strani sta v razmerju 1 : 2. Na zračni strani je med nasipom in jarkom berma širine 4 m. Izkopan material iz jarka se je vgradil v telo nasipa. V obravnavan protipoplavni nasip so se vgrajevali trije tipi materiala:

- material A – je meljasto peščen krovni sloj v terasi nasipa, in sicer plast med vrhnjim humusnim slojem in spodnjimi prodnatimi materiali. Material ima dobre strižne karakteristike, je dovolj neprepusten in je bil uporabljen samo v omejenih količinah, ker na območju med Savo in nasipom ni dovoljeno odvzemati materiala, na zračni strani pa so kmetijske površne. V splošnem je bilo predvideno, da se material A odrine v nasip, material B pa se vgradi na njegovo mesto;
- material B – gre za jalovino iz rudnika Globoko, to so predvsem zaglinjeni prodi. Ti materiali imajo ugodne strižne karakteristike, kakor tudi ustrezno nepropustnost. Neugodne karakteristike tega materiala so erodibilnost in razvezanost kohezije pri kontaktu z vodo. Zaradi tega je njihova vgradnja možna pod določenimi pogoji, in sicer, da je material treba čim hitreje od izkopa prepeljati na gradbišče nasipa in ga takoj vgraditi na mesto že predhodno odrinjenih meljastih materialov, in sicer tako, da se material komprimira, splanira in pokrije z meljastim materialom;
- material C – pod to oznako je mišljen katerikoli tip materiala, ki bi se vgrajeval v zračno stran nasipa, pogoj je le, da ima dobre strižne karakteristike in je lahko tudi propusten. Uporabljene so bile zlasti prodne savske sipine.

Material je bil vgrajen v nasip po sledečih korakih:

- odstranila se je humuzna plast;
- material A (meljast material) se z buldožerjem izkoplje in odrine vzdolžno v nasip (v nasip se vgradi tudi material iz izkopa jarka ob nasipu);
- na območje izkopa materiala A pripeljemo material B (zaglinjeni prodi);
- na ta vgrajen material B se narine z buldožerjem material A iz naslednjega nasipnega odseka;
- možno je tudi, da se material A odrine v deponijo prečno na teraso nasipa in se nanj po vgradnji materiala B narine v teraso nasipa in sproti komprimira.

Pri gradnji materiala je treba izvesti komprimacijo do predpisane gostote, in sicer:

- za material A je zahtevana zbitost  $14,94 \text{ KN/m}^3$ ;
- za material B je zahtevana zbitost  $18,0 \text{ KN/m}^3$ .

Material se je vgrajeval po plasteh. Plasti so bile debeline 25–30 cm v raztresenem stanju za materiala A in B. Za material C pa so bile plasti debelejšje. Za komprimacijsko mehanizacijo je bil uporabljen valjar in ježi ter seveda pravilna vožnja ostale mehanizacije pri formiranju plasti za komprimiranje (Savski nasip Brežice–Nova Gabernica, 1981).

### 6.3 Opis temeljnih tal

Na območju obravnavanega nasipa so bile leta 1981 opravljene geološko geomehanske raziskave vzdolž trase protipoplavnega nasipa. Te nam pokažejo sestavo tal na območju gradnje. Površinske plasti temeljnih tal za nasipe so bile raziskane s pomočjo šestih sondažnih izkopov, ki so bili locirani vzdolž trase objekta. Iz pridobljenih meritev je razvidno, da je geološka sestava temeljnih tal podlage zelo podobna vzdolž celotne projektirane trase nasipov.

#### **Preglednica 10: Sestava temeljnih tal na 2,9 km obravnavanega odseka savskega nasipa (Savski nasip Brežice–Nova Gabernica, 1981)**

Sestava temeljnih tal (stacionaža 2,9 km od mosta Čatež)	
0,0–0,20 m	humus
0,20–0,90 m	melj (ML), rahel
0,90–1,90 m	MI, srednje gnetena koeksistenca
1,90–2,80 m	CL, težkognetena koeksistenca
2,80–3,40 m	SU, rahel z veliko melja ML
3,40–3,60m	prehod SU v GP
Talna voda se pojavi na globini 2,00 m kot solzaji na robu jame, v globini 3,60 m pa močan dotok v jamo	

Pod površinsko humusno plastjo, debeline 0,20 m, so plasti drobnih peskov SU in meljev MI – ML do globin 1,4 m do 2,0 m, nato pa do vodoprepustne podlage nastopajo gramozne plasti GW in GP povprečne debeline cca 8,0 m.

V vrtini je bil ugotovljen tudi koeficient vodoprepustnosti temeljnih tal, ki znaša  $3,04 * 10^{-2}$  m/s z dne 20. 4. 1981 (Savski nasip Brežice–Nova Gabernica, 1981).

#### 6.4 Gradnja nasipov

Savski nasip Brežice–Nova Gabernica, odsek most Čatež–Nova Gabernica (0,943 km – 3,891 km) je zemeljski nasip. Ker bom v nadaljevanju primerjal cene izgradnje klasičnega zemeljskega nasipa s super nasipom, bom dejanski protipoplavni objekt zamenjal z izmišljenim homogenim nasipom, ki je zgrajen iz okoliškega materiala in materiala, vzetega iz Save. Tako bom dobil približno primerjavo stroškov in potem določil ekonomsko opravičenost izgradnje obeh objektov.

Gradnja nasipa se bi začela z odzivom plasti humusa po celotnih temeljnih tleh nasipa. Nato bi z bagri goseničarji z močjo med 75 KW in 115 KW začeli izkopavati material iz Save, ki bi ga kasneje vgradili v nasip. Gre za izkop  $92449,3 \text{ m}^3$  materiala, ki bi ga vgrajevali v gradbeno jamo. Naslednji korak je strojno razstiranje dobavljenega materiala po celotni trasi nasipa. Material razgrinjamo z bagri, moči cca 55 KW – 75 KW. Izkopano zemljino iz reke Save razgrinjamo na debelino 0,3 m, ki jo v naslednjem koraku utrjujemo z vibracijskim valjarjem z močjo nad 18 KW, valjar je prikazan na Sliki 16. V zadnjem koraku smo humuzirali brežine z valjarjem in zasadili travo, ki daje nasipu dodatno stabilnost in preprečuje površinsko erozijo, hkrati pa tudi vizualno izboljša nasip.



#### 6.4.1 Gradbena mehanizacija, uporabljena pri izdelavi nasipov



**Slika 14: Bager goseničar z močjo 115 KW ( New earthmovers, 2013)**

Ta tip bagra se bo uporabljal za izkop materiala iz Save, ki se bo vgrajeval v telo nasipa. Material bo nalagal na razdaljo dosega ročice. Bager ima ročico dolgo 9 m in volumen globinske žlice 0,8 m<sup>3</sup>. Delovna ura stroja stane 2,99 €/h in v eni uri premeče cca 32,47 m<sup>3</sup>.



**Slika 15: Buldožer goseničar, moči 55 KW TG (Gregorypoole, 2013)**



Buldožerji bodo uporabljeni za razgrinjanje materiala, ki ga bo bager, prikazan na Sliki 14, nametal na kupe. Buldožer goseničar mora imeti moč vsaj 55 KW. V eni uri lahko razgrne 21,11 m<sup>3</sup> materiala. Razgrinjalo se bo na plasti debeline 30 cm. Cena ene ure dela buldožerja znaša 0,76 €/h. Ta cena velja za količine, večje od 20.000 m<sup>3</sup>.

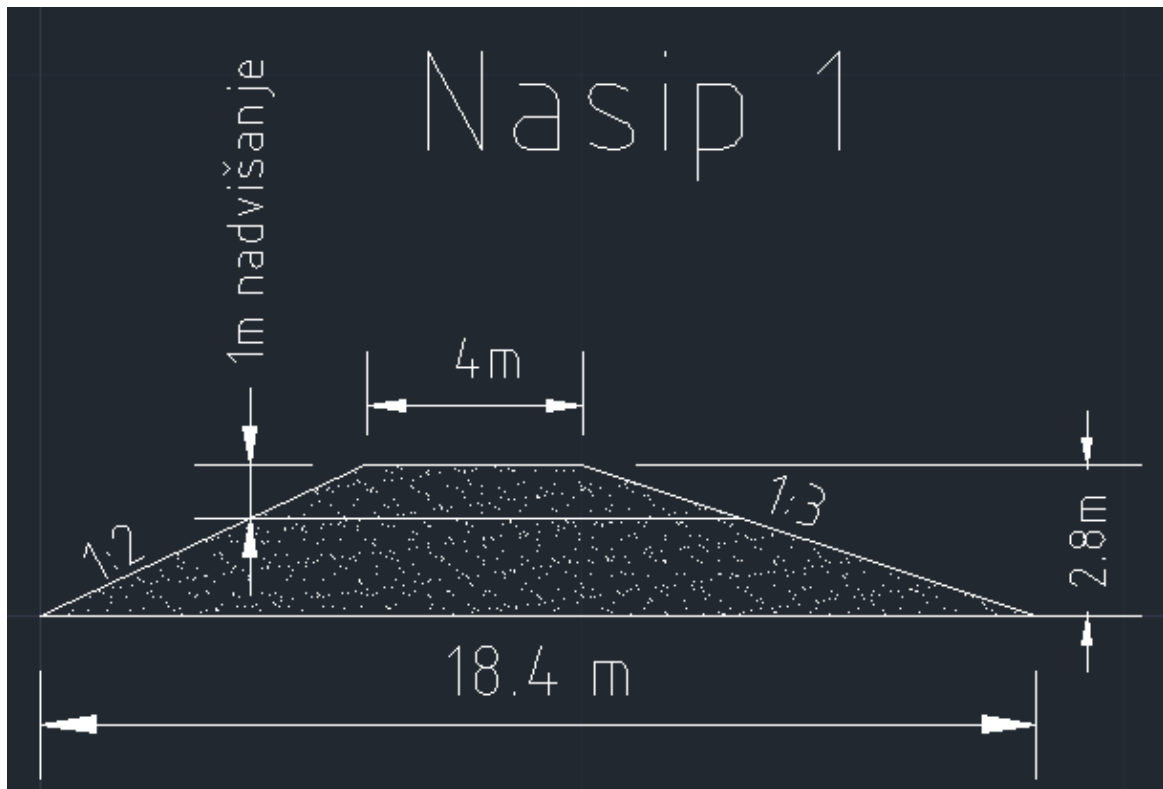


**Slika 16: Vibracijski valjar, uporabljen za valjanje nasipov po plasteh, moči nad 18 KW**  
(Direct industry, 2013)

Naloga valjarja je, da zopet konsolidira razgrnjen material, ki ga je razgrnil buldožer, predstavljen na Sliki 15. Zahtevana moč vibracijskega valjarja je vsaj 18 KW. V eni uri valjar zbijе 29,23 m<sup>3</sup> materiala. Cena strojne ure znaša 4,62 €/h.

#### 6.4.2 I.) Nasip

Na območju, ki je na Sliki 13 označeno z rdečo barvo, je zgrajen protipoplavni nasip, ki varuje mesto Brežice ter naselji Trnje in Mostec pred visoko vodo. Nasip je bil projektiran na povratno dobo 100 let z nadvišanjem 0,40 m in je sposoben zadržati maksimalen pretok 3329 m<sup>3</sup>/s. Ta pretok je bil leta 1981, ko se je gradnja začela, izračunan kot pretok stoletnih vod. V višino objekt meri 2,80 m, širina krone nasipa znaša 4 m in naklon vodne brežine je 1 : 2, naklon zračne brežine pa 1 : 3, ker gre za zemeljski nasip in morajo biti brežine bolj položne. Celotna širina objekta meri 18,4 m, v dolžino pa objekt meri 2948,0 m. Celotni stroški izgradnje 2948 m dolgega odseka nasipa znašajo 651.711,03 €.



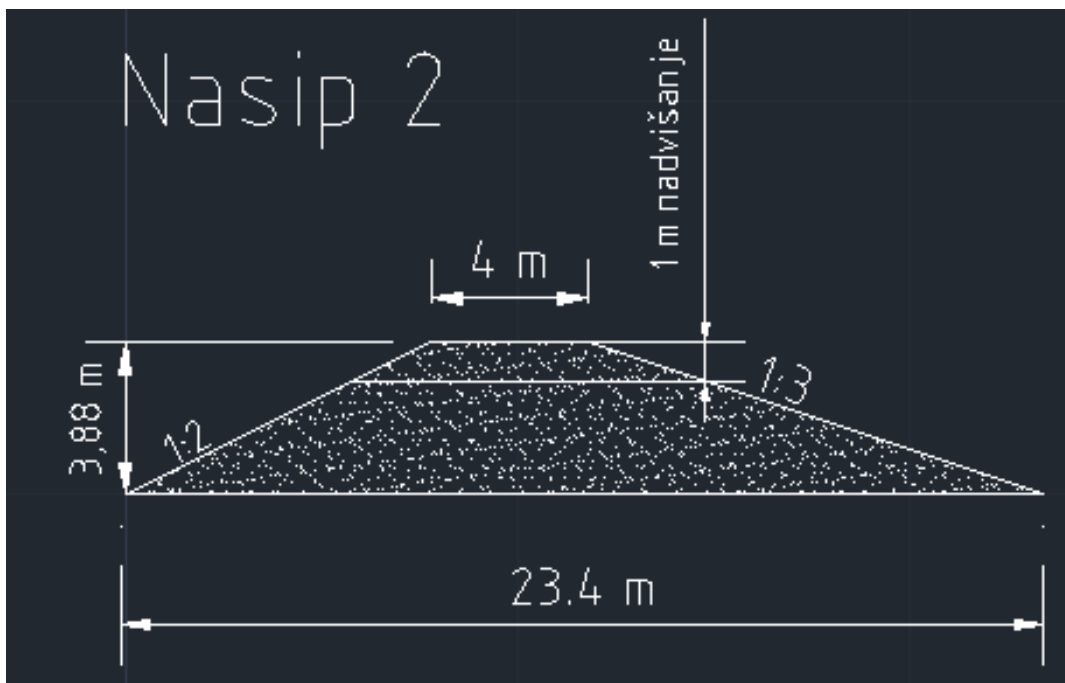
Slika 17: Prečni prerez obravnavanega nasipa 1

**Preglednica 11: Izračun stroškov gradnje I. nasipa, z maksimalnim pretokom 3329 m<sup>3</sup>/s**

Izračun gradnje nasipa za 100 letne visoke vode s maksimalnim pretokom 3329 m <sup>3</sup> /s				
Višina nasipa znaša 2,8m. Izračun velja za celoten odsek				
		enot	cena na enoto	vrednost
Odkup kmetijskih zemljišč za potrebe gradnje nasipa.				
18,4 m x 2948 m=54243,2 m <sup>2</sup>	54243,2 m <sup>2</sup>		1,2 €/m <sup>2</sup>	65.091,84 €
Izkop zemeljskega materiala I.,II. Kategorije.				
54243,2 m <sup>2</sup> x 0,2 m=10848,64 m <sup>3</sup>	10848,6 m <sup>3</sup>		2,35 €/m <sup>3</sup>	25.494,21 €
Strojni izkop materiala iz Save z bagri goseničarji z močjo 75 - 115 KW				
in navadno globinsko žlico 0,8 m <sup>3</sup> .	92449,3 m <sup>3</sup>		2,99 €/m <sup>3</sup>	276.423,41 €
Strojno raztiranje zemljine I.-III. Ktg z buldožerji moči, (kubatura v raščenem stanju). Moči cca 55KW TG - 75				
za količino nad 20 000 m <sup>3</sup> .	92449,3 m <sup>3</sup>		0,76 €/m <sup>3</sup>	70.261,47 €
Valjanje vgrajnega materiala z vibracijskim valarjem z močjo nad				
18 KW debeline 30 cm.	92449,3 m <sup>3</sup>		0,87 €/m <sup>3</sup>	80.430,89 €
Humuziranje brežin z valjanjem in posip s travnim semenom.				
Vodna br: 6,62m x 2948 m=19515,76 m <sup>2</sup>				
Zračna br: 8,4m x 2948 m=24763,2 m <sup>2</sup>				
Krona nasipa: 4m x 2948 m = 11792 m <sup>2</sup>	56070,8 m <sup>2</sup>		2,39 €/m <sup>2</sup>	134.009,21 €
			<b>Skupaj:</b>	<b>651.711,03 €</b>

### 6.4.3 II.) Nasip

Drugi nasip je dimenzioniran za maksimalni pretok  $3694 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ta pretok ima verjetnost pojava 1 %, torej gre za 100-letne vode. Izračunan je za obdobje od leta 2011 pa do 2040. Do leta 1981 se je volumen 100-letnih vod povečal za približno  $370 \text{ m}^3/\text{s}$ . Glavni vzrok za povečanje pretoka so podnebne spremembe in globalno segrevanje. Nasip je visok 3,88 m in je že v tej višini upoštevano varnostno nadvišanje »freebord«, ki znaša 1 m. Cena izgradnje celotnega odseka protipoplavnega zidu, dolgega 2948 m, znaša 1.010.439,38 €. Največji strošek izgradnje predstavlja pridobivanje materiala iz Save, ki ga vgrajujemo v nasip in predstavlja skoraj polovico stroškov. Lokacijo nasipa prikazuje Slika 13. Protipoplavni objekt je zgrajen na območju, označenem z rdečo barvo.



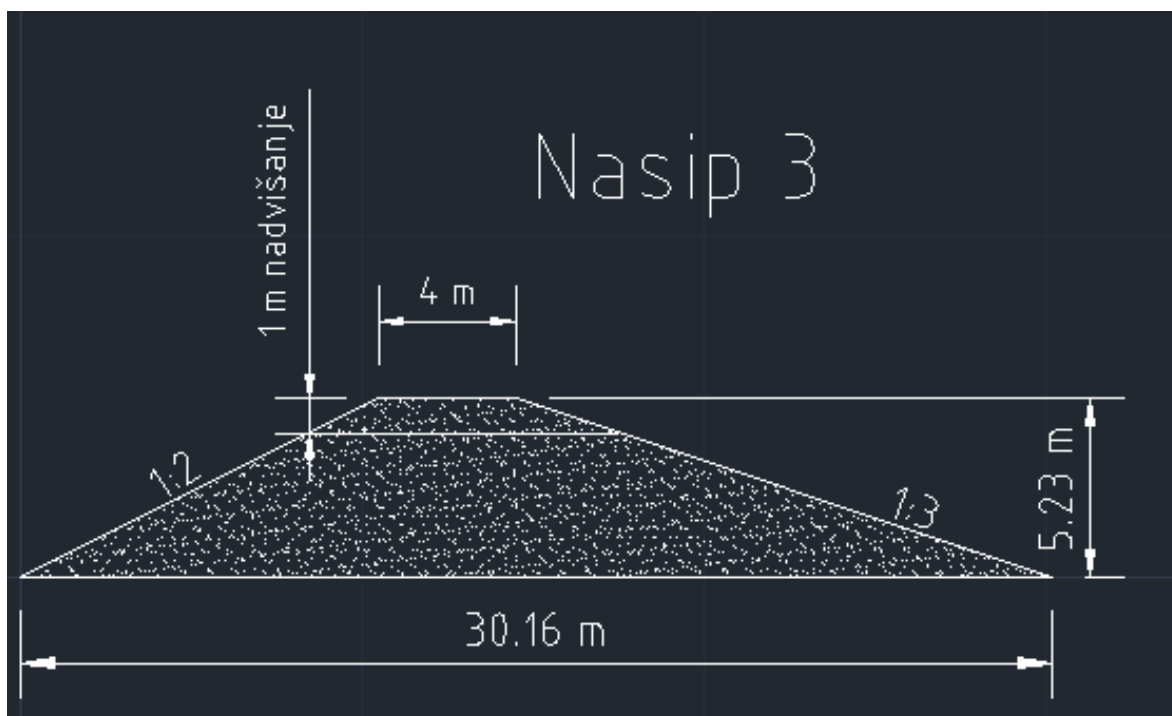
Slika 18: Prečni prerez II. nasipa

**Preglednica 12: Izračun stroškov gradnje II. nasipa z maksimalnim pretokom 3694 m<sup>3</sup>/s**

Izračun gradnje nasipa za 100 letne visoke vode s maksimalnim pretokom 3694m <sup>3</sup> /s			
Višina nasipa znaša 3,88 m. Izračun velja za celoten odsek			
	enot	cena na enoto	vrednost
Odkup kmetijskih zemljišč za potrebe gradnje nasipa.			
23,4m x 2948 m=68983,2 m <sup>2</sup>	68983,2 m <sup>2</sup>	1,2 €/m <sup>2</sup>	82.779,84 €
Izkop zemeljskega materiala I.,II. Kategorije.			
68983,2 m <sup>2</sup> x 0,2 m=13796,64m <sup>3</sup>	13796,64 m <sup>3</sup>	2,35 €/m <sup>3</sup>	32.422,10 €
Strojni izkop materiala iz Save z bagri goseničarji z močjo 75 - 115 KW in navadno globinsko žlico 0,8 m <sup>3</sup> .			
	156715,68 m <sup>3</sup>	2,99 €/m <sup>3</sup>	468.579,88 €
Strojno raztiranje zemljine I.-III. Ktg z buldožerji moči, (kubatura v raščinem stanju). Moči cca 55KW TG - 75 za količino nad 20 000 m <sup>3</sup> .			
	156715,68 m <sup>3</sup>	0,76 €/m <sup>3</sup>	119.103,92 €
Valjanje vgrajnega materiala z vibracijskim valjarjem z močjo nad 18 KW debeline 30 cm.			
	156715,68 m <sup>3</sup>	0,87 €/m <sup>3</sup>	136.342,64 €
Humuziranje brežin z valjanjem in posip s travnim semenom.			
Vodna br: 8,7m x 2948 m=25647,6 m <sup>2</sup>			
Zračna br: 11,6m x 2948 m=34196,8 m <sup>2</sup>			
Krona nasipa: 4m x 2948 m = 11792 m <sup>2</sup>			
	71636,4 m <sup>2</sup>	2,39 €/m <sup>2</sup>	171.211,00 €
<b>Skupaj:</b>			<b>1.010.439,38 €</b>

### 6.4.4 III.) Nasip

Tretji predračun je narejen za nasip, ki je sposoben zadržati maksimalen pretok  $4687 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ta pretok naj bi Sava predvideno dosegla med leti 2071 in 2100, in sicer z 1 % verjetnostjo pojava. Torej je nasip dimenzioniran za 100-letno poplavno dobo. V višino meri nasip 5,23 m. V to višino je že všteto nadvišanje, ki znaša 1 m. V sam nasip se bo vgradilo  $263344,84 \text{ m}^3$  materiala iz Save, kar tudi predstavlja največji strošek gradnje nasipa. Stoletni pretok naj bi se v naslednjih 60 letih povečal za kar  $987 \text{ m}^3/\text{s}$ , to povečanje je 26,5 %. Vzrok za to so predvidene podnebne spremembe in globalno segrevanje. Cena gradnje protipoplavnega nasipa v teh dimenzijah znaša 1.583.623,43 €. Lokacijo nasipa prikazuje Slika 13. Protipoplavni objekt je zgrajen na območju, označenem z rdečo barvo.



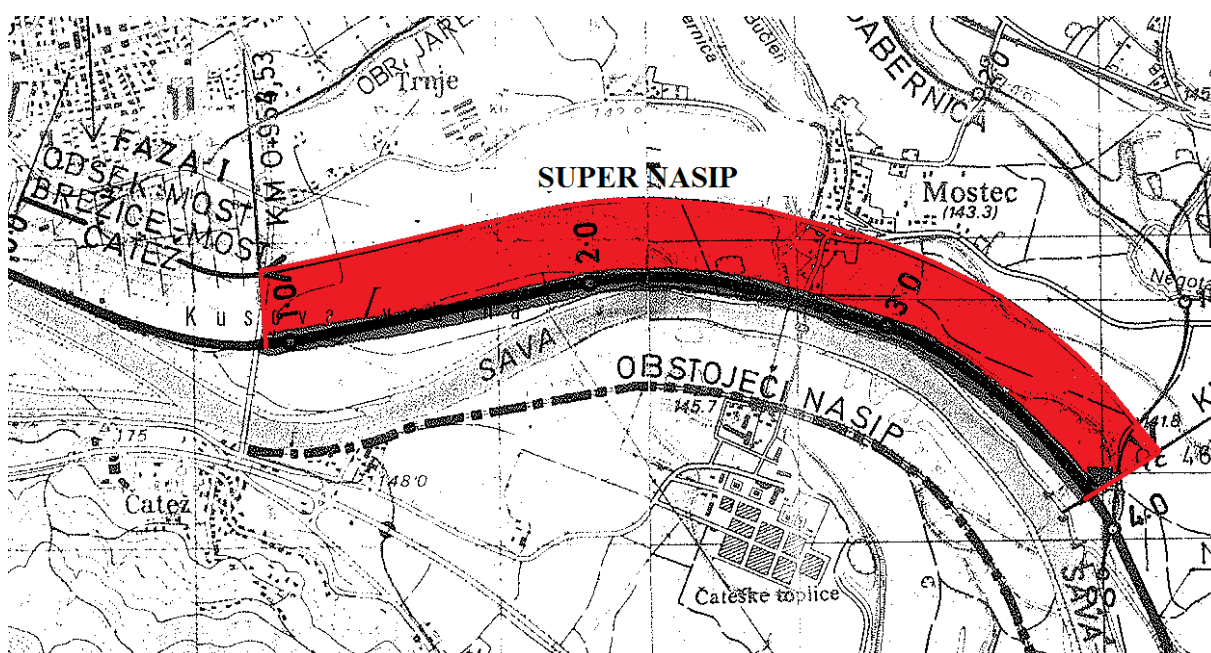
Slika 19: Prečni prerez III. nasipa

**Preglednica 13: Izračun stroškov gradnje III. nasipa z maksimalnim pretokom 4687 m<sup>3</sup>/s**

Izračun gradnje nasipa za 100 letne visoke vode s maksimalnim pretokom 4687 m <sup>3</sup> /s			
Višina nasipa znaša 5,23 m. Izračun velja za celoten odsek			
	enot	cena na enoto	vrednost
Odkup kmetijskih zemljišč za potrebe gradnje nasipa.			
30,16 m x 2948 m=88911,68 m <sup>2</sup>	88911,68 m <sup>2</sup>	1,2 €/m <sup>2</sup>	106.694,02 €
Izkop zemeljskega materiala I.,II. Kategorije.			
88911,68 m <sup>2</sup> x 0,2 m=17782,33m <sup>3</sup>	17782,33 m <sup>3</sup>	2,35 €/m <sup>3</sup>	41.788,48 €
Strojni izkop materiala iz Save z bagri goseničarji z močjo 75 - 115 KW in navadno globinsko žlico 0,8 m <sup>3</sup> .			
	263344,8 m <sup>3</sup>	2,99 €/m <sup>3</sup>	787.401,07 €
Strojno raztiranje zemljine I.-III. Ktg z buldožerji moči, (kubatura v raščenenem stanju). Moči cca 55KW TG - 75 za količino nad 20 000 m <sup>3</sup> .			
	263344,8 m <sup>3</sup>	0,76 €/m <sup>3</sup>	200.142,08 €
Valjanje vgrajnega materiala z vibracijskim valjarjem z močjo nad 18 KW debeline 30 cm.			
	263344,8 m <sup>3</sup>	0,87 €/m <sup>3</sup>	229.110,01 €
Humuziranje brežin z valjanjem in posip s travnim semenom.			
Vodna br: 10,5m x 2948 m=30954 m <sup>2</sup>			
Zračna br: 16,51m x 2948 m=48671,48 m <sup>2</sup>			
Krona nasipa: 4m x 2948 m = 11792 m <sup>2</sup>			
	91417,48 m <sup>2</sup>	2,39 €/m <sup>2</sup>	218.487,78 €
		<b>Skupaj:</b>	<b>1.583.623,43 €</b>

### 6.4.5 Super nasip

Na območju, ki je prikazano na Sliki 20, se bo zgradil super nasip. Nasip bo imel funkcijo protipoplavnega objekta, ki bo ščitil zaledna naselja Brežice, Trnje in Mostec pred poplavami. Super nasip je dimenzioniran na maksimalen pretok  $6000 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar pomeni, da je pri zdajšnjih pretokih Save super nasip sposoben zadržati deset tisočletni dogodek. Verjetnost pojava dogodka v enem letu je 0,01 %. Ker bi bil nasip namenjen urbanizaciji in širitvi bližnjih mest, je nujno potrebno, da je nasip sposoben zadržati večje poplavne dogodke kot so klasični nasipi.



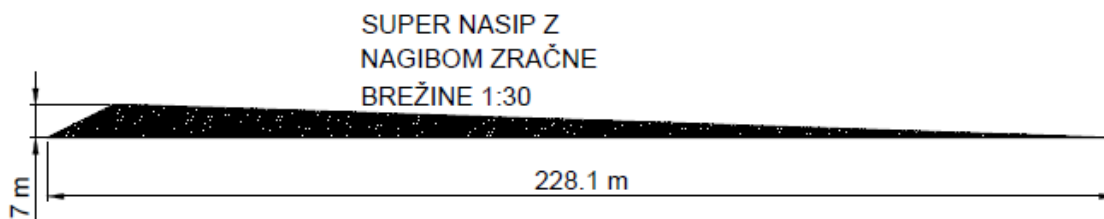
Slika 20: Območje super nasipa. Območje je obarvano z rdečo barvo

Super nasip ima nagib vodne brežine v razmerju 1 : 2, nagib zračne brežine pa 1 : 30. V višino meri 7,05 m. V to višino je tudi upoštevano varnostno nadvišanje »freebord«, ki znaša 1 m. Za izgradnjo tega nasipa je treba odkupiti neprimerno več zemljišč, saj zračna brežina meri kar 210,1 m. Za nasutje tega objekta potrebujemo velike količine materiala, ki jih bomo dobili iz reke Save, in sicer potrebujemo  $2.394.365,6 \text{ m}^3$ .



**Preglednica 14: Izračun stroškov gradnje super nasipa z maksimalnim pretokom 6000 m<sup>3</sup>/s**

Izračun gradnje super nasipa za 10000 letne visoke vode z maksimalnim pretokom 6000 m <sup>3</sup> /s. Višina nasipa znaša 7 m. Izračun velja za celoten odsek			
	enot	cena na enoto	vrednost
<b>Odkup kmetijskih zemljišč za potrebe gradnje nasipa.</b>			
228 m x 2948 m=672144 m <sup>2</sup>	672144 m <sup>2</sup>	1,2 €/m <sup>2</sup>	806.572,80 €
<b>Izkop zemeljskega materiala I.,II. Kategorije.</b>			
672144 m <sup>2</sup> x 0,2 m=134428,8 m <sup>3</sup>	134428,8 m <sup>3</sup>	2,35 €/m <sup>3</sup>	315.907,68 €
<b>Strojni izkop materiala iz Save z bagri goseničarji z močjo 75 - 115 KW in navadno globinsko žlico 0,8 m<sup>3</sup>.</b>			
2394365,6 m <sup>3</sup>	2394365,6 m <sup>3</sup>	2,99 €/m <sup>3</sup>	7.159.153,14 €
<b>Strojno raztiranje zemljine I.-III. Ktg z buldožerji moči, (kubatura v raščenem stanju). Moči cca 55KW TG - 75 za količino nad 20 000 m<sup>3</sup>.</b>			
2394365,6 m <sup>3</sup>	2394365,6 m <sup>3</sup>	0,76 €/m <sup>3</sup>	1.819.717,86 €
<b>Valjanje vgrajnega materiala z vibracijskim valjarjem z močjo nad 18 KW debeline 30 cm.</b>			
2394365,6 m <sup>3</sup>	2394365,6 m <sup>3</sup>	0,87 €/m <sup>3</sup>	2.083.098,07 €
<b>Humuziranje brežin z valjanjem in posip s travnim semenom.</b>			
Vodna br: 15,6m x 2948 m=45988,8 m <sup>2</sup>			
Zračna br: 210,1m x 2948 m=619374,8 m <sup>2</sup>			
Krona nasipa: 4m x 2948 m = 11792 m <sup>2</sup>			
	677155,6 m <sup>2</sup>	2,39 €/m <sup>2</sup>	1.618.401,88 €
<b>Skupaj:</b>			<b>13.802.851,44 €</b>



**Slika 21: Prečni prerez obravnavanega super nasipa**

Kot smo predvidevali, je gradnja tega protipoplavnega objekta zelo draga, saj cena za izgradnjo celotnega odseka znaša kar 13.802.851,44 €. V primerjavi s klasičnim nasipom, ki lahko zadrži 4687 m<sup>3</sup>/s in je opisan v prejšnjem primeru, je izgradnja super nasipa približno 10x dražja. Ekonomska upravičenost in smiselnost gradnje takšnega nasipa je samo v primeru, če je nasip vključen v širši urbanistični načrt širitve mesta Brežice ali okoliških naselij.

Z gradnjo takšnega super nasipa pridobimo na zračni brežini 619.374,8 m<sup>2</sup> zazidljivega zemljišča. Ta zemljišča se uvrščajo med najkakovostnejša, saj prebivalcem nudijo lep pogled na vodotok, omogočajo lahek dostop do reke in hkrati nudijo izjemno visoko varnost pred visokimi vodami. Ravno v prodaji teh prvoklasnih zemljišč lahko ekonomsko upravičimo izgradnjo takšnega velikega objekta. Na zračni brežini nasipa pridobimo 619.374,8 m<sup>2</sup> potencialno zazidljivega območja, predpostavimo, da je 75 % celotne površine namenjenih gradnji novega naselja, ostalih 25 % pa je namenjenih površinam, ki so potrebne za nastanek novih naselij (cestam, parkom ...).

**Preglednica 15: Izračun neto zazidljive površine na zračni strani brežine**

Neto zazidljiva površina
619.374,8 m <sup>2</sup> x 75 % = 464531,1 m <sup>2</sup>

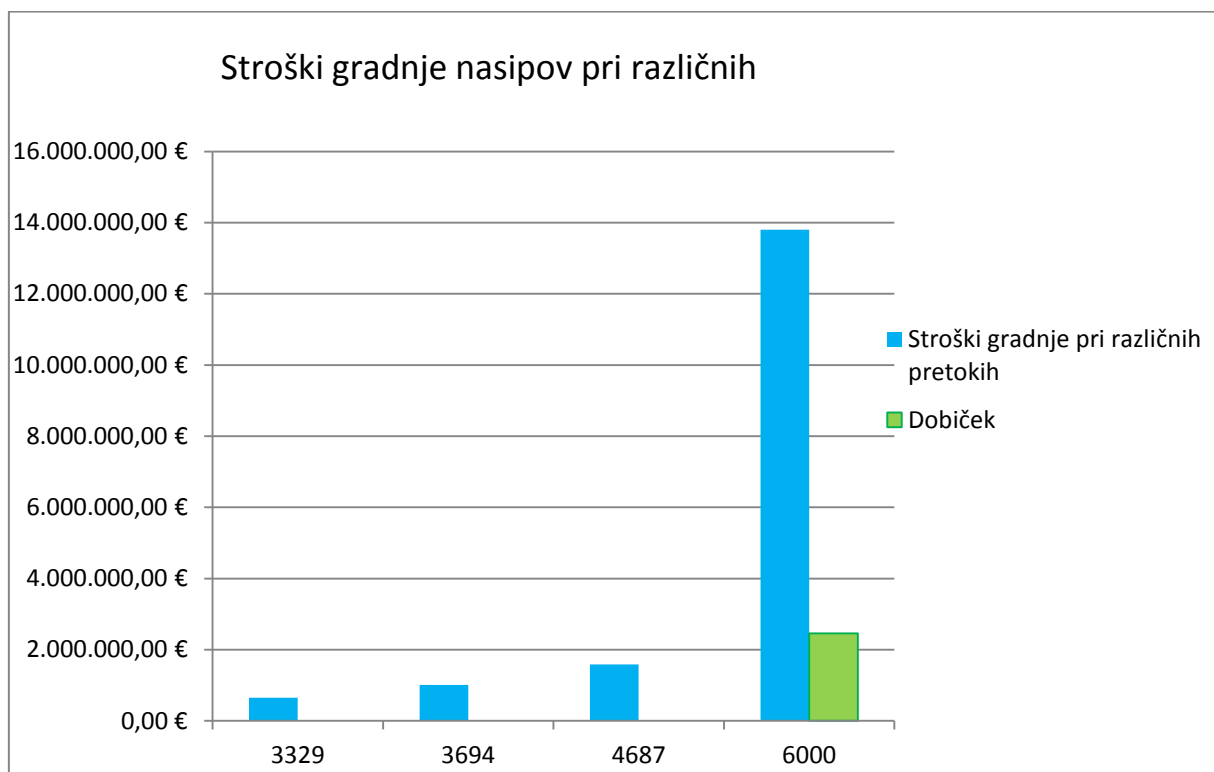
Prodamo lahko 464.531,1 m<sup>2</sup> zelo kakovostnega zazidljivega ozemlja. Na trgu se gibljejo cene zazidljivih parcel v občini Brežice med 25 €/m<sup>2</sup> in 85 €/m<sup>2</sup>. Zaradi trenutne gospodarske situacije v Sloveniji bi prodajali zemljišča na super nasipu po ceni 35 €/m<sup>2</sup>, kar je zelo korektna cena, saj gre za izjemno kvalitetna zemljišča s pogledom na Savo in lahkim dostopom do reke, hkrati pa se novo naselje nahaja na izredno poplavno varnem območju.

Na Sliki 20 lahko vidimo zračno brežino super nasipa, ki bo uporabljena za širitev okoliških naselij in predvsem mesta Brežice. Kot omenjeno, se bo kvadratni meter zemljišča prodajal po 35 €/m<sup>2</sup>.

**Preglednica 16: Izračun prihodka pri prodaji stavbnega zemljišča na zračni brežini super nasipa**

Prihodek od prodaje zemljišč
$464.531,1 \text{ m}^2 \times 35 \text{ €/m}^2 = 16.258.588,5 \text{ €}$
$16.258.588,5 \text{ €} - 13.802.851,44 \text{ €} = 2.455.737,06 \text{ €}$

Če prodamo vseh 464.531,1 m<sup>2</sup> po ceni 35 €/m<sup>2</sup>, pokrijemo celotne stroške izgradnje protipoplavnega objekta super nasipa in tudi zaslužimo 2.455.737,06 €. Samo v tem primeru je iz ekonomskega vidika smiselno graditi super nasip. V primeru, da zračne brežine super nasipa ne uporabimo za širitev urbanizacije, so stroški preprosto previsoki, če primerjamo ceno izgradnje super nasipa s klasičnim nasipom.



**Grafikon 7: Gibanje stroškov v odvisnosti od pretokov reke Save**

Iz Grafikona 7 lahko razberemo, kako se višajo stroški gradnje nasipov, če dimenzioniramo protipoplavni objekt na večji maksimalni pretok. Prve tri točke na grafu predstavljajo klasične zemeljske nasipe, in sicer za pretoke 3329 m<sup>3</sup>/s, 3694 m<sup>3</sup>/s in 4687 m<sup>3</sup>/s. Za te tri pretoke je gibanje cene sprejemljivo in bi se morali v primeru gradnje nasipa odločiti za nekoliko višji nasip, ker prinaša večjo varnost ob relativno majhnem dvigu stroškov. Pri super nasipu pa je zgodba popolnoma drugačna, saj se pri povečanju pretoka za 1313 m<sup>3</sup>/s stroški povečajo za kar 12.219.228,01 €. Vzrok

temu je vgradnja neprimerno večje količine materiala zaradi položne zračne brežine. Gradnja super nasipa je smotrna le v primeru, če namenimo zračno brežino urbanizaciji. Grafikon 7 prikazuje, da je super nasip edini nasip, ki prinese investitorju dobiček ob opravljanju primarne funkcije in to je seveda varovanje zalednih območij pred visokimi vodami.

## 7 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem skušal prikazati gibanje cen nekaterih pomembnih predračunskih postavk od leta 1950 dalje. Primerjanje cen gradbenih del še pred ali med drugo svetovno vojno ni bilo izvedljivo, saj Banka Slovenije hrani tečajne liste za pretvorbo valut le od leta 1947 naprej. Vsi stroški gradbenih del so preračunani na dan 1. 1. 2013. Postopek pretvarjanja valut je bil sledeč: valutne tečaje dinarjev sem najprej po pridobljenih tečajnicah Banke Slovenije spremenil v vrednost ameriškega dolarja tistega leta. V naslednjem koraku sem upošteval inflacijo in preračunal vrednost dolarja na dan 1. 1. 2013. V zadnjem koraku je sledila le še pretvorba ameriških dolarjev v evre. Vsi grafi analize cen imajo nekatere skupne značilnosti. Iz prvih dveh predračunov iz leta 1950 in 1963 je bilo pričakovano, da bodo cene gradbenih del mnogo višje kot cene izvedenih del v kasnejših obdobjih. Vzroki za potrditev te domneve so slaba opremljenost gradbišč z mehanizacijo, veliko dela je moralo biti opravljenega ročno in sama razpoložljivost materialov je bila zelo omejena.

Druga skupna lastnost grafov pri analizi cen predračunskih postavk je leto 1989. V tem obdobju sem obravnaval projekt savski nasip Brežice–Sotla od kilometra 3,891 do 4,906. kilometra. Izdelovalec projekta je bil Vodogospodarski inštitut iz Ljubljane, izvajalec del pa je bilo podjetje VGP, d. d., Novo mesto. Pri vseh grafih je v tem obdobju zaznati ogromen padec cen izvedenih del. Glavni vzrok za takšen padec cen je inflacija. V takratni državi se je takrat pojavila huda notranjepolitična kriza, ki je vodila do hiperinflacije in do denominacije dinarja. Leta 1989 je bilo treba za en dolar odšteti kar 28.851,7790 dinarjev. Vrednost denarja se je drastično spreminjala dnevno, kar je poglaviti vzrok tako nizkim cenam.

Tretja skupna značilnost grafov pri analizi cen gradbenih del je obdobje od leta 1998 do leta 2013. V tem obdobju so se cene gradbenih del umirile in ni bilo zaznati večjega nihanja. Cene so se gibale prosto po trgu po pravilu ponudba – povpraševanje, zato je tudi zaznati rahel dvig cen pri projektu iz leta 2005, ko ni bilo še čutiti krize v gospodarstvu in gradbeništvu, in rahel padec cen leta 2013.

Zelo zanimiva je bila tudi primerjava stroškov pri gradnji super nasipov s klasičnimi nasipi. Gradnja protipoplavnih nasipov je tehnično preprost in relativno poceni postopek, saj največkrat za protipoplavne namene gradimo homogene zemeljske nasipe. V večini primerov vgrajujemo okoliški material, če seveda ustreza zahtevanim standardom, in ga zbijamo po plasteh. Problem klasičnih nasipov je, ker zavzemajo ogromno prostora in so zato večinoma neprimerni za gradnjo v mestih.

Japonci so zaradi problemov z visokimi vodami, potresi in cunami razvili super nasipe. Super nasipi so iz vodne strani zelo podobni klasičnim nasipom, vendar bistvena razlika leži na zračni brežini super nasipa in višini objekta, ki je dimenzioniran na 10.000-letne vode ali celo za večje dogodke. Super

nasipi imajo veliko prednost pred klasičnimi nasipi tudi v tem, da niso podvrženi pronicanju vode, ne skozi nasip in ne tudi izpod temelja nasipa, v primeru, da pride do preplavitve krone nasipa, odigra svojo vlogo položna zračna brežina, po kateri voda počasi odteče. Celo potresi povzročijo bistveno manj škode, kot je povzročijo na klasičnih nasipih. Zračna brežina ima izredno položen nagib, lahko celo do razmerja 1 : 50. Za izdelavo super nasipa je treba vgraditi izredno velike količine materiala, da dvignemo teren in dobimo to položno brežino. Ravno tu se pojavi vprašanje po ekonomski upravičenosti gradnje takega objekta.

Po izračunih, ki sem jih opravil v prejšnjem poglavju, je gradnja takšnega nasipa izredno zanimiva iz vidika investitorja. Zračna brežina super nasipa se mora nameniti in vključiti v prostorske načrte širitve mest. Ta brežina predstavlja za poselitev najboljšo lokacijo, saj ima z odlično sonaravno ureditvijo in odprtim pogledom na vodotok vse lastnosti najkvalitetnejših stavbnih zemljišč. Iz perspektive investitorja je ta protipoplavni objekt edini, ki poleg izjemne varnosti omogoča še zaslužek s prodajo stavbnih zemljišč. V primeru super nasipa, ki sem ga obdelal v prejšnjem poglavju, sem dimenzioniral protipoplavni objekt na kar 10.000-letni dogodek, ki zagotavlja izredno poplavno varnost za populacijo in kljub temu je znašal dobiček od prodaje stavbnega zemljišča kar 2.455.737,06 €. Predpostavil sem, da je neto zazidljive površine 75 % celotne zračne brežine. Prodajno ceno kvadratnega metra stavbnega zemljišča sem postavil na 35 €/m<sup>2</sup>, kar predstavlja izjemno korektno ceno, saj se cena nepremičnin v občini Brežice giba nekje med 25 €/m<sup>2</sup> in 85 €/m<sup>2</sup>.

Velika prednost pri gradnji tega tipa nasipa je, da lahko zračno brežino v teh dimenzijah gradimo tudi po etapah in se lahko prilagajamo potrebam na trgu z nepremičninami. Verjamem, da se bo gradnja super nasipov iz Japonske v prihodnosti razširila globalno po svetu, ker predstavljajo odlično rešitev za poplavno varnost, zopet približujejo življenje k reki, dvigujejo kvaliteto okolja za življenje in delo ter hkrati omogočajo potencialnim investitorjem možnost po dobrem zaslužku. Seveda pa odločilno vlogo pri tem igra količina okoliškega materiala, ki ga imamo na voljo za vgradnjo.

## VIRI

Agriculture and environmental affairs. 2013.

<http://www.kzndae.gov.za/> (Pridobljeno 15. 8. 2013.)

Božnik, E. 1950. Izdelava idejnega projekta HE Kobarid. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba E. Božnik): 112 f.

Brilly, M., Mikoš, M., Šraj, M. 1999. Vodne ujme – varstvo pred poplavami, erozijo in plazovi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 186 str.

Brilly, M., Rusjan, S., Schnabl, S., Di Baldassarre, G., Mukolwe, M. 2012. 2012-Kulturisk\_D-4-4\_internal. UNESCO-IHE Institute for Water Education: 43 str.

Brilly, M. 2011. Nadvišanja nasipov po različnih državah sveta. Osebna komunikacija. (2. 10. 2013.)

Department of civil engineering. 2013.

[http://www.ce.memphis.edu/1101/notes/concrete/section\\_2\\_history.html](http://www.ce.memphis.edu/1101/notes/concrete/section_2_history.html) (Pridobljeno 10. 9. 2013.)

Direct industry. 2013.

<http://www.directindustry.com/prod/shandong-shantui-construction-machinery-imp-exp-co/articulated-combination-rollers-57420-612522.html>. (Pridobljeno 15. 8. 2013.)

Eposavje. 2013.

<http://www.eposavje.com/galerija/albums/ostalo/2009-12-26-Poplave-3/DSCF1754.jpg> (Pridobljeno 7. 8. 2013.)

FEMA. 2009. Homeowner's Guide to Retrofitting; Six Ways to Protect Your Home From Flooding.

[http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1441-20490\\_0966/01\\_fema\\_p312\\_cvr\\_toc.pdf](http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1441-20490_0966/01_fema_p312_cvr_toc.pdf)  
(Pridobljeno 15. 10. 2013.)

Glažuta. 2013. Popravilo sonaravne regulacije. VGP d.d. Osebna komunikacija. (7. 9. 2013.)

Grabič, I. 2013. Cenitev gradbenih del. Osebna komunikacija. (15. 9. 2013.)

Gradimo. 2013.

[http://www.gradimo.com/gradnja/gradbeni-materiali/konstrukcija/beton\\_2](http://www.gradimo.com/gradnja/gradbeni-materiali/konstrukcija/beton_2) (Pridobljeno 15. 8. 2013.)

Gregorypoole. 2013.

[http://www.gregorypoole.com/construction/\\_ProductServicesUsedEquipment/1/TRACKTYPETRAC TORS/1908979D5KXLWWW00494.aspx](http://www.gregorypoole.com/construction/_ProductServicesUsedEquipment/1/TRACKTYPETRAC TORS/1908979D5KXLWWW00494.aspx). (Pridobljeno 15. 8. 2013.)

Hansen, K. D., Schrader, E., Cope, J. L., et al. 1999. Roller – Compacted Mass Concrete. State of the Art on Concrete: 47 str.

Idejni projekt HE Blanca. 2005. Ljubljana.

Mikoš, M., Krajnc, A., Matičič, B., Müller, J., Rakovec, J., Roš, M., Brilly, M. 2002. Hidrološko izrazje = Terminology in hydrology. Acta hydrotechnica 20, 32: 325 str.

[ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a32\\_1.pdf](ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a32_1.pdf) (Pridobljeno 24. 6. 2013.)

New earthmovers. 2013.

<http://www.newearthmovers.com.au/reviews/2013/8/newearthmovers-buyers-guide-august-2013-issue-out-now/>. (Pridobljeno 9. 10. 2013.)

Nonveiller, E. 1983. Nasute brane. Projektiranje i građenje. Zagreb, Udžbenici sveučilišta u Zagrebu, Fakulteta građevinskih znanosti: 359 str.

Petry, B. 2002. Coping with floods: complementarity of structural and non-structural measures. Flood Defence: 11 str.

<http://www.cws.net.cn/cwsnet/meeting-fanghong/v10106.pdf> (Pridobljeno 14. 8. 2013.)

PGD. Nasip Čatež–Podgračeno; sanacija obstoječega obrambnega zidu. 1998. Ljubljana.

PGD. Savski nasip Brežice – Nova Gabernica; odsek most Čatež – Nova Gabernica. 1981. Ljubljana.

PGD. Savski nasip Brežice – Sotla I. faza; ureditev levobrežnih pritokov Save. 1989. Ljubljana.

PGD. Savski nasip Čatež-Podgračeno. 1963. Novo mesto.

Reichler engineering. 2009.

<http://www.reichler.net/images/ELK1.JPG> (Pridobljeno 16. 9. 2013.)

Richard, C. E. 2009. Floodwalls and flood embankments. FDG2 9: 29 p.

Russel, W. B. 1997. Sealing a leaking earth dam.

[http://agriculture.kzntl.gov.za/publications/production\\_guidelines/conservation\\_farm/cons\\_farm\\_3.4.htm](http://agriculture.kzntl.gov.za/publications/production_guidelines/conservation_farm/cons_farm_3.4.htm) (Pridobljeno 3. 8. 2013.)



Sever, D. 2013. Pogovor o ceni gradbenih del. Osebna komunikacija. (Pridobljeno 4. 9. 2013.)

Slana, D. 2009. Opaževanje in podporne konstrukcije. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba D. Slana): 214 f.

Slonep. 2013.

<http://www.slonep.net/gradnja/gradbeni-materiali/jeklo> (Pridobljeno 17. 9. 2013.)

Steinman, F., Banovec, P. 2004. Hidrotehnika: vodne zgradbe 1. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 117 str.

Superleavesbook. 2007.

<http://www.curnet.nl/upload/documents/klimaatdijk/superleavesbook.pdf> (Pridobljeno 11. 9. 2013.)

Šimic, J. 2006. Uporaba valjanih betonov za nasipe. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba J. Šimic): 87 f.

Trbojević, B. 1975. Građevinske mašine. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Građevinska knjiga: 285 str.

Žarnić, R. 2003. Lastnosti gradiv. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij: 110 str.

Železokrivstvo Rakanovič. 2013.

<http://www.rakan.si/index.php?id=armatura> (Pridobljeno 15. 8. 2013.)

Ta stran je namenoma prazna

PRILOGA A: Projekt, uporabljen pri analizi cen iz leta 1963

*Elaborat*

Volna skaknost Dolenjske  
(izvajalec del)

Novo mesto  
(kraj)

**Končna Situacija**

del, izvršenih do konca meseca oktobra 1963

na gradbenem objektu (ime in označba naslovnega seznama) Savski nasip Čatež-Podgrašeno

Kraj, kjer izvajajo dela Moščanska vrbina

Številka partije finansiranja Republiški proračun za vodno gospodar. v letu 1963 partija 12-125

Številka tekočega računa izvajalca ND Novo mesto 606-11-1-502

Opomba:

Izjava investitorja oziroma njegovega nadzornega organa:

Potrujemo, da so dela, izkazana v tej situaciji, resnična v navedenih količinah, da so vrste in količine del vnesene na podlagi podatkov iz gradbene knjige, da posamezne cene ustrezajo cenam iz predračuna, kakor tudi, da izvršena dela ustrezajo pogojem iz pogodbe.

Nadzorni organ:

Ing. Karl Puppis

*Karl Puppis*

31.10.1963

(datum)

Direktor:

Mišič Drago

dipl. inž. ing.

(izvajalec)

*Kolmanič, Mamič, Mišič, Drago*

*Dr. f. Laž*

*f. Laž*

*Mišič Drago*

## PRILOGA B: Projekt, uporabljen pri analizi cen iz leta 1981

**834 3**

NAROČNIK: OBMOČNA VODNA SKUPNOST NOVO MESTO

IZDELOVALEC: VODNOGOSPODARSKI INŠTITUT, p.o.  
ŠTUDIJSKI ODDELEK - LJUBLJANA

ŠIFRA: C - 349/a

NASIPI BREŽICE-SOTLA, I. FAZA

**SAVSKI NASIP**

**BREŽICE - NOVA GABERNICA**


ODSEK MOST ČATEŽ - NOVA GABERNICA

km 0+943,53 do km 3+891,84

PROJEKT ZA PRIDOBITEV GRADBENEGA DOVOLJENJA

Odgovorni projektant: Viktor Pirc, dipl.gr.ing. *Pirc*

Vodja študijskega oddelka: Miloš Gnus, dipl.gr.ing. *Gnus*

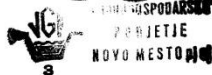


Ljubljana, december 1981

**3**

PRILOGA C: Projekt, uporabljen pri analizi cen iz leta 1989

834,12



NAROČNIK: VODNOGOSPODARSKO PODJETJE NOVO MESTO

IZDELOVALEC: VODNOGOSPODARSKI INŠTITUT, LJUBLJANA

Hajdrihova 28

VODNOGOSPODARSKI ODDELEK

ŠIFRA PROJ.: C-699/B



št. 357-01/89-329 26.12.89  
z dne

*Ustropski*

SAVSKI NASIP BREŽICE - SOTLA

I. FAZA

UREDITEV LEVOBREŽNIH  
PRITOKOV SAVE

NASIP IN JAREK OB NASIPU od km 3'891 84 do km 4'906

ZAČASNI IZLIV JARKA od km 0'000 do km 0'467 56

PGD, PZI

Odgovorni projektant:  
Viktor Pirc, dipl.ing.



Vodja vodnogospodarskega oddelka:  
Igor Kovačič, dipl.ing.

Ljubljana, februar 1989

6

## PRILOGA D: Projekt, uporabljen pri analizi cen iz leta 1998

<b>1239.11</b>	<b>Vodnogospodarski inštitut</b> družba za gospodarjenje z vodami, d.o.o. <i>Vodnogospodarski oddelek, Hajdrihova 28, Ljubljana</i>
----------------	---

INVESTITOR: **MOP Ljubljana**  
URSVN Ljubljana  
Izpostava Novo mesto

IZDELOVALEC: **VODNOGOSPODARSKI INŠTITUT,**  
**družba za gospodarjenje z vodami, d.o.o.**  
Vodnogospodarski oddelek,  
1111 Ljubljana, Hajdrihova 28

ŠTEVILKA: C-47/2

**NASIP ČATEŽ - PODGRAČENO**

**SANACIJA OBSTOJEČEGA OBRAMBNEGA**  
**ZIDU**

**PGD in PZI**

ODG. VODJA NALOGE: *Šškovec*  
mag. Sonja ŠIŠKO-NOVAK, dipl.ing.gr.

VODJA VGO: *[Signature]*  
Igor KOVAČIČ, dipl.ing.gr.

LJUBLJANA, marec 1998

PRILOGA E: Projekt, uporabljen pri analizi cen iz leta 2005

3.1

Stran/strani: 1/2

Vrsta načrta: **3 NAČRT GRADBENIH KONSTRUKCIJ**

Del načrta: **3/7 Bazen - vodnogospodarske ureditve**

Investitor: **Holding Slovenske elektrarne d.o.o.  
Koprška ulica 92, 1000 Ljubljana**

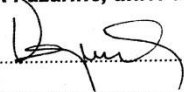
Objekt: **HE BLANCA**

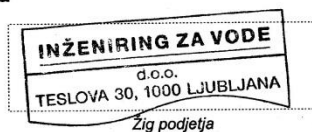
Vrsta dokumentacije: **Idejni projekt**

Za gradnjo: **NOVA GRADNJA**

Projektant: **Inženiring za vode d.o.o.  
Teslova ulica 30, 1000 Ljubljana**

Glavni direktor:  
*J* **mag. Rok Fazarinc, univ. dipl. inž. grad.**

Podpis: 



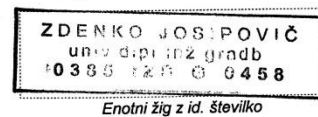
Odgovorni projektant:  
**mag. Sonja Šiško-Novak, univ. dipl. inž. grad.**

Podpis: *ššlovak*



Odgovorni vodja projekta:  
**Zdenko Josipovič, univ. dipl. inž. grad.**

Podpis: 



Številka projekta:  
**IBBL-A200/018A**

Številka načrta:  
**IVBL---3G/01A**

Številka mape:  
**IVBL---3G/M03A**

Številka izvoda:

**18**

Ljubljana, februar 2005

© IBE d.d.

Vse avtorske pravice, ki niso s pogodbo izrecno prenesene na naročnika, so pridržane.

Datoteka: IVBL-3G/07.doc  
Objekt: HE BLANCA

Int. št.: IBE-IS-101  
Datum: Februar 2005







PRILOGA G: Cene gradbenih del za izračun stroškov gradnje nasipov in super nasipa, pridobljene pri podjetju VGP d.d. Novo mesto.

Označba norme	Opis postavke	Mer. enota	količina	Za enoto		Za celoto	
				Material	OD	Material	OD
	Strojni izkop zemlje z odmetom v dosegu ročice bagra z bagri goseničarji z močjo 75 - 115 KW in navadno globinsko žlico 0,8 m3 strojno čiščenje naplavin iz vodotokov in jarkov	m3					
	Bager goseničar 0,8 m3 RD 800	ura	0,092	32,47		2,99	
						2,99	
					Faktor OD	1,00	2,99
					<b>PC</b>		<b>2,99</b>
	Strojno razstiranje zemlje I-III. ktg z buldožerji, (kubatura v raščenem stanju), moči cca 55 KW TG - 75 na razdaljo 30 m, v mokrem, za količino nad 20 000 m3	m3					
	Buldožer goseničar 55 KW TG - 75	ura	0,036	21,11		0,76	
						0,76	
					Faktor OD	1,00	0,76
					<b>PC</b>		<b>0,76</b>
	Valjanje tamponske podlage z vibracijskim valjarjem z močjo nad 18 KW debeline 30 cm	m3					
	Valjar vibr. nad 18 KW	ura	0,018	29,23		0,53	
	PK	ura	0,036		9,51		0,34
						0,53	0,34
					Faktor OD	1,00	0,53
					<b>PC</b>		<b>0,87</b>
					<b>PC</b>		<b>4,62</b>
	Humuziranje in zatravitev	m2			<b>PC</b>		<b>2,39</b>