

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Vodarstvo in  
komunalno inženirstvo

Kandidat:

**Aleš Kelhar**

# **Benchmarking metoda pri komunalnih čistilnih napravah**

**Diplomska naloga št.: 86**

**Mentor:**

izr. prof. dr. Jože Panjan

**Somentor:**

doc. dr. Polona Domadenik

Ljubljana, 3. 7. 2007

## **POPRAVKI**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **ALEŠ KELHAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
**BENCHMARKING METODA PRI KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAVAH.**

Ljubljana, april 2007

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

- UDK:** 005.1:628,32:628.4(043,2)
- Avtor:** Aleš Kelhar
- Mentor:** izr. Prof. dr. Jože Panjan
- Somentorica:** doc. dr. Polona Domadenik, Ekonomska fak. Univerze v Ljubljani
- Naslov:** Benchmarking metoda pri komunalnih čistilnih napravah
- Obseg in oprema:** 114 str., 19 pregl., 41 sl.
- Ključne besede:** benchmarking, komunalna čistilna naprava, stroški, primerjalne vrednosti, rezultati

### **Izvleček**

V diplomski nalogi opisujem benchmarking metodo kot manegersko orodje s teoretičnega in stvarnega vidika. Hkrati s teoretično preučitvijo avstrijskega primera, je sistematično prikazano konkretno uvajanje benchmarkinga na celjski in kostanjeviški komunalni čistilni napravi. Pri tem so tekle preiskave v smeri investijskih stroškov in obratovanja čistilnih naprav. Da bi se lahko izluščilo reprezentativne indikatorje, je bilo potrebno povezati stroške z relevantnimi primerjalnimi vrednostmi. Za primerjavo čistilnih naprav za odpadne vode je bil razvit novi procesni model, ki dovoljuje medsebojno primerjavo naprav z različnimi postopki in načini obratovanja. Pregledani so bili štiri procesi (mehansko čiščenje, mehansko-biološko čiščenje odpadnih voda, aerobna stabilizacija, zgoščevanje blata in stabilizacija, dodatna obdelava blata – odstranitev / odlaganje). Ugotovljeno je bilo, da zaradi velikega števila obrobnih pogojev in specifičnih krajevnih danosti, z razpoložajočimi podatki ne moremo z gotovostjo trditi, da so poiskana benchmark območja 100 %. Vendar se z razvito metodiko v osnovi lahko dobro uporabi na področju komunalnih čistilnih naprav.

## **BIBLIOGRAPHY- DOCUMENTATION PAGE AND THE ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>005.1:628,32:628.4(043,2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Aleš Kelhar</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assoc. Prof. PhD. Jože Panjan</b>
<b>Co - Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. PhD. Polona Domadenik, Ekonomska fak. Univerze v Ljubljani</b>
<b>Title:</b>	<b>Benchmarking method for sewage processing plants</b>
<b>Volume and equipment:</b>	<b>112 p., 19 tab., 41 figu.</b>
<b>Key words:</b>	<b>benchmarking, sewage processing plant, costs, comparative figures, results</b>

### **Abstract**

My B. Sc. thesis discusses benchmarking method as a managerial instrument from both theoretical and practical point of view. The concrete initial usage of benchmarking for sewage processing plants in Celje and Kostanjevica is systematically presented in parallel with theoretical research of Austrian example. Researches are held to recognize investment costs and purification facility operating. The necessity to link costs and relevant comparative figures arose for the purpose of attaining representative indicators. A new processing model was developed so that processing plants for waste water can be compared which allows reciprocal comparison of devices with different methods and ways of working. Four processes were examined (mechanical cleaning, bio-mechanical cleaning of waste water, aerobic stabilisation, sludge thickening and stabilisation, further sludge processing – removal/disposing). Because of numerous marginal conditions and specific local features it was estimated that with the available data we cannot state with certainty for searched benchmark areas to be 100 %. However it can basically be well used in the field of sewage processing plants if accompanied by developed methodology.

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Jožetu Panjanu in somentorici doc. dr. Poloni Domadenik za strokovno pomoč, usmerjanju pri raziskovalnem delu in pripravi diplomske naloge ter podjetjema **KOSTAK d.d.** iz Krškega ter **VODOVOD-KANALIZACIJA, d.o.o.** iz Celja oz. tam zaposlenim posameznikom, ki so mi omogočili dostop do potrebnih informacij. Zahvaljujem se tudi svojim najbližjim in prijateljem za vso podporo pri študiju in pisanju diplomske naloge.

## KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	TEORIJA BENCHMARKINGA .....	4
2.1	Opredelitev benchmarkinga.....	4
2.1.1	Vrste benchmarkinga.....	6
2.2	Proces benchmarkinga.....	9
2.2.1	Določitev predmeta primerjave .....	10
2.2.2	Izoblikovanje benchmarkinškega tima .....	12
2.2.3	Določanje benchmarkinških partnerjev .....	12
2.2.4	Zbiranje informacij in njihova analiza .....	13
2.2.5	Izvedba.....	15
3	BENCHMARKING V VODNEM GOSPODARSTVU .....	16
4	PRIMER NASTAVITVE BENCHMARKING PROJEKTA PRI KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAVAH V AVSTRIJI .....	21
4.1	Splošno .....	21
4.2	Posamezni moduli benchmark projekta.....	21
4.3	Predpogoj za sodelovanje pri benchmarking projektu .....	23
4.4	Koristi benchmarking projekta .....	23
5	OSNOVNI PRISTOP K ANALIZI STROŠKOV .....	24
5.1	Splošni pregled stroškov KČN .....	30
5.1.1	Investicijski stroški.....	30
5.1.2	Tekoči stroški .....	31
5.1.3	Stroški financiranja.....	32
5.2	Celoletna analiza stroškov za čiščenje odpadne vode .....	33
5.2.1	Obratovalni in finančni stroški pri čiščenju odpadnih voda.....	33
5.2.2	Čiščenje odpadnih voda – gradbeni in strojni finančni delež.....	34
5.2.3	Letni stroški čiščenja odpadnih voda – detajlirano ovrednotenje.....	38
5.2.4	Pridobivanje potrebnih podatkov o stroških KČN .....	44
6	BENCHMARKING ZA ČISTILNE NAPRAVE .....	45

6.1	Metodološki pristop – primerjava naprav s pomočjo procesov.....	45
6.2	Predstavitev komunalnih čistilnih naprav Celje in Kostanjevica .....	48
6.2.1	Komunalna čistilna naprava Celje.....	48
6.2.2	Komunalna čistilna naprava Kostanjevica .....	61
6.3	Zajemanje in preverjanje verodostojnosti podatkov.....	70
6.4	Porazdelitev naprav v posamezne skupine .....	71
6.5	Primerjalne vrednosti.....	73
6.5.1	Splošno .....	73
6.5.2	Uporabljene primerjalne vrednosti .....	75
6.5.3	Izračun primerjalnih vrednosti za ČN Kostanjevica in Celje.....	78
6.5.4	Določanje območja benchmarka in benchmark.....	80
7	REZULTATI .....	84
7.1	Rezultati ovrednotenja obratovalnih stroškov .....	85
7.1.1	Rezultati skupnih obratovalnih stroškov .....	85
7.1.2	Rezultati ovrednotenja obratovalnih stroškov procesov od 1 do 4.....	87
7.2	Rezultati ovrednotenja finančnih stroškov .....	89
7.3	Rezultati ovrednotenja letnih stroškov .....	92
7.4	Ekonomski pogledi na – eksterni benchmarking.....	94
7.4.1	Primerjava območja specifične obremenitve.....	94
7.4.2	Teoretični potencial prihranka.....	98
7.5	Učinkovitost stroškov glede zaščite voda.....	99
7.6	Rezultati detajlnih procesov čiščenja odpadnih voda.....	102
7.6.1	Dovajanje kisika – regulacija oziroma krmiljenje .....	102
7.6.2	Sušenje in izcejanje (odvzem vode) mulja .....	104
8	UGOTOVITVE IN RAZPRAVA .....	109
8.1	Ugotovitve .....	109
8.2	Smernice benchmarkinga pri vodnem gospodarstvu.....	110
8.3	Primer benchmarkinga odpadnih voda v Nemčiji kot alternativa za Slovenijo .....	111
9	POVZETEK .....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
	LITERATURA IN DOKUMENTACIJSKI VIRI.....	113
	PRILOGE.....	114



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz gradbenih stroškov za ČN Celje.....	36
Preglednica 2: Prikaz strojno-elektro stroškov za ČN Celje .....	36
Preglednica 3: Izračun letnih finančnih stroškov – ČN Celje .....	37
Preglednica 4: Prikaz gradbenih ter strojno-elektro stroškov za ČN Kostanjevica.....	37
Preglednica 5: Izračun letnih finančnih stroškov – ČN Kostanjevica.....	38
Preglednica 6: Dejanska obremenitev in učinek čiščenja ČN Celje.....	50
Preglednica 7: Dejanska obremenitev in učinek čiščenja ČN Kostanjevica .....	63
Preglednica 8: Uporabljene primerjalne vrednosti .....	78
Preglednica 9: Mejne vrednosti parametrov odpadnih vod za obstoječe KČN ter KČN Celje in Kostanjevica .....	81
Preglednica 10: Odstotne vrednosti za izračun območja benchmarka .....	82
Preglednica 11: Harmoniziran indeks potrošniških cen – Avstrija .....	84
Preglednica 12: Višina benchmark območij in medianov obratovalnih stroškov skupin od 1 do 5 .....	86
Preglednica 13: Povzetek medianov skupin .....	88
Preglednica 14: Višina benchmark območij in mediani finančnih stroškov skupin od 1 do 5 .....	91
Preglednica 15: Višina benchmark območij in medianov letnih stroškov skupin 1 do 5 in medianov obratovalnih stroškov ter srednji delež obratovalnih stroškov na letnih stroških .....	94
Preglednica 16: Povzetek medianov obratovalnih, finančnih in letnih stroškov, navezujoč se na PE-KPK110. ....	95
Preglednica 17: Vrednosti prebivalcev, odstotek vrednosti prebivalcev vezan na PE - KPK in odstranjen/predelan v Avstriji, potencial prihranka v odstotkih, obratovalni stroški in potencial prihranka v EUR/leto na posamezne skupine (od 1 do 5) .....	99
Preglednica 18: Potreba po energiji na PE-KPK110/leto in delež procesa 2 .....	103
Preglednica 19: Srednji specifični stroški, podeljeno v skupine glede na sistem za odstranjevanje vode in vrsta stroškov.....	105

## KAZALO SLIK

Slika 1: Vrste benchmarkinga .....	7
Slika 2: Proces benchmarkinga.....	10
Slika 3: Posamezni koraki benchmark postopka .....	19
Slika 4: Komunikacija in pretok podatkov .....	20
Slika 5: Modularna sestava benchmarking projekta.....	22
Slika 6: Vodenje knjig .....	26
Slika 7: Knjigovodstveni sistem.....	26
Slika 8: Struktura knjigovodstva .....	27
Slika 9: Ločen način knjiženja – vodenja seznama naprav/naprave .....	28
Slika 10: Porazdelitev skupnih stroškov čistilne naprave (finančni stroški – obratovalni stroški). .....	34
Slika 11: Porazdelitev finančnih stroškov čistilne naprave (gradbeno-strojni).....	35
Slika 12: Porazdelitev obratovalnih stroškov na odstotke.....	39
Slika 13: Stroškovni deleži čistilne naprave v posameznih velikostnih skupinah. ....	41
Slika 14: Stroškovni deleži ČN Celje.....	42
Slika 15: Stroškovni deleži ČN Kostanjevica.....	43
Slika 16: Procesni model čistilne naprave za odpadne vode.....	46
Slika 17: Shema mehansko-biološko čiščenje, KČN Celje.....	51
Slika 18: Elektromotorne verižne grablje (ČN Celje) .....	58
Slika 19: Ozračen peskolov in maščobnik z mostnim strgalom (ČN Celje) .....	58
Slika 20: Paralelna anaerobna bazena s potopnimi mešali (ČN Celje) .....	59
Slika 21: Paralelni (aerobni) bazen (ČN Celje).....	59
Slika 22: Naknadni usedalnik v katerem se aktivno blato gravitacijsko ločuje odočiščene odpadne vode (ČN Celje) .....	60
Slika 23: Iztok iz čistilne naprave Celje (ČN Celje) .....	60
Slika 24: Zalogovnik, ki služi za skladiščenje blata (ČN Celje) .....	61
Slika 25: Shema mehansko-biološko čiščenje, KČN Kostanjevica .....	64
Slika 26: Notranjost ČN Kostanjevica (ČN Kostanjevica) .....	68
Slika 27: Kanal s finim sitom (polž) (ČN Kostanjevica).....	69
Slika 28: Sekundarni usedalnik z vertikalnim jaškom (ČN Kostanjevica) .....	69

Slika 29: Letni obratovalni stroški na PE-KPK 110 (vrednost na prebivalca izračunana iz povprečne KPK-obremenitve) treh tipov naprav v odvisnosti z PE-KPK 110 .....	72
Slika 30: Korelacija obratovalnih stroškov s primerjalnimi vrednostmi dobre oziroma srednje Plavzibilnosti.....	74
Slika 31: Porazdelitev vrednosti za specifično vrednost KPK – obremenitve, osnovano na vrednosti 60 g BPK5/(PE*dan) za 72 avstrijskih komunalnih čistilnih napravah z zadostno kvaliteto podatkov .....	77
Slika 32: Harmoniziran indeks potrošniških cen.....	84
Slika 33: Primerjava obratovalnih stroškov v raziskavi pregledanih naprav .....	85
Slika 34: Primerjava finančnih stroškov v raziskavi pregledanih naprav .....	90
Slika 35: Primerjava letnih stroškov v raziskavi pregledanih naprav .....	93
Slika 36: Specifični finančni in obratovalni stroški v odvisnosti z izkoristkom .....	96
Slika 37: Izkoriščenost pregledanih naprav izražena v odstotkih .....	97
Slika 38: Izračun teoretičnega potenciala prihranka.....	98
Slika 39: Specifični obratovalni stroški v odvisnosti z indikatorjem vrednosti učinkovitosti .....	101
Slika 40: Tlačni cevovod s kontejnerjem za blato (ČN Celje) .....	107
Slika 41: Vreče za skladiščenje blata (ČN Kostanjevica) .....	108

## 1 UVOD

Voda je vir življenja. Samo z njo nastaja in obstaja. Spoznanje, da pitne vode nimamo v neomejenih količinah, in da z neskrbnim ravnanjem z vodo režemo vejo, na kateri sedimo, usmerja k drugačnim vrednotam in ravnanjem. Sonaravnim, trajnostnim.

Trajnostna uporaba voda sloni na dolgoročnem varovanju razpoložljivih vodnih virov. Ni pomembna le količina, pač pa tudi kakovost površinskih in podzemnih voda. To zahteva usklajen pristop v celotnem krogu: od oskrbe oziroma porabe pitne vode do odvajanja in čiščenja odpadnih voda.

Eden glavnih vzrokov čezmerne onesnaževanja voda v Sloveniji še vedno predstavljajo točkovne emisije komunalnih odpadnih voda, ki neposredno ogrožajo površinske vode, posredno pa tudi podtalne vodne zaloge, namenjene vodooskrbi.

Vključevanje Slovenije v EU je bistveno zaznamovalo zakonsko in programsko urejanje področja okolja in s tem tudi prednostne naloge na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda. Okoljsko zakonodajo EU smo prevzeli v nacionalno (*Zakon o varstvu okolja in Zakon o vodah*), okoljske standarde EU pa smo opredelili z ustreznimi uredbami in odloki. *Nacionalni program varstva okolja* in *Državni razvojni program* sta osnovna strateško-programska dokumenta, ki opredeljujeta nacionalno okoljsko politiko in glavne cilje posameznih okoljskih sektorjev. Na teh izhodiščih in v skladu z izpogajanimi predhodnimi obdobji za izvedbo pravnega reda EU so bili pripravljene sektorski operativni programi za izvedbo investicijsko zahtevnih direktiv v sektorjih upravljanja z vodami, ravnanja z odpadki in zmanjšanja emisij v zrak (NPVO, 1999).

Za področje odvajanja in čiščenja odpadnih voda je ključna *Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav*. Pri izvedbi se deli na dve fazi (Uradni list RS, 2001):

- **Prva faza izvedbe** (obdobje 1999–2006) se osredotoča na izgradnjo in dogradnjo kanalskega omrežja ter čistilnih naprav za komunalne odpadne vode območij

poselitve z več kot 15.000 PE, na varovanje vodnih virov, namenjenih za oskrbo prebivalstva s pitno vodo ter na dogradnjo in izgradnjo vodovodnega omrežja na vododeficitarnih območjih. Opredeljena je z Operativnim programom odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda s programom projektov vodooskrbe, ki ga je vlada sprejela leta 1999 (Uradni list RS, 1999).

- **Druga faza izvedbe** (obdobje 2002–2015) je opredeljena z Operativnim programom odvajanja in čiščenja komunalnih odpadnih voda območij poselitve od 2000 do 15.000 PE in manj kot 2000 PE, ki ga je vlada sprejela leta 2001.

Večina prednostnih investicijskih projektov operativnega programa prve faze se je začela izvajati v letih 1999–2002, nekateri so že v fazi obratovanja. Leta 2002 se je začela izvajati druga faza, v katero večinoma sodijo čistilne naprave manjših območij poselitve.

Ker bo torej v Sloveniji potrebno zgraditi še veliko novih komunalnih čistilnih naprav, bi bilo potrebno v ta namen razviti enotno metodologijo za oceno investicijskih stroškov izgradnje in tekočih stroškov obratovanja in vzdrževanja komunalnih čistilnih naprav, s katero bi dovolj zanesljivo ocenili stroške brez izdelave podrobnih in dragih projektov.

Benchmarking je novo orodje, ki bo pripomoglo k optimiziranju tako procesov kot stroškov komunalnih čistilnih naprav.

Osnovni namen diplomskega dela je predstavitev benchmarkinga kot managerskega orodja s teoretičnega in tudi stvarnega vidika. Benchmarking bom prikazal sistematično po korakih skozi celoten urejen in kontinuiran proces. Hkrati bom s teoretično preučitvijo poskušal predlagati tudi konkretno uvajanje procesa benchmarkinga v Slovenijo na podlagi avstrijskega primera. Namen tega dela je prikazati konkretni postopek in korake, od tega, kako se benchmarkinga sploh lotiti, do tega, kako priti do prvih rezultatov.

Cilj diplomskega dela je s teoretično preučitvijo procesa benchmarkinga ugotoviti možnosti za konkretno uvajanje benchmarkinga na celjski in kostanjeviški čistilni napravi kot

sistematičnega, nepretrganega procesa presojanja poslovnih učinkov (potencial izkoristka) in proizvodnih procesov, ki predstavljajo najboljše prakse, z namenom nenehnega izboljševanja obratovanja.

Kot metoda dela so uporabljena predvsem teoretična podlaga in teoretična spoznanja različnih avtorjev (Spendolini, Watson, Camp ... ter predvsem Kroissa in Nowaka iz avstrijske študije benchmarkinga pri komunalnih čistilnih napravah), analizirana je obstoječa strokovna literatura na področju benchmarkinga kot managerskega orodja ter teoretična spoznanja benchmarkinga iz področja komunalnih čistilnih naprav kot tudi celotnega vodnega gospodarstva.

Diplomsko delo je sestavljeno iz osmih poglavij. Uvodu sledi drugo poglavje, ki obsega opredelitev benchmarkinga in je osredotočeno tako na opredelitev procesa kot tudi na pomen benchmarkinga.

V poglavju je natančno opisan proces benchmarkinga, teoretično po posameznih stopnjah, in sicer njegovi ključni dejavniki, ki so določitev predmeta primerjave, oblikovanje benchmarkinškega tima, določitev benchmarkinških partnerjev, zbiranje in analiza informacij ter nazadnje izvedba oziroma akcija ter spremljanje rezultatov.

V tretjem poglavju je na kratko predstavljen tudi benchmarking pri vodnem gospodarstvu.

V nadaljevanju prikazujem osnovni pristop k analizi stroškov kot tudi ostale temeljne korake za uspešno izvedbo benchmarkinga projekta pri komunalnih čistilnih napravah.

Sledi predstavitev celjske in kostanjeviške čistilne naprave ter kasneje uvrstitev na primeru avstrijske benchmark študije.

Nenazadnje natančneje prikazujem, kako se proces benchmarkinga uporabi v praksi, korak za korakom, na področju čiščenja odpadnih voda.

V zaključku pa so povzete važnejše ugotovitve in prikazane smernice, s pomočjo katerih bi lahko izboljšali delovanje KČN tudi pri nas, ter tudi njihovo stroškovno optimizacijo.

## **2 TEORIJA BENCHMARKINGA**

Benchmarking je po definiciji sistematičen in kontinuiran proces ocenjevanja in primerjanja organizacijskih procesov in poslovne učinkovitosti s poslovnimi procesi, ki jih uporabljajo ostala svetovno uspešna podjetja za pridobivanje informacij, ki bodo organizaciji pripomogle k izboljšanju njene učinkovitosti in uspešnosti. Pomeni tudi sistematično in nenehno iskanje novih praks, ki bodo končno pripeljale do konkurenčnega uspeha (Watson 1993, str. 4).

Najpoglavitejši razlog za naraščajoče zanimanje in zavedanje pomena benchmarkinga izhaja iz potrebe po celostnem pristopu k upravljanju kakovosti. Programi celostnega upravljanja kakovosti nam namreč pomagajo, da analiziramo procese, ki jih ne opravljamo dovolj dobro, in po drugi strani dajejo smernice, kako jih izboljšati. Zelo pomembno je preučiti, v katerih vidikih poslovanja so druge organizacije, predvsem konkurenčne, boljše, da dosegajo boljše rezultate. Notranje procese je torej potrebno primerjati s procesi pri zunanjih, boljših tekmecih; to je edina pot, ki vodi do boljših rešitev in na koncu tudi do boljših rezultatov (Bendell, Boulter, Kelly 1993, str. 4–5).

### **2.1 Opredelitev benchmarkinga**

Benchmarking je zelo splošen poslovni koncept, ki ga danes v taki ali drugačni obliki, hote ali nehote uporablja vsako podjetje. Zato so se v praksi pojavile številne opredelitve. Ker se je v formalizirani obliki začel uporabljati v proizvodnih podjetjih, je ostal tesno povezan s področjem proizvodnje, razvoja in kakovosti. Po ožjih opredelitvah je tako benchmarking sistematičen in nepretrgan proces primerjave značilnosti najboljših izdelkov, storitev in procesov, s ciljem izboljšati poslovno uspešnost. Postopoma pa se je fokus benchmarkinga širil, tako da se pogosto opredeljuje kot proces nenehnega iskanja najboljših praks konkurentov in drugih podjetij, ki vodijo k nadpovprečni uspešnosti, če jih uporabimo v podjetju.

Ne glede na opredelitev pa lahko povzamemo naslednje skupne značilnosti sodobnega benchmarkinga kot managerskega orodja (Primerjajmo se z najboljšimi, Prašnikar 2002):

- njegova temeljna naloga je pridobivati različne poslovne informacije o drugih podjetjih,
- namen teh informacij je ustvarjanje novega lastnega poslovnega znanja,
- novo poslovno znanje nastaja z analizo in primerjavo značilnosti različnih poslovnih dejavnikov različnih podjetij,
- na tej podlagi sprejemamo kakovostnejše poslovne odločitve in posledično zagotavljamo uspešnejše in učinkovitejše poslovanje.

Ob navedenih ugotovitvah je benchmarking smiselno opredeliti na naslednji način:

*Benchmarking je proces ustvarjanja poslovnega znanja s primerjavo in analizo poslovnih informacij o drugih podjetjih, s ciljem izboljšati kakovost poslovnega odločanja.*  
(Primerjajmo se z najboljšimi, Prašnikar 2002)

Taka opredelitev obsega večino ciljev in aktivnosti, ki se navadno izvajajo v okviru benchmarkinga. Njegov temeljni namen je ustvarjanje poslovnega znanja, kar pomeni, da je treba izsledke primerjav in analiz pretvoriti v obliko, ki jo bo podjetje lahko uporabljalo pri poslovnem odločanju. Novo znanje se ustvarja z aktivnostmi primerjave ter analize poslovnih informacij o različnih poslovnih področjih in dejavnikih različnih podjetij, tako konkurentov kot tudi drugih. Končni cilj benchmarkinga pa je uporaba novih poslovnih znanj pri sprejemanju poslovnih odločitev. Z izboljšanjem kakovosti poslovnih odločitev se izboljša tudi poslovna uspešnost podjetij, s tem pa se povečujejo tudi njihove konkurenčne sposobnosti. Ker je sprejemanje poslovnih odločitev sestavni del managementa podjetja, je benchmarking nepretrgana dejavnost, ki se nanaša na vsa področja in vidike managementa. Ker sta poslovna uspešnost in sposobnost dolgoročnega preživetja podjetja zelo odvisni od



delovanja njegovih konkurentov ter drugih dejavnikov poslovnega okolja, je smiselno benchmarking sistemsko vgraditi v procese strateškega managementa, kar lahko izboljša kakovost odločanja in postane ena od konkurenčnih prednosti podjetja. (Primerjajmo se z najboljšimi, Prašnikar 2002)

### 2.1.1 Vrste benchmarkinga

Osnovna kriterija na osnovi katerih ločimo več vrst benchmarkinga sta (Krivec 1997, str. 5):

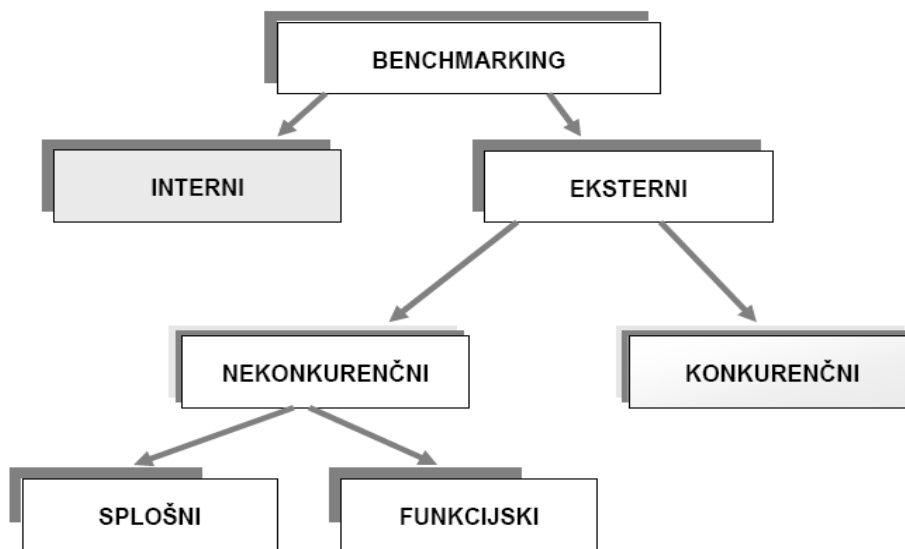
- kaj primerjamo z metodo benchmarkinga in
- kje oziroma od koga dobivamo informacije za primerjavo.

Ko bodisi proizvode, storitve ali poslovne funkcije primerjamo znotraj podjetja, govorimo o **internem (notranjem) benchmarkingu**, v primerjavi z zunanjimi partnerji pa govorimo o **eksternem (zunanjem) benchmarkingu**. Poleg tega lahko zunanjo primerjavo opravimo z neposrednimi konkurenti, tako imenovanimi **konkurenčni benchmarking** ali pa s podjetji, ki niso naši neposredni konkurenti. Slednjo vrsto benchmarkinga imenujemo **nekonkurenčni benchmarking**. Nekonkurenčni benchmarking je smiselno razdeliti še glede na to, ali gre za primerjavo s panožnimi vodilnimi podjetji, ki ga imenujemo **funkcijski benchmarking**, ali z najboljšimi podjetji, ne glede na panogo, imenovanimi **splošni benchmarking**. Vrste benchmarkinga prikazujem v sliki 1, podrobneje pa jih opredeljujem v nadaljevanju diplomskega dela.

#### 2.1.1.1 Interni benchmarking

Interni benchmarking vključuje primerjave z ostalimi deli ali oddelki znotraj podjetja. Lahko pomeni tudi primerjanje z ostalimi oddelki, ki izvajajo svojo dejavnost na različnih lokacijah. Ta način benchmarkinga je običajno enostaven in dokaj razširjen, saj je vse potrebne informacije za temeljito primerjavo relativno lahko pridobiti. Če so si procesi in operacije na različnih mestih podobni, bodo pridobljene informacije sicer ustrezne in

uporabne, vendar je težko pričakovati, da bodo nakazale možnosti tako učinkovitih sprememb, ki bodo vodile k svetovno uspešnim praksam. Ta vrsta benchmarkinga lahko torej pomeni začetno točko ugotavljanja najboljših praks v obstoječem podjetju in razumevanje njegovega notranjega delovanja (Bendell, Boulter, Kelly 1993, str. 69).



**Slika 1: Vrste benchmarkinga (Antončič 1995, str. 19)**

Prednost internega benchmarkinga je predvsem v tem, da so informacije dostopne brez večjih težav. Glavne pomanjkljivosti te vrste primerjanja so nedokumentiranost delovnih procesov in njihove nemogoče primerljivosti znotraj podjetij; pomanjkljivo znanje in izkušnje s področja benchmarkinga; potrebe po lastni komunikacijski strategiji; potreba po kvalitetnem usposabljanju in praktičnih primerih ter glede na to, da se podjetja pretežno ukvarjajo sama s seboj, prihaja velikokrat do zanemarjanja dogajanja v okolju.

### **2.1.1.2 Konkurenčni benchmarking**

S konkurenčnim benchmarkingom želimo ugotoviti, kako delujejo neposredni konkurenti. Vključuje primerjanje izdelkov, storitev in poslovnih procesov neposrednih konkurentov z našo organizacijo. Vendar pa ne vemo, da od konkurentov običajno ne moremo pričakovati velikega sodelovanja in s tem izmenjavo znanj in izkušenj, zato konkurenčni benchmarking spada med najtežje izvedljivo in najbolj občutljivo vrsto benchmarkinga.

Ko pa že dobimo potrebne informacije konkurentov, nam te velikokrat ne služijo najboljše, ne predstavljajo najboljših praks, pa so te informacije kljub temu zelo koristne, saj je področje delovanja enako. Predmeti primerjave konkurentov so navadno izjemno dobro primerljivi.

Pričakovan rezultat konkurenčnega benchmarkinga je povečano zavedanje o svoji organizaciji in o konkurentih (Boxwell, 1994, str. 31). Poleg tega je cilj te vrste primerjave tudi ugotoviti položaj lastnega podjetja v primerjavi z neposrednim konkurentom in, če je mogoče prevzeti tiste prakse konkurentov, ki so superiornejše.

Prednost konkurenčnega benchmarkinga je predvsem primerljivost informacij glede poslovnih rezultatov, poslovnih praks ter tehnologije. Pomanjkljivost te vrste primerjave pa so težave pri zbiranju podatkov, predvsem glede ažurnosti in zanesljivosti informacij; etične ovire ter antagonističen način.

### **2.1.1.3 Funkcijski in splošni benchmarking**

Glede na to, ali gre za primerjavo našega podjetja z vodilnimi podjetji v panogi ali z najboljšimi podjetji ne glede na panogo, ločimo:

1. funkcijski (panožni) benchmarking in
2. splošni benchmarking

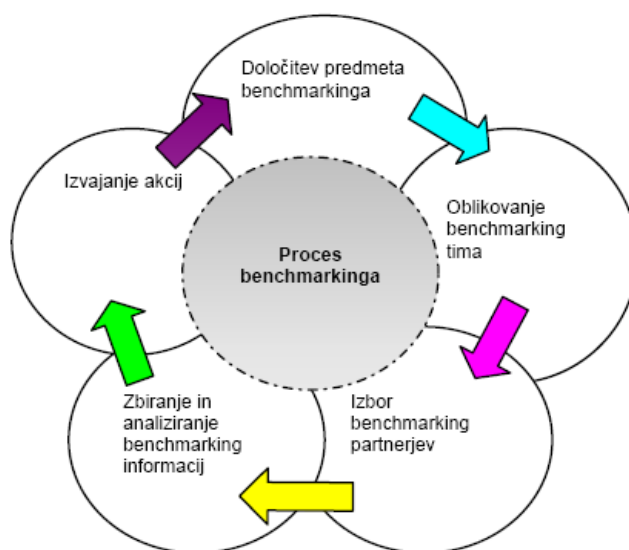
Funkcijski benchmarking je benchmarking, pri katerem gre predvsem za primerjanje s podjetji, ki niso neposredni konkurenti, vendar delujejo v isti panogi (npr. primerjava med dvema trgovskima podjetjema, pri čemer se eno ukvarja s prodajo tekstila, drugo pa s prodajo tehničnega blaga). Nekatere poslovne funkcije in procesi so, kljub razlikami med panogami, enaki ali vsaj primerljivi med seboj. Glede na to, da so podjetja, s katerimi se primerjamo pri funkcijskem benchmarkingu, najboljša v panogi, ga zato imenujemo tudi panožni benchmarking.

Splošni benchmarking je podoben funkcijskemu, le da presega meje posamezne panoge. Tu primerjamo poslovne procese, ki potekajo vzdolž različnih funkcij, z najboljšimi v podjetju. Se pravi, da je cilj splošnega benchmarkinga odkriti najboljše med najboljšimi praksami, oziroma se primerjati z najboljšimi podjetji na svetu.

Glavne prednosti funkcijskega in splošnega benchmarkinga so visok potencial za odkritje inovativnih praks, dopusten neposreden prenos tehnologij, razvoj profesionalnih mrež, oblikovanje primernih podatkovnih baz, stimulatívni rezultati ter mnoge druge. Problemi se pojavljajo pri prenosu različnih praks v različno okolje, pri veliki porabi časa za primerjanje ter neprenosljivost določenih potrebnih informacij.

## **2.2 Proces benchmarkinga**

Benchmarking je nepretrgan proces in če se podjetje odloči resno posvetiti benchmarkingu, mora izoblikovati formalni proces benchmarkinga. Ta mora vključevati vse bistvene elemente in faze benchmarkinga ter biti hkrati razumljiv vsem zaposlenim, ki bodo v procesu sodelovali. Preden se podjetje odloči za uvajanje benchmarkinga, se mora predvsem management zavedati, da benchmarking sam po sebi ne daje rezultatov, niti ne rešuje vseh problemov v podjetju, vendar pa omogoča neprestano učenje od drugih podjetij. Proces benchmarkinga poteka v petih stopnjah, ki jih prikazujem v sliki 2.



Slika 2: Proces benchmarkinga (Spendolini 1992, str. 48)

### 2.2.1 Določitev predmeta primerjave

V tej fazi je potrebno najprej določiti zainteresirane osebe, ki so jim namenjene benchmarkinške informacije. Na osnovi različnih dejavnikov, kot so nezadovoljene potrebe kupcev, spremenjene tržne razmere, nove tehnologije, vrzeli in težave, povezane z doseganjem učinkovitosti, zainteresirane osebe začnejo proces benchmarkinga in hkrati opredelijo, katere izdelke, storitve ali procese bi bilo potrebno primerjati, kakšne so zahteve po natančnosti in obliki podatkov ter katera podjetja je potrebno vključiti v benchmarkinško raziskavo. V mnogih primerih pride pobuda za začetek benchmarkinga s strani vodilnega menedžmenta, ki oblikuje benchmarkinške ekipe, lahko pa tudi s strani zaposlenih ali celo drugih podjetij, ki bi s takšno raziskavo pridobili marsi katero izboljšavo in korist (Spendolini 1992, str. 55).

Z vidika vseh zainteresiranih oseb je potrebno oceniti njihove zahteve in potrebe za določitev programa, obsega, oblike poročanja in drugih dejavnikov, povezanih z benchmarkingom. Pomembni so predvsem odgovori na sledeča vprašanja (Spendolini 1992, str. 60):

- kdo predstavlja zainteresirane osebe (vodilni menedžment, benchmarkinške ekipe, zaposleni, benchmarkinški partnerji);
- katera vrsta benchmarkinga bo uporabljena (interni, konkurenčni, funkcijski, splošni);
- na katero vrsto informacij se osredotoča benchmarkinška raziskava (izdelki ali storitve, delovni procesi, podporne funkcije, rezultati, strategije);
- kako bodo te informacije uporabljene (za strateško načrtovanje, napovedovanje, nove ideje, primerjave procesov, zastavljanje ciljev);
- koliko informacij je potrebno zbrati;
- kakšna je kakovost in zanesljivost pridobljenih informacij;
- kakšne so zahteve glede poročanja (oblika, pogostnost);
- kakšna je časovna opredelitev benchmarkinške raziskave (enkratni dogodek, periodična ali nepretrgana dejavnost).

Vsekakor pa je zelo pomembno odkriti kritične dejavnike uspeha v povezavi s poslovnimi rezultati. Pri tem moramo biti pozorni, da osnovni predmet benchmarkinga izberemo glede na njegov pomen za organizacijo in ne glede na to, kakšne težave bi utegnil predstavljati pri načrtovanju in izvedbi ali kako preprosto je opredeljiv. Poleg tega je potrebno paziti, da se člani ekipe pretirano ne usmerijo na sam predmet in pri tem zanemarijo procesa benchmarkinga.

Izbrani predmeti primerjave morajo biti tudi primerljivi glede na benchmarkinške partnerje. Ugotoviti je tudi potrebno raven tekoče dejavnosti in rezultatov obstoječega podjetja za izbrane kritične dejavnike uspeha in določiti merila, ki bodo uporabljena v nadaljnji benchmarkinški raziskavi (Spendolini 1992, str. 69–73).

### 2.2.2 Izoblikovanje benchmarkinškega tima

V tej stopnji ugotavljamo, **kakšne ljudi potrebujemo in koliko naj jih bo vključenih v proces benchmarkinga**. Vse to pa je odvisno od obsega, vrste in vsebine procesa benchmarkinga. Člani benchmarkinškega tima so lahko izbrani tudi glede njihovih zmožnosti, znanja, motivacije ter njihovih vlog. Benchmarkinški tim lahko vključuje notranje (zaposleni, ki so bili trenirani za proces benchmarkinga) in zunanje specialiste (konzultantje, specializirani za določen vidik procesa benchmarkinga) za benchmarking ter tudi zaposlene, ki lahko kakor koli pomagajo pri izvedbi posameznih stopenj procesa benchmarkinga.

Benchmarkinški tim je lahko **enotni tim**, ki se običajno formira na eni lokaciji in kjer vsi člani poročajo enemu managerju o svojem delu; **medfunkcijski, medorganizacijski ali medoddelčni tim**, kjer člani predstavljajo svoje oddelke, funkcije ali podjetja. Člani so izbrani na podlagi njihovega specializiranega znanja ali spretnosti ter imajo skupno nalogo in uporabnike benchmarkinških informacij. Poznamo pa tudi **priložnostni tim**, ki vsebuje ljudi iz različnih položajev, ki jih družijo skupni interesi in odgovornosti. Ta vrsta tima običajno obstaja do zaključitve benchmarkinške raziskave.

Vodja benchmarkinškega tima je odgovoren za organizacijo skupine, vodenje in usklajevanje ter za ohranjanje osredotočenja na proces. Ostali člani benchmarkinškega tima uporabljajo ustrezna analitična orodja, sprejemajo posebne naloge in prevzemajo odgovornosti zanje znotraj procesa benchmarkinga.

### 2.2.3 Določanje benchmarkinških partnerjev

Na tej stopnji gre za ugotavljanje, katera podjetja so glede na predmet primerjave primerna za proces benchmarkinga. Podjetje se lahko primerja z (Boxwell 1994, str. 68):

- neposrednimi konkurenti,
- latentnimi konkurenti v dejavnosti, ki sicer ne nastopajo na istem trgu,

- s podjetji, ki ne nastopajo v isti dejavnosti, vendar lahko prestopijo vanjo,
- z vodilnimi podjetji v isti panogi,
- z vodilnimi organizacijami iz drugih dejavnosti.

Katera podjetja bodo vključena v primerjave je odvisno od celotnega spleta izboljšav, ki jih organizacija želi izvesti. Če se želi izboljšati na področju, kjer neposredni konkurenti niso najmočnejši, bo potrebno učenje od drugih podjetij, ki so znana po izvajanju najboljših aktivnosti in praks (Boxwell 1994, str. 68–69).

Podatki, ki so pridobljeni od neposrednih konkurentov, so mnogokrat ustrezni in zanesljivi, medtem ko so lahko podatki od panožnih vodij ali vodilnih podjetij, ki nastopajo v drugih dejavnostih, mnogo manj primerljivi in zanesljivi. Zbiranje podatkov je najbolj oteženo, kadar se primerjamo z neposrednimi konkurenti, zaradi določene meje zaupnosti, ki obstaja med tekmovalnimi podjetji. Da pa bi se dokopali do inovativnih praks, je potrebno izvajati primerjave s panožnimi vodji ali organizacijami iz drugih panog, ki izkazujejo visoko mero inovativnosti (Camp 1989, str. 57).

Pri ugotavljanju benchmarkinških partnerjev je potrebno najprej narediti seznam zanesljivih virov informacij, od katerih lahko pričakujemo verodostojne podatke. Med te vire sodijo vladni viri, specializirani strokovnjaki, interesne skupine, mediji, zaposleni, kupci, dobavitelji, benchmarkinški partnerji in drugi tuji viri informacij, kot so banke, multinacionalke, mednarodne zbirke podatkov (Spendolini 1992, str. 123).

#### **2.2.4 Zbiranje informacij in njihova analiza**

Fazo zbiranja in analize informacij je smiselno pričeti le, če so bile vse predhodne faze pazljivo opravljene. V vsakem primeru je potrebno najprej zbrati informacije o lastnih izdelkih, storitvah in procesih ter se šele nato lotiti zbiranja zunanjih informacij (Spendolini 1992, str. 148).

Pri zbiranju informacij lahko benchmarkinška ekipa uporabi eno od naslednjih metod (Antončič 1995, str. 39):



- telefonski pogovori, ki jih odlikuje preprosta izvedba, zaobjetje velikega števila virov, cenenost in relativno lahka dostopnost; po drugi strani so ob nezadostni poprejšnji pripravi lahko dokaj zamudni, težko je pridobiti povratne odzive, obstaja pa tudi možnost prekinitev;
- sestanki in osebni obiski omogočajo vzpostavitev osebnega in profesionalnega odnosa, zagotavljajo veliko informacij in koristneje uporabljen čas, so relativno dragi in časovno potratni;
- anketiranje po pošti nudi možnost zbiranja podatkov široke populacije, preprost prenos podatkov v analitično obdelavo in je relativno poceni; ima pa tudi vrsto slabosti, kot so nizek odstotek odziva (vračanja), vprašljivo verodostojnost, omejene možnosti za podrobnejše odgovore in dodatne razlage ter neoseben pristop;
- publikacije in mediji so preprosto in javno dostopni, poceni, nudijo veliko količino informacij za raznolike panoge ter različne vire, po drugi strani pa lahko predstavljajo preveliko količino podatkov za nekatere dejavnosti, včasih so lahko dokaj zamudni in podajajo nejasne ter nezanesljive vire;
- arhivska raziskava omogoča preprosto in poceni zbiranje, vendar lahko posreduje pomanjkljive in slabo razvrščene podatke, pogosto pa je omejena le na notranjo analizo.

Ob koncu analize informacij je potrebno dokumentirati tudi svoje notranje procese, zaznati prednosti in slabosti lastnega podjetja in konkurentov ter drugih benchmarkinških partnerjev glede na predmet raziskave. Zaključek naj bi podal vrzel v rezultatih med našo organizacijo in tistimi podjetji, ki so znana po doseganju najboljše učinkovitosti in vrhunskih rezultatov (Antončič 1995, str. 39).

## 2.2.5 Izvedba

Zadnji korak v procesu benchmarkinga nam omogoča udejanjanje ugotovitev predhodnih korakov. Osnovni namen tega koraka je uvajanje izbranih izboljšav v podjetje z uporabo znanja, ki se je izoblikovalo skozi benchmarkinško študijo. Zadnji korak, to je izvedba oziroma akcija, je razdeljen v naslednje faze (Spendolini 1992, str. 27):

- izdelava poročila o benchmarkingu;
- predstavitev ugotovitev zainteresiranim osebam v podjetju;
- sporočanje ugotovitev drugim;
- iskanje priložnosti za izboljševanje poslovnih učinkov in procesov;
- učenje in pridobivanje novih idej ter vpeljevanje novih konceptov v podjetje;
- oblikovanje funkcijskih mrež ter vzpodbujanje ponovnega, že izboljšanega procesa benchmarkinga, ki bo vključil nove pomembne benchmarkinške partnerje.

Glavni cilj benchmarkinga so nenehne izboljšave oziroma spremembe, do katerih pa pridemo le, če v primerjavi z boljšimi praksami pridobljene ugotovitve dejansko udejanimo. Za uveljavljane sprememb je v osnovi najprej potrebna udeležba, podpora in predanost managementa in poleg managementa tudi vseh nižjih ravni vodenja podjetja, saj je le tako mogoče pričakovati učinek sprememb, ki smo ga načrtovali. Namreč, proces uvajanja sprememb ni nekaj, kar je možno delegirati s pozicije položaja ali formalne moči. Tako kot s strateškimi cilji morajo biti z aktivnostmi za uvajanje sprememb seznanjeni vsi zaposleni, čeprav se zaradi njih strateški cilji bistveno ne spremenijo. Vendar pa mora biti zaposelnim jasno, kaj se v podjetju dogaja in zakaj.

Spremembe, s katerimi odpravljamo z benchmarkingom ugotovljeno vrzel oziroma razkorak, pomenijo spremembe, ki zadevajo predvsem zaposlene v podjetju in največkrat povzročajo trenja. Več sprememb je potrebno za podjetje, ko ima probleme, kot takrat, ko mu gre dobro. Vendar pa izkušnje kažejo ravno nasprotno sliko. Namreč, težje, z večjim odporom in bolj boleče je spremembe mogoče vpeljati, ko je podjetje že v krizi.

Na osnovi ugotovitev benchmarkinške raziskave podjetje sestavi akcijski načrt, in sicer za vsak pričakovani rezultat, ki pomeni zmanjšanje ali celo odpravo razkoraka oziroma vrzeli, posebej. Pri tem določi, katere dejavnosti morajo biti izvedene za doseg cilja, kdo in do kdaj je za njihovo izvedbo odgovoren (Antončič 1996, str. 27).

Vendar pa to ni konec procesa. Namreč, kot je razvidno s slike 2, kjer prikazujem celotni proces benchmarkinga, vidimo, da je proces povezan v krog, kar pa pomeni, da mora podjetje neprestano težiti za tem, da je najboljši na trgu, da je vodilno, da ima najboljšo prakso in nasploh k nenehnemu napredovanju in zagotavljanju konkurenčne prednosti.

### **3 BENCHMARKING V VODNEM GOSPODARSTVU**

Benchmarking se v vodnem gospodarstvu uporablja že vrsto let. Pobude za razvoj primernih modelov so dali tako upravljavci čistilnih naprav kakor tudi različni organi. Nujno potrebno je, da se benchmarking v podjetjih - modernih podjetjih vodnega gospodarstva - zadrži kot prostovoljni instrument vodenja in upravljanja in kot element konkurenčnosti. Poleg omenjenih točk pa bi se ga lahko uporabljalo kot osnovno izhodišče za anonimno in agregirano sredstvo poročanja o stanju in razvoja v branži (Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001).

Benchmarking je sistemska pot podjetja za merjenje učinka (dosežka) in metod s tistimi podjetji, ki so vodilni na trgu. Primerjajo se podatki in prakse, v idealnem primeru z vodilnimi na tem področju (Bestpractice). S tem se v podjetju zažene proces, ki ima cilj že nastale luknje v sistemu zapreti in se na novo pozicionirati. Izvorna formula, ki se še vedno nahaja v razvoju, se je pri primerjavah med posameznimi podjetji in postopki, tudi pri vodnem gospodarstvu pokazala za uspešno. Podjetje ima danes možnost izbire med več različnimi ponudniki izvajanja benchmarkinga in benchmark primerjav.

Za izvedbo posameznih korakov za pripravo primerjave in izvajanja predlaganih izboljšav ter predlaganih ukrepov in kontrole učinka (uspeha) je potrebna velika mera potrpljenja in

dela (včasih stroškov), kar podjetjem otežuje odločitev sodelovanja pri tovrstnih projektih. Povedati se mora tudi to, da natančnega datuma amortizacije tovrstnega projekta ni mogoče natančno napovedati. Glede na izkušnje se lahko reče, da se tovrstni projekt amortizira kar hitro v sorazmerno kratkem času.

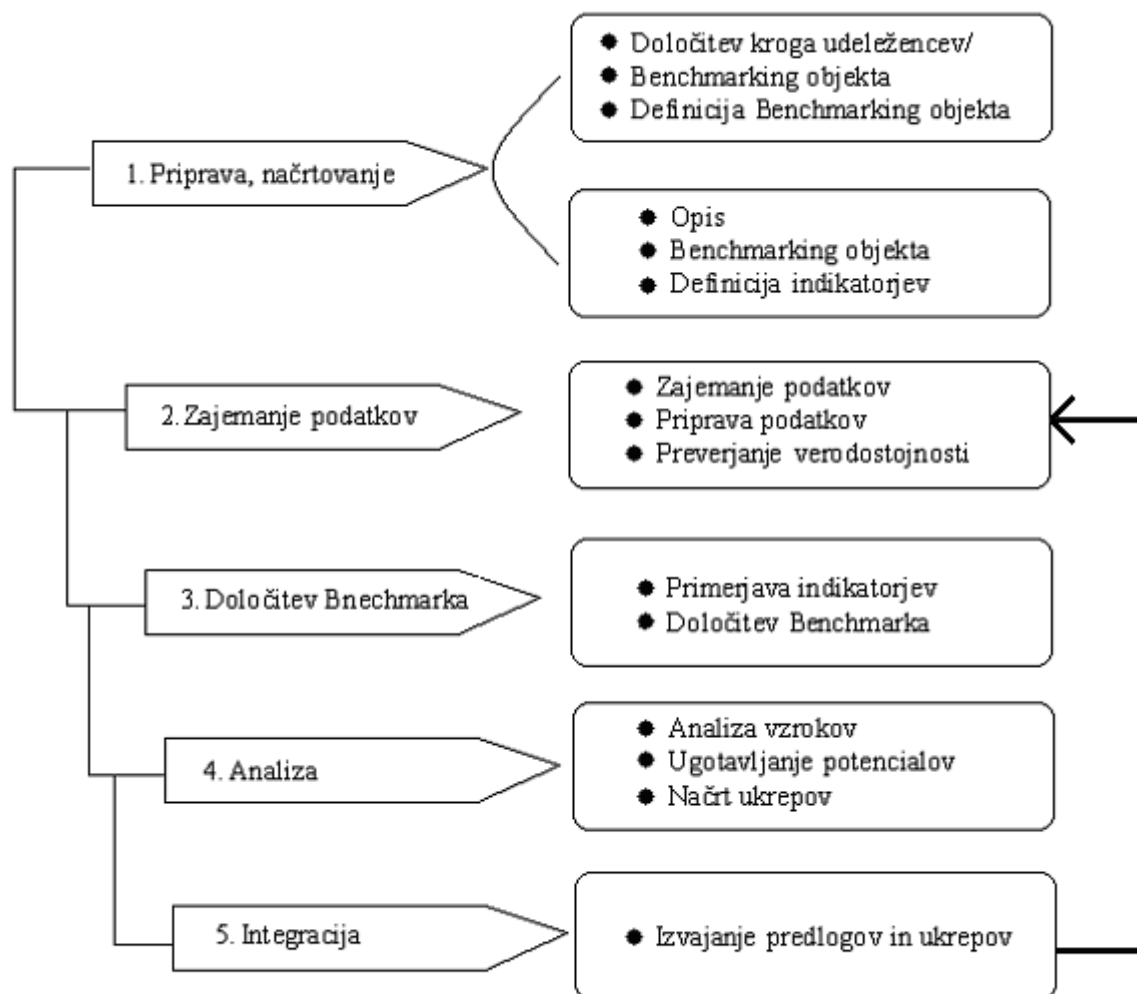
Vedeti je potrebno tudi, da tovrstni projekti nimajo samo finančnega učinka, ampak tudi efekt učenja. Med udeleženci ostaja še vedno odprto vprašanje, ali se med primerjalnimi partnerji nahaja bestpractice - podjetje«. Vendar to ne bi smelo vplivati na odločitev o udeležbi. Do sedaj se je na tem mestu še vedno našel efekt učenja, ki so ga bili deležni vsi udeleženci projekta, saj tisti »best - in class - Partner« (ali konkurenca) po pravilu ne obstaja. Cilj bi moral biti, da se v teku let benchmarking izvaja z največjim možnim številom benchmarking partnerjev, saj se iz tega kaže tudi večje število možnosti za možne izboljšave. Meja tega postopka je le v tem, da morajo ukrepi najprej pokazati njihov učinek, da bi se nastale situacije lahko lotili z novimi ukrepi in predlogi. Potrebno je omeniti tudi to, da se v branži, ki mora pristopiti k velikim investicijam, da bi izpolnila predlagane izboljšave, v kratkem času pokažejo le manjše izboljšave, saj je hitre spremembe moč narediti le na posameznih delih procesov (Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001).

Kot posledica teh razmišljanj so bili in se razvijajo benchmarking modeli, ki upoštevajo deloma si konkurenčne cilje (Schulz, A.& Stemplewski, J., 2001).

1. Analiza procesa naj bo po možnosti narejena s pomočjo zelo natančnih in verodostojnih ter preverjenih podatkov in s takojšnjo diskusijo strokovnjaka s tega področja.
2. Model projekta naj bo po možnosti zastavljen tako, da se ga lahko udeleži veliko število udeležencev (podjetij).
3. Stroški projekta naj bodo omejeni.

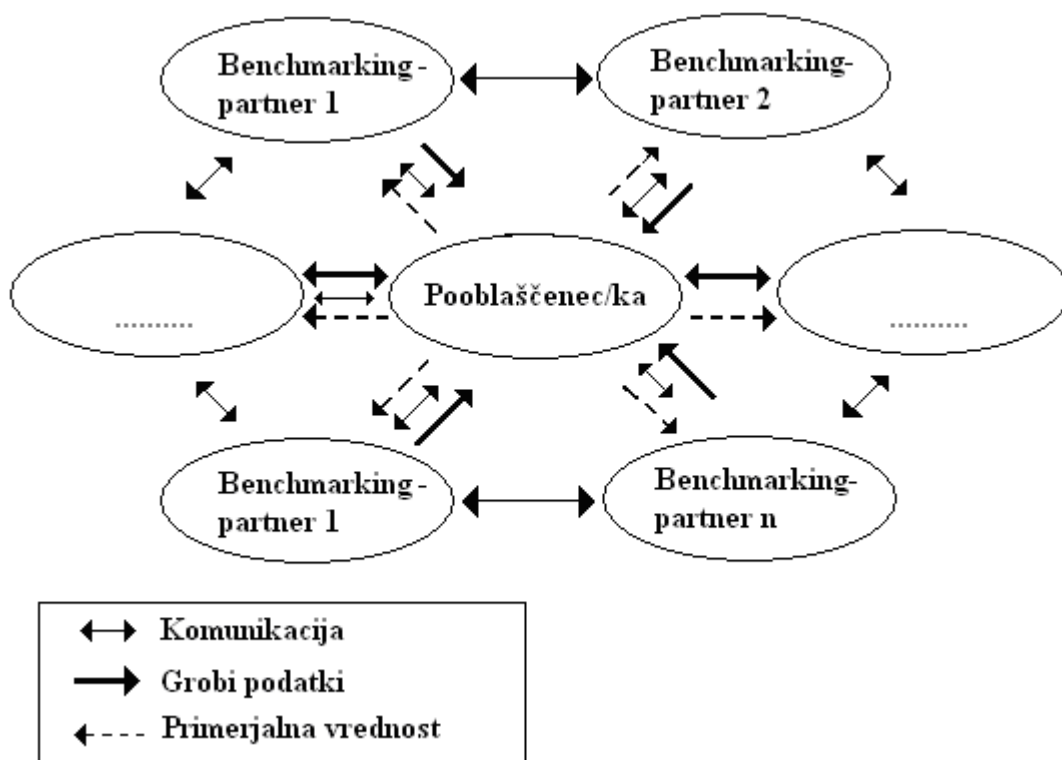
Izpolnitev vseh treh zastavljenih ciljev hkrati ni enostavno. Stroške projekta se lahko omeji s tem, da se območje procesa ne zastavi preširoko, zniža globino preiskav ali zmanjša število udeležencev. Kot primer pri oskrbi z vodo služi tu primerjava procesov »Priprava hišnega priključka« ali »Povezava s cevno mrežo« (na primer kot vstop v benchmarking ali zato, ker je ta proces že poznan kot proces možnih izboljšav) ali kot podroben pogled na področje obratovalnih stroškov (kar pri tehničnih procesih ni nujno pot do zastavljenega cilja). Običajna je omejitev na posamezne delovne korake, v glavnem primerjava indikatorjev različnih obsegov. Postopek se lahko uporablja anonimno, s pomočjo vprašalnikov, ali pa z delavnicami, na katerih se pridobi potrebne podatke in se jih tudi ovrednoti. Posebno na angleško govorečem območju se primerjava indikatorjev pogosto poimenuje s pojmom (metric) benchmarking, kar lahko povzroči tudi zamenjave. Diskusija o ciljnih in izvedbi benchmarkinga pri nemškem vodnem gospodarstvu s političnimi nosilci odločitev kažejo to zelo nazorno. Na tem mestu je potrebno poudariti, da ima vsaka omejitev (stroškov/ukrepov), ki se je naredila z izpuščanjem posameznih korakov benchmarking procesa, za posledico, da korist, torej rezultat projektne naloge benchmarkinga za posamezne udeležence, ne bo tista, ki je bila pričakovana. Pri izvajanju kritike pomanjkljivega efekta benchmarkinga se tega dejstva ne sme zanemariti.

Ko so bila uspešno premagana prva nasprotovanja sistematskemu benchmarkingu v vodnem gospodarstvu, se je izkristaliziralo več modelov, ki odgovarjajo opisanim zahtevam in razmišljanjem. Da bi zgoraj zastavljenim ciljem prišli čim bližje, se priporoča kombinacija različnih benchmarking–metod v skupni koncept: redna »online« analiza indikatorjev, ki se jo dopolnjuje z rednimi delavnicami (»workshop«). To pomeni, da se podjetja benchmarking projektov udeležujejo v daljšem časovnem obdobju, tekom katerih se na sliki 3 prikazani koraki naredijo v celoti. Tak način zahteva več delovnih zasedanj s skupnimi analizami vzrokov iz ukrepov in potencialov izboljšav (»offline«).



**Slika 3: Posamezni koraki benchmark postopka (Prirjeno po Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001)**

Načrtovani ukrepi, ki so bili izdelani v posameznih skupinah, se uresničijo s strani podjetij. Učinek ukrepov, tudi tistih, na katere imajo vpliv zunanje okoliščine (na primer: letne padavine, rast ali padanje cen ...), se lahko sproti sledi in primerja s pomočjo »online« povezave. Podatki, ki izvirajo iz vmesnih časovnih obdobj, se računalniško »online« zajamejo, primerjajo in ocenijo. Rezultati se še dodatno obdelajo, izmenjajo in ocenijo v projektnih skupinah skupinah. Na tak način se lahko ob različnih časovnih obdobjih in raznolikosti projektnih skupin veliko število podjetij koristi podatke, shranjene v bazi podatkov, da bi z njihovo pomočjo odkrili vzroke za odstopanja indikatorjev in bi s pomočjo detaljne analize procesa določili ukrepe za izboljšave.



Slika 4: Komunikacija in pretok podatkov (Prirejeno po Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001).

Bistvena prednost takega načina dela je v optimizaciji komunikacije med benchmark-partnerji (slika 4). Da bi lahko razpoznali osnovne razlike med vodenjem procesa partnerjev, je potrebno vzpostaviti direktno povezavo (diskusijo) ne samo s pooblaščenimi, temveč direktno med benchmark - partnerji, po možnosti v povezavi z direktnim ogledom naprav, ki se udeležujejo procesa Benchmarkinga. To v enaki meri ne velja za vsako periodo določanja indikatorjev, kar pomeni, da se v vmesnih časovnih presledkih komunicira preko delavnic in se z njihovo pomočjo dosega zastavljene benchmarking cilje.

Benchmarking pa se je v omejenem obsegu apliciral tudi že na **komunalne čistilne naprave**. Benchmarking temelji na primerjalnem pristopu. Osnova benchmarkinga je, da se proces razdeli na več samostojnih enot. Za vsako enoto se določi tehnične in ekonomske parametre, ki jih je potrebno spremljati na čim večjem številu procesov in enot. Na podlagi primerjave vrednosti parametrov z benchmark vrednostmi se določi odstopanje. Namen

benchmarkinga je na podlagi odstopanj analizirati in odkriti vzrok za odstopanje ter potem optimizirati procese in ekonomizirati stroške (Stemplewski et al 2000).

Primer nastavitve benchmarking projekta je prikazan v nadaljevanju naloge.

## **4 PRIMER NASTAVITVE BENCHMARKING PROJEKTA PRI KOMUNALNIH ČISTILNIH NAPRAVAH V AVSTRIJI**

### **4.1 Splošno**

V enem izmed **prvih korakov** v tem projektu se za vsakega udeleženca benchmarkinga (upravitelj čistilne naprave, občina ...) izračunajo individualni stroški in račun rentabilnosti za finančno leto, razen tega se pripravijo tehnične vrednosti lokacije in dokumentira dokumentacija o rentabilnosti.

Kot **drugi korak** se na podlagi pridobljenih podatkov, ki so bili pridobljeni po istih postopkih, za vsako napravo ugotovijo ponovljivi, anonimni tehnični in ekonomski podatki kot tudi referenčne vrednosti (benchmark), ki dopuščajo primerjavo učinkovitosti naprav za čiščenje odpadnih voda vodnega gospodarstva.

### **4.2 Posamezni moduli benchmark projekta**

Raziskovalni projekt »Zajemanje in primerjanje tehničnih in ekonomskih indikatorjev na primeru gospodarjenja z odpadnimi vodami – benchmarking« je sestavljen iz treh, spodaj navedenih modulov (Kroiß et al. 2002):

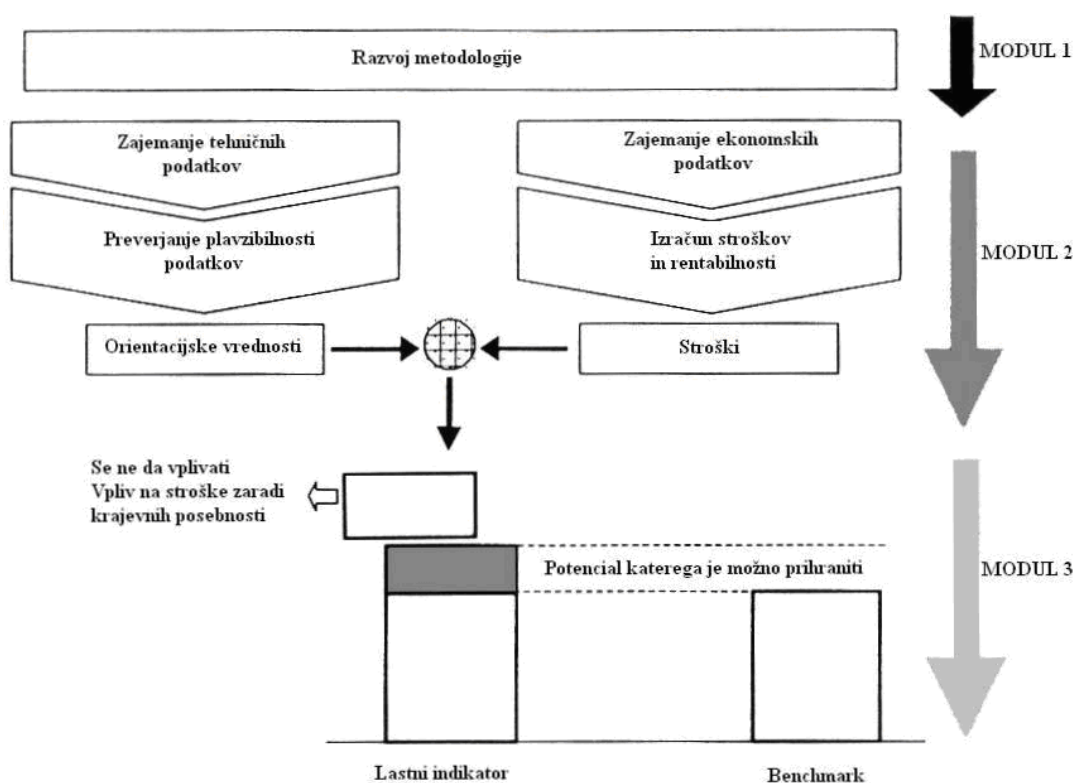
**MODUL 1:** Izdelava detajlnih osnov in navodil za zajemanje podatkov, dokumentacija in ovrednotenje tehničnih in ekonomskih podatkov, ki so potrebni pri izdelavi raziskovalnega projekta.



**MODUL 2:** Pri udeležencih benchmarkinga so na kraju samem dodatno zajeti osnovni tehnični in ekonomski podatki o učinkih, ki so bili potrebni pri dokumentaciji.

Za zajemanje teh podatkov se izdela vprašalnike, ki so dostavljeni upravljavcem čistilnih naprav. Nato sledi:

**MODUL 3:** Obdelava tehničnih in ekonomskih podatkov - zajetih pod enakimi pogoji, s pomočjo katerih se lahko ugotovi specifične referenčne podatke, potencialni prihranek, odvisnosti med stroški in učinki, prikaz osnov za odločanje in detajlne procesne analize.



Slika 5: Modularna sestava benchmarking projekta (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).

### 4.3 Predpogoj za sodelovanje pri benchmarking projektu

Da se s pomočjo omejitev dobi večjo verodostojnost primerjalnih vrednosti, so za sodelovanje pri benchmarking projektu na tehničnem področju postavljene sledeče zahteve (Kroiß et al. 2002):

- velikost čistilne naprave mora biti namenjena za 5000 do 200 000 porabnikov (prebivalcev);
- enostopenjske ali dvostopenjske naprave s poživiljenim blatom;
- čistilne naprave s sprejemljivimi (normalnimi) obratovalnimi podatki.

Pri samem projektu in njegovem nadaljevanju pa je tudi zelo pomembno, da se zagotovi anonimnosti dobljenih podatkov, posebno ekonomskih. Zajeti podatki o stroških in rentabilnosti, kakor tudi osnovni tehnični podatki so zato obdelani na posebni ustanovi za obdelavo podatkov.

### 4.4 Koristi benchmarking projekta

Koristi projekta pri komunalnih čistilnih napravah lahko strnemo v naslednjih točkah (Kroiß et al. 2002):

#### a) Koristi projekta za občine (tisti, ki naprave postavljajo, in upravitelji čistilnih naprav)

- Podpora pri obračunu stroškov in dobička – kar služi lažjemu upravljanju, kontroli in obračunu;
- Izračun stroškov in rentabilnosti na podlagi detajlnih stroškovnih podatkov, ki imajo za osnovo konkretne številke;

- S pomočjo možne orientacije na referenčnih vrednostih oziroma na najvišjih vrednostih je dana možnost razpoznave in s tem izvajanje izboljšav, oziroma koriščenje potenciala prihranka;
- Kot osnova za izboljšanje relacije stroški – koristi.

#### **b) Koristi projekta za nosilce odgovornosti za podeljevanje subvencij**

- Izvajanje Benchmarking projekta v državi glede vodnega gospodarstva (zardi direktnih primerjav stroškov in primerjave rentabilnosti) ima za posledico nastajanje impulzov za znižanje stroškov v vodnem gospodarstvu po celotni državi;
- Primerjava stroškov različnih tipov čistilnih naprav z različnimi postopki in nastanek osnov za investicijsko in stroškovno planiranje upoštevajoč specifične obrobne pogoje.

#### **c) Koristi za narodno gospodarstvo**

- Nastanek »natečajnih kriterijev« za natečaje z javnega področja;
- Možnost znižanja stroškov na področju, ki je relevantno za okolje (prihranki se lahko gibljejo tudi do višine 1 % bruto domačega proizvoda).

## **5 OSNOVNI PRISTOP K ANALIZI STROŠKOV**

Neodvisno od Benchmarking vrednosti se lahko s pomočjo podatkov o stroških in financah pridobijo sledeče poslovno ekonomske informacije (Kroiβ et al. 2002):

- prikaz letnih skupnih stroškov oddelka za čiščenje odpadnih voda;

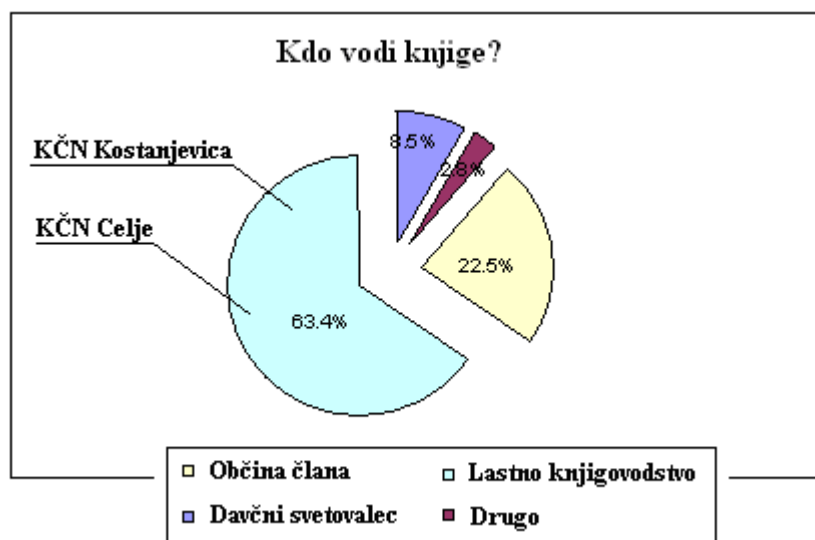
- deleži različnih vrst stroškov, ki so zajeti v skupnih stroških (na primer stroški za osebje, materialni stroški, energetske stroški, kapitalni stroški skupaj s subvencijami ...);
- deleži posameznih vrst stroškov (procesi), ki so zajeti v skupnih stroških (na primer mehaniko, biologijo, odlaganje mulja iz čistilne naprave ...);
- delež Overhead-stroškov, ki so zajeti v skupnih stroških;
- rezultati stroškov, ki se razlikujejo glede na različne vrste stroškov (na primer, stroški za energijo pri mehaniki, stroški osebja za nadaljnjo obdelavo odpadnega mulja, itd ...).

Ker se lahko tako pridobljene vsote stroškov in financ vzame kot podlago, se lahko s primerjavo lastnih (tistih, ki so bile imenovane za Benchmarking) indikatorjev naredi primerjava s poljubnim, eksternim obratom čistilnih naprav.

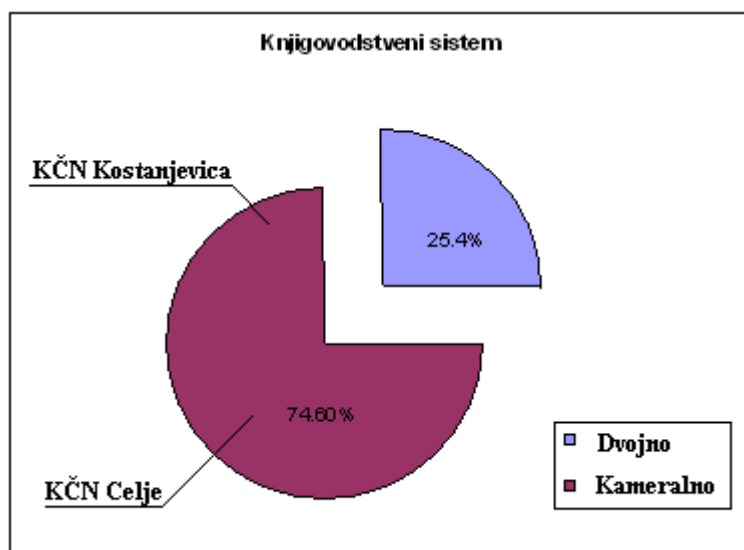
Dodatno se za Benchmarking znotraj naključno preiskane vzorčne vrednosti glede na izkušnje pri uvajanju oziroma izvajanju izračuna stroškov in finančnega izračuna, grobo skicira tudi osnovna **struktura knjigovodstvenega in finančnega sistema**.

Pred analizo strukture stroškov ter naključno vzete vzorca za Benchmarking je prikazan pregled računovodske in knjigovodske strukture na avstrijskem primeru ter tudi umestitev slovenskih čistilnih naprav.

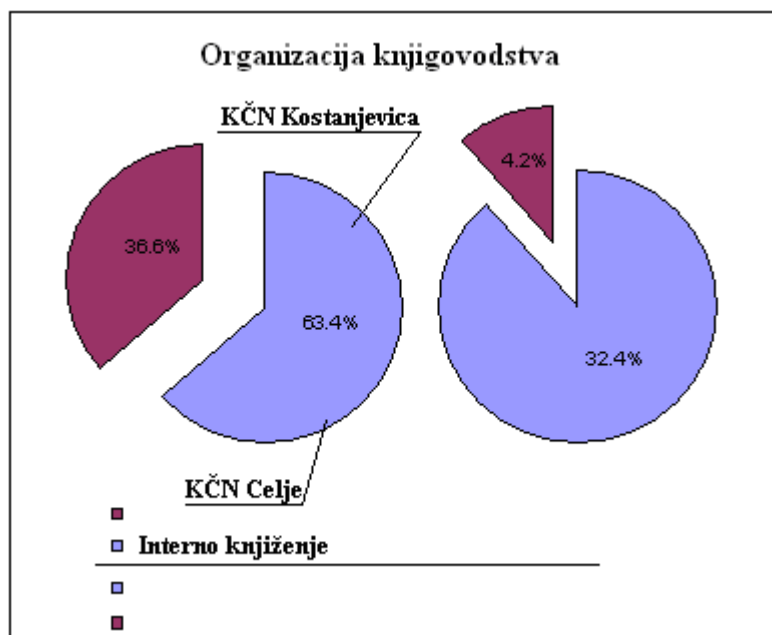
Izračun stroškov je bil v okviru Benchmarkinga narejen za različne vrste knjigovodskih in računovodskih sistemov. Sledeče grafike nam dajejo pregled nad različnimi strukturami:



Slika 6: Vodenje knjig (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)



Slika 7: Knjigovodstveni sistem (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)



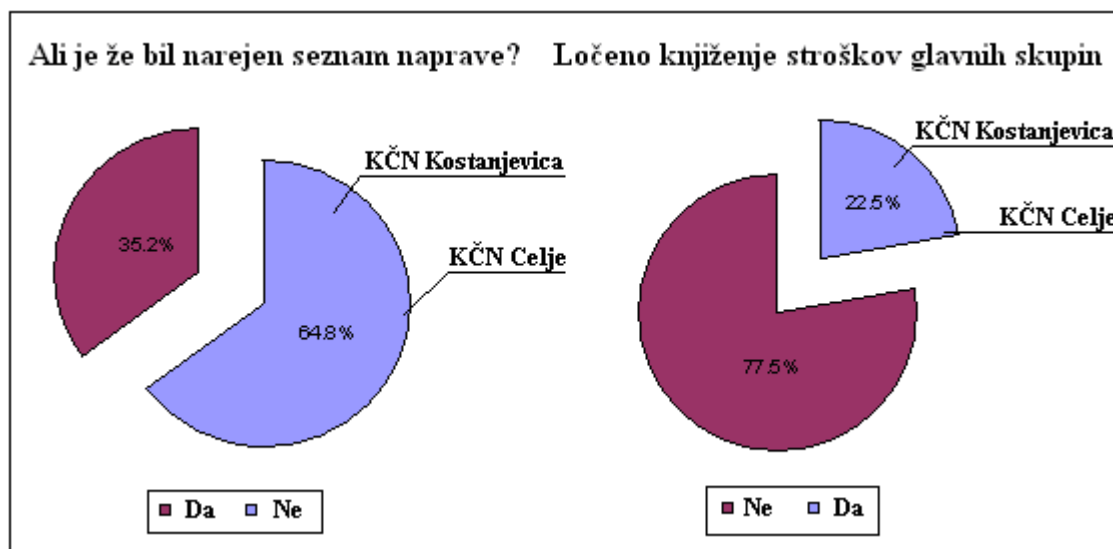
Slika 8: Struktura knjigovodstva (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)

Pretežni delež udeležencev vodi »kameralni« način vodenja knjig, pri tem se pretežni delež dela izvaja v lastni firmi. Skoraj 40 % knjigovodskih poslov se izvaja izven matične hiše.

V primeru, da knjigovodstvena dela ne izvajajo direktno s strani zaposlenih lastne firme, se v skrajnem piemru postavi vprašanje o možni pomoti, podobno je pri izvajanju teh del s strani davčnega svetovalca. V primerih, ko se ta dela izvajajo v delovnih krogih, je ravno tako dana možnost, da prihaja do napak in nejasnosti.

Delež tistih udeležencev, ki ne izvajajo nobenih knjigovodskih del, je s 4 % zelo majhen. Omejitev upravljaljskih uslug velja v tem primeru za problematično.

Pri bolj natančnem pregledovanju knjigovodskih sistemom se lahko zlahka ugotovi, da v večini manjka vsaj minimalna mera odgovarjajočih detajlnih prikazov. Samo 22,5 % udeležencev ima v svojih knjigovodskih knjigah strogo ločena glavna stroškovna območja; krajevna kanalizacija, čistilna naprava in stroške upravljanja.



Slika 9: Ločen način knjiženja – vodenja seznama naprav/naprave (prirejeno po Kroiß et al. 2002)

Zajetje premoženja v obliki preglednice naprave/naprav je naredilo že 35 % Benchmarking udeležencev (pri tem so večinoma tisti, ki vodijo knjige po dvojnem-sistemu). Razčlenitev premoženja naprave na glavna področja (kot je prikazano zgoraj) so do tega trenutka začeli le redki udeleženci projekta.

Pri vpeljevanju izračuna stroškov in izračuna rentabilnosti je bila za vse udeležence avstrijskega projekta narejena preglednica naprave, v katero bodo lahko v prihodnosti s pomočjo letnih vnosov prihodkov naprave v najkrajšem možnem času, brez odvečnih vlaganj in izgube časa, aktualizirali.

Za boljšo predstavo je na enem mestu prikazana knjigovodstvena struktura za slovenska udeleženca:

- vodi se lastno knjigovodstvo:
  - ČN Celje vodi podjetje VO-KA d.o.o. iz Celja;
  - ČN Kostanjevica vodi podjetje Kostak d.d. iz Krškega.
- glavna stroškovna območja so strogo ločena;
- razčlenitev premoženja naprave na glavne procese ne obstaja.

Udeleženci v Avstriji pa so bili razdeljeni v pet različnih velikostnih skupin s tremi različnimi postopki čiščenja, da bi tako dobili boljšo primerljivost.

Posamezni razredi razvrščeni po velikosti (Kroiß et al., 2002):

**1. razred:** manjši od 5.000 PE–KPK (110)

6 naprav

- od tega 5 s simultano stabilizacijo
- ena z ločeno stabilizacijo – presnovo
- v to skupino spada **ČN Kostanjevica** s simultano stabilizacijo in PE–KPK (110) = 1070

**2. razred:** od 5.000 PE–KPK do 12.000 PE–KPK

13 naprav

- 6 naprav s simultano stabilizacijo
- 5 naprav z ločeno stabilizacijo – presnovo
- 2 napravi z ločeno stabilizacijo – aerobno presnovo

**3. razred:** od 12.000 PE–KPK do 25.000 PE–KPK

28 naprav

- 9 naprav s simultano stabilizacijo
- 12 naprav z ločeno stabilizacijo – presnovo
- 7 naprav z ločeno stabilizacijo – presnovo

**4. razred:** od 25.000 PE–KPK do 50.000 PE–KPK

11 naprav

- 9 naprav z ločeno stabilizacijo – presnovo
- 2 napravi z ločeno stabilizacijo – aerobno presnovo

**5. razred:** od 50.000 PE–KPK

18 naprav

- 2 napravi s simultano stabilizacijo
- 16 naprav z ločeno stabilizacijo – presnovo
- v to skupino spada **ČN Celje** s simultano stabilizacijo in PE–KPK (110) = 55.454



PE - Populacijska enota oz. populacijski ekvivalent je enota za obremenjevanje vode, ki ustreza onesnaženju, katerega povzroči en prebivalec na dan.

## 5.1 Splošni pregled stroškov KČN

Stroške KČN (ali katerega koli drugega objekta) lahko razdelimo glede na časovni potek investicije na (Kuiper, E. 1986):

- investicijske (začetne) stroške,
- tekoče (obratovalne) stroške.

### 5.1.1 Investicijski stroški

Pod investicijske stroške smatramo vse stroške, ki so potrebni za začetek gradnje in dokončanje KČN, od pridobivanja zemljišč in upravnih dovoljenj, do same izgradnje in zagona KČN. Razdelimo jih lahko na (Kuiper, E. 1986):

- **Neposredne stroške**, ki nastanejo zaradi gradnje KČN in zajemajo:
  - stroške zemljišča;
  - stroške izgradnje in strojno opremo vseh objektov KČN: črpališče, maščobnik in peskolov, aeracijski bazen, naknadni usedalnik, zgoščevalnik blata itd.;
  - stroške izgradnje in strojno opremo tehnoloških povezav: interna kanalizacija; vodovodno in hidrantno omrežje, odvodni kanal očiščene vode itd.;
  - stroške izgradnje dostopne ceste;
  - stroške elektroinštalacij in krmilne tehnike;
  - stroške ostalih objektov, ki so potrebni za upravljanje same KČN (upravna stavba, delavnica za mala popravila, eventuelno laboratorij);

- nepredvidene stroške (npr. sprememba gradnje zaradi slabe nosilnosti tal): ti stroški so nepredvidljivi, lahko se pojavijo ali pa tudi ne in jih zato ne moremo izračunati; ocenjeni so procentualno glede na ostale neposredne stroške;
  - zagonske stroške (preizkus in delovanje vse opreme).
- **Posredne stroške**, ki nastanejo kot posledica same postavitve KČN na določeni lokaciji.

To so npr. odškodnine in nadomestila, ki jih je potrebno plačati okoliškimi prebivalcem zaradi posegov v okolje, ki zmanjšajo uporabno vrednost nepremičnine, zmanjšajo kakovost bivalnega okolja ali zmanjšajo vrednost nepremičnine in izgubljeni dobiček.

### 5.1.2 Tekoči stroški

Pod tekoče stroške smatramo vse stroške, ki so potrebni po izgradnji KČN za njeno normalno delovanje in zajemajo tekoče stroške **obratovanja** in **vzdrževanja** KČN:

- stroški potrošnega materiala: plin, gorivo itd.;
- stroški dela: plače zaposlenih;
- stroški storitev: storitve rednega vzdrževanja, analize, zavarovalne premije, obdelava blata in odvozi ter druge storitve (cestni in železniški promet, PTT, vzdrževanje avtomobilov, itd.);
- stroški vzdrževanja: razna manjša popravila in investicijsko vzdrževanje (zamenjava kakšnih večjih delov opreme, obnova zgradb itd.);
- drugi stroški;
- stroški financiranja.

V investicijskem vzdrževanju je torej upoštevana amortizacija strojne opreme, medtem ko amortizacija samih objektov ni upoštevana. Ti stroški pri benchmarking projektu niso upoštevani, **zajeti so izključno tekoči obratovalni stroški**.

Glede na enoto proizvoda (v našem primeru 1 m<sup>3</sup> ustrezno očiščene odpadne vode) lahko tekoče stroške razdelimo na (Rakar, A. 1994):

- **Fiksne stroške**

Fiksni stroški so tisti stroški, katerih velikost ostane nespremenjena ne glede na število enot proizvoda (količino očiščene odpadne vode) in so torej neodvisni od delovanja KČN. To so tekoči stroški, kot so: plače zaposlenih, storitve rednega vzdrževanja, analize, zavarovalne premije itd.

- **Variabilne stroške**

Variabilni stroški so stroški, ki nimajo značaja fiksnih stroškov in so odvisni od števila enot proizvoda (količine ustrezno očiščene odpadne vode) in so torej odvisni od delovanja KČN. To so tekoči stroški, kot so: poraba kemikalij in elektrike, obdelava blata, odvozi itd.

- **Skupne stroške**

Skupni stroški so stroški, ki so neodvisni od števila enot proizvoda (količine ustrezno očiščene odpadne vode), pa vendar niso fiksnosti stroški, ker jih je težko opredeliti. To so tekoči stroški, kot so: pisarniški material, administrativne storitve, svetovanje itd.

### **5.1.3 Stroški financiranja**

Stroški financiranja oz. stroški kapitala nas zanimajo v primeru, kadar delamo celotno finančno konstrukcijo KČN z opredelitvijo virov financiranja. Pomembno je, od kod in pod kakšnimi pogoji dobimo potrebna finančna sredstva za KČN, saj nas zanima, kdaj in kako se nam porabljenata finančna sredstva za KČN povrnejo. Viri financiranja so lahko različni:

- javnofinančna sredstva,
- sredstva občine,
- krediti bank,
- sredstva komunalnih podjetij,
- sredstva EU (ISPA, PHARE),
- tuja sredstva (soinvestiranje, koncesionarna izvedba in upravljanje).

Nekatera sredstva financiranja so nepovratna (javnofinančna sredstva, sredstva občine, sredstva komunalnih podjetij, sredstva EU), ostala pa so povratna (kreditni bank, tuja sredstva). Stroške financiranja torej predstavljajo stroški, ki so potrebni za to, da povrnemo izposojena ali kako drugače pridobljena finančna sredstva.

Stroški financiranja se lahko upoštevajo v tekočih stroških in so običajno pri KČN mnogo večja od drugih tekočih stroškov, potrebnih za normalno delovanje in vzdrževanje KČN.

Ker pa delamo oceno stroškov investicije ne glede na to, kdo je investitor, nas stroški financiranja ne zanimajo in jih zato v nadaljevanju niso obravnavani.

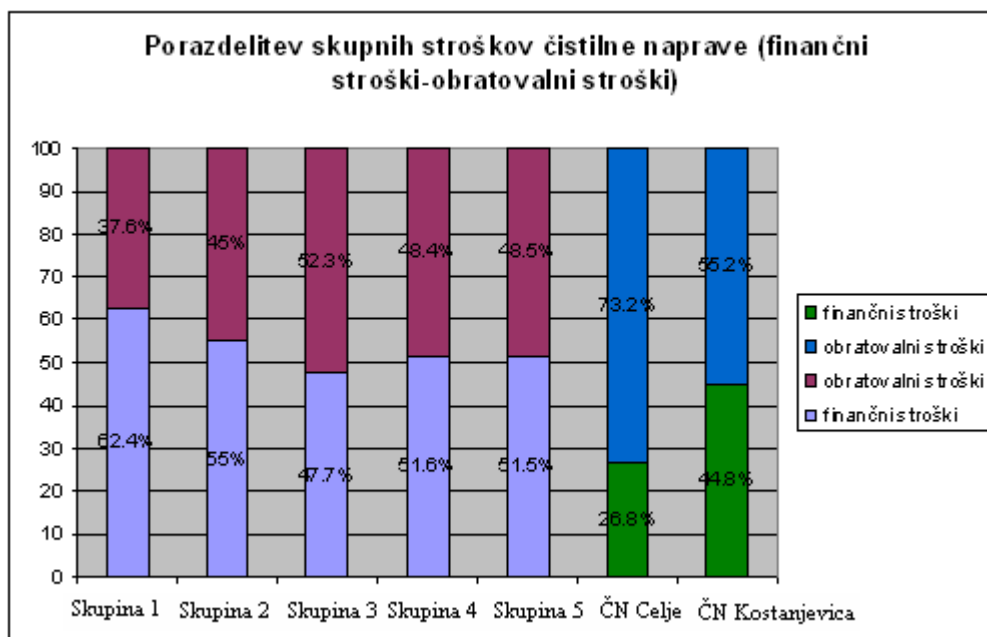
Tudi pri analizirani KČN stroški financiranja v bilanci uspeha niso bili prikazani, saj je bila ta KČN zgrajena z javnofinančnimi (država-taksa za obremenjevanje voda, občina-taksa za onesnaževanje voda) ter evropskimi sredstvi in tako ni bilo potrebno vračanje finančnih sredstev.

## **5.2 Celoletna analiza stroškov za čiščenje odpadne vode**

Analize, ki sledijo predstavljajo deleže posameznih stroškovnih skupin za čiščenje odpadnih voda v sorazmerju s skupnimi stroški – v odvisnosti različnih velikostnih skupin – prikazane v odstotkih.

### **5.2.1 Obratovalni in finančni stroški pri čiščenju odpadnih voda**

Razmerje med finančnimi stroški in obratovalnimi stroški na področju čiščenja odpadnih voda se lahko upoštevajoč velikostne skupine predstavi na sledeč način:



Slika 10: Porazdelitev skupnih stroškov čistilne naprave (finančni stroški – obratovalni stroški).

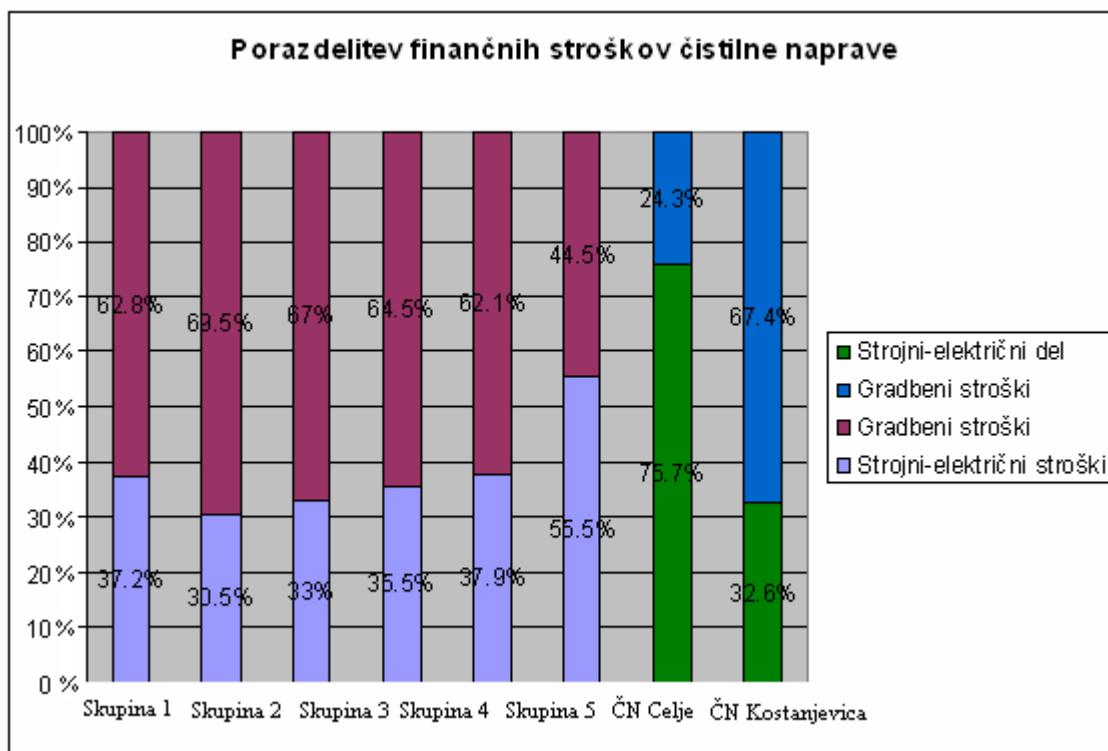
Primerjava finančnih in obratovalnih stroškov na avstrijskem primeru jasno pokaže, da z velikostjo čistilne naprave raste tudi delež obratovalnih stroškov, ki se od velikosti približno 12.000 PE–KPK (skupina 3) limitira k 50 % deležem obratovalnih stroškov. Pri majhnih čistilnih napravah je delež obratovalnih stroškov z 38 % bistveno manjši.

Pri kostanjeviški ČN ugotovimo, da je delež finančnih stroškov dosti manjši kot pri skupini 1 iz avstrijske študije. Obratovalni in finančni stroški celjske ČN pa so dokaj podobni stroškom iz skupine 5.

Veliko razliko med finančnimi in obratovalnimi stroški pri kostanjeviški ČN pa pripisujem verjetno prevelikim obratovalnim stroškom.

## 5.2.2 Čiščenje odpadnih voda – gradbeni in strojni finančni delež

Razlikovanje letnih finančnih stroškov, navezujoč se na gradbene in strojne deleže pri čiščenju odpadnih voda, nam pokaže sledeč grafični prikaz:



**Slika 11: Porazdelitev finančnih stroškov čistilne naprave (gradbeno-strojni)**

Jasno je razvidno, da strojni - električni delež letnih stroškov nima nobene pomembne povezave z velikostjo čistilne naprave in se tako gradbeni stroški naprave umirijo pri približno 65 % letnih finančnih stroškov čistilne naprave.

Razloga za visoke strojno-električne stroške pri celjski ČN je verjetno naslednja:

- dobra kvaliteta strojne opreme: lahko imamo strojno opremo slabše kvalitete ter s tem krajšo življenjsko dobo in večjo pokvarljivost opreme. Taka strojna oprema je cenejša, vendar pa so tekoči stroški vzdrževanja veliki. Kvalitetnejša oprema je dražja, pri čemer pa je življenjska doba daljša in tudi pokvarljivost opreme manjša.
- stopnja avtomatizacije procesov: za to je potrebno vgraditi razne merilne inštrumente s katerimi merimo želene parametre (npr. količino raztopljenega kisika v aeracijskem bazenu). Na podlagi meritev se potem preko računalnika ter procesne in krmilne enote avtomatsko regulira proces (npr. regulira se količina vpuhanega zraka v aeracijski

bazen), tako da dosežemo kar se da optimalni potek procesa. Merilni inštrumenti so dragi, tako da vseh procesov ekonomsko ni smiselno avtomatizirati.

### Prikaz celotnih finančnih stroškov za ČN Celje:

Stroški so prikazani v SIT-ih in v EUR-ih. Pri pretvorbi valut sem upošteval fiksno menjalno razmerje 1€= 239,64 SIT.

Preglednica 1: Prikaz gradbenih stroškov za ČN Celje

Gradbeni del	Vrednost (SIT)	Vrednost (EUR)
Objekt prečiščevanja	109.562.539,09	457.196,37
Peskolov z lovilcem maščob	24.443.202,70	101.999,68
Anaerobni bazen 2x	105.484.693,05	440.179,82
Aeracijski bazen 3x	246.130.870,86	1.027.085,92
Razdelilni objekt	9.842.837,93	41.073,43
Naknadni usedalnik 2x	159.359.005,32	664.993,35
Merilec pretoka	3.596.315,96	15.007,16
Objekt dezinfekcije	6.065.798,98	25.312,13
Zalogovnik	12.220.646,41	50.995,85
Zračni biofilter	1.233.786,57	5.148,50
Upravna zgradba	27.569.209,14	115.044,27
<b>Skupaj</b>	<b>705.508.906,01</b>	<b>2.944.036,50</b>

Preglednica 2: Prikaz strojno-elektro stroškov za ČN Celje

Strojno-elektro del	Vrednost (SIT)	Vrednost (EUR)
Lovilec gramoza	4.175.011,51	17.422,01
Oprema ozračenega peskolova z lovilcem	35.560.889,75	148.392,96
Oprema naknadnega usedalnika 2x	90.724.375,30	378.586,11
Merilec pretoka	1.976.254,88	8.246,77
Postaja za prevzem grezničnih mul	20.158.133,98	84.118,40
Oprema zalogovnika	3.356.147,75	14.004,96
Zračni biofilter	49.636.513,25	207.129,50
Elektroagregat	15.793.088,78	65.903,39
Transformator	16.037.076,76	66.921,54
Oprema kurilnice	6.908.297,58	28.827,81
Oprema za pripravo tehnološke vode	12.975.528,98	54.145,92
Oprema za dovod stisnjene zraka	7.171.861,90	29.927,65
Oprema za transport odvečnega blata	26.823.398,53	111.932,06
Zapornice	11.421.597,71	47.661,48

Zasuni	16.209.444,00	67.640,81
Črpalka vhodnega črpališča 3x	21.545.427,67	89.907,48
Avtomatske grablje 2x	28.062.914,76	117.104,47
Mešalo v anaerobnem bazenu 4x	16.229.736,54	67.725,49
Oprema aeracijskega bazena 3x	79.698.362,79	332.575,37
Črpalka v razdelilnem objektu 5x	21.080.131,61	87.965,83
Oprema za obdelavo blata	121.799.897,00	508.261,96
Puhalo 5x	17.144.810,83	71.544,03
Oprema notranjega prostora	47.136.710,78	196.698,01
Elektroinstalacije	37.797.366,64	157.725,62
Povezovalni cevovodi	21.776.762,65	90.872,82
Razsvetljava	2.498.370,05	10.425,51
<b>Skupaj</b>	<b>733.698.111,98</b>	<b>3.061.667,97</b>

### Izračun letnih finančnih stroškov za ČN Celje:

Preglednica 3: Izračun letnih finančnih stroškov – ČN Celje

Letni znesek amortizacije:	Nabavna vrednost (SIT)	Amortiz. st.	Letni znesek (SIT)
<b>Gradbeni objekti:</b>	705.508.906,01	<b>2 %</b>	14.110.178,12
<b>Strojno-elektro instalacije</b>	733.698.111,98	<b>6 %</b>	44.021.886,71
<b>SKUPAJ:</b>			<b>58.132.064,83</b>

Letni znesek amortizacije:	Nabavna vrednost (EUR)	Amortiz. st.	Letni znesek (EUR)
<b>Gradbeni objekti:</b>	2.944.036,50	<b>2 %</b>	58.880,73
<b>Strojno-elektro instalacije</b>	3.061.677,97	<b>6 %</b>	183.700,08
<b>SKUPAJ:</b>			<b>242.580,81</b>

### Prikaz celotnih finančnih stroškov za ČN Kostanjevica:

Preglednica 4: Prikaz gradbenih ter strojno-elektro stroškov za ČN Kostanjevica

Gradbeni del	Vrednost (SIT)	Vrednost (EUR)
Objekt z instalacijami	<b>118.219.174,88</b>	<b>493.319,88</b>
<b>Strojno-elektro del</b>		
Krmilna elektrooomara	1.200.000,00	5.007,51
Frekvenčni regulator	900.000,00	3.755,63
Dehidrator blata	3.731.000,00	15.569,19
Kompresor	400.000,00	1.669,17
Puhalo 2x	1.200.000,00	5.007,51



Črpalka odpadne vode 3x	1.500.000,00	6.259,39
Črpalka odvečnega blata	500.000,00	2.086,46
Črpalka peskolova	500.000,00	2.086,46
Črpalka prenosna	382.000,00	1.594,06
Ciklon	600.000,00	2.503,76
Merilnik pretoka vode	400.000,00	1.669,17
Merilnik prostega O2	200.000,00	834,59
Računalnik nadzorni	3.000.000,00	12.518,78
<b>Skupaj</b>	<b>14.513.000,00</b>	<b>60.561,68</b>

### Izračun letnih finančnih stroškov za ČN Kostanjevica:

Preglednica 5: Izračun letnih finančnih stroškov – ČN Kostanjevica

Letni znesek amortizacije:	Nabavna vrednost (SIT)	Amortiz. st.	Letni znesek (SIT)
<b>Gradbeni objekti:</b>	118.219.174,88	<b>2 %</b>	2.364.383,49
<b>Strojne-elektro instalacije</b>	14.513.000,00	<b>8 %</b>	1.161.040,00
<b>SKUPAJ:</b>			<b>3.525.423,49</b>

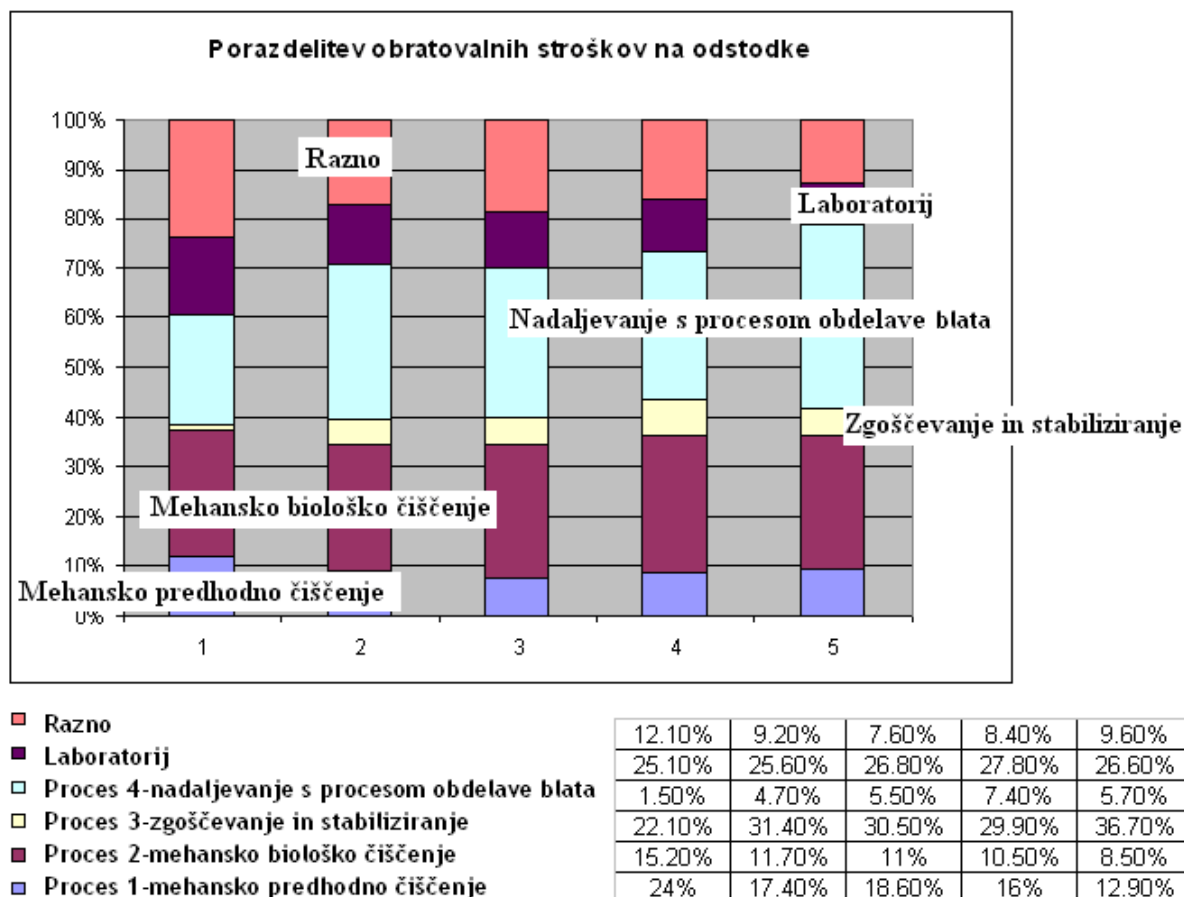
Letni znesek amortizacije:	Nabavna vrednost (EUR)	Amortiz. st.	Letni znesek (EUR)
<b>Gradbeni objekti:</b>	493.319,88	<b>2 %</b>	9.866,39
<b>Strojne-elektro instalacije</b>	60.561,68	<b>8 %</b>	4.844,93
<b>SKUPAJ:</b>			<b>14.711,32</b>

### 5.2.3 Letni stroški čiščenja odpadnih voda – detajlirano ovrednotenje

Pri analizah, ki sledijo, so bili narejeni natančni pregledi vrst stroškov in pregledi strukture stroškovnega mesta.

### 5.2.3.1 Porazdelitveni procesi obratovalnih stroškov

Porazdelitev obratovalnih stroškov avstrijskih čistilnih naprav se na procese v odvisnosti velikosti skupin porazdeli sledeče:



Slika 12: Porazdelitev obratovalnih stroškov na odstotke (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).

Iz zgornjega ovrednotenja je razvidno, da se razmerje stroškov, povezanih z delovnim procesom čistilne naprave, s povečano velikostjo naprave ne poveča ekstremno.

Razvidno je tudi, da letni obratovalni stroški laboratorija pri majhnih napravah bistveno bolj bremenijo čistilne naprave kot je to primer pri večjih. V teh primerih pride do polnega izraza degresija fiksnih stroškov (skupina 1 ni reprezentativna).

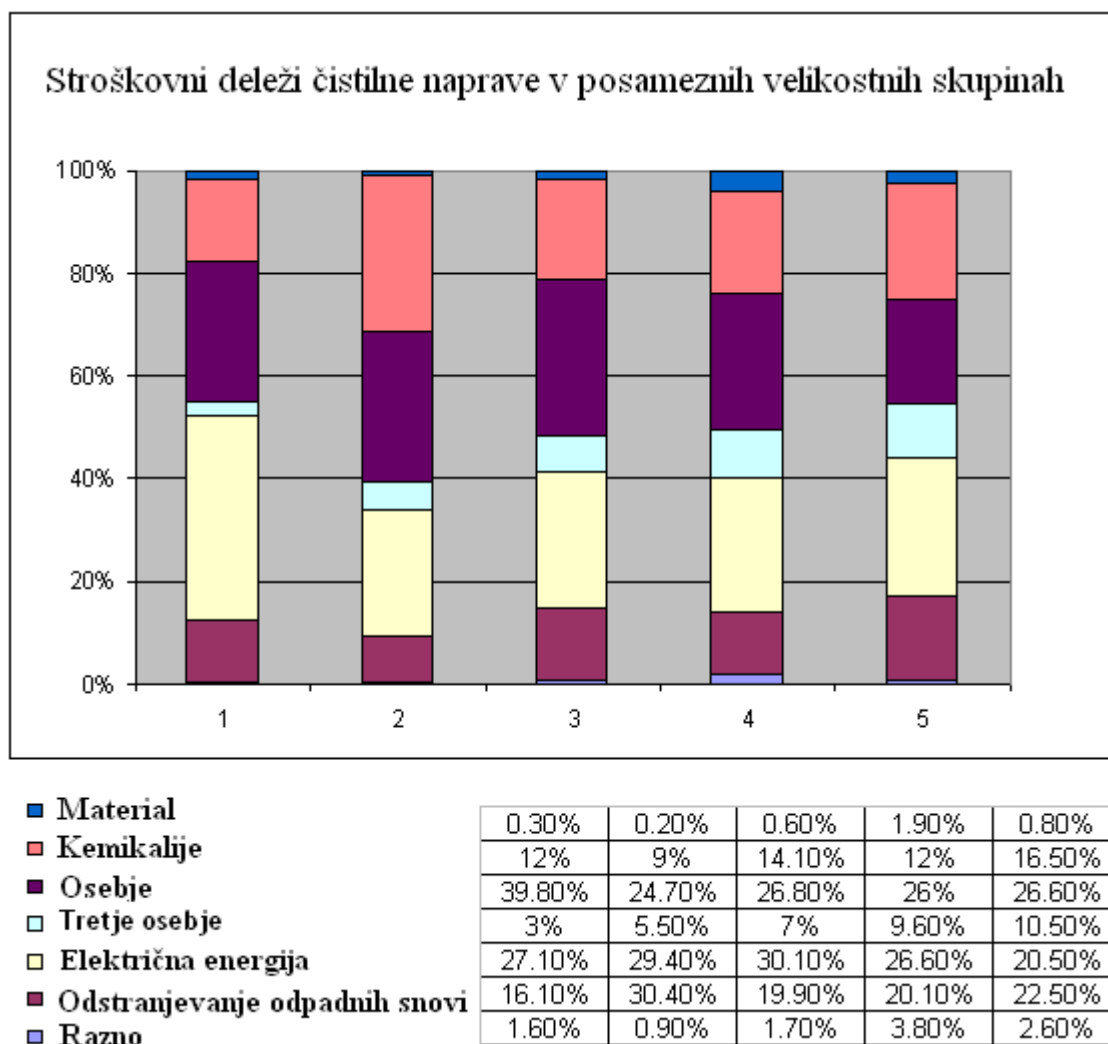
Pri diplomski nalogi za slovenski ČN zaradi pomanjkanja podatkov ni bilo mogoče narediti porazdelitve na delne procese, zato je narejena le analiza za glavne vrste stroškov, ki je prikazana v naslednjem podpoglavju.

### **5.2.3.2 Obratovalni stroški – porazdelitev vrst stroškov**

Primerjava glavnih vrst stroškov čistilne naprave, ki se navezujejo na posamezne procese, omogoča porazdelitev vrst stroškov, ki so diferencirani po velikostnih skupinah znotraj procesa. Prikazane so sledeče nosilne skupine glavnih vrst stroškov (Kroiß et al. 2002):

- materialni stroški (plin, gorivo, maziva, zaščitna sredstva ...)
- stroški za kemična sredstva
- stroški za osebje
- stroški za usluge, ki jih opravljajo tretji (popravila pri tekočem obratovanju)
- stroški za električno energijo
- stroški odstranjevanja odpadnih snovi
- stroški – razno

Če primerjamo deleže raznih vrst stroškov pri čistilni napravi, lahko porazdelitev stroškov odvisno od velikosti čistilne naprave razberemo, kakor sledi:

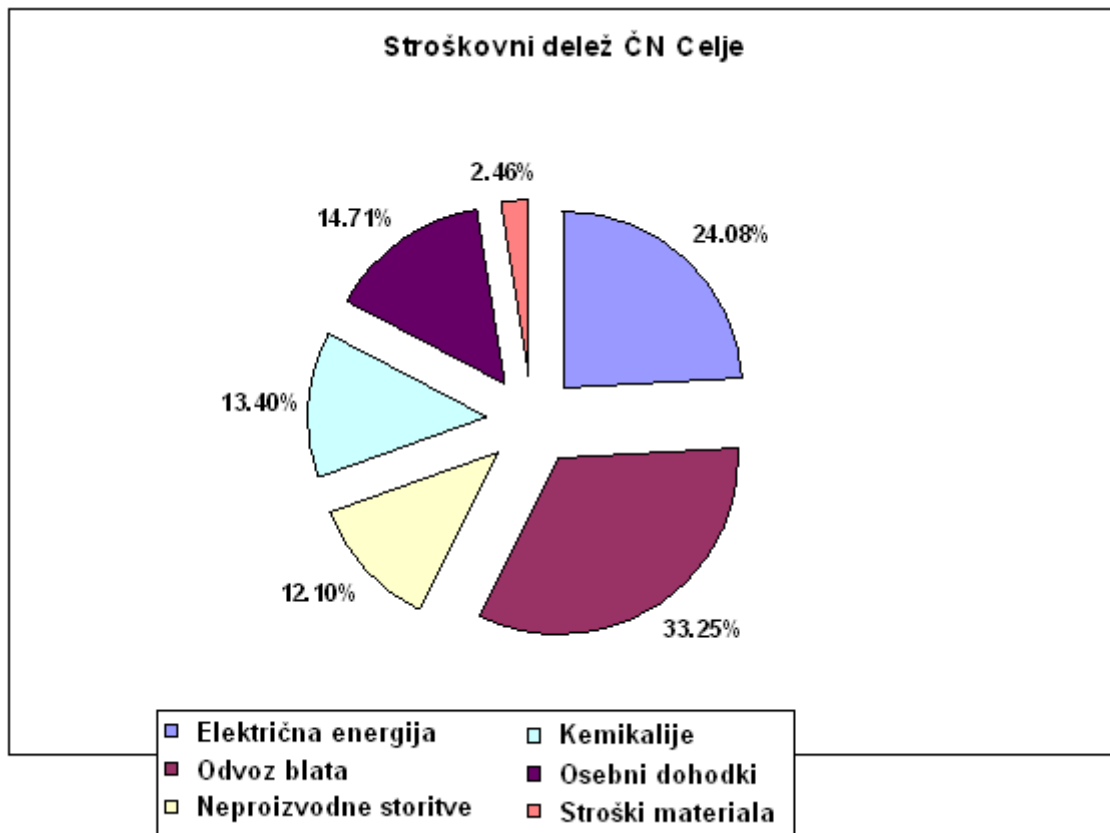


Slika 13: Stroškovni deleži čistilne naprave v posameznih velikostnih skupinah (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).

Ovrednotenje torej jasno pokaže pomembnejše stroškovne skupine pri čiščenju odpadnih voda:

- osebe (skupina 1 približno 40 % - skupina 2 do 5 približno 26 %)
- Električna energija (približno 21 % do 30 %)
- odstranjevanje odpadnih snovi (okoli 16 % do 30 %)

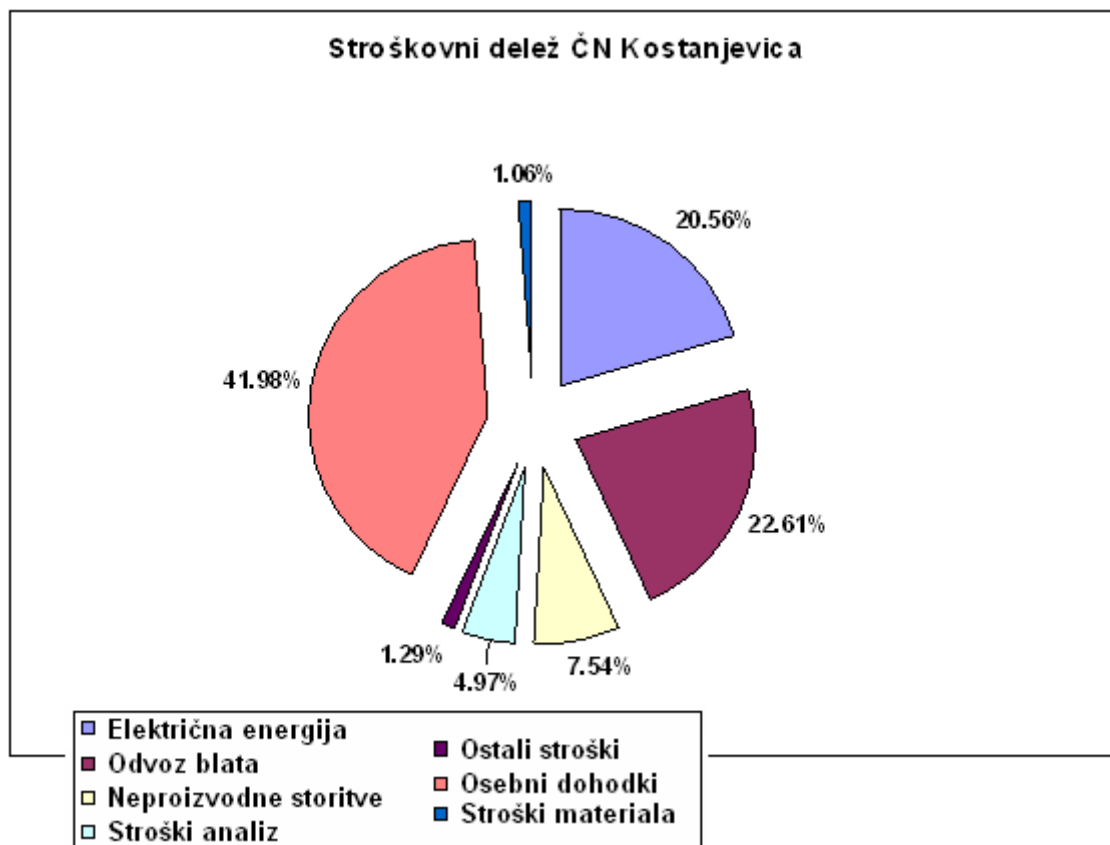
ČN Celje:



	ZNESEK (SIT)	ZNESEK (EUR)	Delež (%)
1. Električna energija	38.137.754,77	159.146,03	24.08
2. Odvoz blata	52.667.202,90	219.776,34	33.25
3. Neproizvodne storitve	19.165.896,11	79.977,87	12.10
4. Kemikalije	21.220.917,70	88.553,32	13.40
5. Osebnih dohodki	23.294.538,00	97.206,38	14.71
6. Stroški materiala	3.900.374,21	16.275,97	2.46
<b>SKUPAJ OBJEKT ČN:</b>	<b>158.386.683,69</b>	<b>660.935,92</b>	<b>100.00</b>

Slika 14: Stroškovni deleži ČN Celje

**ČN Kostanjevica:**



	ZNESEK (SIT)	ZNESEK (EUR)	Delež (%)
1. Električna energija	891.644,51	3.720,77	20.56
2. Odvoz blata	980.500,30	4.091,56	22.61
3. Neproizvodne storitve	326.832,67	1.363,85	7.54
4. Stroški analiz	215.757,00	900,34	4.97
5. Ostali stroški	55.980,00	233,60	1.29
6. Osebni dohodki	1.820.640,00	7.597,40	41.98
7. Stroški materiala	45.857,88	191,36	1.06
<b>SKUPAJ OBJEKT ČN:</b>	<b>4.337.212,36</b>	<b>18.098,87</b>	<b>100</b>

Slika 15: Stroškovni deleži ČN Kostanjevica

Razvidno je, da delež posameznih stroškovnih skupin ne kaže diferenciranih, glede na velikost posameznih skupin, omembe vrednih razlik. Izjemo zaradi različnih možnosti odstranjevanja odpadnih snovi predstavljajo ravno stroški, povezani za odstranjevanjem odpadnih snovi (večinoma je to blato iz čistilnih naprav, samo v majhnih količinah pa se

pojavnajo tudi drugi materiali, ki se ujamejo na sitih in podobno). Kakor je razvidno iz slike 13, niha delež na tem področju med 15 % in 30 %.

Največjo stroškovno skupino pri obratovanju čistilne naprave predstavljajo stroški osebja. Ti stroški pa se z rastjo čistilne naprave nižajo.

Lahko rečem, da pri primerjavi med avstrijskimi in slovenskimi KČN ni opaznih večjih razlikovanj med posameznimi stroškovnimi skupinami.

V nadaljevanju je možno še analizirati posamezne procese glede njihovih stroškovnih deležev (vendar to v diplomski nalogi ni prikazano). Ta postopek pri posameznih procesih kaže na precejšnja nihanja pri porazdelitvi, kar je lahko pogojeno z različnimi tehničnimi postopki.

## **5.2.4 Pridobivanje potrebnih podatkov o stroških KČN**

### **5.2.4.1 Pridobivanje podatkov o investicijskih stroških**

Za pridobitev podatkov o investicijskih stroških so najbolj primerni dejanski stroški, ki sem jih uspel pridobiti tako za KČN Kostanjevica kot za Celjsko KČN. Investicijske stroške sem dobil na sedežih komunalnih podjetij. Za KČN Celje so mi podatke posredovali na sedežu podjetja Vodovod-kanalizacija Celje, ter za KČN Kostanjevica na sedežu podjetja Kostak Krško.

### **5.2.4.2 Pridobivanje podatkov o tekočih stroških**

Za tekoče stroške obratovanja KČN smo potrebovali bilanco uspeha in eventuelno razdelitev po posameznih kontih, pri zbiranju tega ni bilo večjih problemov. Potrebne podatke sem dobil na ustreznih komunalnih podjetjih.

## 6 BENCHMARKING ZA ČISTILNE NAPRAVE

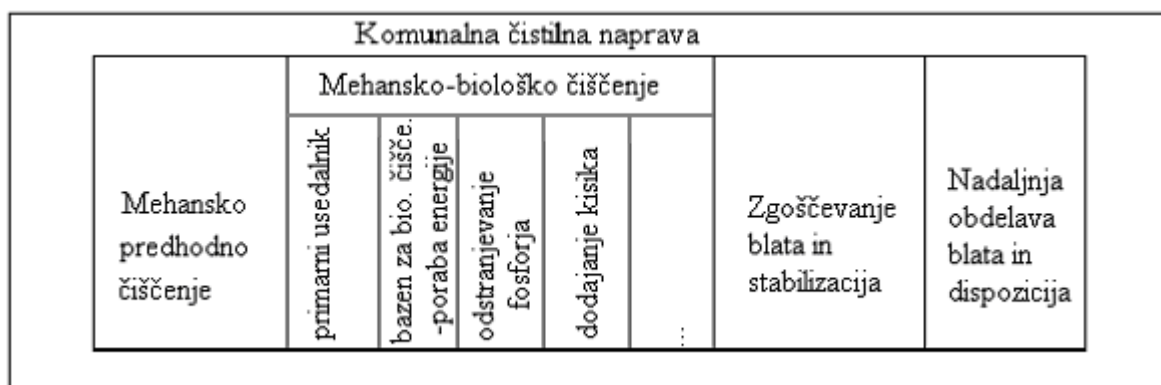
### 6.1 Metodološki pristop – primerjava naprav s pomočjo procesov

Za primerjavo čistilnih naprav za odpadne vode je bil v Avstriji razvit novi procesni model, ki dovoljuje medsebojno primerjavo naprav z različnimi postopki in načini obratovanja. Pregledani so bili štiri procesi. Da bi lahko naredili primerjavo zelo heterogenega naključnega vzorca 76 naprav, je potrebno naprave razdeliti v odgovarjajoče skupine. Porazdelitev v skupine se je naredila na podlagi povprečnih obremenitev z organskim tvorom nesnage (merjeno kot kemijska potreba kisika KPK) izraženo kot PE–KPK 110 (= 110g KPK na prebivalca na dan). Za izračun pomembnih indikatorjev je bilo potrebno stroške povezati s primerjalnimi vrednostmi.

Razvoj procesnega modela za čistilne naprave odpadnih voda (slika 16) omogoča primerjavo med napravami, ki delujejo s pomočjo različnih delovnih postopkov. Čeprav so razlike med obratovalnimi postopki posameznih naprav še tako velike, se posamezni procesi med seboj ne razlikujejo v toliki meri, da so med seboj primerjajoči. S pomočjo jasne definicije posameznih procesov in delnih procesov je primerjava možna.

Za območje čistilnih naprav za odpadne vode se je preučevalo štiri procese *mehansko čiščenje, biološko čiščenje in nadaljnja obdelava blata in odstranitev le tega, glede postavitve in glede obratovanja naprav.*





Slika 16: Procesni model čistilne naprave za odpadne vode (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)

Pri primerjavi procesov je potrebno te definirati in zajeti vse faktorje, ki vplivajo na stroške. Faktorji, ki lahko vplivajo na stroške, so lahko (Kroiß et al. 2002):

- zakonski predpisi (cilji čiščenja)
- odločitve pri planiranju in obratovanju (vrsta opreme)
- standardno specifične posebnosti (visoko stanje podtalnice)
- vtok/onesnaženje
- odvzem v peskolovih

Opis procesov in njihove medsebojne omejitve:

## PROCES I - MEHANSKO PREDHODNO ČIŠČENJE

Mehansko predhodno čiščenje je porazdeljeno v opremo za ločevanje peska, maščobe in grobih snovi ter prevzemne postaje. Proces mehanskega predhodnega čiščenja zajema torej opremo za grablje/rešetka ter lovilec peska in prevzemno postajo za fekalije oziroma postajo za kanalizacijske odpadke (Roš, M. 2001).

Pri tem se investicijski in obratovalni stroški dotočne črpalke ne razvrstijo k procesu mehanskega čiščenja, temveč k kanalizaciji. Prav tako se pretočni bazeni za meteorne vode, ki so sicer postavljeni na čistilni napravi, uvrščajo h kanalizaciji.

## PROCES II – MEHANSKO-BIOLOŠKO ČIŠČENJA ODPADNIH VOD

Proces mehansko-biološkega čiščenja odpadnih voda zajema bazene za predhodno čiščenje, bazen za poživljanje in bazen za naknadno čiščenje ter vse tiste mehanske in električne naprave, ki sodijo k tem bazenom. Oprema za odstranjevanje fosforja ter naprave za pridobivanje plina in deli plinskih motorjev (za direktni pogon zgoščevalnikov) se uvrščajo k mehansko-biološkemu procesu čiščenja odpadnih voda (Roš, M. 2001).

## PROCES III – ZGOŠČEVANJE BLATA IN STABILIZIRANJE

V ta proces sodi tista oprema, ki prispeva predhodnemu zgoščevanju in stabiliziranju blata, kot na primer (Roš, M. 2001):

- strojno zgoščevanje odvišnega blata
- predhodni zgoščevalnik
- prostor za gnitje/Imhoffov usedalnik (emšerka)
- ogrevano presnovališče
- ločeno aerobno stabiliziranje

Meja procesa je tam, kjer se nahaja stabilizirano blato in bi ga bilo moč brez nadaljnje obdelave vključiti v nadaljnji proces.

Pri postopku s simultano aerobno stabilizacijo blata in zgoščevanjem blata in njegovi stabilizaciji se procesi mehansko-biološkega čiščenja odpadnih voda med seboj prekrivajo. V tem primeru se vsi stroški pripišejo procesu biološkega čiščenja odpadnih voda.

## PROCES IV – NADALJNJA OBDELAVA BLATA IN ODLAGANJE / DSTRANJEVANJE

Temu procesu se štejejo naprave za čiščenje odpadnih voda, ki služijo zbiranju/nalaganju **stabiliziranega** blata, kakor tudi tiste komponente, ki omogočajo odvodnjavanje in/ali sušenje (Roš, M. 2001). Pri napravah z ločenim zbiralnikom blatenice se tudi ta prišteva k procesu nadaljnje obdelave blata in njegovega odstranjevanja/odlaganja.

### 6.2 Predstavitev komunalnih čistilnih naprav Celje in Kostanjevica

#### 6.2.1 Komunalna čistilna naprava Celje

Čistilna naprava se nahaja severovzhodno od naselja Tremerje in je oddaljena od naselja 450 m zračne črte. Območje velikosti 26.000 m<sup>2</sup> leži tik pred stičiščem železniške proge Zidani Most–Celje in lokalne ceste na levi strani Savinje pod vznožjem Vipote. Kot platoja ČN je 232,50 m nadmorske višine. Vsi objekti imajo sorazmerno nizko višino, del objekta je pod površjem, kar pomeni, da ČN Celje ne izstopa, saj so gabariti nizki, obenem pa so volumenska razmerja in bližina objekta železniške proge v merilu okolice.

Zbirno območje čistilne naprave je mesto Celje z bližnjimi naselji (Ostrožno, Lopato, Medlog, Lokrovec, Dobrovo, Šmarjetno ...)

Čistilna naprava je zasnovana kot biološko čiščenje odpadne vode s suspenzijo biološkega blata. Do obremenitve cca 75.000 PE bo naprava obratovala kot naprava z aerobno stabilizacijo blata (podaljšana aeracija), kasneje, ko se bo obremenitev naprave povečala nad omenjeno vrednost (predvidoma naj bi bila končna obremenitev naprave do 85.000 PE), pa je predvidena dostabilizacija blata z doziranjem CaO že zgoščenemu blatu.

Čistilna naprava obsega naslednje procesne enote:

⇒ **Mehanska obdelava**

- Lovilec gramoza

- Vhodno črpališče
- Grablje
- Prezračeni peskolov in lovilec maščob

⇒ **Biološka obdelava**

- Anaerobni bazen
- Prezračevalni - hladni bazen
- Razdelilni objekt s črpališčem povratnega blata
- Naknadni usedalnik

⇒ **Iztok iz čistilne naprave**

- Merilnik pretoka vode na iztoku
- Dezinfekcija iztoka (občasna)

⇒ **Obdelava blata**

- Predzgoščanje blata
- Zalogovnik blata
- Dehidracija blata
- Sprejemna postaja za greznične gošče

V letu 2005 je naprava obratovala redno, njena obremenitev pa je znašala 70.000 PE.

## Obremenitve ČN Celje

- Projektirana vrednost obremenitev

### Hidravlična obremenitev

- število priključenih enot 70.000 PE
- povprečni dnevni dotok vode pri sušnem vremenu = 24.000 m<sup>3</sup>/dan

- o norma porabe je:  $n_p = 343 \text{ l}/(\text{PE dan})$

Biokemijska obremenitev

Opomba: vzamemo  $q_{\text{povprečni}} = 60 \text{ g}/(\text{P dan})$

- o Biokemijska obremenitev BPK5 = 4.200 kg BPK5/dan

$$C_{\text{BPK}} = g/n_p = 60.000/343 = 175 \text{ mg/l}$$

Kemijska obremenitev

Opomba: vzamemo  $q_{\text{povprečni}} = 120 \text{ g}/(\text{P dan})$

- o Kemijska obremenitev KPK = 8.400 kg KPK/dan

$$C_{\text{KPK}} = g/n_p = 120.000/343 = 350 \text{ mg/l}$$

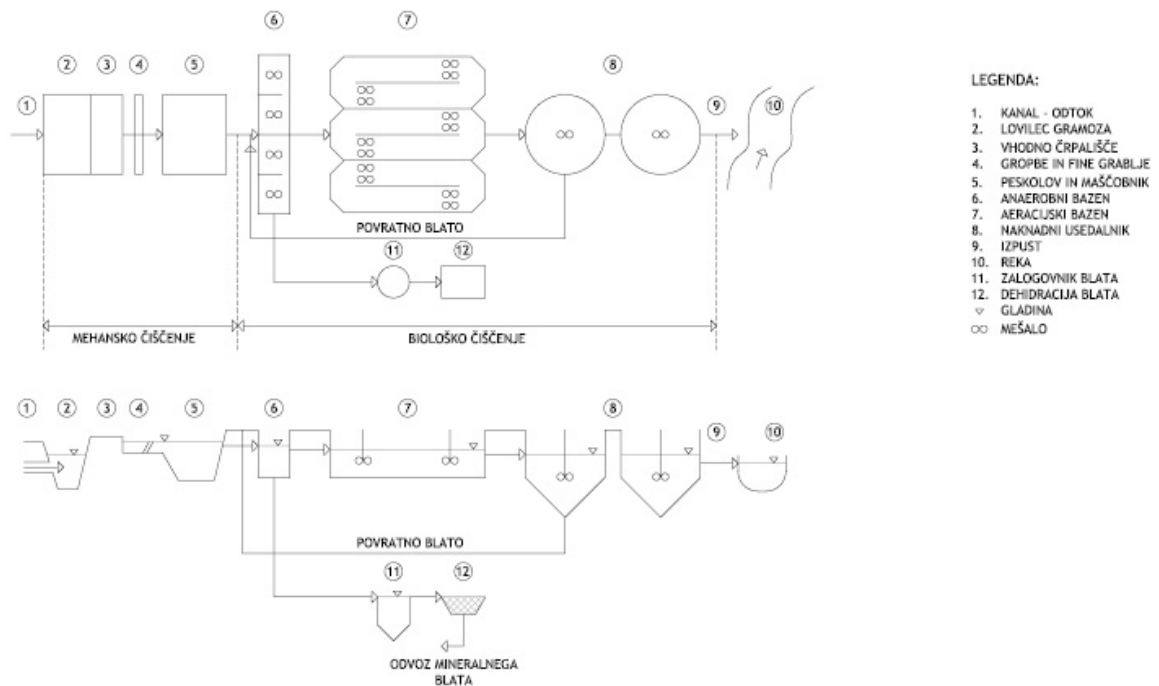
- Dejanska obremenitev in učinek čiščenja v letu 2005

**Preglednica 6: Dejanska obremenitev in učinek čiščenja ČN Celje**

PARAMETER	Povprečna letna vrednost		učinek (%)
	vtok na ČN	iztok iz ČN	
KPK (mg/l)	436	27	93,7
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	189	7	96,4
CELOTNI FOSFOR(mg/l)	4,7	1,2	73,8
CELOTNI DUŠIK (mg/l)	31,7	5,6	82,2
<b>Dejanska obremenitev (PE):</b>	<b>70.000</b>		

- Tehnologija čiščenja in delovanja KČN Celje

Linija vode na čistilni napravi poteka od vtoka na čistilno napravo do iztoka iz čistilne naprave. Na celotni liniji vode je na čistilni napravi eno samo črpališče, ki dvigne odpadno vodo na nivo grabelj, od tu naprej pa do iztoka v Savinjo voda teče gravitacijsko. V liniji vode se odpadna voda mehansko in biološko očisti. Pri biološkem čiščenju odpadne vode kot posledica rasti in razmnoževanja mikroorganizmov, ki jim razgradnja organskih snovi



Slika 17: Shema mehansko-biološko čiščenje, KČN Celje

predstavlja hrano in energijo za rast in razvoj, nastaja blato. Linija blata se prične v naknadnih usedalnikih, kjer se blato loči od očiščene vode in se delno vrača nazaj v anaerobne bazene kot povratno blato, s katerim se vzdržuje potrebna koncentracija aktivne biomase v biološkem delu, ostali del blata pa se kot odvečno blato obdeluje na napravah za zgoščevanje blata. Končni produkt je dehidrirano in po potrebi higienizirano blato, ki se v kontejnerjih odvaža na odlagališče komunalnih odpadkov.

Prva stopnja čiščenja surove odpadne vode je čiščenje z grabljami, peskolovom – **mehanska stopnja** in z usedanjem. Te postopke imenujemo tudi predčiščenje. V postopku predčiščenja se iz odpadne vode odstranjujejo veje, kamenje, steklenice, koščki kovin, krpe, cunje in podobno na grabljah, v peskolovu se odstrani pesek in maščobe, v usedalnikih pa vse suspendirane snovi, ki pa jih zaradi aerobne stabilizacije na CČN Celje ni.

- **lovilec gramoza**

Odpadna voda priteče po dovodnem glavnem zbiralniku v čistilno napravo v lovilec gramoza. Usedli delci se iz bazena občasno z žerjavom odstranijo v kovinski kontejner.

- **Vhodno črpališče**

Iz lovilca gramoza voda preko betonskega preliva teče v vhodno črpališče. V vhodnem črpališču so nameščene 3 potopne črpalke. Vsaka črpalka je opremljena s svojim tlačnim cevovodom. Te črpalke odpadno vodo dvignejo na koto grabelj, od koder voda teče gravitacijsko do iztoka v reko Savinjo.

- **Grablje**

Vgrajene so dvojne avtomatske elektromotorne verižne grablje ter ročne paličaste grablje, preko katerih se v primeru okvar elektromotornih grabelj razbremenjuje pretok po obtočnem kanalu. Grablje zadržujejo veje, koščke kovin, krpe in podobno. Ti odpadki se z grabelj strojno odstranjujejo na polžni transporter-kompaktor. Polžni kompaktor iz odpadkov stisne vodo, transportni trak odpadke transportira do izmeta odpadkov v kolesni zabojnik. Iztisnjena voda se vrača v čiščenje.

- **On-line merilna postaja**

Na dotoku odpadne vode v ozračeni peskolov je nameščen avtomatski vzorčevalnik za odvzem vzorcev odpadne vode, prav tako so tu nameščeni instrumenti za on-line merjenje pH vrednosti, temperature in elektroprevodnosti, ki te podatke avtomatično prenašajo na centralni računalnik v komandni sobi.

- **Prezračeni peskolov in maščobnik**

Naslednja stopnja predčiščenja je odstranjevanje specifično težjih organskih in anorganskih snovi v odpadni vodi, ki ne razpadajo in se ne razgrajujejo, in se ne izločajo že na grabljah. Te snovi so predvsem pesek, prodec, jajčne lupine, kavne usedline in druge hitro usedljive snovi organskega in neorganskega izvora.

Peskolov in maščobnik na čistilni napravi sta dvostezna, vzdolžna in prezračena, s pomičnim mostom, na katerem sta nameščeni strgali za pesek in posnemali maščobe. Strgalo na dnu usedli pesek potiska v poglobljeni del peskolova, od koder se pesek prečrpava do klasifikatorja peska. Klasifikator peska je polžni transporter, ki loči pesek od vode. Peskolov je prezračen, tako da ostanejo lažji delci organskih snovi v suspenziji, maščobo pa zrak potiska med lamelami, ki ločujejo peskolov in maščobnik v maščobnik. Plavajočo maščobo posnemalo potiska v smeri toka vode iz maščobnika v rezervoar maščob.

**Biološko čiščenje** odpadne vode z aktivnim blatom je metoda čiščenja odpadne vode s suspendirano biomaso pri aerobnih pogojih. Suspendirano biomaso predstavljajo predhodno oblikovani kosmi, ki pridejo v stik z organsko snovjo v odpadni vodi. Biomasa večinoma vsebuje mikroorganizme, inertne suspendirane snovi in nerazgradljive suspendirane snovi.

V biološki stopnji se uporabljajo metabolične reakcije mikroorganizmov, ki potrebujejo kisik, za pretvorbo in odstranjevanje raztopljenih snovi in koloidnih organskih polutantov iz odpadne vode. Ogljik kot vir energije za rast celic v organski snovi se pretvarja v celično maso, vodo in oksidirane produkte. Postopek z aktivnim blatom se uporablja tudi za nitrifikacijo in denitrifikacijo, s kombinacijo anaerobnih in anoksičnih pogojev pa se uporablja tudi za odstranjevanje fosforjevih spojin.

Biološko čiščenje na čistilni napravi se izvaja v dveh paralelnih anaerobnih bazenih in treh paralelnih prezračevalnikih – aeracijskih bazenih.



- **Anaerobni bazeni**

Delno mehansko očiščena odpadna voda priteče v dva paralelna anaerobna bazena. Tu pridejo kosmi v suspendirani biomasi (suspenziji aktivnega blata) v stik z organskimi snovmi iz surove odpadne vode. V anaerobne bazene se vodi tudi povratno blato. Za povečanje učinkovitosti biološkega odstranjevanja fosforja se v anaerobne bazene po potrebi dovaja železov triklorid ( $\text{FeCl}_3$ ).

Ker denitrifikacija v aeracijskih bazenih ni popolnoma končana, vsebuje povratno blato, ki se vrača v anaerobni bazen, nitrate. V anaerobnih bazenih ni aeracije, zato v vodi ni niti raztopljenega niti vezanega kisika, saj ga porabijo mikroorganizmi, ki pridejo v anaerobni bazen s povratnim blatom. V anaerobnih pogojih pride do biološkega odstranjevanja fosforja.

Potopna mešala neprekinjeno mešajo vsebino posamezne komore in s tem preprečujejo usedanje blata na dno. Hkrati zagotavljajo čim boljši stik mikroorganizmov z odpadno vodo. Drug pozitiven učinek mešanja odpadne vode v anaerobnih bazenih je zaviranje rasti mikroorganizmov, ki gradijo dolge verige in ki se ne usedajo niti v naknadnih usedalnikih, kjer ni mešanja.

- **Aeracijski bazeni**

Iz anaerobnih bazenov odpadna voda z aktivnim blatom teče v tri vzporedne aeracijske bazene. V vsakem bazenu so nameščena štiri mešala (t.i. banana mikserji), ki ustvarjajo kroženje vode. Na dnu vsakega bazena so nameščene štiri enote membranskih aeratorjev. Troje puhal, nameščenih v objektu predčiščenja, dovaja stisnjen zrak do membranskih aeratorjev. Ti razpršijo stisnjen zrak v obliki drobnih mehurčkov v odpadno vodo, s čimer pride do vnosa in raztapljanja kisika. S krožnim pretokom odpadna voda teče preko aerobne in anoksične cone. Aerobno in anoksično cono je možno ustvariti tudi s prekinjanjem prezračevanja. Vsebnost raztopljenega kisika se s pomočjo kisikovih sond meri v vsakem bazenu posebej.

Bistveni del procesa poteka aerobno v aeracijskem bazenu. Gre za proces podaljšane aeracije aktivnega blata, ki zagotovi mineralizacijo blata. Ogljik v organski snovi se kot vir energije za rast celic pretvarja v mikrobiološko celično

maso, vodo in oksidirane končne produkte. Kisik, potreben za ta proces, se vpihuje v mešanico odpadne vode in blata v aeracijskih bazenih. Odvečno blato nastane zaradi celične rasti mikroorganizmov ob porabi ogljikovih spojin in obarjanju fosforja.

Odstranjevanje dušikovih spojin poteka v procesu dvostopenjske oksidacije amonija v nitrat ob prisotnosti avtotrofnih bakterij. Bakterije, ki oksidirajo amonij, dobijo energijo z oksidacijo amonijevega dušika v nitritni dušik. Bakterije, ki oksidirajo nitrit, pa oksidirajo nitritni dušik v nitratni dušik. Denitrifikacija poteka v anoksičnem okolju aeracijskega bazena, ko za heterotrofne mikroorganizme ni več raztopljenega kisika. Le-ti morajo za svoj vir kisika uporabiti nitrat. Pri tem nastaja plinasti dušik, ki izhaja v atmosfero. Nitrifikacija in denitrifikacija potekata pri ustreznih starostih blata (15 dni).

- **Razdelilni objekt s črpališčem povratnega blata**

Mešanica biološko očiščene vode in aktivnega blata iz aeracijskih bazenov priteče po zbirni cevi v razdelilni objekt. V razdelilnem objektu se voda preko preliva razdeli na dva enaka dela in preko povezovalnih cevi teče v dva naknadna usedalnika. Na vsaki povezovalni cevi je nameščena ročno krmiljena zapornica.

V drugem delu objekta so nameščene tri črpalke za povratno blato, po ena za vsak naknadni usedalnik in ena rezervna.

Črpalke za povratno blato so vodene prek frekvenčnega regulatorja in merilca pretoka povratnega blata, kar omogoča določanje želene količine povratnega blata ( $\text{min-max}Q_p = 1480\text{-}2425 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

- **Naknadni usedalnik**

V naknadnih usedalnikih ali bistrilnikih se tok vode umiri, aktivno blato se gravitacijsko ločuje od očiščene odpadne vode.

Naknadna usedalnika sta okrogle oblike z ravnim dnom in s horizontalnim iztokom. Na vsakem naknadnem usedalniku je nameščen pomični most s krožnim strgalom, s sesalnimi cevmi za odvzem blata ter posnemalom plavajočega blata.

Blato se useda na dnu bazena. Krožno strgalo potuje po dnu in strga blato, ki se s sesalnimi cevmi po principu natege poseša preko sifona v zbirni jašek v osi. Iz zbirnega jaška teče po cevovodu v črpališče povratnega blata.

Očiščena odpadna voda preko perforiranih horizontalnih odtočnih cevi odteka v odtočni kanal. Perforirane cevi so nameščene pod gladino vode. Preko preliva se očiščena voda izliva v odvodno cev.

- **Doziranje in skladiščenje železovega klorida ( $\text{FeCl}_3$ )**

Za doseganje zahtevane učinkovitosti odstranjevanja fosforja je nameščena enota za shranjevanje in doziranje  $\text{FeCl}_3$ , ki se dodaja v odpadno vodo kot dodatek biološkemu odstranjevanju fosforja.

Na **iztoku** iz ČN je na poglobljenem delu iztočnega cevovoda nameščen magnetni induktivni merilnik pretoka.

Pred iztokom očiščene odpadne vode v reko Savinjo je nameščen avtomatski vzorčevalnik za odvzem vzorcev na iztoku ter on-line merilne postaje za merjenje pH vrednosti, amonijevega dušika, nitratnega dušika in  $\text{BPK}_5$ . Rezultati meritev se prikazujejo na centralnem računalniku v kontrolni sobi.

**Stabilizacija blata** je dosežena s simultano aerobno stabilizacijo v prezračevalnem bazenu. Blato, ki se je usedlo v obeh naknadnih usedalnikih, se vodi preko črpališča povratnega blata. Del blata, ki se vrača v anaerobne bazene, je povratno blato. Ostalo blato, ki v sistemu čiščenja ni več potrebno, pa je odvečno blato. Odvečno blato se najprej predzgošča, nato se skladišči v zalogovniku blata in dehidrira v centrifugah.

- **Predzgoščanje blata**

Odvečno blato se črpa v enoto za strojno predzgoščanje blata, ki je sestavljena iz tračnega zgoščevalca in postaje za pripravo in doziranje flokulantov. Odcejanje poteka na perforiranem traku tračnega zgoščevalca. Predzgoščeno blato pada v

jekleni jašek, od koder se prečrpava v zalogovnik, odcejena voda pa se vrača v vhodno črpališče. Vsebnost suhih snovi v predzgoščenem blatu je med 5 in 6%.

- **Zalogovnik blata**

Služi za skladiščenje blata, pripravljenega za končno dehidracijo. Za homogenizacijo blata je v zalogovniku nameščen potopni mešalnik. Blato se zadrži v zalogovniku 2-3 dni.

- **Dehidracija blata**

Blato se iz zalogovnika črpa v enoto za dehidracijo, ki jo sestavljata dve centrifugi in dve postaji za pripravo in doziranje polielektrolitov. Predzgoščeno blato se pred vtokom v centrifuge meša s pripravljenimi polielektroliti. Na centrifugah se v blatu doseže do 30 % suhe snovi. Zgoščeno blato iz centrifug pada na vijačni transporter, ta pa potisne zgoščeno blato do ekscentrične vijačne črpalke s polžem. Tu se blatu po potrebi dodaja živo apno za higienizacijo. Higienizirano blato se preko tlačnega cevovoda transportira v kontejnerje.

- **Postaja za sprejem grezničnih gošč**

Postaja služi za sprejemanje gošč iz greznic, ki jih pripeljejo z vakuumskimi cisternami. Opremljena je z identifikacijsko opremo za praznjenje 4 vakuumskih cistern s stikalom na ključ, merilcem pH in beleženjem količine s pomočjo števca.

Za lažjo vizualno predstavitev teh objektov so nekateri objekti KČN prikazani na slikah:



**Slika 18: Elektromotorne verižne grablje (ČN Celje)**



**Slika 19: Ozračen peskolov in maščobnik z mostnim strgalom (ČN Celje)**



**Slika 20: Paralelna anaerobna bazena s potopnimi mešali (ČN Celje)**



**Slika 21: Paralelni (aerobni) bazen (ČN Celje)**





**Slika 22: Naknadni usedalnik v katerem se aktivno blato gravitacijsko ločuje od očiščene odpadne vode (ČN Celje)**



**Slika 23: Iztok iz čistilne naprave Celje (ČN Celje)**



Slika 24: Zalogovnik, ki služi za skladiščenje blata (ČN Celje)

## 6.2.2 Komunalna čistilna naprava Kostanjevica

Čistilna naprava Kostanjevica se nahaja na levem bregu reke Krke, na ozemlju skupne velikosti 2160 m<sup>2</sup>.

Zbirno območje čistilne naprave je: Kostanjevica na Krki, Dobe, Dolšče, Globočice, Malence, Oštrc in Zaboršt.

Zmogljivost čiščenja sanitarnih vod je 2200 PE. Tehnologija čiščenja sestoji iz mehanske in biološke stopnje. Slednja je sistem čiščenja z aktivnim blatom s podaljšano aeracijo in nizko stopnjo obremenitve aktivnega blata.

Čistilna naprava je trenutno obremenjena s približno 50 %, to je 1100 PE in obsega naslednje procesne enote:



⇒ **Mehanska obdelava**

- Fino sito
- Prezračen peskolov
- Izravnalni bazen

⇒ **Biološka obdelava**

- Selektorji
- Denitrifikacijski bazen
- Aeracijski bazen
- Naknadni usedalnik

⇒ **Iztok iz čistilne naprave**

- Merilnik pretoka vode na iztoku
- Kontrolni jašek

⇒ **Obdelava blata**

- Bazeni za odvečno blato
- Predzgoščanje blata (in vreče za blato)
- Dehidracija blata

▪ Obremenitve ČN Kostanjevica

- Projektirana vrednost obremenitev

Hidravlična obremenitev

- število priključenih enot 1.100 PE
- povprečni dnevni dotok vode pri sušnem vremenu = 336 m<sup>3</sup>/dan
- norma porabe je:  $n_p = 305 \text{ l}/(\text{PE dan})$

### Biokemijska obremenitev

Opomba: vzamemo  $g_{\text{povprečni}} = 60 \text{ g/P dan}$

- Biokemijska obremenitev  $\text{BPK}_5 = 66 \text{ kg BPK}_5/\text{dan}$

$$C_{\text{BPK}} = g/n_p = 60.000/305 = 197 \text{ mg/l}$$

### Kemijska obremenitev

Opomba: vzamemo  $g_{\text{povprečni}} = 120 \text{ g/P dan}$

- Kemijska obremenitev  $\text{KPK} = 132 \text{ kg KPK/dan}$

$$C_{\text{KPK}} = g/n_p = 120.000/305 = 394 \text{ mg/l}$$

- Dejanska obremenitev in učinek čiščenja v letu 2005

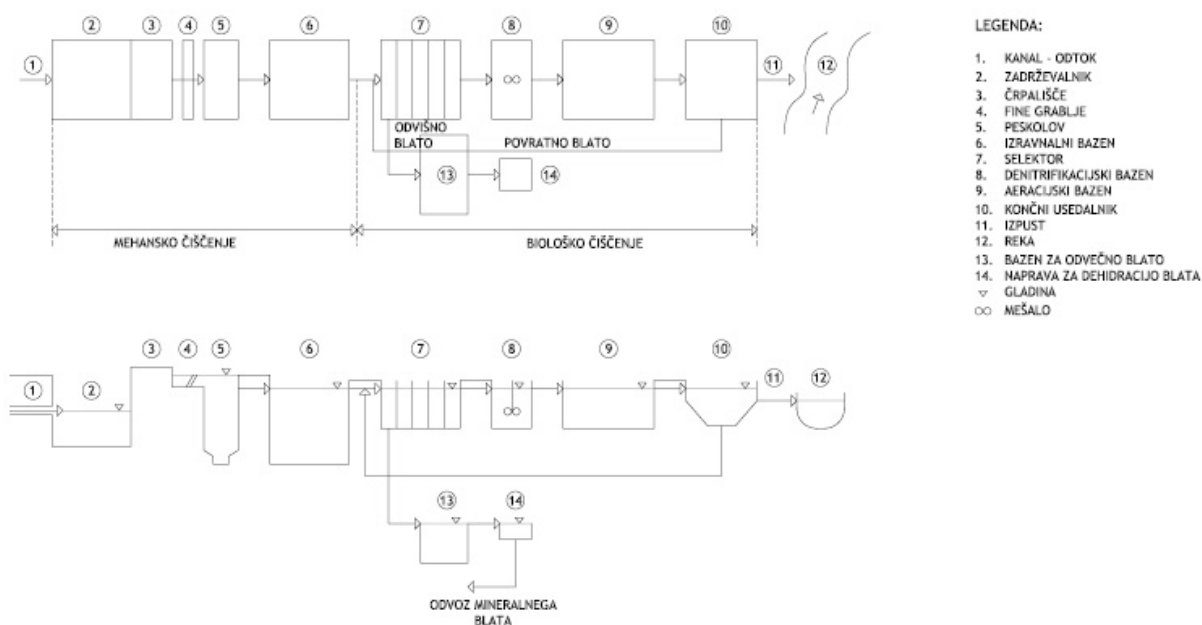
**Preglednica 7: Dejanska obremenitev in učinek čiščenja ČN Kostanjevica**

PARAMETER	Povprečna letna vrednost		učinek (%)
	vtok na ČN	iztok iz ČN	
KPK (mg/l)	1112	27	97.6
BPK <sub>5</sub> (mg/l)	590	6	98.9
CELOTNI FOSFOR(mg/l)	8	2.2	72.5
CELOTNI DUŠIK (mg/l)	35	6.5	81.1
<b>Dejanska obremenitev (PE):</b>	<b>1.100</b>		

Povečana obremenitev KPK vrednosti na vtoku v ČN je posledica klavnice, ki obratuje na zbiralnem območju ČN Kostanjevica.

- Tehnologija čiščenja in delovanja KČN Kostanjevica

Voda iz kanalizacijskega sistema na dotoku se najprej zadrži v zadrževalniku, dokler se ne dvigne na zahtevano višino s črpališčem, za katerim se v mehanskem delu ČN iz odpadne vode z grabljami in s siti najprej odstranijo grobe plavajoče snovi, v peskolovih pa grobe usedljive snovi. V biološkem delu ČN, v bazenih, pa poteka pretvorba organskih snovi v



Slika 25: Shema mehansko-biološko čiščenje, KČN Kostanjevica

biomaso mikroorganizmov, CO<sub>2</sub> in druge razkrojne produkte. Potekajo naravni procesi aerobnega razkroja, ki jih pospešijo z dovajanjem zračnega kisika (pospeši se rast in metabolizem mikroorganizmov). Iztok iz bazenov gre dalje v naknadni usedalnik, v katerem se loči čisto vodo, ki se izlije v Krko, od razpršene biomase (aktivno blato), ki se usede. Usedlo aktivno blato se vrača v biološki bazen, odvečno blato pa v zbiralnik za stabilizacijo blata. Slednje se dehidrira v vrečah in odstrani iz ČN (način odstranitve je odvisen od rezultatov analiz).

Prva stopnja čiščenja surove odpadne vode je **mehanska stopnja**.

- **Črpališče**

Surove odpadne vode pritekajo v črpališče, ki je opremljeno s tremi potopnimi črpalkami. Iztočna cev, ki vodi v kanal s finimi grabljami, je opremljena z elektromagnetnim merilcem pretoka, ki nepretrgoma meri količino odpadne vode.

- **Fino sito (polž)**

Odpadna voda priteka v kanal s finim sitom. Sito mehansko očisti odpadno vodo, nečistoče, ki se izločijo, se transportirajo v kontejner in po potrebi odvažajo na odlagališče. Sito se avtomatsko čisti s spiranjem.

- **Peskolov**

V peskolovu se odstrani pesek in lahko usedljive snovi z namenom zaščite mehanske opreme pred abrazijo in pretirano obrabo. Odložen pesek se odstranjuje iz peskolova s potopno črpalko v ciklon in nato v kontejner, odcejena voda pa se vrača v proces čiščenja.

- **Izravnalni bazen**

Izravnalni bazen je namenjen za vzdrževanje konstantnega pretoka v biološko stopnjo in na ta način preprečuje vpliv spremenljivega hidravličnega pretoka, obenem pa poenoti tudi ostale vtočne parametre. S konstantnim pretokom končni usedalnik zaščitimo pred hidravličnim šokom, ki bi lahko ogrozil celotni sistem biološkega čiščenja. Voda priteka iz peskolova v distribucijsko komoro, od koder teče preko preliva gravitacijsko v izravnalni sistem samo tista količina odpadne vode, ki bi prekomerno obremenjevala biološko stopnjo. Izravnalni bazen se prezračuje in tako preprečimo nastanek anerobnih razmer – gnitje in usedanje trdnih delcev. Reguliranje pretoka med izravnalnim bazenom je avtomatsko, potopna črpalka prazni izravnalni bazen preko distribucijske komore v biološko stopnjo.

### Sledi **biološko čiščenje** odpadne vode z **aktivnim blatom**.

Biološka linija je sestavljena iz prezračevalnega selektorja, anoksičnega denitrifikacijskega bazena in prezračevalnega bazena, ki mu sledi naknadni usedalnik. Vnos kisika se vrši z vpihavanjem zraka s pomočjo prezračevalcev, v suspenzijo odpadne vode in aktivnega blata v prezračevalnih bazenih. S tem zagotovimo tudi mešanje, ki preprečuje tvorbo usedlin v bazenih in homogenizira mešano tekočino. Po ustreznem kontaktnem času med aktivnim blatom in odpadno vodo mešana tekočina vstopa v končno čistilno stopnjo, kjer se biološko obdelana voda loči od blata. Blato se ponovno vrača v bazen za aeracijo. »Onesnaženje« v obliki prirasti bakterijske kulture se odstrani iz sistema kot odvečno blato, ki izteka v zgoščevalec za blato (bazen odvečnega blata).

- **Prezračevalni selektor**

Po predčiščenju se odpadna voda črpa v selektorje, kjer se meša s povratnim blatom iz sekundarnega usedalnika. Selektor je načrtovan za preprečevanje nastajanja napihnjene blata, ki ga povzročajo nitaste bakterije, ter zato, da zagotavlja pogoje, pri katerih poteka razvoj aktivnega blata v obliki kosmov (flokul) z izredno dobro usedljivostjo. Selektor je razdeljen s potopnimi stenami v pet majhnih prezračevalnih komor. Največja organska obremenitev se vzdržuje v prvi komori selektorja, kamor se steka predčiščena voda, ki se meša s povratnim blatom. Zmes teče skozi druge komore, kjer se organska obremenjenost postopoma zmanjšuje.

- **Denitrifikacijski bazen**

Tukaj potekajo procesi denitrifikacije, kjer se iz odpadne vode odstranijo nitrati, ki nastajajo v procesu nitrifikacije v bazenu za poživljanje (heterotrofne bakterije presnavljajo organsko vezan dušik v anorganski obliki: amonijev in nitratni dušik). V bazenu za denitrifikacijo se voda ne prezračuje, temveč le meša s potopnim mešalom. Namesto kisika bakterije za svojo rast izkoriščajo nitrate, ki se nahajajo v odpadni vodi in povratnem blatu, ki priteka v selektor. Tako se del organske obremenitve odstrani ob redukciji nitratov, pri čemer se v ozračje sprošča plinasti

dušik. V tej stopnji se odstrani večina nitratov in s tem tudi vzrok za plavljenje blata na površini zaradi sproščanja dušika, ki bi se lahko odvijal v končnem usedalniku.

- **Aeracijski bazen (bazen za nitrifikacijo)**

Je osnovni prostor za aerobno čiščenje in pridobivanje aktivnega blata. V njem vzpostavljamo optimalne aerobne pogoje za razvoj mikroorganizmov, v katerih se kulture aktivnega blata hranijo s substratom iz odpadne vode. Za mešanje in prezračevanje v tem bazenu za poživiljanje skrbi kisik, ki ga pod tlakom vpihavamo v tekočino s pomočjo prezračevalcev. Koncentracija mikroorganizmov se regulira z dotokom povratnega blata iz sekundarnega usedalnika. Z vpihavanjem zraka v odpadno vodo se ustvarijo ugodne okoliščine za razvoj ogromnega števila aerofilnih bakterij in praživali na majhnem prostoru. Zaradi velike količine hranil se količina biomase povečuje do meje, pri kateri je doseženo ravnotežje z razpoložljivimi hranili. Odmrli organizmi se kot suspendirane snovi ločijo od očiščene odpadne vode z usedanjem v naknadnem usedalniku. Izmenični anoksični in oksični pogoji v sistemu z aktivnim blatom omogočajo odstranjevanje organskega materiala obenem pa tudi simultano biološko odstranjevanje dušika.

- **Naknadni (sekundarni) usedalnik**

Po zadostnem zadrževalnem času v biološkem delu suspenzija aktivnega blata in biološko čiščene vode priteka z vertikalno usmerjenim dotokom v naknadni usedalnik, kjer se aktivno blato loči od očiščene odpadne vode v procesu usedanja in delno zgoščevanja. Aktivno blato, ki se useda na dno bazena, se ponovno vrača v prvo komoro selektorja oz. se v primeru odvečnega blata odstrani v zbiralnik za blato. Kvaliteta očiščene vode je odvisna predvsem od dobrega usedanja biološkega blata v naknadnem usedalniku in razgradnje substrata v biološkem reaktorju. Povprečni zadrževalni čas v naknadnem usedalniku je 3,5 ure. Biološko očiščena voda teče preko petih prelivov v iztočni kanal, od tod pa v iztočno cev, ki vodi v reko Krko

- **Bazen za odvečno blato**

Vsebina bazena za odvečno blato se prezračuje z namenom, da se pravilno homogenizira in aerobno stabilizira (tu poteka mineralizacija). Postopki za obdelavo blata se razvijajo v dve smeri, in sicer v zmanjševanje količine vode in v nadaljnjo razgradnjo. Dehidrirano in stabilizirano blato se nadalje analizira, da dobimo oceno odpadka, ki pove ali je odvečno blato primerno za nadaljnjo uporabo (kompostiranje in vnos v tla).

Več o obdelavi in lastnostih blata pa v poglavju – rezultati detajlnih procesov čiščenja odpadnih voda.



**Slika 26: Notranjost ČN Kostanjevica (ČN Kostanjevica)**



**Slika 27: Kanal s finim sitom (polž) (ČN Kostanjevica)**



**Slika 28: Sekundarni usedalnik z vertikalnim jaškom (ČN Kostanjevica)**



### 6.3 Zajemanje in preverjanje verodostojnosti podatkov

V Avstriji so se podatki zbirali s pomočjo vprašalnikov, ki so jih predhodno izpolnili upravljalci naprav. Podatki so bili na vprašalnikih dopolnjeni in preverjeni na kraju samem. Pred samo uporabo zbranih podatkov in ugotavljanju primerjalnih vrednosti je potrebno, da se zbrane podatke preveri glede na njihovo verodostojnost. Preverjanje verodostojnosti podatkov je potekalo v treh fazah, in sicer tehnična kontrola, ekonomska kontrola in ali so bili vprašalniki izpolnjeni v celoti. Zbrani podatki naj bi na eni strani omogočili natančen opis procesov na drugi strani pa zajeli, kar se da najbolj natančno, faktorje, ki so vplivali na stroške posameznih procesov. Po končanem postopku zbiranja in izpolnjevanja se je podatke poslalo na inštitut za kvaliteto vode na tehnični univerzi Dunaj.

Posebna pozornost je veljala zbiranju podatkov o vplivih na stroške investicij zaradi specifičnih lokalnih danosti. Ti so bili, glede na nujnost gradbenih ukrepov (preprečevanje hrupa in smradu, onesnaženje podtalnice ...) in glede na posebne vplive na stroške pri postavljanju obratne stavbe (arhitektura, mestni gradbeni predpisi ...), zajeti ločeno.

Da bi se kljub pomanjkanju kvalitete podatkov dobilo razvrstitev v posamezne stopnje, je bila razvita **izpovedna moč**.

Pri rezultatu kontrole verodostojnosti se za KPK, dušik, fosfor in suho substanco loči posamezne podatke glede na kvaliteto posameznih naprav in jih uvrsti glede na verodostojnost v posamezne stopnje *visoko, srednje in nizko* verodostojnost. To razvrščanje kvalitete podatkov v stopnje se na eni strani uporablja pri analizi primerjalnih vrednosti in na drugi strani pri določanju benchmarka.

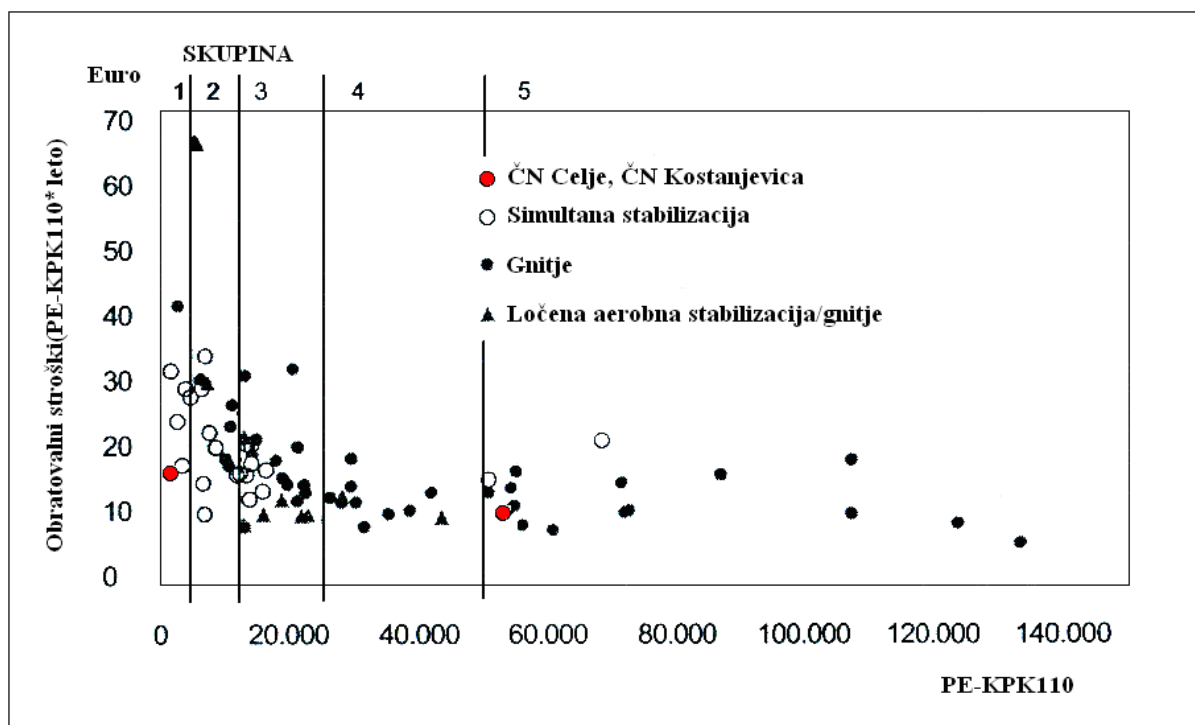
Nizka izpovedna moč nikakor ne pomeni, da udeleženec s svojim kanalizacijskim obratom ne obratuje v skladu s predpisi – da bi se to z gotovostjo lahko trdilo, bi bil potreben daljši čas opazovanja. Visoka izpovedna moč tega tudi ne trdi, ampak verjetnost, da je indikator teh udeležencev benchmark obrata, vodenega v skladu s predpisi, je visoka.

## **6.4 Porazdelitev naprav v posamezne skupine**

Na benchmark projektu so bile obravnavane naprave z različnimi postopki čiščenja in različnimi stopnjami obremenitve. Od skupaj 76 avstrijskih čistilnih naprav imajo glede na procese čiščenja oz. obdelave blata 23 naprav s simultano aerobno stabilizacijo (kamor spadajo tudi ČN Celje in ČN Kostanjevica), 43 čistilnih naprav z mezofilnim gnitjem in 10 naprav z ločeno aerobno stabilizacijo oziroma hladnim gnitjem.

Da bi lahko izvedli resno primerjavo tega heterogenega naključnega vzorca, je potrebno naprave razdeliti v posamezne skupine. Na eni strani se ponuja razdelitev glede na tip čistilne naprave, na drugi strani pa glede na velikost čistilne naprave, oziroma glede povprečne obremenitve.

Specifični stroški so zelo močno odvisni od velikosti čistilne naprave oziroma od srednje obremenitve. To velja tako za obratovalne stroške kakor tudi za finančne stroške. Naprave v eni skupini so med seboj primerljive samo v primeru, ko znotraj skupine ni moč razpoznati odvisnosti med specifičnimi stroški čistilne naprave in njeno velikostjo oziroma srednjo obremenitvijo. Iz analize stroškovne krivulje se je, kot je prikazano v sliki 29, naredila razdelitev v pet posameznih skupin.



Slika 29: Letni obratovalni stroški na PE-KPK 110 (vrednost na prebivalca izračunana iz povprečne KPK-obremenitve) treh tipov naprav v odvisnosti z PE-KPK 110 (prirejeno po Kroiß et al. 2002)

Na podlagi izbranega procesnega modela je primerjava procesov 1 in 4 – *mehansko predhodno čiščenje in dodatna obdelava blata in – odstranitev* – popolnoma neodvisna od tipa čistilne naprave. Primerljivost procesa 2 – *mehansko-biološko čiščenje odpadnih voda* – je seveda odvisna od tega, ali se blato pri neki čistilni napravi stabilizira simultano ali ločeno. Naprave z istočasno stabilizacijo so v primerjavi s tistimi, ki stabilizirajo ločeno, zapostavljene. Če se vsoto specifičnih stroškov II. procesa in procesa III. vzame kot merilo, se jih lahko kljub temu označi kot benchmark. Na tak način je tudi možna boljša primerjava tipov čistilnih naprav.

Primerljivost procesa III. *Zgoščevanje blata in stabilizacija* je v osnovi neodvisna od vrste ločene stabilizacije in s tem dopustna. Med potekom projekta se je pokazalo, da je razdelitev stroškov, predvsem stroškov za energijo pri čistilnih napravah z ločeno aerobno stabilizacijo, zelo težko izvedljiva ali celo nemogoča. Zanimiva pa je v smislu benchmarkinga (učiti se od drugih) predvsem primerjava med napravami z mezofilnim gnitjem.

### **Razdelitev v skupine (podrobneje v poglavju 5):**

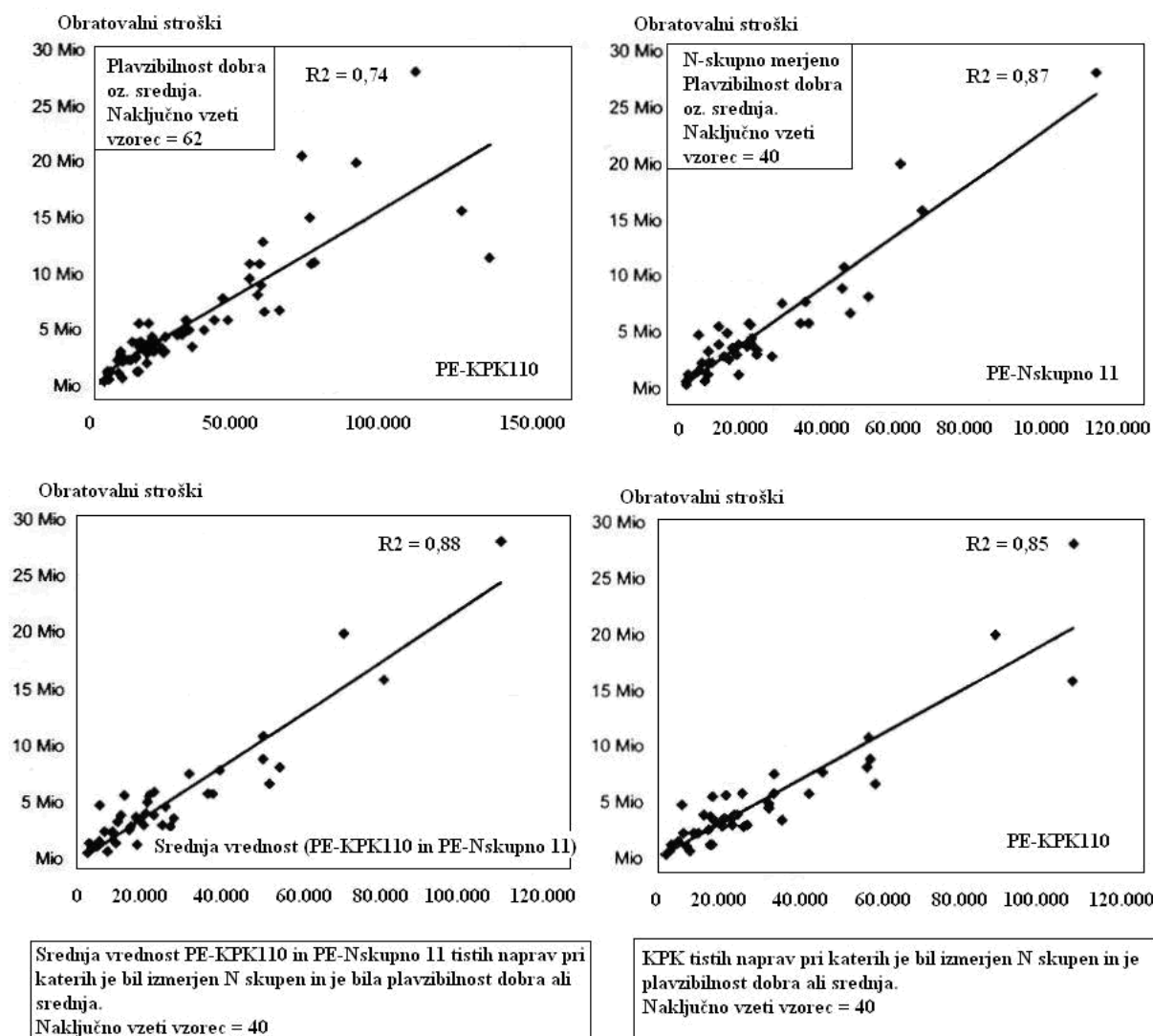
Skupina 1	naprave manjše od 5.000 PE–KPK 110	6 naprav
Skupina 2	naprave od 5.000 do 12.000 PE–KPK 110	14 naprav
Skupina 3	naprave od 12.000 do 25.000 PE–KPK 110	27 naprav
Skupina 4	naprave od 25.000 do 50.000 PE–KPK 110	11 naprav
Skupina 5	naprave večje od 50.000 PE–KPK 110	18 naprav

## **6.5 Primerjalne vrednosti**

### **6.5.1 Splošno**

Pod pojmom primerjalna vrednost se razume tista vrednost, ki deluje kot divisor stroškov pri ugotavljanju nekega indikatorja. Izbor primerjalne vrednosti ima torej bistveni vpliv na dobljeni indikator. Neka vrednost je lahko primerjalna vrednost takrat, ko je za določene stroške tudi dejansko relevantna in ima bistveni vpliv na dobljeni indikator. Za obratovalne stroške čistilne naprave na primer nima nekega posebnega pomena količina odpadne vode, saj ni pomembno ali teče skozi napravo veliko ali malo odpadnih voda, bolj pomembno je, kakšno onesnaženje je potrebno očistiti. Kubični meter odpadne vode kot primerjalna vrednost za obratovalne stroške torej ni primerna vrednost in se namesto te za primerjalno vrednost izbere količino onesnaženja v odpadni vodi.

Cilj mora biti, da se tvori čim ne manj, ampak čimbolj vsebinsko smiselne indikatorje. Čeprav zveni to zelo enostavno, je v tej izjavi skrito protislovje. Višja je gostota podatkov, toliko manjša je verjetnost, da se najde eno senzitivno primerjalno vrednost.



Slika 30: Korelacija obratovalnih stroškov s primerjalnimi vrednostmi dobre oziroma srednje Plavzibilnosti (prirejeno po Kroiß et al. 2002).

Glede njihove izpovedne moči so bile s pomočjo linearnih korelacij preverjene posamezne stroškovne pozicije primerjalnih vrednosti finančnih stroškov, obratovalnih stroškov in letnih stroškov.

Postopek pri zelo zajetni analizi primerjalnih vrednosti je razložen na sliki. Različne možne primerjalne vrednosti iz različnih virov podatkov so bili postavljeni nasproti stroškom, da bi tako izrazili kvaliteto konteksta v obliki mere določenosti. V primeru, da se za korelacijo KPK uporabijo vrednosti tistih naprav, katerih verjetnost oz. sprejmljivost je bila ocenjena z dobro ali srednjo (slika 30), je kontekst skupaj s stopnjo določenosti podan z vrednostjo 0,74. V primeru, da omejimo osnovno celoto tudi pri vrednostih dušika tako, da so

sprejemljive samo tiste vrednosti, ki so bile na eni strani v resnici tudi izmerjene in na drugi strani pri kontroli sprejemljivosti uvrščene v srednje ali dobre, se stopnja določenosti dvigne na 0,87. Zanimivo je tudi, da se pri korelaciji KPK-vrednosti točno tistih naprav, ki še ravno izpolnjujejo pogoje za N-skupno (sprejemljivost dobra oziroma srednja in N-skupno dejansko izmerjena) dobi prav tako velika povezanost ( $R^2 = 0,85$ ) z obratovalnimi stroški kot N-skupno.

Povzamemo lahko torej, da za obratovalne stroške lahko trdimo, da so za primerjalno vrednost primerne tako PE–KPK110 (za 110 mg/l KPK) kot tudi PE–N-skupno 11 (za 11 mg/l N).

## 6.5.2 Uporabljene primerjalne vrednosti

- a) Velikost izgradnje čistilne naprave, prikazana v vrednostih prebivalcev (PEizgradnja):

Velikost izgradnje čistilne naprave se dandanes velikokrat vzame kot primerjalno vrednost za investicijske stroške. Zelo veliko je podatkov o stroških, ki so zapisani kot stroški velikosti izgradnje. Ta vrednost ima prednost, da je na eni strani splošno razumljiva in na drugi strani so vrednosti prebivalcev stroškovno relevantni. **Slaba stran pa je v tem, da vrednost velikosti izgradnje v obliki PE ni izjava o zastavljenem cilju čiščenja čistilne naprave, ki močno vpliva na investicijske stroške.** Čistilna naprava z možnostjo izgradnje za (primer) 10.000 prebivalcev (PE), ki je bila postavljena samo za odvzem ogljika, ima seveda manjše investicijske stroške kot naprava z isto velikostjo izgradnje, ki pa odstrani tudi hranilne snovi. To posebno velja za proces II. **Pri finančnih stroških procesov I, III in IV ni pomemben cilj čiščenja, zaradi česar je bil pri procesih PE-izgradnja uporabljen kot primerjalna vrednost.**

b) Normirana gradbena vrednost (vrednost izgradnje) (PE - norma - izgradnja):

Da bi rešili problem različnih ciljev čiščenja, se izračuna normirana vrednost izgradnje biološke čistilne stopnje. Pri tem se ugotovi, kakšen imajo teoretični učinek v PE obstoječi reakcijski volumni upoštevajoč mejne vrednosti po ETOV (emisijska taksa za odpadne vode). Glede na standardne odpadne vode (BPK60, N-skupno 11, P-skupno 1,7, Q-TW200, Q-RW(Q-TW\*2/14)) so pri mulju, ki je star približno 25 dni, potrebni približno 670 litrov na prebivalca, ter pri mulju, starem 12,5 dni, potrebni približno 400 litrov na prebivalca. Pri simultanih aerobno stabiliziranih napravah se je torej obstoječi volumen procesa 2 (predhodno čiščenje, bazen za oživljanje in naknadno čiščenje) delil z 0,67 kubičnega metra, da bi tako lahko določili PE-normo izgradnje. Pri napravah z ločeno stabilizacijo so kot stabilizacijski volumen k obstoječim 400 l/PE dodali še 60 l/PE in delili obstoječi volumen procesov 2 in 3 (stabilizacijski bazen oziroma volumen prostora za gnitje) z 0,46 kubičnega metra in tako določili PE-normo izgradnje. **Iz tega volumna izračunana PE norma–izgradnja se kot primerjalna vrednost uporabi pri skupnih finančnih stroških in pri finančnih stroških procesa II.**

c) Srednja obremenitev, prikazana v vrednostih prebivalcev (PE - KPK 110):

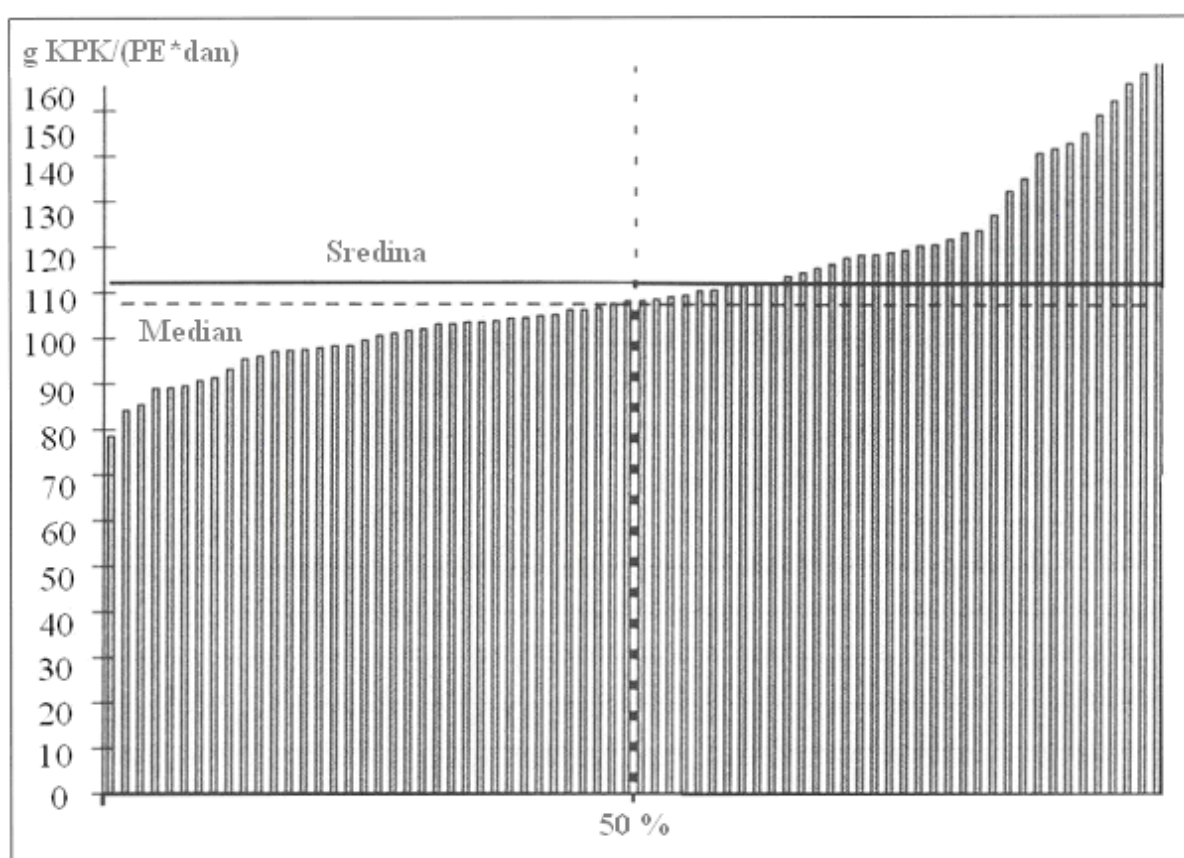
je na enostaven način pridobljena primerjalna vrednost in uporabna za ovrednotenje učinkovitosti vseh tipov čistilnih naprav je KPK-dovodni tovor.

Srednja obremenitev, prikazana v vrednostih prebivalcev, izračunana iz obremenitve onesnaženja na KPK izhajajoč iz tega, da je vrednost prebivalcev 110 g KPK na dan, uporabljena kot primerjalna vrednost pri letnih skupnih stroških, pri letnih obratovalnih stroških in pri obratovalnih stroških štirih procesov.

Pri določanju višine specifične vrednosti KPK-tovor na dotoku, se je upoštevalo razmerje KPK/BPK<sub>5</sub> iz povprečnih letnih tovorov, pri čemer so se upoštevali samo podatki čistilnih naprav s kvaliteto podatkov atestirano z oceno vsaj 2. Za te naprave se je dobila na bazi podatkov specifičnega BPK<sub>5</sub>-tovor na dotoku 60 g/(PE.d) v sliki z aritmetičnimi sredstvi prikazana porazdelitev specifične KPK-tovor v višini 112,3 g KPK /(PE.d) in Median v višini 108,5 g/(PE.d), pri čemer se mora izhajati iz tega, da vrednosti pridobljene s pomočjo

analize, tudi pri teh napravah, ne odgovarjajo vedno realnosti. Zabeležiti je potrebno, da se je pri podobnih ovrednotenjih podatkov na dotokih italijanskih čistilnih naprav za specifični KPK-obremenitev povprečno vrednost med 110 in 115 g/(PE.d).

Zdi se pravično, da se odstopajoče od ATV-Arbeitsblatt (delovni list) A 131, v katerem je specifična KPK-tovor postavljena v višini 120 g/(PE.d), za nadaljnje obdelave/vrednotenja postavi novo vrednost na 110 g KPK/(PE.d).



**Slika 31: Porazdelitev vrednosti za specifično vrednost KPK – obremenitve, osnovano na vrednosti 60 g BPK5/(PE\*dan) za 72 avstrijskih komunalnih čistilnih napravah z zadostno kvaliteto podatkov (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)**



**Preglednica 8: Uporabljene primerjalne vrednosti (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)**

	<b>Finančni stroški</b>	<b>Obratovalni stroški</b>	<b>Letni stroški</b>
Skupaj	PE - norma - izgradnja	PE - KPK110	PE - KPK110
Proces 1	PE - izgradnja		
Proces 2	PE - norma - izgradnja		
Proces 3	PE - izgradnja		
Proces 4	PE - izgradnja		

### 6.5.3 Izračun primerjalnih vrednosti za ČN Kostanjevica in Celje

□ **PE-KPK110**

#### ČN Kostanjevica

- Dejanska obremenitev:

$$PE = 1100$$

$$KPK = 1112 \text{ mg/l}$$

$$BPK_5 = 590 \text{ mg/l}$$

$$KPK/ BPK_5 = 1112/590 = 1,88$$

- Vrednotenje:

$$KPK110/ BPK_5 = 110/60 = 1,83$$

- Izračun PE-KPK110

$$1,88 \dots\dots\dots 1100 \text{ PE-KPK110}$$

$$\underline{1,83 \dots\dots\dots X \text{ (PE-KPK110)}}$$

$$X = 1070 \text{ PE-KPK110}$$

### ČN Celje

- Dejanska obremenitev:  
PE = 70.000  
KPK = 436 mg/l  
BPK<sub>5</sub> = 189 mg/l  
KPK/ BPK<sub>5</sub> = 436/189 = 2,31
  
- Vrednotenje:  
KPK110/ BPK<sub>5</sub> = 110/60 = 1,83
  
- Izračun PE-KPK110  
2,31.....70.000 PE-KPK110  
1,83.....X (PE-KPK110)  
X = 55.454 PE-KPK110

□ **PE-norma–izgradnje**

### ČN Kostanjevica

- Obstoječi volumen **procesa 2:**
  - Selektor: 55 m<sup>3</sup>
  - Denitrifikacijski bazen: 77,5 m<sup>3</sup>
  - Aeracijski bazen: 157,5 m<sup>3</sup>
  - Končni usedalnik: 50,5 m<sup>3</sup>
  - **SKUPAJ: 340,5 m<sup>3</sup>**

340,5 m<sup>3</sup>/0,67 (m<sup>3</sup>/PE) = **508 PE norma-izgradnje**

### ČN Celje

- Obstoječi volumen **procesa 2:**

- Anaerobni bazen: 2.500 m<sup>3</sup>
- Aeracijski bazen: 17.900 m<sup>3</sup>
- Naknadni usedalnik: 12.565 m<sup>3</sup>
- **SKUPAJ: 32.965 m<sup>3</sup>**

$32.965 \text{ m}^3 / 0,67 (\text{m}^3/\text{PE}) = 49.201 \text{ PE norma-izgradnje}$

#### 6.5.4 Določanje območja benchmarka in benchmark

##### a. KATERE NAPRAVE LAHKO UPORABIMO ZA BENCHMARK

Glede na kriterije, ki dovoljujejo neki napravi da jo štejemo v procesu benchmarkinga ali ne, je potrebno razlikovati, o čem se pravzaprav govori, ali so to finančni stroški, ali so to obratovalni ali pa letni stroški. Ker se finančni stroški navezujejo na PE-normo-izgradnja (norma vezana na prebivalce), oziroma na finančne stroške procesov I, III in IV PE-izgradnja, je za primerjavo specifičnih finančnih stroškov nebitveno, ali se mejne vrednosti trenutno prekoračujejo ali pa ne.

V nasprotju s tem se pri obratovalnih in letnih stroških kot benchmark upoštevajo le tiste naprave, pri katerih (Kroiß et al. 2002):

- mejne vrednosti emisijske takse za odpadne vode (ETOV) ne prekoračijo;
- katerih podatki se ocenijo za verodostojne in preverljive;
- katerih karakteristika odpadnih voda se lahko pretežno opiše kot komunalna.

Dani podatki so pomembni iz dveh razlogov. Prvič se specifični stroški ugotavljajo s pomočjo dotočne količine onesnaženja (masne obremenitve). 20% napaka, ki se pojavi pri zajemanju podatkov dotočne KPK, vpliva v isti meri na izračun specifičnih stroškov. **Na drugi strani pa benchmarking ni samo primerjava primerjalnih vrednosti; učili naj bi se od najboljših in ne najcenejših.**

Določitev, da čistilne naprave z odpadnimi vodami z močno industrijsko in obrtno karakteristiko ne morejo biti benchmark naprave, je iskati v dejstvih, da primerjava s komunalnimi napravami glede na sestavo odpadnih voda ni smiselna. Razen tega imajo naprave z velikim industrijsko obrtnim deležem, ki imajo velik delež lahko razgradljivih KPK, ne povzročajo sorazmerno velikega deleža stroškov, naproti povzročenemu znižanju specifičnih stroškov vezanih na PE–KPK 110. Zaradi tega je bilo določeno, da se naprave z N/KPK-razmerjem na dotoku manjšim od 0.07 ne morejo uvrstiti med benchmark naprave. Ker se pri majhnih napravah skupna količina dušika večinoma ne meri, se tega kriterija pri napravah iz skupine 1 do 3 ne da uporabiti. Poleg tega je potrebno poudariti, da razmerje N/KPK pri napravah z aerobno stabilizacijo, nima posebnega vpliva na stroške.

Pri Celjski ČN je razmerje  $N/KPK = 31,7/436 = 0,073$ , torej po tem kriteriju ustreza benchmark napravam.

Tudi, če primerjamo mejne vrednosti emisijskih taks za obstoječe KČN z vrednostmi, ki jih dosežejo KČN Celje in Kostanjevica, vidimo, da ustrezata kriteriju benchmark naprav (glej preglednico 9).

**Preglednica 9: Meje vrednosti parametrov odpadnih vod za obstoječe KČN ter KČN Celje in Kostanjevica (Uradni list RS, št. 31/01, 2001)**

Parameter	Izražen kot	Enota	ČN Celje	ČN Kostanjevica	Mejne vrednosti za obstoječe KČN
BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	(mg/l)	7	6	30
KPK	O <sub>2</sub>	(mg/l)	27	27	160
Amonijev dušik	N	(mg/l)	5.6	6.5	15
Celotni fosfor	P	(mg/l)	1.2	2.2	10

#### b. DOLOČITEV OBMOČJA BENCHMARKA

Pri skupnih obratovalnih, finančnih in letnih stroških se na skupino za benchmark ne določi ena naprava, temveč se določi benchmark območje. »Benchmark naprave« so tiste naprave, na katerih se na podlagi navedenih kriterijev lahko uporabi benchmark in imajo nižje specifične stroške kot je to določeno s strani območja benchmarka.

Kot območje benchmarkinga so bile s pomočjo odstotnega izračuna in upoštevajoč natančnosti podatkov, definirane potencialne naprave z najnižjimi specifičnimi stroški v vsaki skupini. Višina odstotka je bila določena glede na vrsto stroškov (obratovalni, finančni in letni stroški) in glede na skupino, v kateri se nahaja naprava.

**Preglednica 10: Odstotne vrednosti za izračun območja benchmarka (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)**

	<b>Skupine 1 in 2</b>	<b>Skupine 3, 4 in 5</b>
<b>Obratovalni stroški</b>	20 %	10 %
<b>Finančni stroški</b>	10 %	10 %
<b>Letni stroški</b>	15 %	10 %

Določene odstotne vrednosti za ugotavljanje območja benchmarka naj bi izenačevale razlike nastale zaradi nenatančnih podatkov, letna nihanja dotočnih podatkov in negotovosti pri razvrščanju stroškov – na primer stroški za osebje, pa tudi stroškov za popravila in vzdrževalna dela. Pri majhnih napravah (skupina 1 in 2) so nihanja in nenatančnost podatkov močneje izražena kot pri večjih napravah in je zato bila izravnalna odstotna vrednost določena z 20 %, pri velikih napravah pa z 10 %. Nejasnosti podatkov finančnih stroškov niso odvisne od velikosti naprave same in so bile za vse velikostne skupine določene z 10 %. Izhajajoč iz tega se je za letne stroške skupine 1 in 2 določilo srednjo vrednost v višini 15 % in za skupine 3–5 pa 10 %.

Prikazanih odstotnih vrednosti se logično ne da nedvoumno določiti. Te vrednosti so bile določene na podlagi izkušenj, da bi pri interpretaciji potencialov prihrankov ne prihajalo do napačnih in prevelikih pričakovanj, katerih se zaradi nenatančnih in nezanesljivih podatkov ne bi smelo pričakovati.

### c. DOLOČITEV BENCHMARKA

Kot je že bilo prikazano, se pri skupnih stroških z obratovalnimi stroški, finančnimi in letnimi stroški ni za vsako skupino določilo samo enega benchmarka, temveč se je določilo

celotno območje. Vse naprave, ki odgovarjajo določenim kriterijem in imajo dokazano nižje stroške kot so določeni z benchmark območjem, so torej benchmark naprave.

Za posamezne procese se pri obratovalnih stroških na vsako skupino določi en benchmark. Benchmark skupine in benchmark dotičnega procesa je tista naprava, ki odgovarja kriterijem navedenim na začetku poglavja 6.5.4 in ima najnižje specifične stroške.

Kot je pokazala analiza podatkov, je gostota verodostojnih podatkov finančnih stroškov pri posameznih procesih tako majhna, da ni smiselno postavljati benchmarka.

Na prvi pogled mogoče ni povsem razumljivo, zakaj se je pri skupnih stroških obratovalnih, finančnih in letnih stroškov določilo eno benchmark območje, ko pa se je pri posameznih procesih določilo posamezne benchmarke.

Pri skupnih stroških gre pri benchmark projektu zato, da se razišče, kakšne obratovalne, finančne in letne stroške je še možno določiti kot minimalne in še dosegljive.

Drugače pa je z benchmarki posameznih procesov. S pomočjo direktne primerjave vseh udeležencev benchmark projekta s tem tako identificiranim učinkovitim procesom neke naprave, se lahko dobijo vse oporne točke potrebne za izboljšavo lastnega procesa. To pomeni, da se z direktno primerjavo jasno definiranih procesov in njihovih faktorjev, ki imajo vpliv na stroške, lahko prepozna potencialne prihrankov. Ne glede na raznovrstnost naprav in njihovega načina obratovanja, so si posamezni procesi vedno podobni in zato med seboj primerljivi. Pri stroških celotne čistilne naprave se lahko orientiramo s pomočjo benchmark območja, pobudo za konkretno povečanje učinkovitosti si lahko poiščemo s pomočjo primerjave s procesnim benchmarkom.

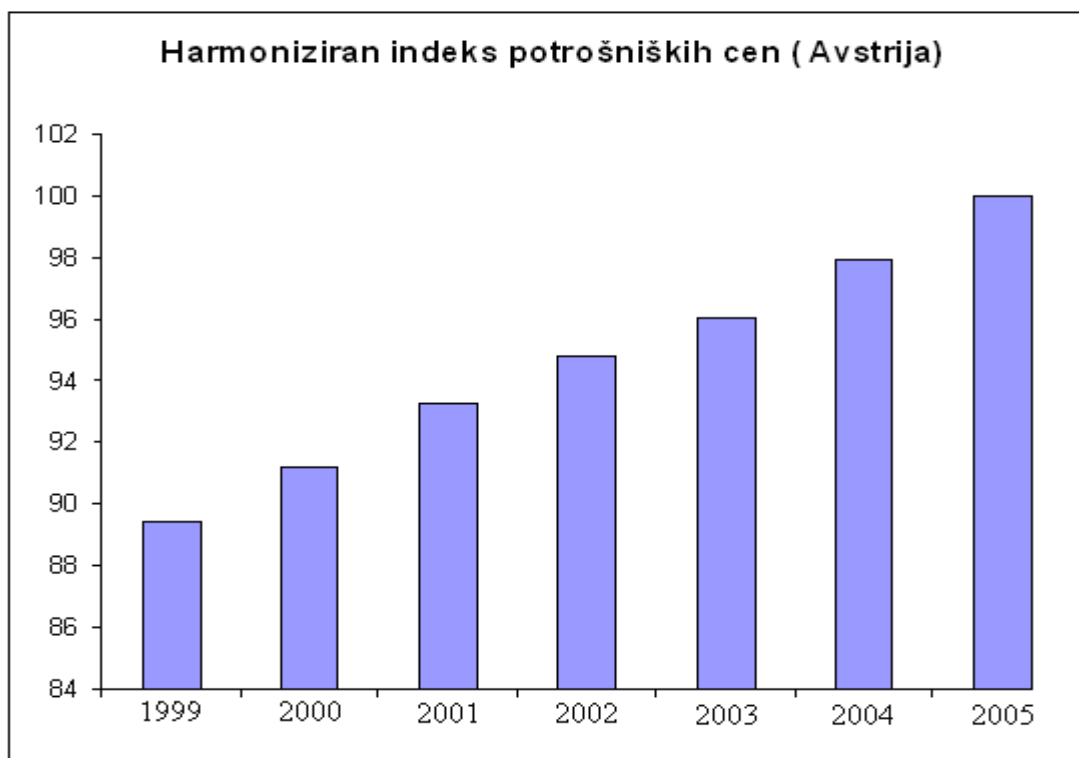
## 7 REZULTATI

Da lahko primerjamo cene slovenskih čistilnih naprav z avstrijskim benchmark projektom iz leta 1999, je potrebno cene v avstrijskem projektu revalorizirati na leto 2005. Za revalorizacijo sem uporabil **harmoniziran indeks potrošniških cen (HICP)**, ki temelji na enotni listi proizvodov in storitev, ki so na voljo na ekonomskem ozemlju države članic EU za nakupe, namenjene neposrednemu zadovoljevanju potreb potrošnikov.

**Preglednica 11: Harmoniziran indeks potrošniških cen – Avstrija (prirejeno po EUROSTAT)**

Leto	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Austrija	89.41	91.16	93.25	94.83	96.06	97.94	100

2005=100=bazno leto



**Slika 32: Harmoniziran indeks potrošniških cen (Statistični urad RS, 2005)**

## 7.1 Rezultati ovrednotenja obratovalnih stroškov

### 7.1.1 Rezultati skupnih obratovalnih stroškov

Pri izračunu specifičnih obratovalnih stroškov za KČN Celej in Kostanjevica smo upoštevali odstotne vrenosti za izračun območja benchmarka.

KČN Kostanjevica:

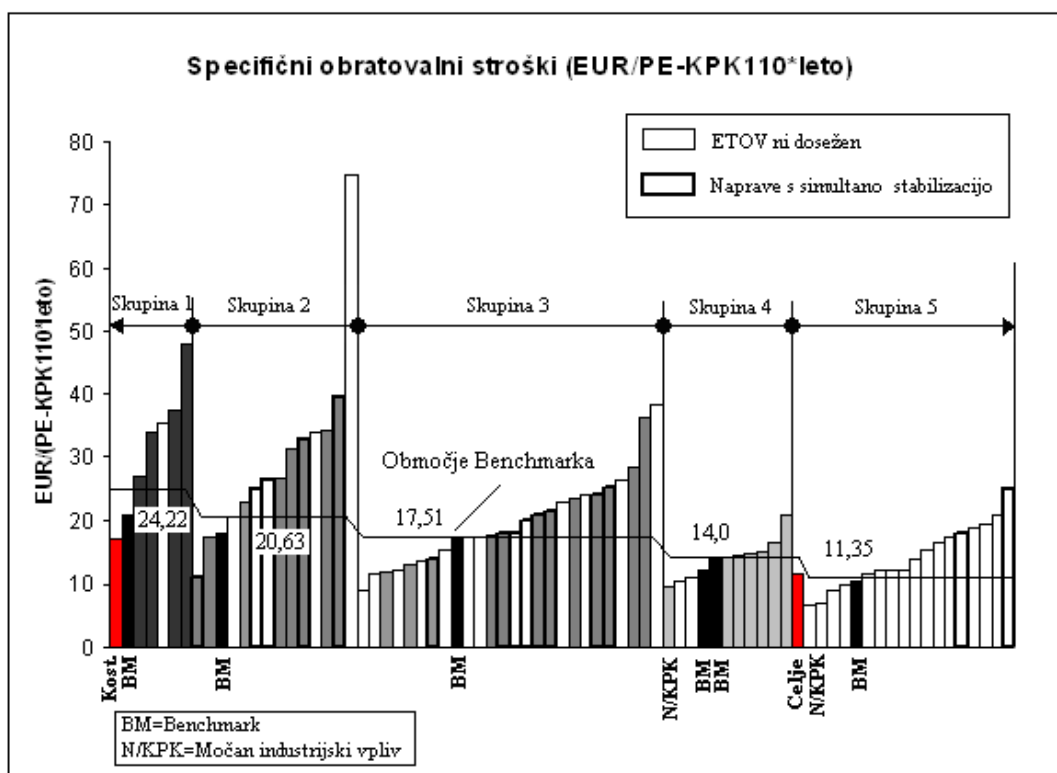
$$\text{EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto}) = 18.098,87/1070 = 16,9 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto})$$

$$16,9 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto}) + 20\% = 20,3 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto})$$

KČN Celje:

$$\text{EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto}) = 660.935,92/55.454 = 11,9 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto})$$

$$11,9 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto}) + 10\% = 13,1 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110} \cdot \text{leto})$$



Slika 33: Primerjava obratovalnih stroškov v raziskavi pregledanih naprav (Prirejeno po Krojß et al. 2002).



Na sliki 33 so prikazani skupni obratovalni stroški glede na višino specifičnih stroškov, prav tako je po posameznih skupinah prikazan tudi benchmark. Kot dodatna informacija so ne eni strani naprave, ki ne dosegajo predpisanih vrednosti ETOV, na drugi strani pa tiste naprave, ki so benchmark. Vse naprave, ki se nahajajo izpod benchmark črte in nimajo posebne oznake, imajo sicer nizke obratovalne stroške, vendar se jih zaradi močnega industrijskega ali obrtnega vpliva ne da uporabiti za benchmark naprave (oznaka N/KPK na abscisi). Možno pa tudi je, da prikazujejo podatke, ki jim ni moč popolnoma zaupati.

Da bi se videle razlike med obratovalnimi stroški posameznih naprav s simultano ali ločeno stabilizacijo, sem naprave s simultano aerobno stabilizacijo na sliki 33 označil s črnim okvirjem.

**Preglednica 12: Višina benchmark območij in medianov obratovalnih stroškov skupin od 1 do 5 (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).**

<b>EUR/PE-KPK 110</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>	<b>Skupina 3</b>	<b>Skupina 4</b>	<b>Skupina 5</b>
<b>Benchmark območje</b>	24,22	20,63	17,51	14,0	11,35
<b>Skupinski median</b>	32,54	27,10	18,71	14,0	13,11

V preglednici so zbrani podatki benchmark območij in podatki medianov posameznih skupin. Za izračun mediane posamezne skupine se je uporabilo vse vrednosti v skupini.

Pri izračunu specifičnih obratovalnih stroškov za KČN Celje in Kostanjevica smo upoštevali odstotne vrenosti za izračun območja benchmarka.

Na sliki 33 lahko vidimo, da slovenski napravi glede skupnih obratovalnih stroškov spadata med benchmark naprave. Vendar pa jih kot take s 100 % zagotovostjo ne moremo smatrati

zaradi neverodostojnih podatkov, pomanjkanja tako ekonomskih kot tehničnih (npr. različne velikosti plač, različne cene) podatkov, nenatančne ravalorizacije ...

### **7.1.2 Rezultati ovrednotenja obratovalnih stroškov procesov od 1 do 4**

Za diplomsko nalogo pri slovenskih ČN ni bilo mogoče narediti stroškovne razdelitve na delne procese pri mehanskem čiščenju, biološkem čiščenju, nadaljni obdelavi blata in odstranitvev le tega.

Zato je za zbrane podatke narejen le en delni proces za vsa štiri področja (mehansko čiščenje, biološko čiščenje, nadaljnja obdelava blata in odstranitvev le tega) skupaj.

Za višjo primerjalno raven v Sloveniji bi bil potreben večji interes podjetij za benchmarking projekt ter predvsem večji interes države.

V podpoglavju je na kratko predstavljen avstrijski primer benchmarkinga za posamezne procese ter važnejše ugotovitve:

Pri procesu I skupine 1 se pokaže razvrščanje stroškov posameznim procesom kot eden glavnih problemov, ki nastopa pri majhnih čistilnih napravah.

Pri določanju benchmarka procesa II je potrebno upoštevati primerjavo med simultan stabilizacijskimi in ločeno stabiliziranimi napravami. Pri skupinah 1 in 2 so se za benchmark lahko upoštevale samo naprave z aerobno simultano stabilizacijo. Pri skupini 3 je prišlo do zanimivega primera, ko sta napravi imeli približno enake specifične stroške; ena naprava s simultano aerobno stabilizacijo in ena z gnitjem. V tem primeru je bila naprava s simultano aerobno stabilizacijo bolj učinkovita, ker je pri enakih stroških bila opravljena tudi že stabilizacija blata.

Pri procesu III *zgoščevanje blata in stabilizacija* imajo glede na definicijo samo tiste naprave specifične stroške, katerih blato se ločeno stabilizira. Skupni benchmark naprav z ločeno aerobno stabilizacijo in naprav z gnitjem nima nobenega smisla, saj se pri iskanju potenciala prihranka lahko orientiramo izključno na napravah z istim načinom stabilizacije.

Dodatno pa se je še pokazalo, da je predvsem porazdelitev stroškov energije pri ločenih aerobno stabilizacijskih napravah zelo težavna. Zato se je za benchmark naprave, pri procesu III, izbralo izključno naprave z gnitjem.

Pri procesu IV  *dodatna obdelava blata in – odstranjevanje* so bili določeni benchmarki, kakor je opisano v poglavju 6.2.4.

Vsi skupinski mediani procesov I do IV so prikazani v preglednici 13. Posebno interesantno pa je, da znaša median obratovalnih stroškov procesov 2 + 3 približno 45 % mediana skupnih obratovalnih stroškov vseh skupin.

**Preglednica 13: Povzetek medianov skupin (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).**

<b>EUR/PE-KPK110</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>	<b>Skupina 3</b>	<b>Skupina 4</b>	<b>Skupina 5</b>
<b>Skupinski median PI</b>	6,16	3,34	1,91	1,44	1,44
<b>Skupinski median PII</b>	11,44	9,44	7,12	4,87	4,48
<b>Skupinski median PIII</b>	(8,64)	4,31	2,0	1,28	0,88
<b>Skupinski median PIV</b>	11,35	11,11	8,95	6,0	5,51
<b>Skupinski median PII+PIII</b>	<b>12,0</b>	<b>10,15</b>	<b>8,56</b>	<b>6,16</b>	<b>5,75</b>
<b>Skupinski median skupaj</b>	<b>32,54</b>	<b>27,10</b>	<b>18,71</b>	<b>13,99</b>	<b>13,11</b>

Iz tega se lahko vidi, da 45 % obratovalnih stroškov povzroči mehansko biološko čiščenje odpadne vode, vključno s stabilizacijo blata. Preostalih 55 % pa se mora pripisati mehanskemu predhodnemu čiščenju oziroma v pretežni meri dodatne obdelave blata in njegovi odstranitvi. Za odstranitev blata, vključno z odstranjevanjem odvečne vode iz blata,

se morajo v obratu uporabljati skoraj identična sredstva kakor za celotno mehansko biološko čiščenje odpadne vode, vključno s stabilizacijo blata.

## **7.2 Rezultati ovrednotenja finančnih stroškov**

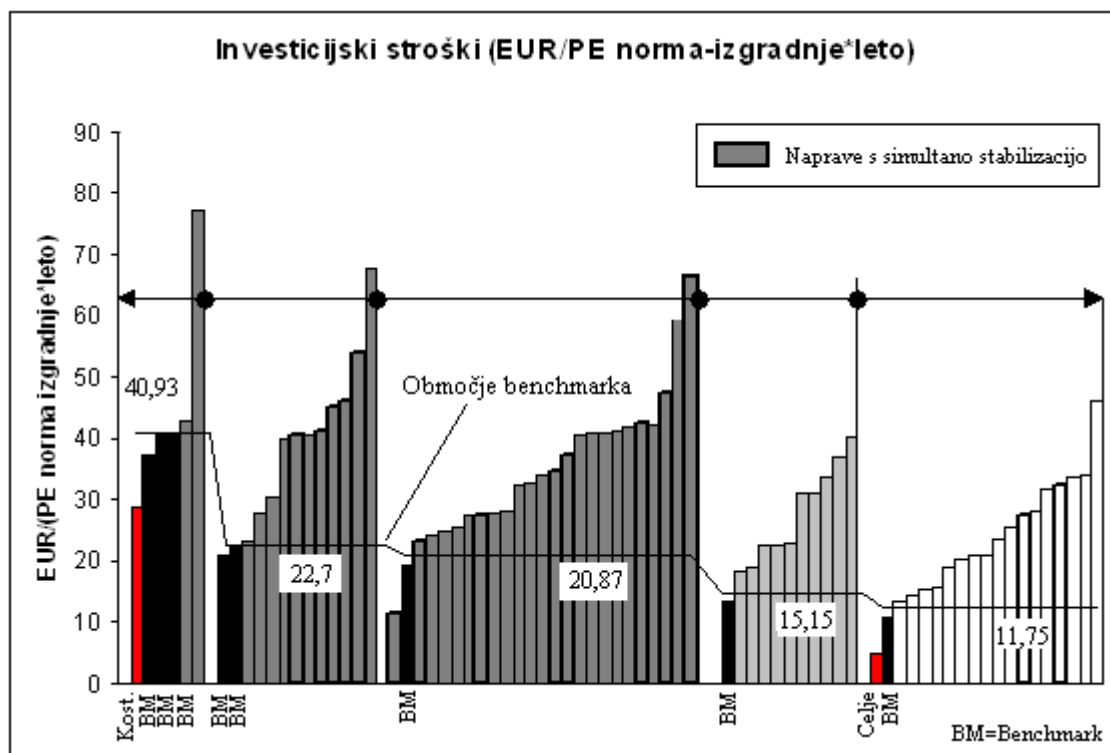
Pri izračunu benchmark območja se je vedno najnižje finančne stroške skupine najprej povišalo za 10 %. Vse naprave, katerih finančni stroški so bili nižje od benchmark območja so benchmark naprave.

KČN Kostanjevica:

$$\text{EUR}/(\text{PE-norma izgradnje}) = 14.711,32 / 508 = 28,9 \text{ PE-norma izgradnje}$$
$$28,9 \text{ EUR}/(\text{PE-norma izgradnje}) + 10\% = 31,8 \text{ EUR}/(\text{PE-norma izgradnje})$$

KČN Celje:

$$\text{EUR}/(\text{PE-norma izgradnje}) = 242.580,81/49.201 = 4,9 \text{ EUR}/(\text{PE-norma izgradnje})$$
$$4,9 \text{ EUR}/(\text{PE-norma izgradnje}) + 10\% = 5,4 \text{ EUR}/(\text{PE-norma izgradnje})$$



Slika 34: Primerjava finančnih stroškov v raziskavi pregledanih naprav (prirejeno po Kroiß et al. 2002).

Na sliki 34 so prikazani finančni stroški, ki so razdeljeni glede na specifične stroške in po posameznih skupinah. Za vse finančne stroške skupaj in za finančne stroške procesa II se je uporabilo PE-norm–izgradnjo kot primerjalno vrednost, za procese I, III in IV pa PE-izgradnja. Ker izračunana primerjalna vrednost PE-norm–izgradnja zrcali tiste obremenitve, ki se jih z obstoječim volumnom in stanjem tehnike lahko očisti, označitev naprav, ki ne dosegajo aktualnih ETOV, ni potrebna. Tak način ovrednotenja se lahko opiše tudi kot kapacitetno specifično ovrednotenje. Med seboj se primerjajo obstoječa substanca (kapaciteta) naprav in njihovi stroški.

V preglednici 14 so prikazani zbrani podatki višin benchmark območij in mediani skupin.

**Preglednica 14: Višina benchmark območij in mediani finančnih stroškov skupin od 1 do 5 (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).**

<b>EUR / PE-norma-izgradnja</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>	<b>Skupina 3</b>	<b>Skupina 4</b>	<b>Skupina 5</b>
<b>Benchmark območje</b>	40,93	22,70	20,87	15,11	11,75
<b>Skupinski median</b>	40,85	39,41	34,45	23,58	22,95

Določanje benchmarka je tako gledano metodološko zelo enostavno, vendar pa je pri tem potrebno upoštevati naslednje negotovosti:

Pri izbranih primerjalnih vrednostih in načinu izračuna finančnih stroškov se raje odločamo za tiste, katerih strojni delež je že odpisan in katere so bile že pri svojem nastajanju zasnovane z velikim volumnom. Za primer nejasnosti primerjave finančnih stroškov lahko vzamemo dve napravi skupine 3 z njihovimi nizkimi finančnimi stroški. Obe napravi sta bili postavljeni približno istega leta in za približno isto število prebivalcev, pri tem je imela naprava A nekaj manjši volumen. Leta 1998 se je napravo A obnovilo in investiralo v različne strojne in gradbene pripomočke. Naprava B se še ni obnovila, vendar to misli storiti v bližnji prihodnosti. Specifični finančni stroški naprave A so v letu 1999 bistveno višji kot stroški naprave B, predvsem pa zaradi tega, ker se med obnovitvenimi deli volumen ni bistveno povečal in njihove PE-norma-izgradnje odgovarjajo tistim, ki jih ima primerjalna naprava. Zaključek, ki iz tega sledi je, da seveda ne more biti, da je naprava, ki ni bila obnovljena in prilagojena najnovejšem stanju tehnike, benchmark naprava.

Pri finančnih stroških posameznih procesov je bilo potrebno ločiti skupne finančne stroške izgradnje na eni strani in gradbene ter strojne investicije na drugi strani. Prav tako pa je bila potrebna delitev na štiri procese. Kvaliteta porazdelitve finančnih stroškov posameznim procesom je bila močno odvisna od pridobljenih podatkov, včasih porazdelitev sploh ni bila možna. V primerih, ko s strani podjetja porazdelitev finančnih stroškov po posameznih procesih ni bila mogoča, se je stroške porazdelilo s pomočjo porazdelitvenega ključa. Porazdelitveni ključ je bil izdelan s pomočjo podatkov tistih naprav, katerih dobra razdelitev je bila potrjena s strani upravljalcev naprav. Podatki ki se jih lahko oceni za

pomembne in natančne in se jih lahko uporabi kot bazo procesnega Benchmarka, so bili na razpolago samo v 25 napravah. Teh 25 naprav se porazdeli v posamezne skupine: nič v skupini 1, dve v skupini 2, sedem v skupini 3, pet v skupini 4 in enajst v skupini 5.

Zaradi majhnega števila naprav v posameznih skupinah in splošne nejasnosti finančnih stroškov se mora pred podelitvijo benchmarka za finančne stroške za posamezne procese vzeti čas – trenutno se ga ne podeli. Metodika je jasna in z večjo količino podatkov se jo lahko hitro znova uporabi in proces izpelje do konca. Priporočljivo je, da se pri novih napravah za čiščenje odpadnih voda naredi razdelitev pri gradbenih in strojnih investicijskih stroških.

### **7.3 Rezultati ovrednotenja letnih stroškov**

Postopek določitve benchmark območja in benchmarka je potekal podobno kot pri obratovalnih stroških. Edina razlika je v tem, da se je pri skupini 1 in 2 k najnižjim specifičnim stroškom prištelo še 15 %, da bi tako upoštevali vpliv večje natančnosti podatkov pri majhnih čistilnih napravah.

#### ČN Kostanjevica

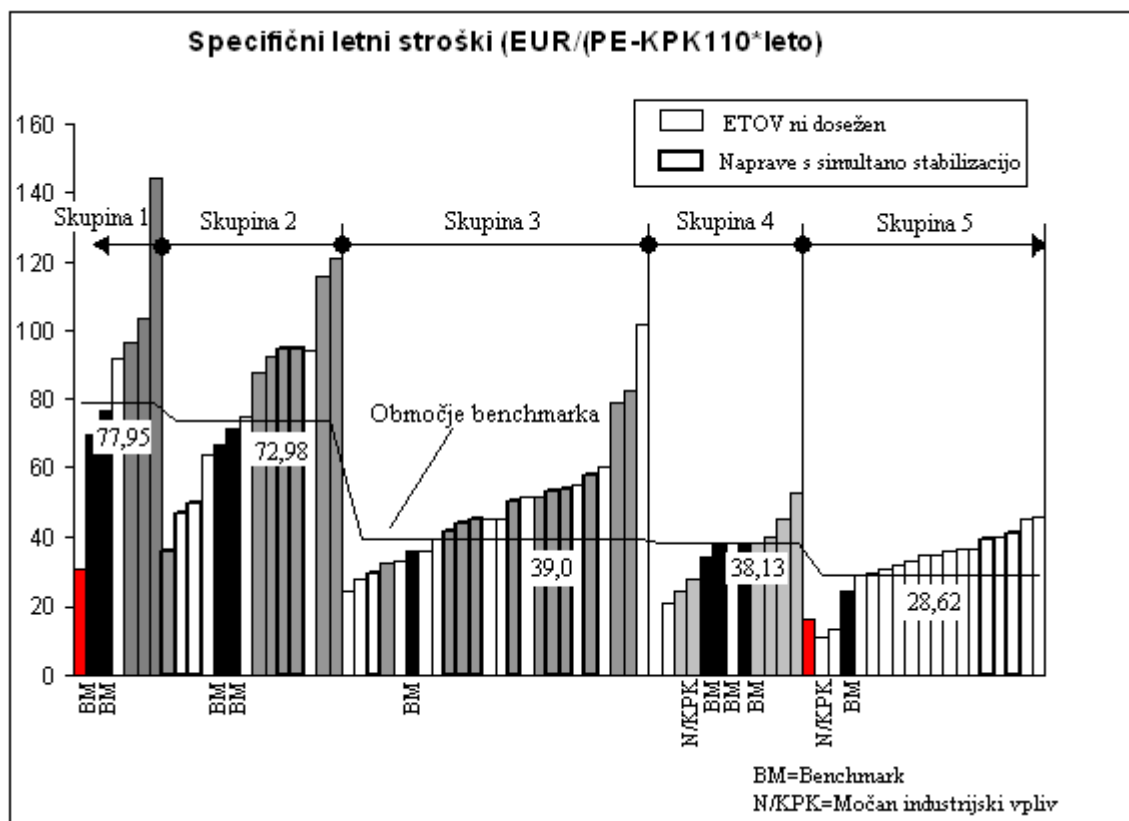
$$\text{EUR}/(\text{PE-KPK110*leto}) = 32.810,19/1070 = 30,66 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110*leto})$$

$$30,66 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110*leto}) + 15\% = 35,3 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110*leto})$$

#### ČN Celje

$$\text{EUR}/(\text{PE-KPK110*leto}) = 903.516,73/55.454 = 16,3 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110*leto})$$

$$16,3 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110*leto}) + 10\% = 17,9 \text{ EUR}/(\text{PE-KPK110*leto})$$



Slika 35: Primerjava letnih stroškov v raziskavi pregledanih naprav (prirejeno po Krojč et al. 2002).

Za letne in obratovalne stroške se je kot primerjalno vrednost uporabilo PE–KPK 110. Grafično se je označilo tiste naprave, ki se pri letnih stroških ne gibljejo v okviru ETOV, oziroma naprave s simultano stabilizacijo.

Pri letnih stroških sta bili za skupini 1 in 2 določeni dve benchmark napravi, za skupine 3 in 5 pa po ena. V skupini 4 se vsi udeleženci nahajajo na zelo ozkem območju tako, da se je iz te skupine lahko za benchmark določilo kar tri naprave.

V preglednici 15 sta prikazana območje benchmarka letnih stroškov in median letnih stroškov. Nasproti medianu letnih stroškov je bil postavljen median obratovalnih stroškov in delež vsake skupine izražen v odstotkih. Iz tega izračuna se lahko izpeljejo obratovalni stroški, ki znašajo od 35 do 40 % letnih stroškov.



**Preglednica 15: Višina benchmark območij in medianov letnih stroškov skupin 1 do 5 in medianov obratovalnih stroškov ter srednji delež obratovalnih stroškov na letnih stroških (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).**

<b>EUR/PE-KPK110</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>	<b>Skupina 3</b>	<b>Skupina 4</b>	<b>Skupina 5</b>
Območje Bnechmarka	77,95	72,98	39,0	38,13	28,62
Median letni stroški	92,25	80,99	48,13	37,73	37,01
Median obratovalni stroški	32,54	27,10	18,7	13,99	13,11
Delež na letnih stroških	<b>35%</b>	<b>36%</b>	<b>39%</b>	<b>37%</b>	<b>35%</b>

Podobno kot pri obratovalnih stroških (poglavje 7.1.1) lahko vidimo, da slovenski napravi padata med benchmark naprave. Vendar pa jih kot take z 100 % zagotovostjo ne moremo smatrati zaradi neverodostojnih podatkov, pomanjkanja podatkov, nenatančne ravalorizacije ...

## **7.4 Ekonomski pogledi na – eksterni benchmarking**

### **7.4.1 Primerjava območja specifične obremenitve**

Za izvedbo direktne primerjave obratovalnih, finančnih in letnih stroškov se je vse tri vrste stroškov povežalo s povprečnimi obremenitvami PE–KPK 110. S tem je seštevanje specifičnih obratovalnih in finančnih stroškov šele možna.

**Preglednica 16: Povzetek medianov obratovalnih, finančnih in letnih stroškov, navezujoč se na PE-KPK110 (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).**

<b>EUR/PE-KPK110</b>	<b>Skupina 1</b>	<b>Skupina 2</b>	<b>Skupina 3</b>	<b>Skupina 4</b>	<b>Skupina 5</b>
<b>Median obratovalni stroški</b>	32,54	27,10	18,71	13,99	13,11
<b>Median finančni stroški</b>	59,72	47,64	28,46	24,39	20,31
<b>Median letni stroški</b>	92,25	80,99	48,13	37,73	37,02

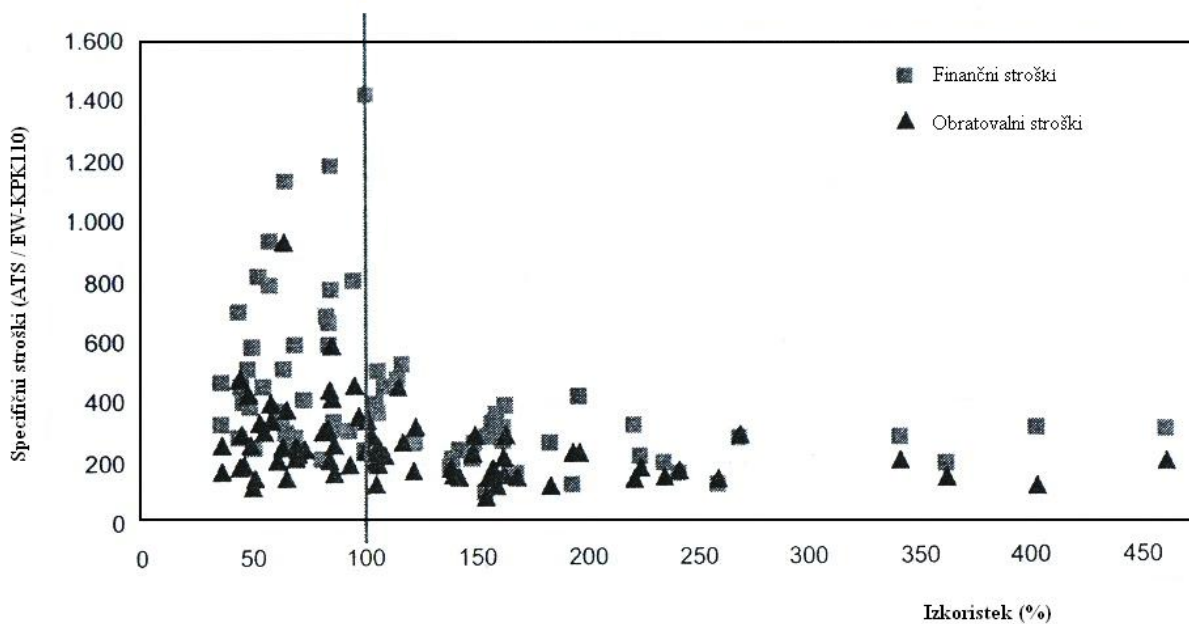
Pri pregledu finančnih stroškov je opaziti, da se specifični stroški v skupini 2 gibljejo višje kot tisti v skupini 3. Seveda je znižanje specifičnih stroškov z rastjo naprave pričakovano. Mnogo višjih obremenilnih specifičnih finančnih in letnih stroškov skupine 2 v primerjavi s skupino 3 se z velikostjo naprave ne da razložiti. Zato so bile potrebne bolj natančne preiskave o tem, ali je izkoriščenost tista, ki je pomembnejša.

Izračun izkoriščenosti se je pri Benchmarking projektu izračunala na podlagi podatkov o izkoristku pridobljenih v letu raziskav. Na podlagi mesečnih srednjih vrednosti KPK-dovodnega tovara in temperature se je pridobil izmerjeni primer. Za ta izmerjeni primer se je z uporabo specifičnih podatkov naprave (indeks mulja, obdelana količina dovodnih vod ...) dobil potrební volumen po ATV131. Izkoriščenost izražena v odstotkih se dobi iz razmerja izračunanega volumna in obstoječim volumnom. Čistilna naprava odpadnih voda je izkoriščena takrat, ko merilna obremenitev traja neki določeni čas.

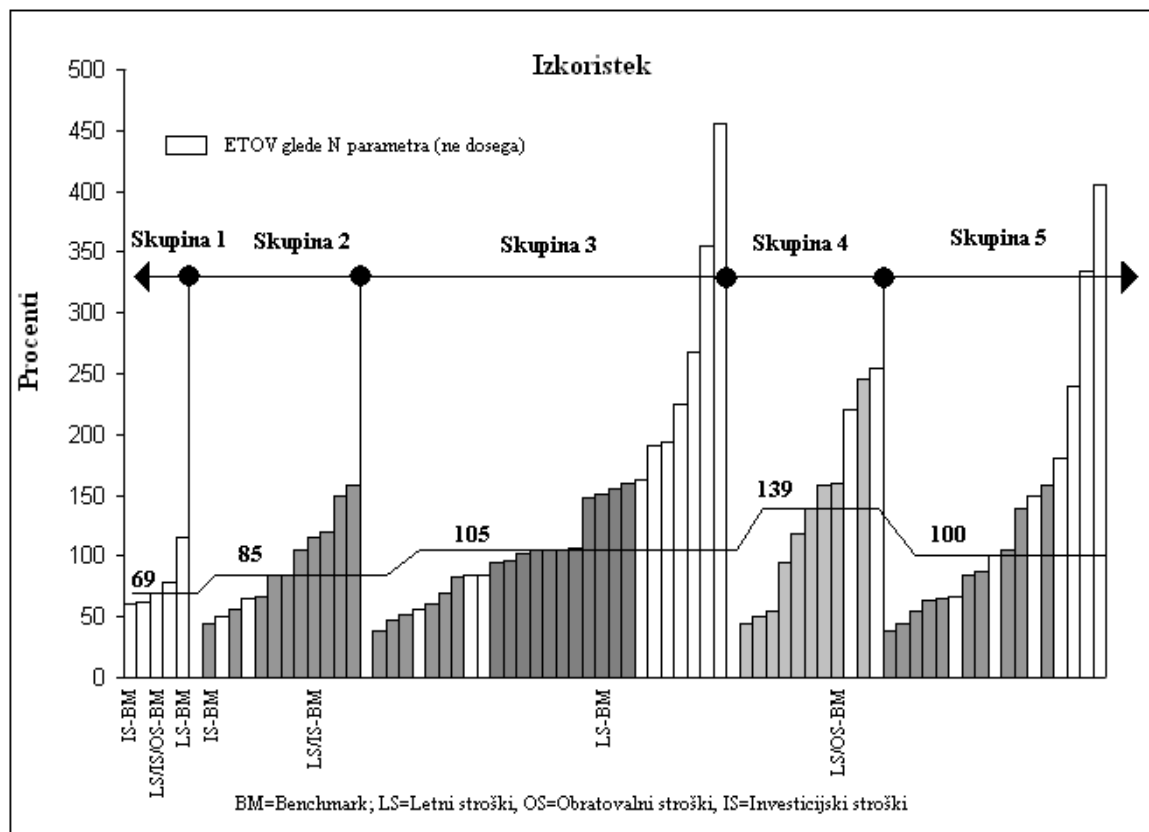
Kot je prikazano na sliki 36, bistveno naraščajo obremenilni specifični finančni stroški s padajočo izkoriščenostjo. Pri obratovalnih stroških je vpliv izkoristka pričakovano bistveno manjši.

Na sliki 37 so rezultati prikazani grafično. Na tej sliki so samo tiste naprave prikazane v beli barvi, ki ne dosgajo ETOV parametrov dušika. Naprave, ki imajo nezadostno ali

nobeno P-gnitje, tukaj niso označene, ker P-gnitje ne vpliva na izkoristek. Zelo jasno razvidno pa je, da je z upoštevanjem zakonskih predpisov pri dobrem obratovanju in ugodnih lastnostih mulja, možen 150 % izkoristek. Naprave, ki imajo izkoristek naprave nad 160 % bi morale hitro poskrbeti za obnovo in prilagoditev naprav višjemu nivoju sodobne tehnike.



Slika 36: Specifični finančni in obratovalni stroški v odvisnosti z izkoristkom (prirejeno po Kroiß et al. 2002).



Slika 37: Izkoriščenost pregledanih naprav izražena v odstotkih (prirejeno po Kroiß et al. 2002).

Na sliki 37 je vnesen median izkoristka na posamezno skupino. Za skupini 1 in 2 se giblje srednji izkoristek pod 100 %, v skupinah 3 do 5 se nahaja pri 100 % ali višje. Pri manjših napravah (skupina 1 in 2) se mora zaradi velikih nihanj pri obremenitvah načrtovati z velikimi varnostnimi ukrepi. Izkoristek pod 100 % pri majhnih napravah se mora torej ocenjevati drugače kot pri velikih napravah. Iz tega izhaja, da je večji del kapacitete čistilne naprave v Avstriji, kar se v ETOV zahtevanih stopenj čiščenja tiče, izčrpan oziroma preobremenjen.

Za zaključek se lahko ugotovi, da se na eni strani specifični stroški z naraščajočo velikostjo naprave sicer manjšajo, na drugi strani pa so stroški, ki so predvsem vezani na obremenitve, v veliki meri odvisni od izkoristka naprave, kar je bilo načeloma pričakovati.

## 7.4.2 Teoretični potencial prihranka

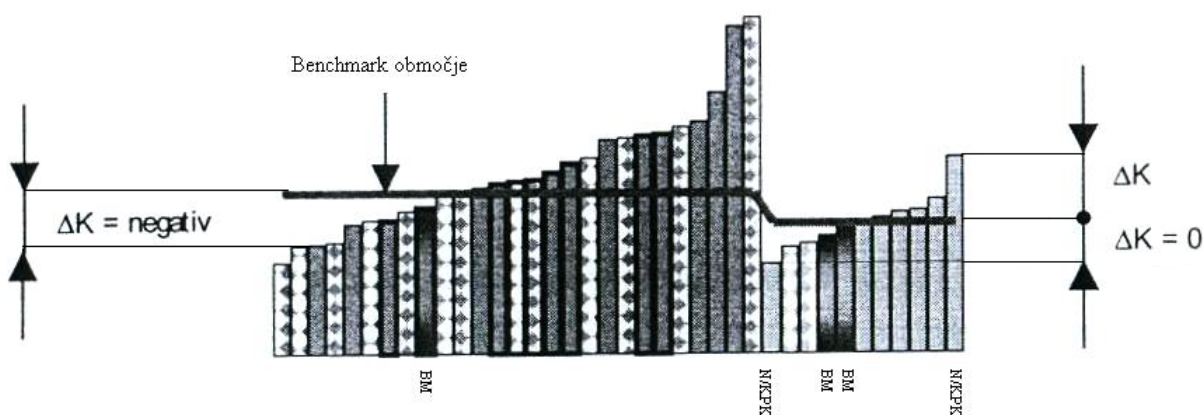
Teoretični potencial prihranka pri obratovalnih stroških se lahko ugotovi s pomočjo izračuna vsot odstopanja dejanskih stroškov od določenega benchmark območja. S PE–KPK 110 zgoščeno vsoto odstopanj dejanskih obratovalnih stroškov od benchmark območja v razmerju z dejanskimi skupnimi stroški dobimo teoretični potencial prihranka na posamezno skupino.

Teoretični potencial prihranka  $\sum(\Delta K * PE - KPK110)$

Vsota dejanskih obratovalnih stroškov  $\sum(K * PE - KPK110)$

$\Delta K$ ... odstopanje dejanskih specifičnih obratovalnih stroškov od območja benchmarka na posamezno napravo

$K$ ... specifični obratovalni stroški na posamezno napravo



Slika 38: Izračun teoretičnega potenciala prihranka (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).

Pri benchmark napravah in napravah, ki zaradi njihovega razmerja N/KPK ne morejo postati benchmark, se je  $\Delta K$  izenačil z vrednostjo = 0. S pomočjo takega načina računanja se je za posamezno skupino izračunalo teoretični potencial prihranka. Naprave, katerih obratovalni stroški se nahajajo pod benchmark območjem in niso bile izenačene = 0, imajo negativni  $\Delta K$ . To je zato, ker je potrebno izhajati iz dejstev, da pri normalnem obratovanju

oziroma pravih podatkih obratovalni stroški naprave odgovarjajo vsaj stroškom benchmark območja.

V preglednici 17 so na razpolago PE–KPK 110 podatki na posamezno skupino in njihov odstotni delež celotnega v Avstriji predelanega PE–KPK 110. Izhodišče so podatki o tem, da se v Avstriji predela 12 milijonov PE–KPK 110. V preglednici so navedeni tudi podatki o izračunanem potencialu prihranka na skupino, vsota obratovalnih stroškov (absolutno) na posamezno skupino in iz tega izhajajoč potencial prihranka skupine.

**Preglednica 17: Vrednosti prebivalcev, odstotek vrednosti prebivalcev vezan na PE - KPK in odstranjen/predelan v Avstriji, potencial prihranka v odstotkih, obratovalni stroški in potencial prihranka v EUR/leto na posamezne skupine (od 1 do 5) (Prirejeno po Kroiß et al. 2002).**

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Skupina 5
PE-KPK 110	19.702	111.221	458.740	364.439	1.553.401
Delež predelanega PE-KPK110(%)	0.2%	0.9%	3.8%	3.0%	12.9%
Potencial prihranka (EUR/leto)	172.670	855.360	983.262	204.646	3.837.126
∑ Obratovalni stroški (EUR/leto)	639.520	2.957.783	8.953.293	5.116.167	20.224.850
Potencial prihranka (%)	27%	29%	11%	4%	19%

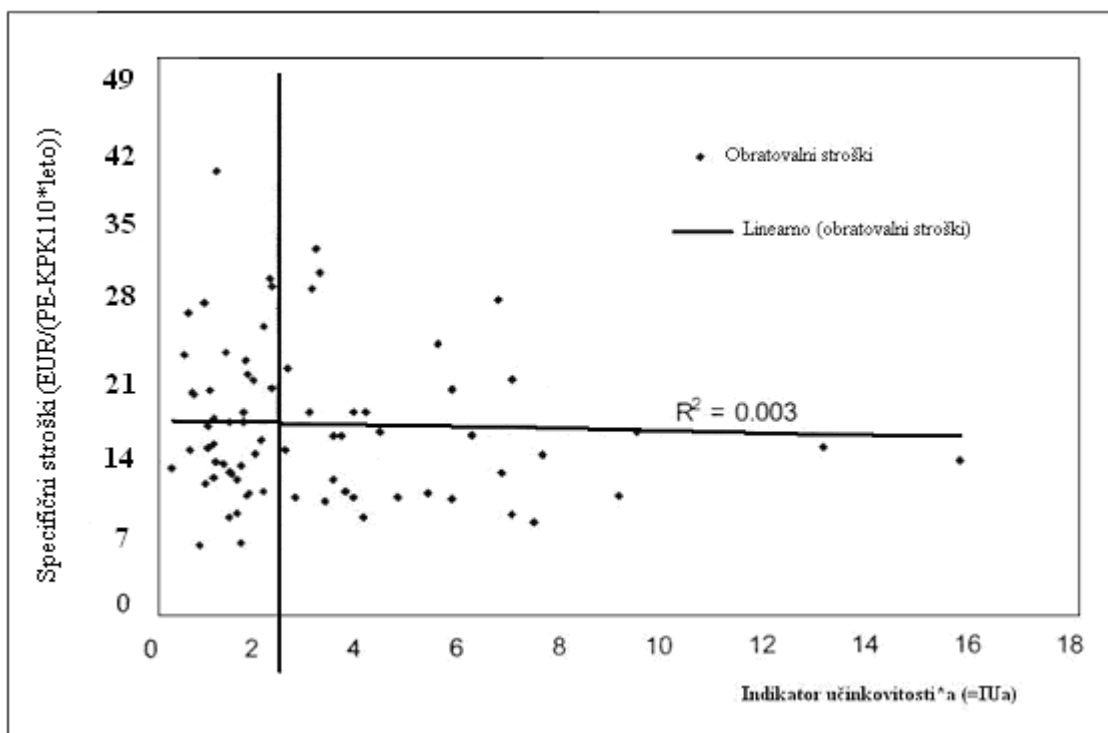
## 7.5 Učinkovitost stroškov glede zaščite voda

Na sliki 35 so prikazani specifični obratovalni stroški v odvisnosti z indikatorji učinkovitosti, ki so jih dosegle posamezne naprave. Indikator učinkovitosti (= IU) je kvantitativna ocena obremenitve vode, ki je še ostala v vodah po procesu čiščenja. Indikator je rezultat metode ocenjevanja, ki omogoča skupno metodo ocenjevanja odtočnih parametrov (KPK, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N in P skupno), ki so pomembni pri zaščiti voda. Pri ugotavljanju indikatorja učinkovitosti se pomembni faktorji vpliva (KPK, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N in P skupno) zmnožijo s faktorjem ocenitve (ki približno odgovarja recipročnim vrednostim

maksimalno dovoljenih iztočnih koncentracij). Iz vsote teh 4 ocenjenih vrednosti dobimo indikator učinkovitosti. Zaradi upoštevanih parametrov in njihovih vplivov je indikator učinkovitosti mera za sledeče faktorje, ki vplivajo na vode (Kroiß et al. 2002):

- potencial porabe kisika
- potencial evtrofije
- strupenost za ribe
- higienski aspekti
- organski preostali del onesnaženja

Da bi še izboljšali primerljivost med napravami, je bila vrednost indikatorja učinkovitosti (IU) s faktorjem razredčevanja preračunana na standardno sestavo (kvaliteto) za odpadne vode. Na ta način se kompenzirajo različni vplivi tujih voda. Indikator učinka multipliciran s faktorjem redčenja je skrajšano označen kot IUa.



**Slika 39:** Specifični obratovalni stroški v odvisnosti z indikatorjem vrednosti učinkovitosti (Prirejeno po Krojč et al. 2002).

Na sliki 37 prikazana mejna vrednost učinkovitosti je merilo za doseženo učinkovitost čiščenja. ETOV se lahko uporabi le za IUa enako ali manjše 2,5.

Če gledamo kot točke prikazane obratovalne stroške v odvisnosti z indikatorjem učinkovitosti, ne dobimo odvisnosti med stroški in indikatorjem učinkovitosti ( $R^2=0,003$ ). Statistično dokazljive odvisnosti med obratovalnimi stroški in kvaliteto čiščenja torej ni.

Manjši kot je indikator učinkovitosti, večja je korist vloženi obratovalnih stroškov. Iz tega je razvidno, da mora biti optimizacija vodenja obrata usmerjena v to, da je razmerje med stroški in koristjo izkoristi tako, da se kar najbolje izkoristi že obstoječa kapaciteta čiščenja na obstoječi napravi. Ta zahteva pa je toliko bolj razumljiva, če upoštevamo še finančne stroške (2/3 letnih stroškov), ker na te vodstvo naprave ne mora več vplivati. Ker se razmerje stroški – korist tudi pod mejno vrednostjo učinkovitosti zmanjša (= izboljša), naj bi se poskrbelo za pozitivno stimulacijo voditi čistilne naprave tako, da je učinkovitost



stroškov optimizirana in je posledično tudi izkoristek čiščenja čistilne naprave izkoriščen v polni meri.

## 7.6 Rezultati detajlnih procesov čiščenja odpadnih voda

Pri delavnici, ki je bila na tehnični univerzi na Dunaju, sta dva upravljalca pilotnih naprav skupno sklenila, da je potrebno bolj natančno pogledati sledeče detajlne procese, ki so del tega projekta:

1. Dovajanje kisika, vključno z regulacijo oziroma krmiljenjem
2. Sušenje ali izcejanje (odvzemanje vode iz) mulja

### 7.6.1 Dovajanje kisika – regulacija oziroma krmiljenje

Pri ocenitvi stroškov za dovajanje kisika so bistveni obratovalni stroški procesa 2. Median specifičnih obratovalnih stroškov procesa 2 naprav z **tlačnim prezračevalnim sistemom** znaša 6,1 EUR/PE-KPK110. Srednji obratovalni stroški 17 naprav z **površinskimi prezračevalniki** znašajo 6,48 EUR/PE-KPK110 in 5 naprav s **turbo prezračevalnikom** imajo specifične stroške v višini 10,4 EUR/PE-KPK110. Preostalih 8 naprav ima **mešane sisteme** in se jih zato ne da natančno porazdeliti. Kar se tiče obratovalnih stroškov se ne ugotovi velika razlika med tlačnimi in površinskimi prezračevalniki. Preiskani turbo prezračevalniki pa imajo v povprečju bistveno višje stroške kot tlačni in površinski prezračevalniki. Vendar zaradi majhnega števila naključno vzetih vzorcev resna, splošno veljavna izjava glede njihove učinkovitosti ni možna.

Ker v obratovalnih stroških procesa 2 niso zajeti samo tisti stroški, ki bi se jih lahko pripisalo sistemu prezračevanja, se pri procesu 2 naprav s tlačnimi in površinskimi prezračevalniki izvaja tudi glede specifične porabe energije (vezano na KPK dotočno obremenitev v kg/dan).

Pokaže se podoben rezultat kot smo ga že imeli pri primerjavi stroškov. Med tlačnimi prezračevalniki s 0,54 kWh/kg-KPK dotok in površinskimi prezračevalniki z 0,61 kWh/kg-KPK dotok se velike razlike ne da ugotoviti. Raziskani turbo prezračevalniki imajo v tej primerjavi z 1 kWh/kg KPK dotok najslabšo vrednost.

**Preglednica 18: Potreba po energiji na PE-KPK110/leto in delež procesa 2 (Prirejeno po Kroiß et al. 2002)**

	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	skupina 5
<b>kWh KČN skupaj/ PE-KPK110*leto</b>	40.97	40.76	34.63	25.73	26.39
<b>Delež procesa 2 pri KČN-skupno</b>	71	64	77	72	66

Da bi lahko ocenili, v kakšnem velikostnem razmerju se nahaja skupna poraba energije neke čistilne naprave na PE–KPK 110 in na leto in kakšen delež ima pri tem proces 2, je bilo potrebno sestaviti srednje vrednosti za vsako skupino – glej preglednico 18.

#### **Pregled različnih načinov regulacije je pripeljal k sledečim rezultatom:**

8 naprav je navedlo, da imajo **ročno reguliranje** prezračevalnega sistema, 6 naprav uporablja **regulacijo po koncentraciji amonija**, 4 naprave uporabljajo regulacijo po **redoks potencialu**, 12 naprav imajo togo regulacijo delovanja (**na čas**) s prekinitvami, 30 naprav uporablja variabilno regulacijo delovanja (na čas) s prekinitvami. Od preostalih naprav niso dale izjav o njihovem konceptu regulacije. **Na podlagi podatkov je bilo ugotovljeno, da izbrani koncept regulacije nima nobenega vpliva na specifično porabo energije.** Vpadljivo pa je, da več kot polovica naprav, ki niso podale podatkov o konceptu regulacije ali pa to delajo ročno, ne dosega ETOV.

#### **Opis regulacije kisika pri ČN Kostanjevica**

V aeracijskem bazenu puhal s frekvenčnikom dovajajo zrak s pomočjo posebnih šob pri dnu bazena v obliki drobnih mehurčkov.

Uporaba motorjev puhal z dvojno hitrostjo, ki jih upravljajo posebni senzorji (kisikove sonde), občutljivi na raztopljen kisik, omogoča vzpostavitev različnih pogojev dobave

zraka in s tem prilagajanje dejanskim potrebam bioloških procesov. Naprava deluje avtomatsko ali ročno.

Merilnik kisika – sonda, ki je nameščen v aeracijskemu bazenu preko merilnega pretvornika, posreduje krmilniku informacijo o vsebnosti kisika v odpadni vodi. Krmilnik vkaplja puhalo po potrebi, glede na nastavljeno vrednost kisika.

### **Opis regulacije kisika pri ČN Celje**

Zračenje se začne v prezračnem peskolovu. Izvaja se s prezračevalci – aeratorji z večjimi mehurčki in dvema puhaloma (1 + 1 rezerva).

Nadaljuje se v aeracijskih bazenih s kompresorsko postajo in puhalo. V objektu predčiščenja je kompresorska postaja s tremi puhalniki za vnos zraka v aeracijske bazene pod pritiskom.

Na dnu vsakega bazena so nameščeni membranski aeratorji, ki proizvajajo drobne mehurčke zraka. Razdeljeni so na štiri enote. Vsaka enota se lahko posebej izklopi. Aeratorji razpršijo stisnjen zrak iz puhalnika v odpadno vodo. Z vpihovanjem zračnih mehurčkov pride do vnosa in raztapljanja kisika.

Raztopljeni kisik se nadzoruje in meri v vsakem bazenu, frekvenca puhal in število delujočih puhal se avtomatsko spreminja.

### **7.6.2 Sušenje in izcejanje (odvzem vode) mulja**

Pri detajlnem procesu odvzema vode mulju je zanimivo predvsem to, kakšen vpliv ima način odvzema vode iz mulja na stroške procesa 4. Pri Avstrijskem benchmarking projektu je bilo pregledanih 31 naprav, katerih odzemanje vode iz mulja poteka s pomočjo **komornih filtrov**. Pri 16 napravah se mulju odvzema vodo s pomočjo **trakovnih sitnih stiskalnic**, 15 naprav uporabljajo **centrifuge**, 6 naprav nima odvzema vode iz mulja (odstranjujejo mulj na zemeljskih površinah – mulj odstranjujejo v mokri obliki) in pri 8 napravah se mulju odvzame vodo **s pomočjo stiskanja**.

Pri detajlnem procesu odzemanja vode mulju so pomembne predvsem naprave z odvzemom vode iz mulja s pomočjo centrifug, s komornimi filtri in s pomočjo trakovnih sitnih stiskalnic.

**Preglednica 19: Srednji specifični stroški, podeljeno v skupine glede na sistem za odstranjevanje vode in vrsta stroškov (Prirejeno po Krojč et al. 2002)**

<b>EUR/tono mulja ki mu je bila odvzeta voda</b>	<b>Material in stroški za snov</b>	<b>Stroški za osebje</b>	<b>Usluge s strani tretjih</b>	<b>Stroški električne energije</b>	<b>Vsota</b>	<b>Stroški odstranjevanja</b>
<b>Komorna filter stiskalnica</b>	16,23	14,23	3,43	2,56	36,53	34,94
<b>Stiskalnica s sitom / tekoči trak</b>	5,36	15,19	4,24	5,28	30,05	23,58
<b>Centrifuga</b>	15,75	14,71	4,72	4,72	39,89	39,57

V preglednici 19 so ločeno glede na vrsto stroškov prikazani specifični stroški posameznih sistemov za odstranjevanje vode. Za izračun specifičnih stroškov glede na vrsto stroškov so se skupni stroški vsakega posameznega sistema od vseh naprav dividirali s celotno količino mulja, ki mu je bila odvzeta voda v sistemu. Stroški za detajlno procesno analizo so se vezali na tone mulja, ki mu je bila odvzeta voda, to pa zato, ker se stroški za odstranitev večinoma zaračunavajo v tonah in tako se da relacija drugih vrst stroškov do stroškov odlaganja/odstranjevanja lažje oceniti.

Iz preglednice je razvidno, da so materialni stroški in stroški za snov v primeru centrifug in komornih stiskalnic bistveno višji kot pri stiskalnicah s siti (na tekoči trak). Stroški za osebje se z 14,23 do 15,19 EUR/tono za pregledane sisteme nahajajo približno na isti višini. Stroški uslug (del) s strani tretjih se je pri stiskalnicah s siti gibala okoli 4,24 EUR/tono in pri centrifugah 4,27 EUR/tono posušenega mulja. Stroški za naprave s komornimi filtri se gibljejo okoli 3,43 EUR/tono. Pri porabi električne energije ima najnižje stroške pričakovano naprava s komornimi filtri 2,56 EUR/tono, sledijo ji naprave s centrifugami 4,72 EUR/tono in stiskalnice s siti 5,28 EUR/tono. Če izračunamo vsoto teh štirih vrst stroškov, ki so pomembni pri odzemanju vode mulju, potem ugotovimo, da ima

sistem s centrifugami najvišje stroške 39,89 EUR/tono, stiskalnice s komornimi filtri imajo znesek 36,53 EUR/tono in sitaste stiskalnice (trakovne) porabijo 30,05 EUR/tono mulja, ki mu je bila odvzeta voda. Čeprav se stroški odlaganja direktno ne morejo prišteti detajlnemu procesu odvzema vode mulju, so bili specifični stroški odlaganja/odstranjevanja sprejeti v preglednico, da bi tako bila mogoča primerjava. Iz tega je razvidno, da se stroški odlaganja/odstranjevanja gibljejo približno na istem nivoju kot vsota drugih stroškov.

Vpadljivo je, da imajo stiskalnice s siti (tekoči trak) tudi pri stroških odlaganja/odstranjevanja (material, snov, osebje, usluge/storitve s strani tretjih, in elektriki) najnižje specifične stroške. Iz tega pa se kljub temu ne da trditi, da so stiskalnice s siti vedno ugodnejše. Pri primerjavi stiskalnic s siti (tekoči trak) je potrebno upoštevati tudi to, da vsebuje tako dobljena substanca več vlage kot pri drugih in da je tak način odvzema mulju primeren predvsem pri napravah, katerih tako pridobljena snov se vrača v uporabo kmetijstvu (za kompostiranje, njive ...). Način odstranjevanja/odlaganja pa je tudi osnova za ugodne stroške odlaganja/odstranjevanja pri napravah s stiskalnicami s siti (tekoči trak), pri tem pa moramo upoštevati, da se mora zaradi manjše količine suhe snovi odstraniti/odlagati večje količine mulja.

Glede na razpoložljive podatke pregledanih naprav se lahko zabeleži, da imajo pri stroških odvzema vode mulju naprave s stiskalnicami s siti najnižje specifične stroške. Specifični stroški komornih stiskalnic s filtri in centrifugami imajo približno iste stroške za odzem vode mulju, v višini 36,77 in 39,97 EUR na tonu. Specifični stroški odstranjevanja mulja so približno iste veličine kot vsota za odstranjevanje vode pomembnih vrst stroškov.

### **Opis dehidracije blata - ČN CELJE**

V enoti za dehidracijo blata se predzgoščeno blato zgosti na 30 % suhe snovi. Nameščeni sta dve centrifugi in dve postaji za pripravo in doziranje flokulantov (dve liniji). Zgoščeno blato iz centrifug pade na vijačni transporter, ki ga potiska do ekscentrične vijačne črpalke s polžem. Tam se blato zmeša z živim apnom (CaO) za higienizacijo in potem se transportira preko tlačnega cevovoda DN 300 v kontejnerje.



**Slika 40: Tlačni cevovod s kontejnerjem za blato (ČN Celje)**

### **Opis dehidracije blata - ČN KOSTANJEVICA**

Odvečno blato se iz končnega usedalnika prečrpava v bazena za odvečno blato, kjer se aerobno stabilizira. Po določenem času oziroma po potrebi pa se blato od tu odvaja na napravo za dehidracijo blata, kjer se s pomočjo organskih kationskih polielektrolitov (flokulantov) dehidrira. Dehidrirano blato se še nekaj časa odceja v vrečah na platoju poleg čistilne naprave.

Na podlagi analiz je podana ocena odpadka in napotek za odlaganje.



**Slika 41: Vreče za skladiščenje blata (ČN Kostanjevica)**

## 8 UGOTOVITVE IN RAZPRAVA

### 8.1 Ugotovitve

Za slovenski čistilni napravi ni bilo mogoče narediti popolno razdelitev na delne procese. Zato je bil za zbrane podatke narejen le en delni proces za vsa štiri področja (mehansko čiščenje, biološko čiščenje, nadaljnja obdelava blata in odstranitev le tega) skupaj.

V diplomski nalogi so nastopile tudi naslednje težave:

- Kot je že bilo omenjeno, je bil problem, ki je nastal pri primerjavi, starost avstrijskega projekta. Tako smo z revalorizacijo takratnih cen na cene v letu 2005 dobili primerljive cene;
- Največjo težavo predstavlja pomankanje podatkov, saj zaradi tega ni mogoče narediti popolne razdelitve na delne procese.
- Obravnavane avstrijske KČN so starejše in takrat avtomatizacija procesov ni bila tako razvita kot danes. Zato avtomatizacija na novi KČN lahko predstavlja veliko večji delež kot na starih KČN, kjer je predstavljala zanemarljiv delež.

Za boljšo uporabnost primerjave med avstrijskimi in slovenskimi ČN bi bili potrebno:

- zajeti še širši niz slovenskih KČN;
- pridobiti zanesljivejše podatke tako gradbenega dela kot strojne opreme in elektroinstalacij, da bi tako lahko povečali točnost ocene stroškov;
- vključiti še več različnih tehnologij, s tem tudi več objektov in tako več primerjanja različnih variant med seboj;



- predhodno sestaviti vprašalnike, ki bi jih izpolnili upravjalci naprav. Zbrani podatki bi morali omogočiti natančen opis procesov ter zajeti faktorje, ki vplivajo na stroške posameznih procesov.

## 8.2 Smernice benchmarkinga pri vodnem gospodarstvu

Izhajajoč iz osnove »Učenje od najboljšega« ali vsaj »boljšega« prihaja pri obdelavi s strani moderatorja projekta in projektnih udeležencev samih že do določenega tekmovalnega učinka, saj rezultati določenega procesa ali delnega procesa pokažejo, zakaj je določeno podjetje pri določenem procesu ali delnem procesu najboljše/boljše. Najprej se pri tem podvomi v indikatorje, se jih popravi ali potrdi. V tej, v idealnem primeru, kar se zadeve tiče tudi kontroverzni diskusiji, ne bi nihče rad »izgubil« – in kar je tu zelo pomembno – tudi ni potrebno. Zaupnost v projektnem timu in anonimnost navzven in zaščita odpirajo možnosti odprte diskusije. Kritiki navkljub kažejo izkušnje, da je možno, da se lahko tudi udeležence, ki so na samem začetku bolj rezervirani, spodbudi k sodelovanju pri odprti diskusiji. Drži pa, da morajo vsi udeleženci benchmarking projekta sodelovati pri primerjavi (Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001).

Nadaljnji vzrok tekmovalne miselnosti je v tem, da se pri strategiji modernizacije vodnega gospodarstva vključi tudi benchmarking. Pri projektu bi morala sodelovati vsa slovenska »vodna« in komunalna podjetja in se zavzemati, da bi pri podjetjih benchmarking postal in tudi ostal prostovoljni menedžmentski instrument, ki bi se še naprej razvijal. Cilji optimizacije naj bi bili poleg ekonomičnosti še oskrba in predelava ter kvaliteta in trajnost (na primer v smislu zaščite resursov), kakor tudi zadovoljne stranke (da so in bodo ostale). S tako usmeritvijo v bodoče z internacionalnimi aktivnostmi (v Evropi in izven) ne bo težav. Čeprav trenutno različni benchmarking projekti uporabljajo različne sisteme z indikatorji, bi bilo dobro, da bi se v prihodnosti našli pod »skupno streho«, da bi bila možna zgoščena anonimna ovrednotenja. Pri vodni oskrbi testirani in za čiščenje/predelavo odpadnih voda na novo izdani sistem indikatorjev društva International Water Association

(IWA), bi lahko služil kot osnova. Dopolnila in prilagoditve na nacionalne potrebe so v prihodnosti pričakovano zahtevane in možne (Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001).

### **8.3 Primer benchmarkinga odpadnih voda v nemčiji kot alternativa za Slovenijo**

Deset podjetij gospodarstva odpadnih voda in ena firma za svetovanje so se združili v Benchmarking za odpadne vode organizacija, d.o.o, da bi Benchmarking izvajali (vzeli v svoje roke) iz branže za branžo. V družbi sta predstavljeni dve razvojni poti, ki se jih uporablja od leta 1996 oziroma 1997. Pri prvi varianti je govora o »hipotetičnem stavku« pri drugi o benchmarkingu na podlagi tehnično-gospodarskih indikatorjev. Benchmarking objekti so objekti kanalizacije, materialno gospodarstvo, obratovanje kanalov, predelava obdelava odpadnih voda, oskrba z vodo (se nahaja še v razvojni fazi) in oskrba/vzdrževanje voda (vodnih virov). Uporabljeni sistemi tehnično gospodarskih indikatorjev vsebujejo investicijske stroške, stroške vzdrževanja in stroške obratovanja, kakor tudi vzdrževanje vseh pripadajočih pomožnih procesov. Cilj podjetja ni samo v benchmarkingu, ampak posebno v široko zasnovani izhodiščni osnovi, ki se jo lahko koristi v zelo širokem smislu in o razširitvi kroga udeležencev storitvenih uslug. Tudi če je iniciativa izhajala iz srednje velikih in velikih podjetij, katerim je pri prvi stopnji razvoja pomagalo Ministrstvo, je cilj te iniciative, da bi se benchmarking projekta udeležilo vsako podjetje, ne glede na njegovo velikost. (Schulz, A.& Stemplewski, J. 2001).

## 9 POVZETEK

Primerjava rezultatov avstrijskega projekta s slovenskimi ČN je pokazala naslednje:

- Slovenske ČN padajo v območje benchmarka pri vseh treh stroškovnih skupinah (obratovalni stroški, finančni stroški, letni stroški);
- Zaradi velikega števila obrobni pogojev in specifičnih krajevnih danosti z rapolagajočimi podatki ne more z gotovostjo trditi, da so poiskana benchmark območja 100-odstotna. Benchmark rezultati so negotovostni. Vendar se z razvito metodiko v osnovi lahko dobro uporabi na področju komunalnih čistilnih naprav.

Izdelan avstrijski benchmarking projekt za komunalne čistilne naprave je uporabno orodje za izboljšavo procesov in zniževanje stroškov za posamzne komunalne čistilne naprave. Vsekakor pa zahteva veliko število vhodnih verodostojnih podatkov, kar pa pri diplomski nalogi žal ni bilo izvedljivo.

V Sloveniji bo potrebno zgraditi še veliko novih komunalnih čistilnih naprav, zato bi bilo potrebno v ta namen razviti enotne detajlirane osnove in navodila za zajemanje podatkov, dokumentacije in ovrednotenje tehničnih in ekonomskih podatkov, ki so potrebni pri izdelavi raziskovalnega benchmarking projekta.

Predvsem pa bi se morali zgledovati po benchmarking projektih iz Avstrije, Nemčije ipd.

»Benchmarking« je relativno novo orodje, ki bo pripomoglo k optimiziranju tako procesov kot stroškov komunalnih čistilnih naprav v Sloveniji.

## LITERATURA IN DOKUMENTACIJSKI VIRI

NACIONALNI PROGRAM VARSTVA OKOLJA.1998. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za varstvo narave.

Operativni program odvodnje in čiščenja komunalnih odpadnih voda s programom projektov vodooskrbe. Url RS, št. 94/99.

UREDBA o spremembah in dopolnitvah uredbe o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih voda iz komunalnih čistilnih naprav. Url RS, št. 31/01.

Prašnikar, J., 2002. Primerjajmo se z najboljšimi; članek benchmarking podjetij: 20 str.

Watson H.G. 1993. Strategic benchmarking. New York: John Willey and Sons: 269 str.

Bendell, T., Boulter, L., Kelly, J.1993. Benchmarking for Competitive Advantage. London: Pitman Publishing: 266 str.

Krivec, B. 1997. Prilagoditev procesa Benchmarkinga za podjetje Mont Kozje. Diplomsko delo. Ljubljana: UL, Ekonomska fakulteta: 34 str.

Antončič, B. 1995. Benchmarking za mala podjetja. Magistrsko delo. Ljubljana, UL, Ekonomska fakulteta: 102 str.

Boxwell, Robert J. Jr. 1994. Benchmarking for Competitive Advantage. New York : McGraw Hill: 224 str.

Spendolini, Michael J.1992. The Benchmarking Book. New York : AMACOM: 207 str.

Camp, Robert C. 1989. Benchmarking: The Search for Industry Best Practices that lead to Superior Performance. Milwaukee : ASQC Quality Press: 291 str.

Schulz, A. 2002. Organisationensformen und Finanzierungsmodelle: Benchmarking Modelle in der Wasserverwirtschaftung; Teil1: 8 str.

Kroiß, H., et al. 2002. Benchmarking in der Abwasserentsorgung. Wien: 210 str.

Stemplewski, Schulz. 2000. Benchmarking – an approach to efficiency enhancement in planning, construction and operation of wastewater treatment plants, članek. Paris.

Kuiper, Edward. 1986. Water Resources Project Economics, University of Manitoba, skripta.

Rakar, A. 1994. Komunalno gospodarstvo. Ljubljana. UL, FGG: 189 str.

Roš, M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode, Ljubljana : 227 str.

Harmoniziran indeks življenjskih potrebščin. 2005. Ljubljana, Statistični urad RS.

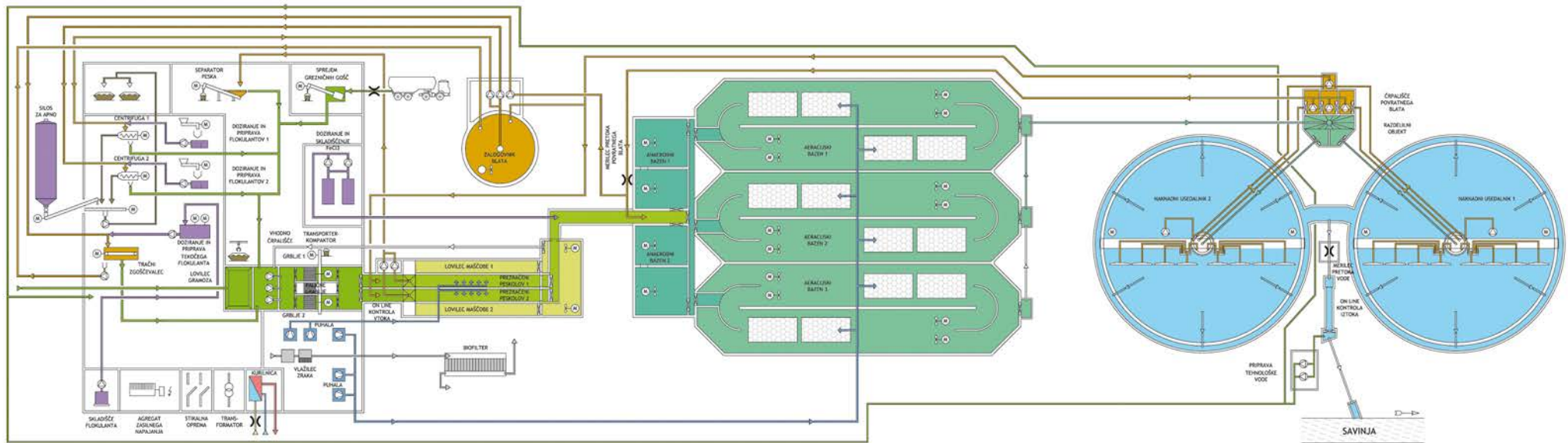
Čistilna naprava Celje-skripta. 2004. Celje, Vodovod-kanalizacija d.o.o.:10 str.

Čistilna naprava Kostanjevica, PGD, 2004.

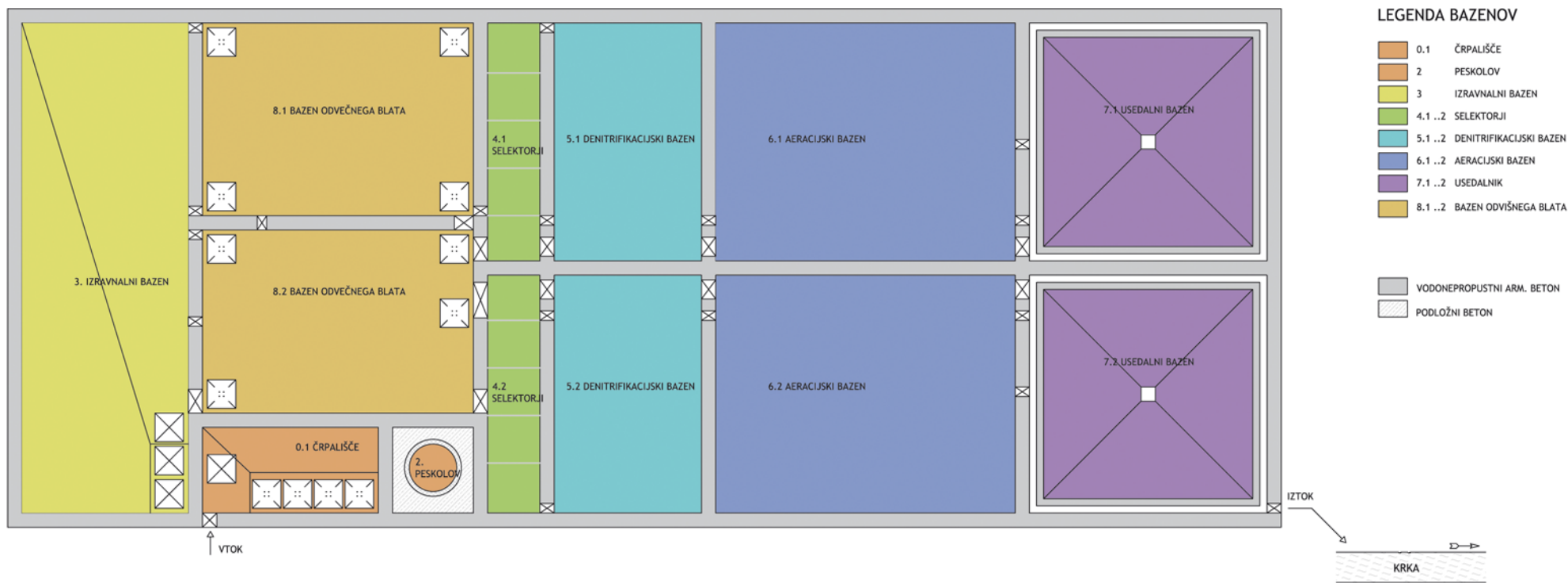
Izpis stroškov po kontih za stroškovno mesto CČN Celje za leto 2005. 2006. Celje, Vodovod-kanalizacija d.o.o..

Izpis stroškov po kontih za stroškovno mesto ČN Kostanjevica za leto 2005. 2006. Kostak d.d..

## **PRILOGE**



ČISTILNA NAPRAVA CELJE



ČISTILNA NAPRAVA KOSTAKOSTANJEVICA