



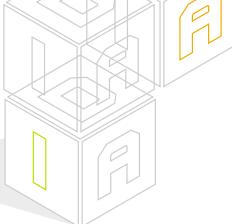
ZBORNIK
4. DNEVA INŽENIRJEV IN ARHITEKTOV
Trajnostna gradnja



Ljubljana, 2004

v sodelovanju z:



**Organizacijski odbor:**

mag. Črtomir Remec
Franc Avšič
mag. Barbara Škraba
dr. Viktor Pust
prof. dr. Baldomir Zajc
Vladimir Krajcar

Strokovni svet:

dr. Željko Vukelič
Meta Zajc Pogorelčnik
Mirt Martelanc
Rok Jeršan
dr. Uroš Bajželj
mag. Matjaž Hribar
mag. Vinko Volčanjk
Anton Avčin
Andrej Lesnik

Glavni in odgovorni urednik:

dr. Željko Vukelič

Tehnična ureditev:

Služba za izobraževanje in informiranje
Petrica Kavčič

AD&D:

Kraft&Werk d.o.o.

Tisk:

Euroadria d.o.o., Ljubljana

Ljubljana, oktober 2004

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

69(063)(082)
72(063)(082)

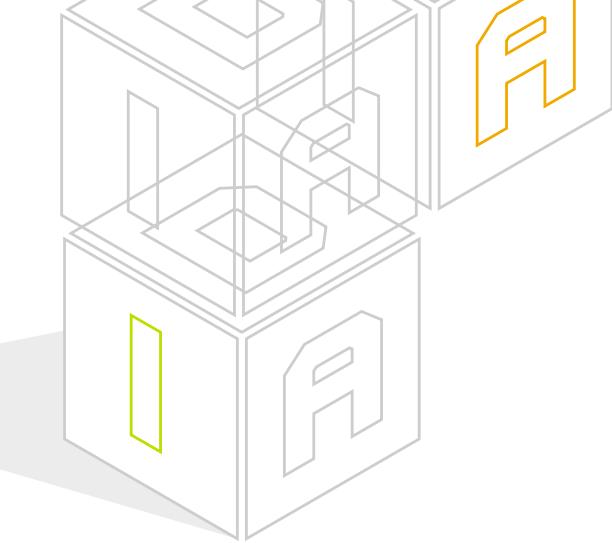
DAN inženirjev in arhitektov (4 ; 2004 ; Maribor)

Trajnostna gradnja : zbornik 4. dneva inženirjev in arhitektov / [glavni in odgovorni urednik Željko Vukelič]. - Ljubljana : Inženirska zbornica Slovenije - IZS, 2004

ISBN 961-90706-4-X
1. Gl. stv. nasl. 2. Vukelič, Željko,
215683840

Kazalo

- 5 **Predsednik IZS: mag. Črtomir Remec, univ.dipl.inž.grad.**
Uvodna beseda
FOREWORD
- 7 **Damijan JAMŠEK, univ.dipl.inž.geod., Staško VEŠLIGAJ, univ.dipl.inž.geod.**
Nepremičninski GEO center v Mariboru
THE GEO REAL ESTATE CENTRE IN MARIBOR
- 13 **Matija BEVK, univ.dipl.inž.arh.**
Kje je danes socialni prostor v stanovanjski gradnji?
WHAT IS THE SOCIAL ELEMENT IN RESIDENTIAL CONSTRUCTION TODAY?
- 17 **Jerneja AČANSKI VEBER, univ.dipl.inž.arh.**
Med nebotom in zemljo – multimedijijski center Kolosej v Mariboru
BETWEEN THE EARTH AND THE SKY: THE KOLOSEJ MULTIMEDIA CENTRE IN MARIBOR
- 35 **mag. Leon LOZAR, univ.dipl.inž.grad.**
CČN Maribor Izkušnja izvedbe evropskega referenčnega B.O.T.
WWTP MARIBOR – EXPERIENCE ON EXECUTION OF EUROPEAN REFERENCE B.O.T. (BUILT-OPERATE-TRANSFER) PROJECT
- 45 **dr. Uroš KRAJNC, univ.dipl.inž.grad.**
Varstvo okolja – Mariborska čistilna naprava
ENVIRONMENT PROTECTION – CENTRAL WASTEWATER TREATMENT PLANT MARIBOR
- 53 **mag. Dragotin OCEPEK, univ.dipl.inž.geol.**
Trajno varovanje globokih vkopov v spremenljivih geološko – geomehanskih pogojih
PERMANENT REINFORCEMENT OF HIGH CUTTING SLOPES IN VARIABLE GEOLOGICAL – GEOMECHANICAL CONDITIONS
- 65 **mag. Samo CEFERIN, univ.dipl.inž.el.**
Projekt R3E – komunikacijske rešitve za energetsko varčne stavbe
THE R3E PROJECT – COMMUNICATION SOLUTIONS FOR ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS
- 71 **Aleš SKUŠEK, univ.dipl.inž.str.**
Sodobni pristop pri zasnovi in izvedbi sistemov za računalniško podprtvo vodenje energetskih sistemov stavb
MODERN CONCEPTS IN DESIGNING AND IMPLEMENTING COMPUTER-BASED BUILDING AUTOMATION SYSTEMS
- 77 **mag. Janez GROŠELJ, univ.dipl.inž.str.**
Daljinsko ogrevanje mesta Ljubljane – kot del sistema za učinkovito in ekološko prijazno proizvodnjo energije
LJUBLJANA'S DISTRICT HEATING SYSTEM – PART OF A SYSTEM FOR EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ENERGY PRODUCTION
- 87 **Jože MILIČ, dipl.inž.grad.**
Prenova elektrarn na reki Dravi - Izkušnje ob zaključku prenove objektov HE od Dravograda do Maribora
RECONSTRUCTION OF THE DRAVA HYDROELECTRIC POWER PLANTS: EXPERIENCE GAINED IN THE RECONSTRUCTION OF PLANTS FROM DRAVOGRAD TO MARIBOR



Uvodna beseda

FOREWORD



Dan inženirjev in arhitektov postaja tradicionalna vsakoletna strokovna prireditev, kateri pritiče tudi primerena publikacija, ki omogoča predstavitev dosežkov na področju gradnje širši strokovni in upravnji javnosti. Letošnji tematski naslov TRAJNOSTNA GRADNJA je logično nadaljevanje lanske tematike z večjim poudarkom na inovativnosti.

Menimo, da trajnostni vidiki na širšem področju graditve predstavljajo veliko priložnost za nadaljni razvoj inženirstva, kar potrjujejo prikazani uspešno izvedeni primeri tehnološko in oblikovno napredne, energetsko varčne in okolju prijazne gradnje. Prenos dobrej tujih izkušenj, oplemeniten z domaćim znanjem in kreativnostjo je dobra osnova za splošno dvigovanje gradbene kulture, kar je tudi dolgoročen cilj naše poklicne zbornice.

Letos sicer nimamo predavateljev iz tujine, zato pa gostimo predstavnike drugih evropskih inženirskeh zbornic, kar kaže na vedno večji ugled naše stroke v očeh tuge strokovne javnosti. K temu veliko prispevajo številni uspešno izvedeni projekti doma in v tujini predvsem na področju prometne, industrijske in energetske infrastrukture, naša naloga pa je, da skupaj z arhitekti vpeljemo visoke standarde kakovosti tudi na področja stanovanjskih in poslovnih stavb ter objektov za zabavo in prosti čas.

Prepričani smo, da predstavljeni primeri trajnostne gradnje dobro ponazarjajo naša prizadevanja za DVIGOVANJE GRADBENE KULTURE, ki morajo postati stalnica strokovnega in poslovnega delovanja slovenskih inženirjev in vsekakor tudi arhitektov pri skupnem ohranjanju grajenega okolja za bodoče robove.

Maribor, 14. Oktober 2004

mag. Črtomir Remec, univ.dipl.inž.grad.
Predsednik Inženirske zbornice Slovenije

Engineers' and Architects' Day has become a traditional annual professional event including publication that can present achievements in the field of construction to experts in other areas and the public at large. This year's thematic title SUSTAINABLE CONSTRUCTION is the logical continuation of last year's theme with a greater emphasis on innovation.

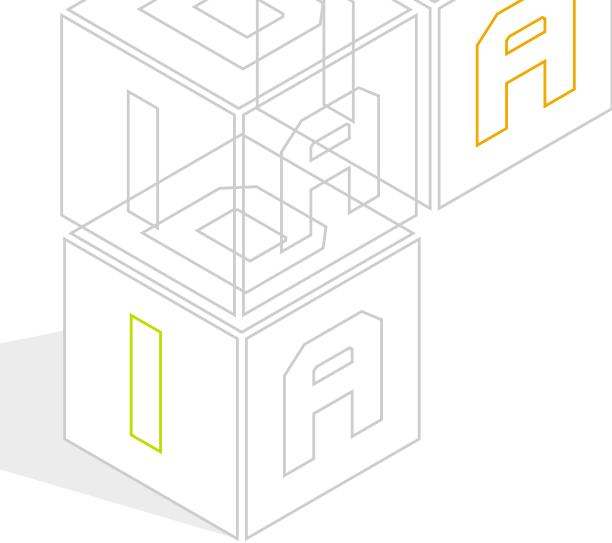
We believe that sustainable perspectives in the broader field of construction represent a great opportunity for the continuation development of engineering, which is confirmed by the examples of successful construction on display that are advanced in technology and design, energy efficient and environmentally friendly. The transfer of positive experience from abroad, enriched with home-grown knowledge and creativity, is a good basis for raising the level of the culture of construction in general, which is also the long-term goal of our professional chamber.

This year we do not have any lecturers from abroad, but we are hosting representatives from other European chambers of engineers, which points to the ever-increasing reputation of our profession in the eyes of the professional community abroad. The numerous successfully completed projects in Slovenia and abroad contribute to this, especially projects connected with transportation, industrial and energy infrastructure. Together with architects, our task is to introduce high standards of quality, both for residential and commercial buildings, as well as in facilities for recreation and entertainment.

We are convinced that the examples of sustainable construction presented here are a good illustration of our commitment to ENHANCING THE CONSTRUCTION CULTURE, which must become a fixed feature in the professional and commercial operations of Slovenian engineers as well as architects in our joint effort to preserve what we build for future generations to enjoy.

Maribor, 14 October 2004

Črtomir REMEC, MSc CEng
President of the Slovenian Chamber of Engineers



Nepremičniški GEO center v Mariboru

THE GEO REAL ESTATE CENTRE IN MARIBOR

Damijan JAMŠEK, univ.dipl.inž.geod.

Javno podjetje za gospodarjenje s stavbnimi zemljišči Maribor

Staško VEŠLIGAJ, univ.dipl.inž.geod.

Mestna občina Maribor, Služba za geografski informacijski sistem in obdelavo podatkov



POVZETEK

Mestna občina Maribor že dolgo časa namenja veliko pozornost urejenemu zbiranju in vzdrževanju prostorskih podatkov. Zavedajoč se pomena teh podatkov za prostorske in nepremičinske aktivnosti občanov, še posebej pa malega gospodarstva, je skupaj z Javnim podjetjem za gospodarjenje s stavbnimi zemljišči Maribor začela aktivnosti za **ustanovitev nepremičinskega GEO centra v Mariboru**. S pomočjo Pharejevih sredstev za prekomejno sodelovanje bo vzpostavljena **informacijska točka**, v bodoče pa **center nepremičinskih aktivnosti** za Mestno občino Maribor in druge podravske občine. **Dostop do prostorskih evidenc**, tako lokalnih kot državnih, **izvajanje prostorskih analiz, svetovanje** pri uporabi podatkov in **popularizacija** prostorskih podatkov za potrebe občanov in malega gospodarstva so prioritetne aktivnosti, ki morajo biti implementirane še v letošnjem letu.

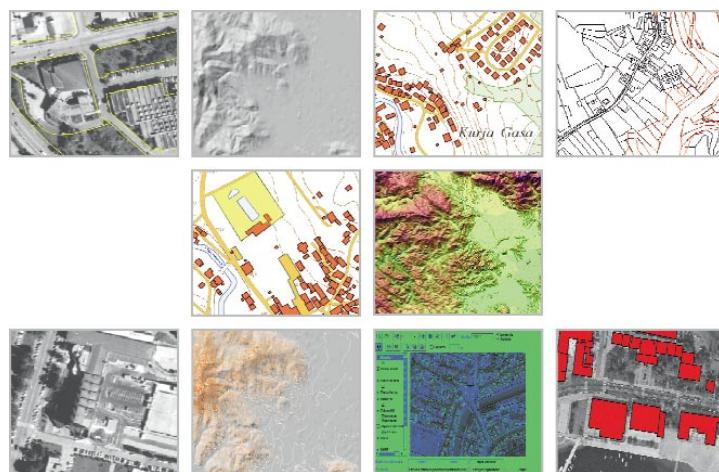
ABSTRACT

For the long time Municipality of Maribor is paying a lot of attention to orderly collecting and maintaining spatial data. Being aware of the importance of these data for spatial and real-estate activities of citizens, especially of small business, together with Public firm for management of building sites Maribor (Javnim podjetjem za gospodarjenje s stavbnimi zemljišči Maribor) Municipality of Maribor started with activities for **establishment of real-estate GEO centre in Maribor**. With the help of PHARE donation for cross-border cooperation the **information point** will be set up. In the future **centre of real-estate activities** for the Municipality of Maribor and other municipalities of the region of Podravje is planned. **Access to spatial registers** (local as well as state ones), **spatial analysis execution, consulting** on the use of data and **popularization** of spatial data for the needs of citizens and small business are priority activities which must be implemented before this year is over.

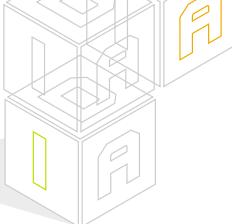
UVOD

80 % človeških odločitev temelji na prostorskih informacijah.

Zgornja trditev ni nova, pa vendar se danes, v času množične digitalizacije vseh vrst informacij, zdi še bolj verjetna. V preteklih letih je država z različnimi projektmi digitalizirala vseh glavnih zbirk prostorskih podatkov (zemljiški kataster, kataster stavb, digitalni register območij teritorialnih enot, prostorskih planov, evidence hišnih številk ...) omogočila bolj množično, enostavnejšo in kvalitetnejšo uporabo prostorskih podatkov; v povezavi s še nekaterimi lokalnimi in poslovnimi zbirkami podatkov pa osnovno za hitro in kvalitetno odločanje.



SLIKA 1



Danes smo v obdobju, ko niso več prioritetne naloge oz. projekti zbiranja posameznih prostorskih podatkov, smo v fazi razvoja, ki mora zbrano bogastvo, ki ga podatki nudijo, uporabiti na različnih področjih življenja in delovanja. To pomeni, da geodetska služba, ki pretežno upravlja s temi podatkovnimi bazami, le-te ne potrebuje za svoje lastne potrebe, ampak jih nastavlja in vzdržuje za potrebe podpore različnim aplikacijam in aktivnostim v prostoru. Prostorski podatki so danes osnova za različne geografske informacijske sisteme, ki prostor sistematično obvladujejo, v zadnjem času pa so nepogrešljivi del tudi v drugih informacijskih sistemih (poslovnih, ekonomskeh ...), ki prostorsko komponento uporabljajo za lociranje posameznih pojavov v prostor. Takšni GEO orientirani sistemi danes obstajajo že na različnih nivojih, tako v državni upravi kot tudi v gospodarstvu.

Mestna občina Maribor je pri uvajanju geografskih informacijskih sistemov v vsakdanje poslovanje občine začela že sredi devetdesetih let. V ta namen je celo ustanovila posebno Službo za geografski informacijski sistem in obdelavo podatkov (SGISOP), ki se sistematično ukvarja z zbiranjem in vzdrževanjem digitalnih prostorskih podatkov, ki jih mestna uprava, gospodarske javne službe in mestne četrti potrebujeta za uspešno poslovanje in gospodarjenje. Seveda pa se gospodarski razvoj in tudi druge prostorske aktivnosti težko omejijo na območje ene same občine, zato ponavadi govorimo o večjih zaokroženih območjih ali regijah. Razvoj lokalnih skupnosti in regij je tesno povezan oz. pogojen s trajnostnim prostorskim razvojem, opredeljenim v programske dokumentu INTERREG IIIA, Slovenija - Avstrija 2000 - 2006 - Prioriteta 3. Za uresničevanje zastavljenih ciljev so pomembne tudi skupne prekomejne aktivnosti, ki temeljijo na urejenih in usklajenih bazah prostorskih podatkov. Hitra in kvalitetna informacijska podpora tega segmenta potencialno lahko spodbudi večji pretok tujega kapitala, ki rezultira v novih investicijah.

Mestna občina Maribor je v sodelovanju z avstrijskim partnerjem in Območno gospodarsko zbornico na razpisu Pharevega projekta prekomejnega sodelovanja Slovenije in Avstrije, v okviru donacijske sheme CROSS BORDER REGION GOES DIGITAL, pridobila sredstva za formiranje PROSTORSKEGA NEPREMIČNINSKEGA CENTRA ZA PODPORO MALEMU GOSPODARSTVU oz. skrajšano imenovanega NEPREMIČNINSKI GEO CENTER. Projekt se izvaja v letu 2004 in bo zaključen v letu 2005. Omejen pa ni samo na območje Maribora, ampak regijsko pokriva območje podravskih občin. Pomenljiv je že sam naslov razpisa: OBMEJNA REGIJA NA POTI DIGITALIZACIJE, ki predvideva projekte, ki bi pripeljali do digitalnih vsebin oz. projektov. V tem smislu pomeni ustanovitev nepremičninskega GEO centra presežek, saj na področju mariborske mestne občine in okoliških občin Podravja veliko teh podatkov že obstaja in bo tako ta center pripomogel h koristni uporabi in direktni aplikaciji prostorskih podatkov za potrebe malega gospodarstva.



SLIKA 2
Teritorialno območje, ki ga pokriva projekt
Nepremičninski GEO center

Z vzpostavljivo PROSTORSKEGA NEPREMIČNINSKEGA CENTRA ZA PODPORO MALEMU GOSPODARSTVU bo realizirana poslovno orientirana baza prostorskih podatkov obmejnih regij, ki bo namenjena razvoju prekomejnih struktur, kar je v smislu integracije in krepitve konkurenčne sposobnosti celotnega gospodarskega območja v skladu s Prioriteto 1 - Ekonomski kohezija.

VIZIJA PROJEKTA

Najpomembnejši element vizije tega projekta je bil koncept in izgradnja takega sistema, ki bo različnim uporabnikom nudil hitro in kvalitetno informacijo o nepremičninah in prostoru. Iz tega so bili izpeljani naslednji cilji projekta:

- institucionalizacija regijskega geoinformacijskega centra,
- celovita podpora prostorskim in nepremičinskim aktivnostim mestne občine Maribor,
- podpora in povezovanje aktivnosti, ki se na področju nepremičnin in prostora izvajajo v javnih podjetjih (Javno podjetje za gospodarjenje z nepremičninami, Komunalna direkcija, Zavod za prostorsko načrtovanje),
- celovit, informacijsko podprt sistem potencialno zazidljivih zemljišč in drugih prostorsko planskih kategorij za čezmejno podporo malemu gospodarstvu,
- celovit sistem poizvedovanja in trženja (ponudba in povpraševanje) potencialnih nepremičninskih kapacetet, ki je mednarodno uporabljiv (svetovni splet),
- sistem informacijske in storitvene podpore pri investicijskem odločanju (izpeljava posameznih postopkov, ekonomske analize, demografske analize ...).

NAČIN IZVAJANJA PROJEKTA

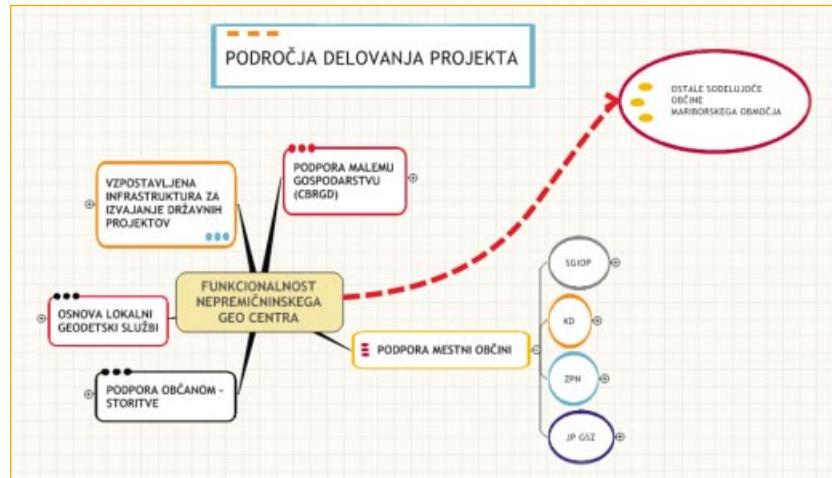
Implementacija celotnega projekta je bila zasnovana stopenjsko, glede na obseg informacije, ki jo bo zainteresirani občan ali podjetnik s te ali one strani meje potreboval o posamezni nepremičnini - stavbi ali parceli.

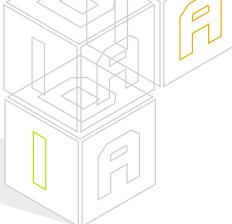
Predvideni osnovni nivoji podajanja informacij so:

- 1. Spletni portal Nepremičninskega GEO centra** - osnovne brezplačne informacije o nepremičninah,
- 2. Nepremičninski GEO center - informacijska točka** za posredovanje brezplačnih osnovnih pojasnil za konkretno nepremičnino,
- 3. Nepremičninski GEO center - informacijski center** za izvajanje poglobljenih prostorskih analiz, kompleksnejših poizvedovanj, posredovanja v nepremičninskih zadavah (pridobitev posameznih potrdil ...) in izrisov prostorskih podatkov proti plačilu.

V povezavi z načinom podajanja informacij o prostoru je pomembna tudi časovna komponenta pridobivanja podatkov, saj bo spletni portal zagotavljal takojšnje informacije na osnovi direktne povezave na baze prostorskih podatkov za to območje in na osnovi vnaprej pripravljenih procedur za izvajanje standardnih povpraševanj. Podajanje pojasnil in dodatnih informacij bo možno v okviru uradnih ur Nepremičninskega GEO centra, rezultati posebej naročenih analiz pa bodo na razpolago v nekaj dneh - v odvisnosti od kompleksnosti zahtevane prostorske ali katere druge analize podatkov.

SLIKA 4
Možnosti pridobivanja informacij o nepremičninah





Osnovna funkcionalnost spletnega GEO portala bo:

- predstavitev Nepremičninskega GEO centra,
- pomembne informacije za uporabnike,
- informacije o nepremičninah,
- grafični pregledovalnik:
 - atributni podatki,
 - izračun in prikaz osnovnih prostorskih analiz,
 - legenda in pomoč uporabniku,
 - posredovanje podatkov;
- posredovanje podatkov:
 - naročilo podatkov,
 - naročilo dodatnih analiz,
 - generiranje poročila,
 - posredovanje rezultatov;
- vnos podatkov o nepremičnini za nepremičinske agencije,
- e - vloga za naročilo lokacijske informacije,
- e - vloga za preizkus predkupne pravice,
- koristne povezave.

Najpomembnejši del portala bo predstavljala integrirana GIS spletna aplikacija, ki bo na osnovi razpoložljivih podatkov iz uradnih baz sproti generirala s strani uporabnikov zahtevana poročila. Modul za vnos podatkov o nepremičinah bo na razpolago samo nepremičinskim agencijam, ki bodo osnovne podatke o nepremičinah, ki se oddajajo v najem ali prodajajo, sprotno vnašale v sistem, kjer se bo generiral sloj vseh tistih nepremičnin, ki so na razpolago za kakršnokoli transakcijo. Omenjeni podatki pa bodo v celotnem sistemu nadgrajeni tudi z demografskimi, ekonomskimi in statističnimi podatki iz te regije, ki bodo prostorski informaciji dodali socialno in ekonsko komponento. Pomembno je poudariti, da je tako načrtovan portal, ki bo omogočal elektronsko naročanje posameznih storitev mestne uprave, v skladu s prizadevanji Mestne občine Maribor po čim bolj kvalitetnem servisu občanom in ostalim uporabnikom njihovih informacij in storitev.

Uporabnik, ki bo preko različnih povezav prišel na spletno mesto GEO portala, bo lahko izbiral področje interesa preko grafične izbiре. Na ekranu bo imel prikazano območje v projektu udeležnih podravskih občin, lahko pa bo območje interesa izbral preko atributnih podatkov (občine, naslova, hišne številke, parcele številke) ali celo preko vnosa koordinat. Glede na izbor posamezne nepremičnine (stavbe ali parcele) bo lahko pridobil osnovne podatke o tej nepremičnini oz. na osnovi vnaprej pripravljenih procedur tudi izvedene podatke na osnovi kombinacije več podatkovnih virov.

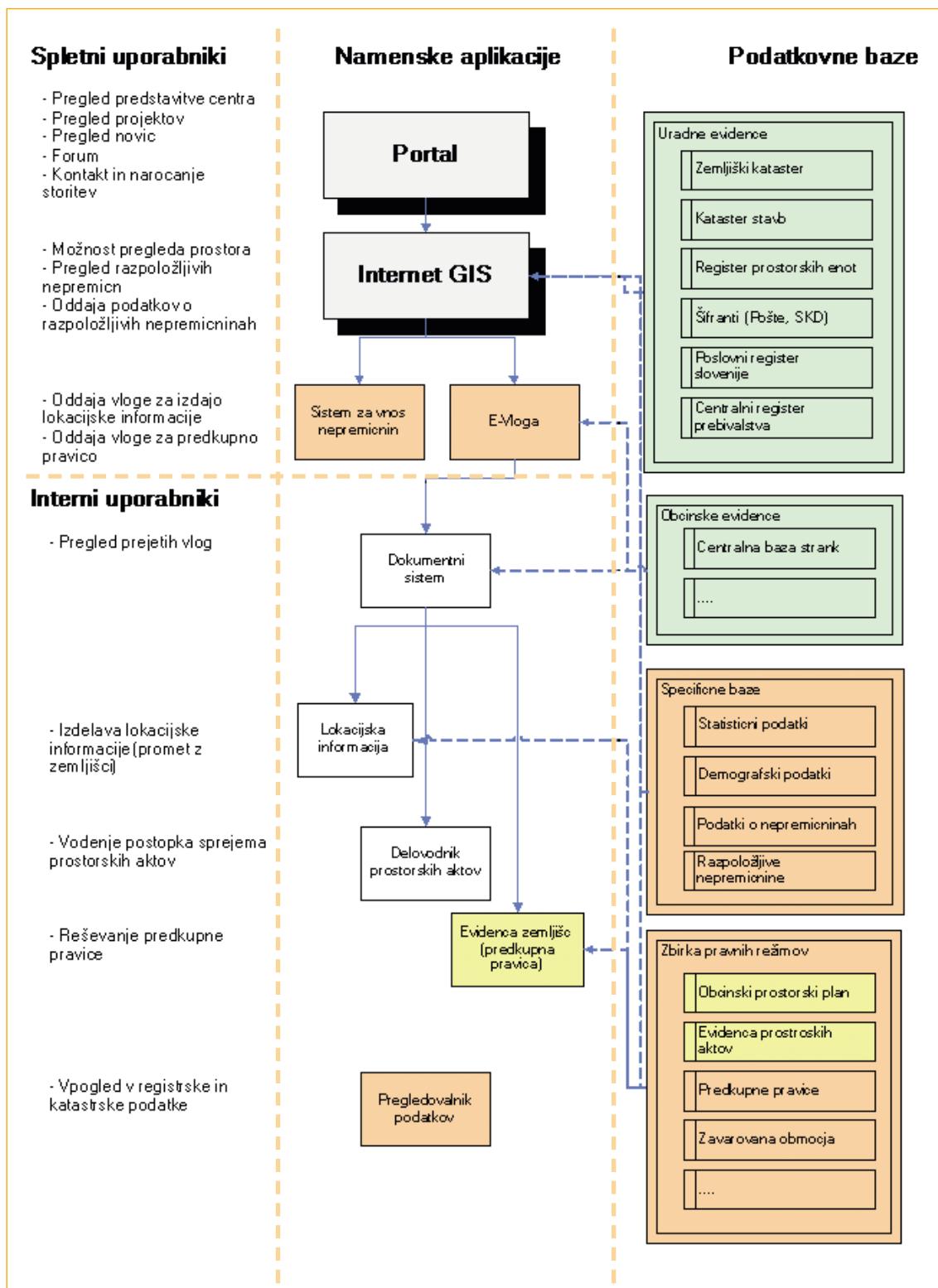
Osnovni podatkovni viri, ki bodo uporabljeni za prostorske analize so:

- zemljiški kataster,
- kataster stavb,
- register prostorskih enot,
- digitalni ortofoto načrti,
- poslovni register Slovenije,
- centralni register prebivalstva,
- statistični podatki,
- demografski podatki,
- lokalni podatki o nepremičninah,
- občinski prostorski plan,
- evidenca prostorskih aktov,
- seznam predkupnih pravic,
- pregled zavarovanih območij.

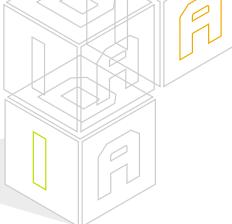
Cilj spletnega GEO portala bo torej ponuditi potencialnemu investitorju osnovne informacije o iskani nepremičnini in ga hkrati podučiti, kje in kako lahko pridobi bolj poglobljene podatke ali naroči obširnejše prostorske analize. V nadaljevanju je prikazan diagram, ki opredeljuje uporabnike, nivo ponujene spletne storitve in podatkovne vire za funkcioniranje spletnega GEO portala.

NEPREMIČINSKI GEO CENTER – INFO TOČKA

Uporabniki bodo preko spletnega portala lahko pridobili osnovno informacijo o nepremičninah. Razumljivo je, da zaradi splošnega dostopa ne bo omogočen vpogled v vse opisne podatke iz razpoložljivih podatkovnih virov. Zato je celoten projekt zastavljen širše in vključuje tudi **informacijsko točko**, kjer bodo uporabniki lahko pridobili bolj poglobljene informacije oz. proti plačilu tudi izdelane prostorske analize za konkreten primer. Po implementaciji projekta - predvidoma v začetku naslednjega leta, bo odprta informacijska pisarna, kjer bo poleg informacij možno pridobiti tudi svetovanje o izvajanju posameznih postopkov.



SLIKA 5
Funkcijski diagram GEO portala



Ambicije nepremičninskega GEO centra pa so seveda še mnogo večje - postati centralno mesto aktivnosti, povezanih z nepremičnimi nami v celotni podravski regiji. Obstoj in delovanje nepremičninskega GEO centra tako nista povezana izključno s trajanjem konkretnega projekta, ampak je strategija izvajanja projekta podrejena vzpostavitvi takšnih pogojev (vsebinskih in finančnih), da bi GEO center ostal v funkciji tudi po končanju projekta.

Problematika, ki jo rešuje vzpostavitev Nepremičninskega GEO centra, se v večini prekriva s področjem dela, ki ga v Mestni občini Maribor izvaja Javno podjetje za gospodarjenje s stavbnimi zemljišči. Zato ni nepomembno, da omenjeno javno podjetje v projektu aktivno sodeluje in ima vlogo projektnega partnerja. Rešitve, ki se skozi projekt implementirajo, morajo biti v skladu s strategijo Javnega podjetja za gospodarjenje z nepremičninami. Hkrati je to tudi garant, da se bo aktivno življenje tega GEO centra nadaljevalo tudi po uradnem koncu projekta.

Dejstvo je, da se v projektu omejujemo predvsem na podporo malemu gospodarstvu z obeh strani meje in pa na podporo občanom Maribora in drugih občin Podravja. Pravilna usmeritev in rast takšnega GEO centra pa omogoča tudi aktivno podporo nepremičninskim aktivnostim ostalih služb občine Maribor. Nekaj potencialnih priložnosti je naštetih v nadaljevanju:

1. SGISOP – Služba za geografski informacijski sistem in obdelavo podatkov

- izdelava prostorskih analiz in izrisov za potrebe služb mestne občine

2. KD – Komunalna direkcija

- vzpostavitev in vzdrževanje podatkov zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture na nivoju mesta Maribor

3. ZPN – Zavod za planiranje in načrtovanje

- nadaljevanje in nadgradnja sistema e-lokacijska informacija

4. JPGSZ – Javno podjetje za gospodarjenje s stavbnimi zemljišči

- nadgraditev sistema Nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča (NUSZ)
- nadgraditev evidence nepremičnin Mestne občine Maribor
- vzpostavitev evidence grajenega javnega dobra

5. LOKALNA GEODETSKA SLUŽBA

- vzpostavitev osnov za implementacijo zakonsko predvidene lokalne geodetske službe
- posredovanje geodetskih podatkov
- posredovanje geodetskih storitev
- pomoč upravljalcem nepremičnin pri njihovemu delu

ZAKLJUČEK

Znano je dejstvo, da v Sloveniji obstaja velika količina zbranih digitalnih podatkov o prostoru, ki pa se v vsakdanjem življenju žal ne uporabljajo dovolj. S tem ne zadovoljujemo ene od osnovnih funkcij - podpore pri odločanju. Opisani mariborski Nepremičninski GEO center bo v tem smislu pomenil napredok in sicer najprej na področju investicijskega odločanja, ki do sedaj še ni bilo sistematično podprt. Ker pa je za projekte, ki so financirani tudi s pomočjo evropskega denarja, zaželen prenos znanja in rezultatov tudi na druga geografska območja v Sloveniji, je del aktivnosti na tem projektu namenjen tudi popularizaciji takšnega načina reševanja nepremičninske problematike.

Urejene nepremičninske evidence, ki izkazujejo pravilno stanje, bodo v prihodnosti igrale pomembno vlogo, saj bodo osnova za mnoge akcije, načrtovane s strani države, hkrati pa bodo lastnikom nepremičnin zagotavljale varno upravljanje z nepremičnino. Zato bi kazalo trud Mestne občine Maribor in Javnega podjetja za gospodarjenje z stavbnimi zemljišči posnemati.

Kje je danes socialni prostor v stanovanjski gradnji?

WHAT IS THE SOCIAL ELEMENT IN RESIDENTIAL CONSTRUCTION TODAY?

Matija BEVK, univ.dipl.inž.arh.

Bevk Perović arhitekti

POVZETEK

Na sodobno stanovanjsko gradnjo moramo pogledati predvsem skozi perspektivo potencialov današnje družbe, skozi zahteve ter življenske navade danes živečega človeka. Zahteve današnje družbe po drugačni stanovanjski gradnji se ne morejo realizirati samo z projektiranjem drugačnih, bolj luksuznih stanovanj in z uporabo novih sodobnih materialov, ampak tudi z drugačnim, današnjemu času primernim oblikovanjem *socialnega prostora*.

ABSTRACT

Contemporary housing development should be evaluated through the potentials of contemporary society, through changing demands placed upon it, as well as changing living patterns of today's individuals. Today's demand for 'different' and 'new' or 'contemporary' housing development can not only be realized through design of different, perhaps more luxurious units or through use of contemporary building materials, but has to simultaneously include design of new, different communal and social space that also take into account all those changes.

Odnos med individualnim in kolektivnim v stanovanjski gradnji oziroma odnos med posameznikom in njegovim neposrednim družbenim okoljem je eden najstarejših in najbolj primarnih kulturnih razmerij, ki zaznamujejo vsako družbeno skupnost. Skozi zgodovino se je ta odnos realiziral v nešteto, med seboj strukturno zelo različnih primerov, oziroma načinov bivanja. Pripadajoče strukture bivalnih enot, hiše, večstanovanjski objekti, naselja in mesta, so vedno odraz določenega kulturnega okolja in zgodovinskega razvoja njegovega stavbnega fonda. Družba ter načini bivanja ljudi so neločljivo povezani, so del iste kulture, ki jo hkrati ustvarjajo. S spremembami v družbi se seveda posledično transformirajo tudi načini bivanja.

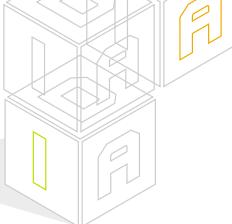
Zato moramo glede na splošno znane globalne spremembe pogledati na sodobno stanovanjsko gradnjo predvsem skozi perspektivo potencialov današnje družbe ter skozi zahteve ter življenske navade danes živečega človeka. Te pa so v resnici bistveno drugačne od zahtev in možnosti prebivalca Slovenije izpred 30 ali 50 let, torej drugačne od obdobja, ko se je oblikovala večina današnjega stavbnega fonda.

Zahteve današnje družbe po drugačni stanovanjski gradnji se ne morejo realizirati samo z projektiranjem drugačnih, bolj luksuznih stanovanj in z uporabo novih sodobnih materialov, ampak tudi z drugačnim, današnjemu času primernim oblikovanjem *socialnega prostora*. *Socialni prostor* je del vsake uspešne stanovanjske gradnje tudi danes. Ob tem se moramo zavedati, da kljub besedi 'socijalno', to ni nekakšen relikt iz socialističnega obdobja, ampak pomeni predvsem kompleksno razvite arhitekturno-socialne odnose med posameznikom in neposrednim okoljem znotraj določene stanovanjske pozidave.

V pedesetih, šestdesetih in sedemdesetih letih, ko se je v Sloveniji največ gradilo, se je arhitekturna stroka poleg iskanja idealnega tlorisa zelo intenzivno ukvarjala tudi z raziskovanjem tega t.i. *socialnega prostora*, t.j. z zavestnim oblikovanjem odnosov med posameznikom in okolico, ki naj bi kljub racionalni enakosti in repetativnosti stanovanj omogočila uspešno vključitev stanovalcev v širše okolje. *Socialni prostor* se je predvsem izoblikoval skozi bogato zasnovane in ozelenjene zunanjne ureditve, ki so še danes marsikje na bistveno višjem nivoju, kot pri novo zgrajenih stanovanskih kompleksih.

V omenjenem obdobju je bil *socialni prostor* vpeljan v projektiranje že skozi urbanistične študije ter bil tako na nek način standardiziran in pogojen s strani prostorskih dokumentov. Danes, ko se je proces projektiranja, financiranja in gradnje bistveno spremenil ter ni več tako fiksno določen, pa lahko opažamo, da je izginil tako iz novih sosek, kot iz besednjaka arhitektov.

Arhitekturna raziskava odnosa med INDIVIDUALNIM IN KOLEKTIVNIM je danes premnogokrat potisnjena v ozadje bolj interesantnih tem sodobne 'arhitekture', ki se ukvarjajo izključno s podobo, 'kožo' ali volumnom, pozabljajo pa na socialne in konceptualne aspekte odnosa med uporabnikom, arhitekturo ter okoljem. Poleg čiste 'lepote' objekta so ti odnosi tisti, ki v resnici ustvarjajo življensko vrednost določenega objekta skozi čas.



Premislek o 'socialnem' v arhitekuri je v resnici premislek o socialni kvaliteti bivalnega okolja, ki je ne predstavlja samo kvaliteta vgrajene sanitarne opreme in barva parketa, ampak celotno arhitekturno okolje, z vsemi dostopi do stanovanja, s skupnimi prostori, igrišči, zunanjim ureditvijo in zasaditvijo, parkirišči, prometno ureditvijo in z odnosi med temi elementi. Dobro razvit socialni prostor stanovanjskega kompleksa, je v resnici dodatni LUKSUZ, ki nadgrajuje tlorisno kvaliteto posameznih stanovanjskih enot.

Paradoks stanovanjske gradnje v Sloveniji je, da je najbolj bogate 'socialne' prostore, ki v resnici predstavljajo bivalni luksuz, mogoče izgrajevati, po naših dosedanjih izkušnjah, najlažje v socialnih in neprofitnih gradnjah, t.j. v gradnjah, ki imajo izredno omejena sredstva in kjer je potrebno vsak strošek opravičiti. Vendar pa so to hkrati gradnje, katerih investitorji-stanovanjski skladi se zavedajo, da je njihov cilj zgraditi predvsem kvalitetno stanovanjsko okolje, oblikovano in zaključeno kot celoto, ki bo dobro funkcioniralo na dolgi rok.

Da se kompleksno razviti socialni prostori v komercialni gradnji pri nas skoraj ne pojavljajo, gre verjetno kriviti predvsem še ne dovolj razviti stanovanjski trg, ki ne spodbuja takšne gradnje. Morda je vzrok tudi v nepoznavanju možnosti in pomankanju zgledov, ki bi investitorja prepričali o komercialnem učinku, ki ga tako zasnovan prostor lahko ponuja.

V dokaz, da se prostorsko in socialno bogat stanovanjski prostor, da razviti za najrazličnejše 'socialne' skupine, ki imajo zelo različne finančne možnosti, ter da je tako oblikovan prostor v bistvu tudi pomembna komercialna lastnost, bi želeli predstaviti dva znana, tuja primera, kjer je bilo z relativno enostavnimi gradbenimi postopki in z običajnimi materiali, a z dobro razvitim arhitekturnimi koncepti doseženo visoko arhitekturno in socialno okolje.

Z dvema primeroma stanovanjske gradnje našega biroja pa bi želeli predstaviti možnosti vpeljave socialnega prostora tudi v slovensko stanovanjsko gradnjo.

1. STANOVANJSKI KOMPLEKS BROELBERG, GIGON-GUYER ARCHITECTS

Luksuzna stanovanjska gradnja kot spoj različnih stanovanjskih tipologij okoli skupnega dvorišča.



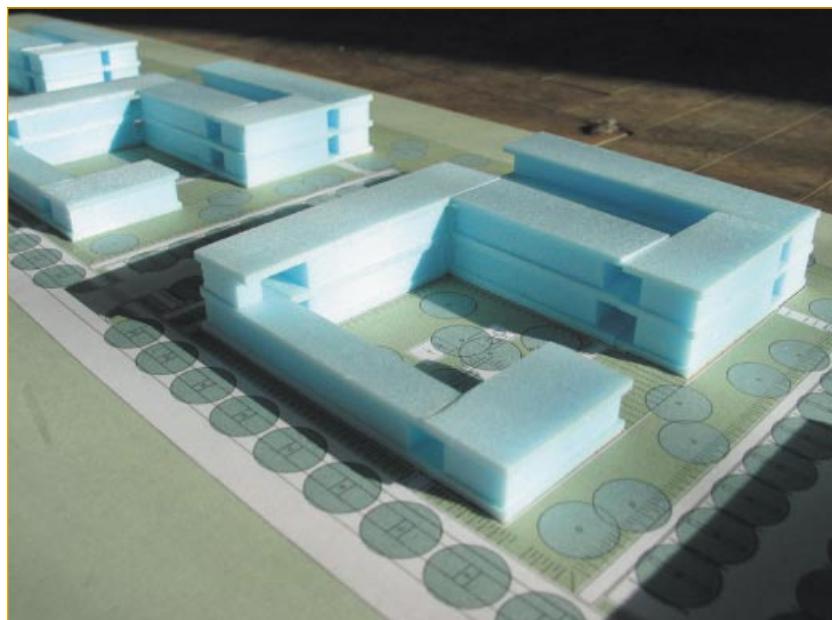
2. STANOVANJSKI BLOK THE WHALE, AMSTERDAM, CIE ARCHITECTS

Kombinacija socialnih, neprofitnih in komercialnih stanovanj v enem super-bloku z skupnim notranjim atrijem.



3. STANOVANJSKA ZIDAVA ZA UPRAVIČENCE NA CESTI V GORICE, LJUBLJANA

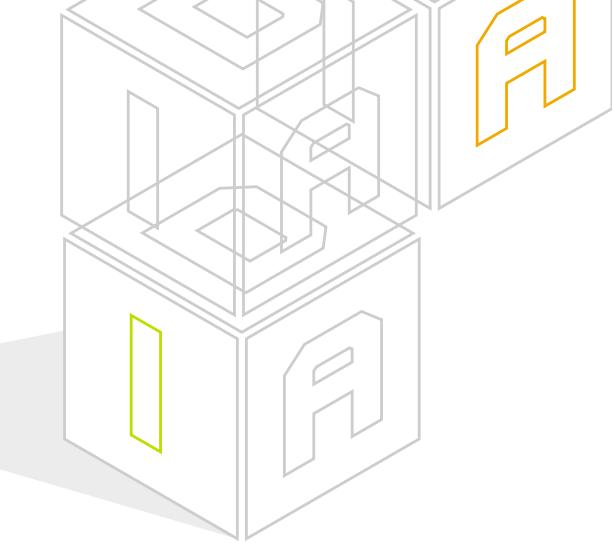
- Program:** 121 socialnih stanovanj, (**investitor JSSMOL**).
- Kontekst:** "idealno" naravno okolje - Ljubljansko Barje, predvidene ekstremno male kvadrature stanovanj, enako majhne so kvadrature privatnih zunanjih prostorov, ni kletne etaže - parkiranje na terenu.
- Koncept:** predvideni minimalni privatni zunanji prostori so združeni v skupne zunanje površine, dvorišča, atriji, dostopi in objekti tvorijo preplet arhitekture in zunanje ureditve.
- Moto:** stanovanje je "enota" v meandru ambientov, v direktni navezi z izključno kolektivnim zunanjim prostorom.
- Podoba objektov:** ustvarjena z oblikovanjem zunanjega prostora.



4. STANOVANJSKA ZIDAVA NEPROFITNIH STANOVANJ NA POLJANAH, MARIBOR

- Program:** 130 neprofitnih stanovanj (**investitor JMSSM in SSRS**).
- Kontekst:** bližina železniške proge, že izdelan zazidalni načrt s točno določenimi gabariti objektov, predvidena nova cesta poteka skozi kompleks, pomankanje zunanjega prostora.
- Tema:** odnos INDIVIDUALNO IN KOLEKTIVNO, kot polje raziskave arhitekturnih kvalitet.
- Koncept:** manjkajoč programi skupnih zunanjih površin najdejo mesto znotraj volumnov objektov - kot velike skupne "sobe" se vgradijo v objekte in postanejo elementi sodelovanja med hišo in mestom.
- Podoba objektov:** direkten odraz spoja kolektivnih in privatnih programov znotraj istega volumna.





Med nebom in zemljo – multimedijski center Kolosej v Mariboru

BETWEEN THE EARTH AND THE SKY: THE KOLOSEJ MULTIMEDIA CENTRE IN MARIBOR

Jerneja ČANSKI VEBER, univ.dipl.inž.arh.

Gradis biro za projektiranje Maribor

POVZETEK

Multikino v Mariboru sodi v Sloveniji zagotovo med najkvalitetnejše mestne hiše, ki s svojo inovativno arhitekturo in konstrukcijsko zasnovno ter hkrati z zahtevnim in hitrim procesom gradnje zahteva posebno strokovno pozornost.

Prispevek opisuje celotno pot nastajanja objekta od ideje do materije. Minimalističen, prečičem, jasno strukturiran multimedijski center se deli v tri sklope:

- garažno hišo s 650 parkirnimi mesti (cca 20 000 m²),
- 10 dvoran s 2100 sedeži (cca 5500 m²) in
- površinami za prostochasne dejavnosti (cca 4000 m²)

Izredno zahtevna lokacija v mestnem jedru, kompleksno interdisciplinarno projektiranje, zahtevna izvedba temeljenja 2,5 m pod talno vodo, dvignjenih dvoran v zrak, dodatno na dvorane obešene vmesne plošče, montaža prednapetih nosilev, izvedba fasade iz tkanine (prvič v Evropi energetsko varna hiša); vse to uvršča Multikino v Mariboru v projektantskem kakor tudi tehnološko izvedbenem smislu v evropskem merilu med najzahtevnejše in vsekakor najzanimivejše tovrstne objekte.

SUMMARY

According to the Slovenian criteria, the "Multi-cinema" in Maribor certainly belongs to the most qualitative urban buildings requiring a special professional attention with regard to its innovative architectural and structural scheme as well as to an exacting construction process.

The entire course of the "Multi-cinema" realization is described in the present paper, i.e. from the idea to the materialization. A refined and clearly structured multimedia centre is divided in the following three parts: a parking garage for 650 cars (approx. 20,000 sq. m), 10 cinema halls with 2,100 seats (approx. 5,500 sq. m), and areas for leisure activities (approx. 4,000 sq. m).

Taking into consideration a sensitive location in the town centre, a complex interdisciplinary design, the exacting foundation 2.5 metres below the groundwater level, the intermediate slab suspended on the cinema halls, the erection of prestressed girders, the facade made of fabric (for the first time in Europe), and an energetically saving building, the "Multi-cinema" in Maribor can be, also according to European criteria, considered as an extremely exacting and interesting project, from both the designing and the constructional point of view.

UVOD

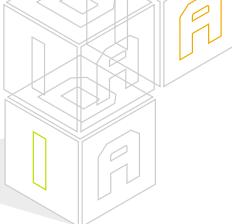
Film so iznašli v 90. letih 19. stoletja, v času, ko se je rodil tudi največji zvezdnik nemih filmov Charlie Chaplin. Marsikaterega radovednega človeka je takrat pred dobrim stoletjem okupirala ideja o gibljivi sliki. Film je bil tehnična naprava, ki je postala podlaga mogočne industrije, hkrati pa tudi nova oblika zabave in novo umetniško sredstvo. Vendar je bil zapleten medij, ki je potreboval več tehničnih rešitev, preden je lahko bil izumljen. Vrstili so se poskusi. Izumitelji so izpopolnjevali naprave za snemanje in prikazovanje, filmski ustvarjalci pa so raziskovali, kaksne slike lahko posnamejo, medtem ko so se prikazovalci morali domisliti, kako najte slike počažejo občinstvu.

Tako je film v začetku 20. stoletja osvojil svet.

Zabavišča, kjer so ljudje lahko pozabili na tegobe in se vsaj malo nasmejali, so zamenjale kinodvorane. Filmi so revne in bogate popeljali stran od njih samih in njihovih vsakodnevnih težav. Zato ni nič čudnega, da se je že pred prvo svetovno vojno filmska industrija s svojo hierarhično organizacijo produkcije, distribucije in prikazovanja tako močno razvila in se v vsej svoji moči ohranila do danes.

LOKACIJA

Ideja o multipleks centrih - novem zabavišču je v tujini znana že več kot 30 let. Pri nas se je začelo nedavno. Najprej je z velikim pomgom odprl vrata Kolosej v Ljubljani, potem pa so se začeli kar vrstiti; Koper, Celje, Novo mesto. V Mariboru so si Kinematografi Maribor na vso moč prizadevali, da bi tudi mesto ob Dravi dobilo novo stavbo za kino in prostochasne dejavnosti. Treba je bilo izbrati kraj - in izbrali so najboljšega - območje starega sejmišča.



SLIKA 1
Območje starega sejmišča, pogled iz JV na halo A, B, C, D in ostale barake

Prostor sejmiščnih hal je lociran na levem bregu Drave, čisto ob reki nedaleč od vodnega stolpa, na koncu Lenta. Dejavnost sejmišča, ki je bila v osnovi dobro koncipirana, je z leti prerasla samo sebe. Tako se je pred petnajstimi leti sejmišče preselilo na odprt prostor na desni breg. Ostale hale pa so bolj ali manj hitro začele propadati. Neorganizirana dejavnost v tem prostoru je še pospešila črno gradnjo najrazličnejših barak, katerih lastniki so svoj obstoj potem reševali z takšnimi in drugačnimi pogodbami. Situacija se je iz leta v leto slabšala.

Edina svetla točka je bila namestitev zabavišča Veseli jeseni, kjer so vrtljaki z množicami zaslepili vso bedo neurejenega prostora v centru mesta.

Khub ponovnim poskusom, da se vnese življenje na to območje v nahitro pokrpani hali A so privabile ljudi izključno prireditve, ki so se le občasno odvijale v omenjeni dvorani. Globalno gledano pa je ta mestni prostor še naprej hiral in životaril.

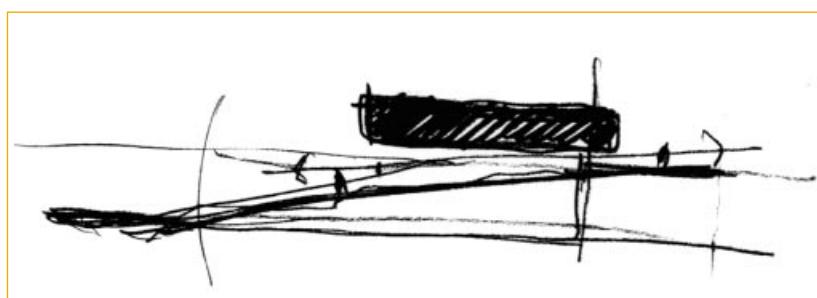
NATEČAJ

Vsaka resna ideja reanimiranja urbanega prostora ob reki zaslubi širšo pozornost tako strokovne kot laične javnosti. Zato so februarja 2001 Kinematografi Maribor razpisali javni anonimni enostopenjski vabljeno natečaj za Multikino v Mariboru na lokaciji bivšega sejmišča, ki ga je izvedla Inženirska zbornica Slovenije v sodelovanju z Društvom arhitektov Maribor.

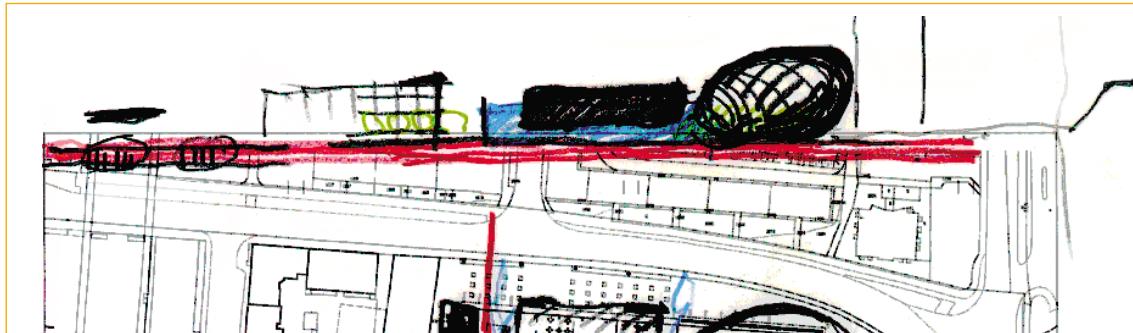
Na natečaj so bile vabljene avtorske skupine (Sadar-Vuga iz Ljubljane, Nande Korpnik iz Celja, Videčnik-Oman iz Ljubljane, Reichenberg, Jalšovec-Černe, Zadravec-Čepič iz Maribora), ki v okviru slovenske sodobne arhitekture zasluzijo strokovno pozornost. Žirija, ki so jo sestavljali dr. Fedja Košir (FA Ljubljana), arhitekta Uroš Lobnik in Tomaž Kancler (DAM), krajinski arhitekt Davorin Gazvoda (IZS), arhitekt Ljubo Mišič (Zavoda za prostorsko načrtovanje Maribor), Magda Medved (Kinematografi Maribor), Sergej Racman (KD Group), je soglasno izbrala rešitev avtorske skupine:

- Janka Zadravca udia.,
- Branka Čepića udia.,
- Jerneje Ačanski Veber udia.,
- Stanka Arnuš udia. in
- Tadeja Vebra udia.

"Cilj natečaja - izbrati kvalitetno mestno hišo, ki bo s svojo funkcionalno zasnova ponudila možnosti za sodobno tehnološko servisiranje multimedijskih dejavnosti, z večvsebinskim programom in spremljajočimi dejavnostmi pa sprožila učinkovito reanimacijo obrečnega pasu Drave - je najbrž dosežen," beremo v časopisu pred otvoritvijo razstave.



SLIKA 2
Skica prereza, Ul. Kneza Kocija do Drave, lebdeča črna škatla v kateri je vsa tehnologija prikazovanja filma



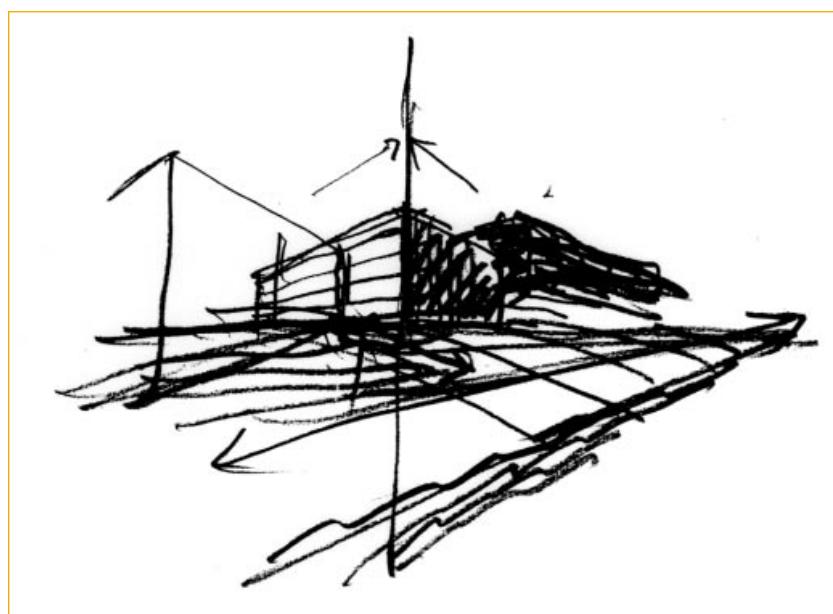
SLIKA 3
Skica obrečnega pasu območja sejmišča z multikinom in predlogom prenove hale A

To je bil šele sam začetek dolge poti urejanja tega zanemarjenega predela v mestu, ki pa zaradi resnične kompleksnosti lokacije žal še traja.

IDEJA ARHITEKTURNE ZASNOVE

Film, ki ga imajo nekateri za najpomembnejšo obliko umetnosti 20.stol je tesno povezan z arhitekturo, saj je prostor vedno arhitekturni problem, hkrati pa je nadvse pomemben tudi za ustvarjalce filmov. V obeh primerih gre za sceno, le da se v arhitekturnem prostoru odvija dejansko življenje, pri filmu pa fiktivno.

Vse tiste gibljive slike, ki jih gledamo v temi so nas pripeljale do črne skrivnostne škatle (črno je simbol magičnosti), ki je nekakšna osnova te zasnove. In ker pri filmu že od vsega začetka gre za magičnost, smo le to dosegli tako, da smo to mogočno črno škatlo dvignili v nebo.

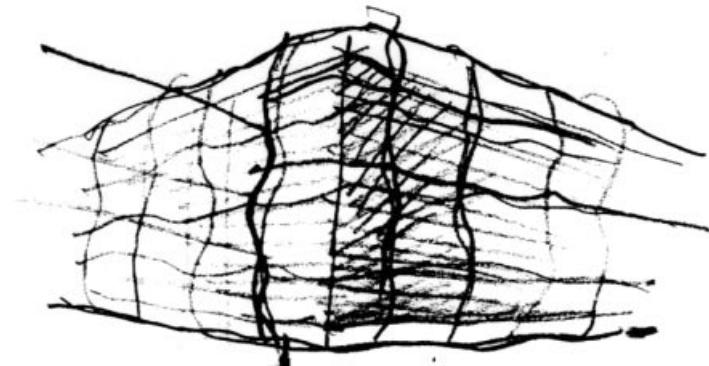
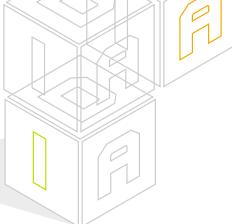


SLIKA 4
Skica južne fasade, ob trgovsko-
poslovнем traktu lebdeča črna škatla
nad Dravo, pod njo terase do Drave

Če ne bi bilo 1.svetovne vojne, bi se smer razvoja filma verjetno obrnila v čisto drugo smer. V prvem desetletju so bile v filmski industriji vodilne francoska, angleška, italijanska, celo danska podjetja. V Evropi je nastalo izredno veliko pomembnih filmov. Začela se je vojna. Tovarne za proizvodnjo filmskega materiala so začele izdelovati strelivo, zaposleni so odhajali na fronto.

Hollywoodske družbe so izkoristile priložnost in osvojile tuje trgi. Prikrajšane za evropske filme, so mnoge dežele našle nov vir v Združenih državah. Ameriške družbe so ustvarile svoje distribucijske podružnice in same tržile svoj proizvod, kar je še okrepilo njihov položaj na tujih trgih. S prodajo v tujino so se prihodki večali s tem pa tudi proračun filmov, kar je omogočilo dražje scenografije, razkošne kostume, zahtevnejšo opremo za osvetlitev in seveda vlaganje v filmske zvezde. Tako se je z višjim proračunom in nižjo ceno produkcije v primerjavi z nacionalnim filmi razbohotil ameriški film, ki v glavnem vse bolj meji na cirkus kot pa na umetniški film.

Zato Multipleks ni spomenik in ne deluje monumentalno, je bolj šotor, zunanjina lupina ni klasična arhitektura ampak ovoj iz tkanine, ki prekriva celotno tehnologijo dvoran in projekcije, in zvečer osvetljena deluje prosojno, dematerializirano. S tem smo hišo približali imaginarnemu, kar je končno značilno tudi za film.



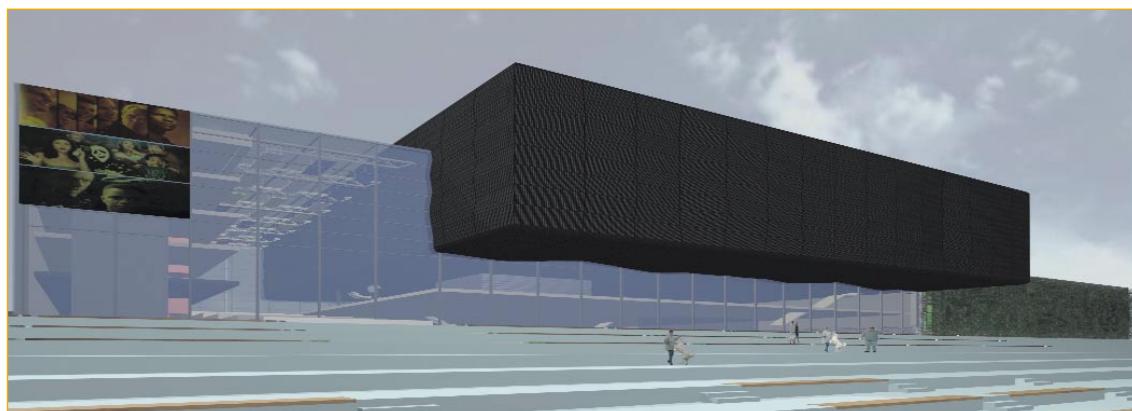
SLIKA 5
Skica fasade, ki ni klasična arhitektura ampak ovoj iz tkanine, zvečer, ko je osvetljena deluje prosojno

Seveda pa nikoli v zgodovini, od začetnih dvoran za en groš (nikelodeoni) pa danes do najsodobnejših, ni šlo samo za film temveč tudi za druženje. Tako so prostori za družabne trenutke pod dvoranami za stekleno opno.

Poleg ameriških filmov pa Evropa "dobi" še kup proizvodov, med njimi pokovko in kokalo, ki sta nerazdružljiva stalna spremiševalca filmske karte.

Aula kinodvoran je torej definirana: blagajne, pokovka, kokakola, tu in tam kakšen bombon.

"Minimalistično jasno strukturiran obod s svojo prečiščeno pojavnostno izzivalno poseže v prostor levega mestnega nabrežja. Preverjeno pragmatično minimalistično oblikovno kvaliteto objekta spremišča jasna organizacijska in oblikovna členitev zunanjih in notranjih prostorov. Le ta sloni na vzpostaviti dveh komunikacijskih osi (UL. Kneza Kocla z Dravo in vzdolžna pot ob reki Dravi)," opisuje projekt Uroš Lobnik, eden izmed članov komisije.



SLIKA 6
Animacija pogleda: jasno ločevanje v večnamenski hiši ter zaznavanje objekta kot novodobne mestne palače z dvema longitudinalno strukturiranimi urbanimi prostoroma - v zgornjem nivoju so dvorane, v spodnjem kavarne, slaščičarne, restavracije, skratka kvalitetni mestni prostor namenjen posedenju, pogovoru, diskusiji, smehu, ...

PROJEKTNA NALOGA

Kljub določitvah iz natečaja, da prvonagrajena avtorska skupina takoj sklene pogodbo o izdelavi projekta za Multikino z naročnikom, je moralo preteči še dobrega pol leta pogajanji, da je do tega zares prišlo. S tem se je le še enkrat dokazalo dejstvo, da je naša država še zares zelo zelo mlada in zato le formalno pravna.

Novembra 2001 je Gradis Biro za projektiranje Maribor je postal nosilec projekta za MMC. Ostala projektivna podjetja so bili pogodbeni podizvajalci.

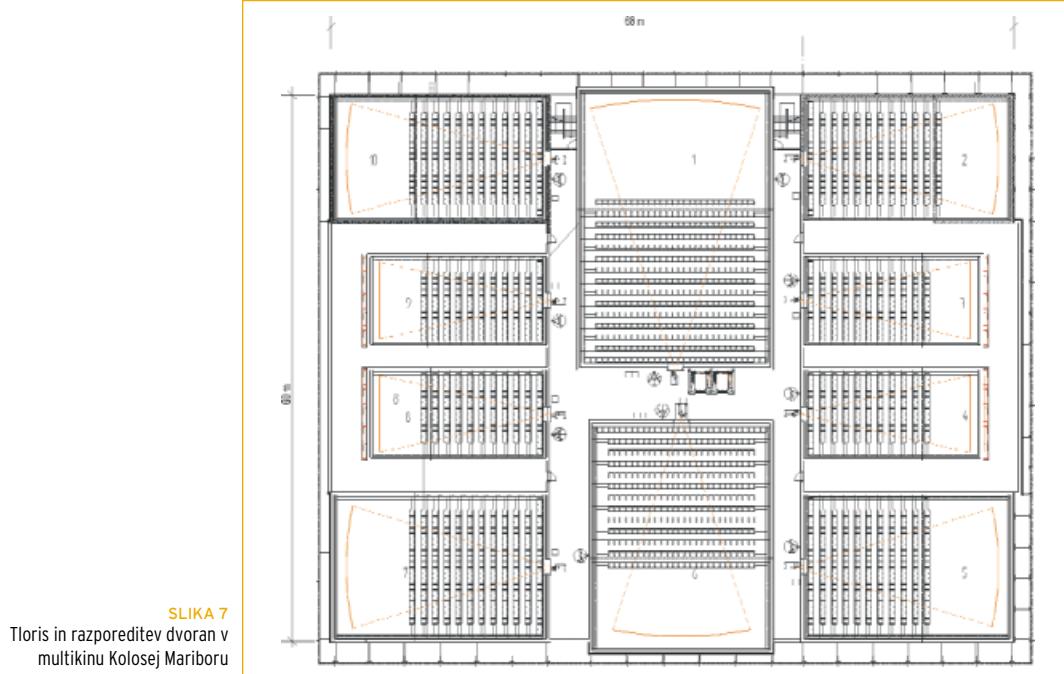
Skupaj z inženiringom RE. Invest smo skoraj celo leto pripravljali projektno nalogu za MMC. Z investitorjeve strani je prišlo do nekaj bistvenih sprememb natečajne rešitve in sicer število dvoran se je od 7 povečalo na 10, prav tako se je za 3x povečalo število parkirnih prostorov. Vse to je bilo potrebno uskladiti v vseh strokah.

V celiem letu je šlo za kar se da natančno določitev ocene investicije na katero je neposredno vplivalo določanje števila sedežev, parkirnih mest, površin namenjenih kinodvoranam in ostalim prostočasnim dejavnostim, proporcij dvoran, tehnologija kinematske opreme, strojne in elektro napeljave in naprave, centralni nadzorni sistem in UBS, akustika v dvorah, posredno pa mnogo pogojev iz zazidalnega načrta, ki so bili dediščina te lokacije.

FAZA PROJEKTIRANJA

Oktobra 2002, skoraj leto in pol po zaključku natečaja je investitor potrdil projektno nalogu. Tako se je v vseh strokah pričela faza projektiranja projekta za gradbeno dovoljenje.

Zaradi izrazito kompleksne situacije in raznolikosti problemov (od neurejenih lastniških razmerij, gradnje pod nivojem Drave, soglasij sosedov, ...) je investitor postopek pridobivanja gradbenih dovoljenj razdelil na štiri faze. Garaže pod koto 0.00 so bile glede na lastništvo in rušitev hale B (parkirna hiša je projektirana po celotnim območjem) razdeljene na tri faze, četrta faza je zajemala objekt nad koto 0.00 s prostočasnimi dejavnostmi in kinodvoranami.



ARHITEKTURA

Garaže:

Objekt je lociran med že zgrajenimi objekti, na vzhodni strani je to Hala A, na zahodni stanovanjski objekt, hala B je predvidena za nadomestno gradnjo novega trgovsko-stanovanjsko poslovnega objekta, s severne in južne strani pa ga omejujeta Ulica kneza Kocjja in reka Drava.

Z nivoja Ulice kneza Kocjja ($\pm 0.00 = 261,80 \text{ m}$) se objekt spusti za tri etaže (ena je dvonivojska), ki so urejene za mirujoči promet s kapaciteto cca. 642 za potrebe obiskovalcev Koloseja. Prometno so garaže zasnovane tako, da se navežejo na obstoječo prometno infrastrukturo. Dovoz v garažo je z južne strani s semaforiziranega križišča Ulice kneza Kocjja, Mlinske in Oreškega nabrežja in iz Loške ulice.

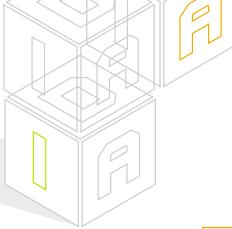
Garaže so zasnovane kot medetažni sistem z enosmernim krožnim režimom. Vstop iz krožišča in z Loške ulice je na koti - 8.40. Podzemne etaže, ki so iz strani Ulice kneza Kocjja vkopane po celi višini, so na južni strani, na dravskem obrežju, zaključene z lokalni v prvi kleti etaži. Cela klet je razdeljena na tri požarne sektorje.

V spodnji, 3. kleti in 2. kleti, so predvidene instalaterske podpostaje in ostali tehnični prostori, za funkcioniranje objekta. Pri glavnem vhodu, v 2. kleti, je prostor pripravljen za dovoz in raskladanje robe s kamioni (do 7.0 t) in transport s tovornim dvigalom do lokalov.

V omenjenem območju je tudi prostor za zaprte bokse za začasno shranjevanje smeti. V prvi kleti je izveden bowling.

Na predpisanih razdaljah in funkcionalnih mestih so predvidena stopnišča in dvigala. Vsa stopnišča so protipožarna.

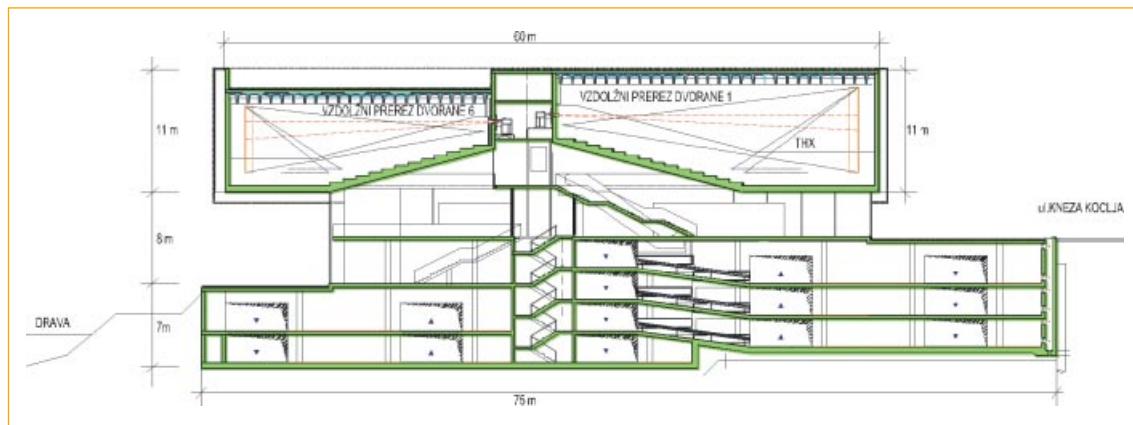
Ob obodu celotnega objekta so predvideni jaški za zajem zraka za prezračevanje garaž. V sistemu prezračevanja so tudi vertikalni jaški za odvod s pomočjo ventilatorjev.



SLIKA 8
Tloris druge kleti z parkirnimi mesti in dostopna pot do garažne hiše pod Kolosejem

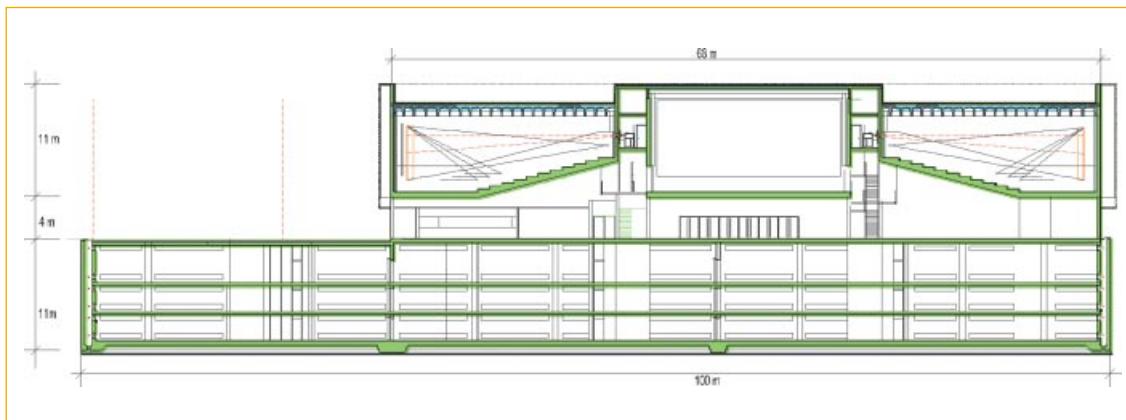
Kinematografski del:

Na višinski koti ($261,90 \text{ m} = \pm 0,00$) je glavni vhod v objekt s strani Ulice kneza Koclja in "javna" etaža s komercialno in kinematografsko dejavnostjo. Kinematografski del je centralni vhodni prostor z blagajnami za prodajo vstopnic, delilnima pultoma (concession stand) za pijačo in pokovko, "pick and mix" pult, ter slaščičarna in kavarna.



SLIKA 9
Prerez v smeri S-J, skozi največjo in drugo največjo dvorano, dostopnimi stopnicami do vstopnega nivoja in lokalni na J

Kino dvorane so na etaži z višinsko koto $+ 4,50 \text{ m}$. Na to etažo se dvignemo iz javne - vhodne etaže, s tekočimi stopnicami, z dvigali (dostop za invalide, službeni in tehnološko-tovorni dostop) ali po stopnišču, ki poteka ob tekočih stopnicah. Etažna zasnova je simetrična glede na os sever - jug. Ob vzhodni strani objekta so štiri dvorane, dve s kapaciteto 134 sedežev, ena s 196 in ena 224 sedežev. Ob zahodni strani so tudi štiri dvorane, dve s kapaciteto 134 v sedežev, ena s 196 in ena 244 sedežev. Na severni strani objekta je locirana dvorana za 409 obiskovalcev, na južni pa za 303 obiskovalcev. Skupna kapaciteta vseh dvoran znaša 2108 obiskovalcev istočasno. Vse dvorane se projektirajo po predpisih THX standardov, tehnološko se opremi največja, kar pomeni najkvalitetnejšo sliko in zvok, ter udobje pri gledanju filma.



SLIKA 10
Prerez v smeri Z-V, skozi najmanjši dvorani, vhodno aulo v kino in požarnimi stopnicami v ozadju

Notranjost dvoran je usklajena s funkcionalnimi, varnostnimi, akustičnimi in estetskimi parametri. Raster sedežev ki so postavljeni na tribune v obliki stopnic (115/30 cm) je 58,25 cm oziroma 58,75 cm v zadnjih vrstah, kjer so sedeži za pare.

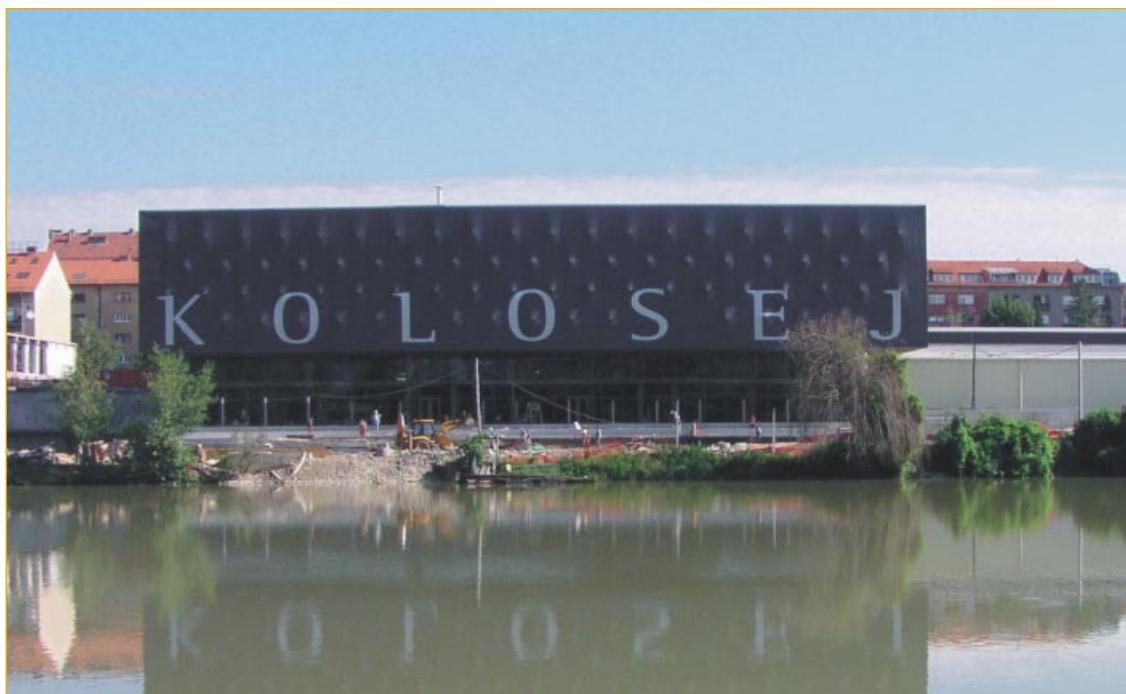
Nad dvoranskim nivojem je lociran nivo projekcije (kota +8,6 m), ki je povezan s spodnjimi etažami z dvigalom in stopnicami. Zaradi razporeditve dvoran je projekcijski del moč izkoristiti zelo racionalno in hkrati povezano. Transportne poti med projektorji posameznih dvoran so najkrajše možne in višinsko usklajene, povezave med posameznimi projektorji pa čiste.

Komercialni del:

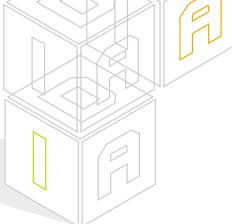
Ostali del prostora namenjen prostemu času (nivo na koti 0.00) se v glavnem zapolni brez prisotnosti stroke. Tukaj jo je premagal Mamon in z njim izkupiček ali izplen.

Tako se notranji pogledi, različni ambienti, celoten specifičen karakter notranjosti multimedijskega centra morajo podrediti dobičku. (npr. ob južni fasadi, čisto ob oknih z enim izmed najlepših pogledov na Dravo v Mariboru nastane trgovina mobitelov). Naprej se je zapletlo tudi pri osrednjih stopnicah v avli, ki jih je investitor sproektiral kar sam.

O problemu zaščite stroke bi bilo na teh Dnevih inžinerjev in arhitektov potrebno v korist naših strok mnogo več govoriti.



SLIKA 11
Pogled na skoraj zgotovljen Kolosej v Mariboru iz J smeri



KONSTRUKCIJA

Zasnova

Konstrukcijsko in funkcionalno je objekt deljen na dva osnovna koncepta in sicer:

- garažni del (do kote ± 0.00)
- kino dvorane, komercialno-administracijski del (nad koto ± 0.00)

Garažni del je zasnovan in izveden kot armirano betonska skeletna konstrukcija, katere nosilni sistem tvorijo armirano betonske etažne plošče, montažni armirano betonski stebri in nosilne armirano betonske obodne in vmesne stene. Osnovni nosilni raster v katerem si sledijo nosilni vertikalni elementi (stebri in stene) je 7.80 m. Sledi vmesna pritlična etaža, ki služi kot povezava med skeletom garažnega dela in prostorskim konceptom desetih projekcijskih dvoran s tehničnimi prostori. Tako v pritlični etaži z razporeditvijo nosilnih sten postavimo podporni sistem za posamezne volumne projekcijskih dvoran, ki z medsebojno povezavo tvorijo stabilno celoto. Dvorane so zasnovane tako, da severna in južna dvorana (št. 1 in št. 6.) tvorita osnovno povezavo po principu ločnega efekta. Z vzhodne in zahodne strani pa se na nanju priključujejo še stranske dvorane (št. 2-5 na vzhodu in št. 7-10 na zahodu). Krovno ploščo nad dvoranami tvorijo montažni armirano betonski prednapeti nosilci, ki so med seboj povezani z armirano betonsko sovprežno ploščo.

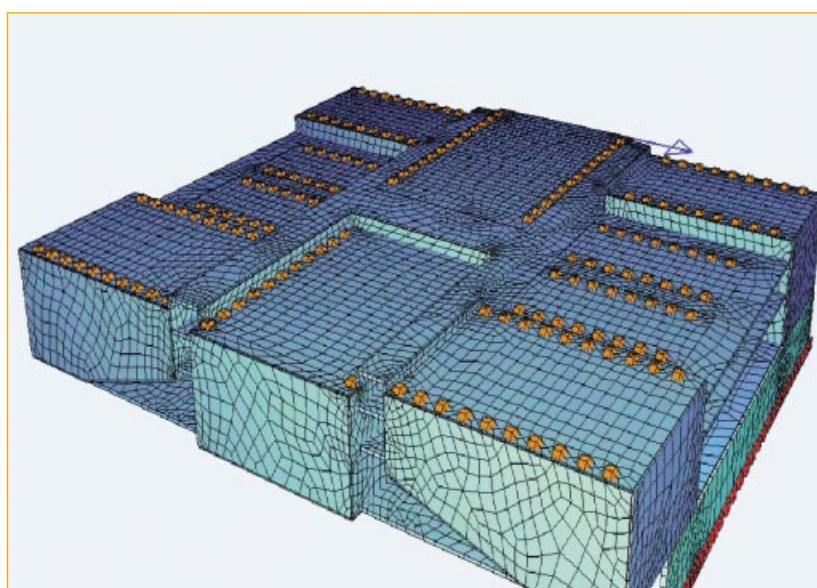
V statičnem računu in analizi posameznih nosilnih konstrukcijskih elementov je upoštevana naslednja obtežba:

- **vertikalna stalna obtežba:** lastna teža posameznih elementov
sloji obdelave etažnih plošč
teža naprav, ki služijo funkciji objekta
- **vertikalna koristna obtežba:** obtežba mirujočega prometa v garažah
obtežba prometa na dovoznih rampah
udar vozila v vertikalni garažni nosilni element
obtežba v javnih in poslovnih prostorih
obtežba na krovno ploščo
- **horizontalna stalna obtežba:** obtežba zemeljskega pritiska na garažne stene
- **dinamična obtežba:** VIII potresna stopnja po MCS

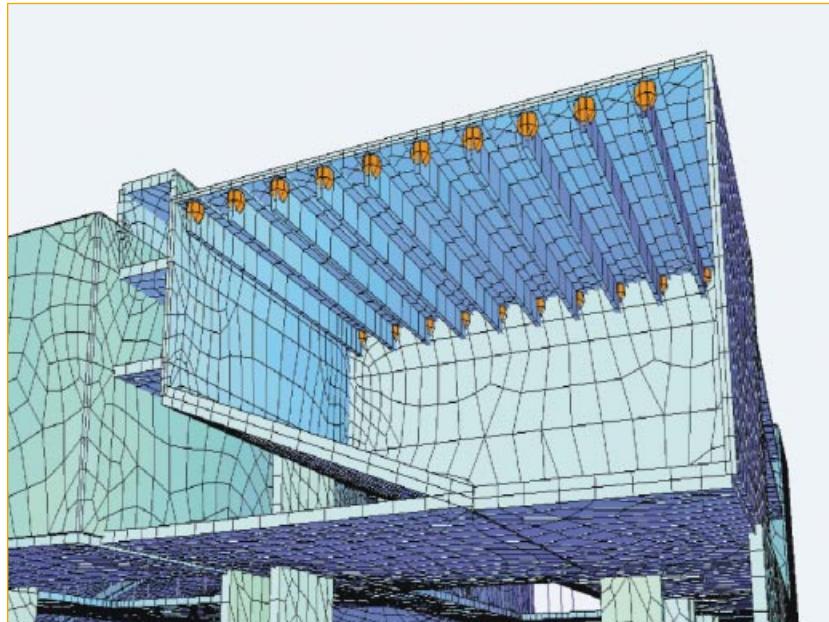
Za izračun notranjih statičnih količin in dimenzioniranje so bili uporabljeni naslednji programi:

- STATIK-2: analiza linijskih elementov (nosilci, stebri ...)
- CEDRUS-3: analiza ploskovnih elementov (plošče, stene)
- STATIK-3: potresna analiza
- SOFISTIK: prostorska analiza konstrukcije

Dimenzioniranje je izvršeno s pomočjo računalniških programov po nemških predpisih DIN 1045 s tem, da so upoštevane karakteristike dejansko vgrajenih materialov. Potresna analiza je izvedena skladno z EC 8 ($g = 0.1G$, $BIF = 1.3$, $q = 4.0$, $T_1 = 0.214$ sec, $T_2 = 0.201$ sec).



SLIKA 12
Računski model konstrukcije dvoran - pogled



SLIKA 13
Računski model konstrukcije dvoran –
prerez

Ograditev in varovanje gradbene jame

Zaradi relativno velike globine dna gradbene jame, na severnem delu objekta je globina 10.80 m pod koto obstoječega terena, je bilo potrebno neodvisno od konstrukcijskega dela projekta pripraviti projekt zaščite gradbene jame, ki je podal vse potrebne ukrepe za izvedbo temeljev in objekta kot celote do kote obstoječega terena. Izvedeno je varovanje gradbene jame s sidranjem pilotne stene v treh nivojih po sistemu Jet-grouting. Z enakim sistemom je bilo izvedeno tudi podjemanje sosednjih objektov na severo-vzhodnem in severo-zahodnem vogalu izkopa gradbene jame.

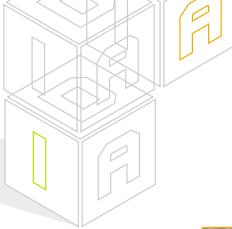


SLIKA 14
Izvajanje varovanja gradbene jame

Temeljenje

Izvedeno je temeljenje na temeljni plošči debeline 45 cm z vutastimi odebeltvami pod nosilnimi stenami in stebri. Temeljenje je izvedeno po tehnologiji belih kadi, kar je zahtevalo predpisano recepturo za betonsko mešanico (vodotesnost, granulacijska sestava), kakor tudi vse potrebne ukrepe pri izvedbi, ki jih ta tehnologija zahteva (15 cm nadbetoniranje temelja v območju priključnih sten, ki se izvede hkrati z betoniranjem temelja; vgraditev tesnilnih trakov (jeklenih ali gumiranih) v območju stika temelj-stena) in razporeditev in premer armature, ki zagotavlja omejitve razpok na 0.2 mm. Pri izvedbi temeljev je dodatno težavo predstavljal nivo podtalnice, saj je bila spodnja kota temelja na najnižjem delu objekta cca 2.50 m pod nivojem talne vode. Zato je bilo potrebno ves čas gradnje s črpanjem v črpalkih vodnjakih zagotavljati spuščen nivo podtalnice.

Objekt se je izvajal kot ena dilatacijska enota, kar pomeni, da se izognemo delitvi objekta v več samostojnih konstrukcijskih enot. Na ta način dosežemo večjo povezanost in stabilnost objekta, zmanjšamo možnost relativnih posedkov posameznih dilatacijskih enot, izognemo se detajliranju dilatacijskih stikov med posameznimi konstrukcijskimi elementi.



SLIKA 15
Izvedba temeljne plošče



SLIKA 16
Faznost gradnje - graže v kleti 1, 2, 3 in medetaži

Stebri

V kletnih etažah tvorijo stebri nosilni sistem v vzdolžnem rastru 7.80 m in prečnem rastru 7.70 m. Stebri so montažni in potekajo zvezno skozi vse kletne etaže. Izvedeni so v betonu kakovosti MB 60 in armirani z rebrasto armaturo RA 400/500-2. Dimenzijs stebov so $\varnothing 50$ cm. V zahodnem delu garaž so izvedeni stebri dimenzi $50/150$ cm, saj je v tem delu v nadaljevanju predvidena gradnja več etažnega poslovnega objekta. Med posameznimi segmenti stebra so na višini etažnih plošč izvedeni jekleni vezni elementi, ki služijo za povezavo in vpenjanje v naknadno betonirano etažno ploščo.



SLIKA 17
Montažni stebri; postavljanje armaturnih palic vmesne etažne plošče



SLIKA 18
Montažni stebri v zahodnem delu garaž

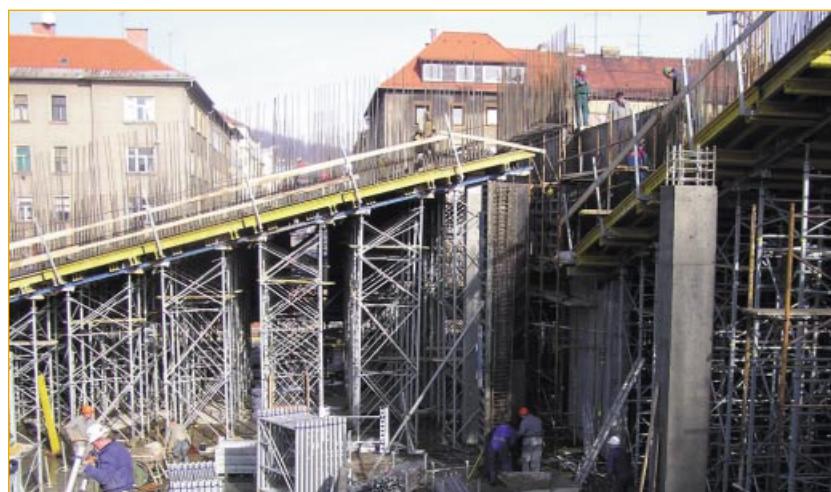
Projekcijske dvorane

Celoten kompleks sestavlja deset projekcijskih dvoran s spremljajočimi tehničnimi prostori. Dvorane so zasnovane kot prostorski elementi, ki so medsebojno povezani in podprtji z armirano betonskimi slopovi v pritlični etaži. Razpored podpornih slopov je takšen, da je bilo potrebno zaradi relativno velikih razponov talne dvoranske plošče prednapeti.

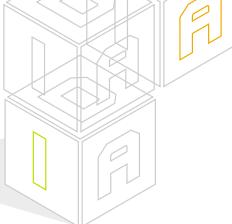
Za potrebe podpiranja talnih dvoranskih plošč v fazi gradnje dvoran je bil izdelan poseben podporni sistem stenskih nosilcev in začasnih stebrov, na vrhu katerih je postavljeno cilindrično ležišče. Po zagotovitvi prenosa obtežbe dvoranskih talnih plošč in obo-dnih sten na podporne pritlične slopove, so ti stebri odstranjeni.



SLIKA 19
Polaganje kablov in armature v poševnem delu talne dvoranske plošče - dvorana 6



SLIKA 20
Podpiranje dvoranskih talnih plošč in začasni podporni stebri



Montažni nosilci krovne dvoranske plošče

Krovno ploščo nad dvoranami tvorijo montažni nosilci T prereza različnih dolžin (od 14.8 do 21.0 m). Teža največjega nosilca je znašala 20 t. Nosilci so predhodno izdelani v obratu in athezijsko prednapeti. Po izvedbi vseh obodnih dvoranskih sten je sledil transport nosilcev na gradbišče in njihova montaža. Zaradi relativne velike tlorisne površine, ki jo je bilo potrebno pokriti z nosilci in oviranega dostopa do gradbišča se je montaža vršila s pomočjo avto dvigala, ki je bilo posebej za to priložnost pripeljano iz tujine (nosilnost dvigala je bila 600 t.) Po montaži nosilcevje sledila betonaža vezne sovprežne AB plošče debeline 20 cm nad nosilci.



SLIKA 21
Dvigovanje montažnih nosilcev z avto dvigalom (dvorana 5)



SLIKA 22
Montažni nosilec

Vmesna etaža, fasada

Med projekcijskimi dvoranami je na koti 4.50 izvedena vmesna armirano betonska plošča, ki služi kot komunikacijski hodnik med posameznimi dvoranami. Plošča je na enem robu podaljšek talne dvoranske plošče, preostali trije robovi pa so s pomočjo jeklenih zateg obešeni na poševni del talne dvoranske plošče. Med posameznimi zategami je montirana steklena zaključna ograja. Do vmesne plošče so speljane tekoče osrednje stopnice in stranske stopnice, ki služijo za izhod iz projekcijskih dvoran.



SLIKA 23
Vmesna plošča obešena na
jeklene zatege



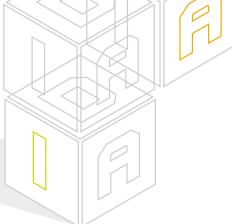
SLIKA 24
Fasada objekta

Fasada

Fasado objekta tvori perforirano platno enakomerne strukture, ki prepušča zračne tokove in je s pomočjo kovinskih napenjalcev napeto na spodnji in zgornji rob previsne plošče. Sistem napenjanja je sestavljen iz glavne napenjalne vrvi, ki teče vzdolž celotne višine fasade in zaključnih napenjalnih sponk po zunanjem robu platna. Na notranji strani fasade so v enakomernem zaporedju nameščeni kovinski nastavki, ki služijo za stabilizacijo platna in vzdržujejo njegovo stalno napetost. Za fasadnim platnom je požarni hodnik s požarnim teleskopskim stopniščem.

Materiali

- beton: MB 10 - podbeton
- MB 30 - temelji, stene, krovna plošča dvoran
- MB 40 - montažni nosilci
- MB 40 - stene dvoran, talne plošče dvoran
- MB 60 - montažni stebri



- **armatura:** RA 400/500-2 in MA 500/560
- **zaščitni sloj:** a = 4.0 cm - z zemljo zasuti elementi
a = 3.5 cm - zunanjji rob
a = 2.5 cm - notranji rob
- **jeklo:** St 37
- **jeklo za prednapenjanje:** $f_{py}/f_{pu} = 1570/1770$



SLIKA 25

Pogled z dravske strani na zaključen objekt

STROJNE NAPELJAVE IN NAPRAVE

Notranje strojne inštalacije zajemajo inštalacijo prezračevanja in klimatizacije, inštalacijo centralnega ogrevanja in hlajenja, inštalacijo vodovoda z vertikalno kanalizacijo, stabilni gasilni sistem sprinkler, protipožarno hidrantno omrežje ter tehnološki inštalaciji priprave in razvoda mehčane vode ter plina CO₂.

Objekt ima lastno hladilno strojnico in plinsko kotlovnico, pri čemer je kot hladilna in požarna voda tako za stabilni gasilni sistem sprinkler kot tudi za notranje in zunanje hidrantno omrežje uporabljena neposredno reka Drava, kot energetski vir za plinsko kotlovnico pa zemeljski plin. V kotlovnici se pripravlja ogrevna voda in topla sanitarna voda. Objekt je arhitekturno in energetsko varčno zastavljen tako, da so izpolnjene zahteve o racionalni rabi energije.

Prezračujejo in delno klimatizirajo se vse dvorane, vhodni hall ter lokalni, polno klimatizira (z vzdrževanjem vlage) pa vsled zahtev za filmski trak samo projekcijska dvorana in pa vsled tehnologije še bowling v kleti.

Sistemi prezračevanja in klimatizacije zagotavljajo v dvoranah stanja zraka 24-26°C / 50 % r.v. ter v vhodnem hallu 26-28°C / 50 % r.v. poleti in povsod 21°C / 30 % r.v. pozimi. Izjemo predstavlja prostor bowlinga, kjer je stanje zraka skozi vse leto okoli 21-23°C / 50 % r.v. Projektno poletno zunanje stanje zraka je 33°C pri absolutni vlagi 12 g/kg, zimsko pa -13°C pri relativni vlagi 90 %. Pri načrtovanju klimatskih sistemov dvoran so upoštevane zahteve iz THX standarda. Dovoljeni nivo hrupa s strani prezračevalnih in klimatskih naprav v dvoranah je tako določen po krivulji NC 25. Dovod zraka v dvorane je predviden pri tleh, skozi podne ventile v stopnicah, odvod pa ob stenah in pod stropom. V projekcijski dvorani je poskrbljeno za odvod tehnološke toplotne od kinoprojektorjev.

Kot vir toplotne energije je predvidena strešna plinska kotlovnica, kot vir hladilne energije pa hladilna strojnica v kleti z enim hladilnim strojem ter z latentnim hranilnikom hladu (»banka ledu«). Sistem v vročih poletnih dneh deluje tako, da ima prednost delovanja hladilni stroj (»chiller priority«) in ga hladilnik hladu samo dopoljuje, v prehodnem obdobju, pomladi, jeseni in blagih poletnih dneh pa tako, da ima prednost delovanja hranilnik hladu (»ice bank priority«) in ga dopoljuje hladilni stroj. Enostaven preklop iz enega načina delovanja na drugi način je dosežen preko CNS s prenastavljivo željene vrednosti temperature na izstopu iz hladilnega stroja.

Vodovodna napeljava ima izveden razvod hladne in tople vode do vseh porabnikov v objektu, to je sanitarij in gostinskih ter drugih lokalov. Hidrantno omrežje je v celotnem objektu suho/mokro, stabilni gasilni sistem pa je v garažah suh, v hall-u pa moker. Sprinkler sistem ima dva vira vode, neizčrpni vir predstavlja reka Drava, izčrnega pa tlačni rezervoar s skupno prostornino 25 m³ oziroma vodno 15 m³.

Centralna tehnološka priprava in razvod mehčane vode s karbonatno trdoto 0,05 - 0,10°dH je predvidena za potrebe gostinske dejavnosti (ledomati, pomivalni stroji in kavni aparati), podobno razvod tehničnega plina CO₂ za potrebe tehnologije priprave pijač (za karbonizacijo sode in pogon sirupa), vse na "concession stand"-ih (izdajnih pultih).

ELEKTRONAPELJAVE VKLJUČNO S CENTRALNIM NADZORNIM SISTEMOM

Naročniku je bil svetovan, ponujen, sprojektiran in delno tudi izveden celoten paket storitev, ki ga zahteva sodobna zgradba. Vse skupaj z namenom zgradbo avtomatizirati in jo privesti na nivo "inteligentne stavbe".

Sam postopek je bil izveden po spodaj navedenih fazah:

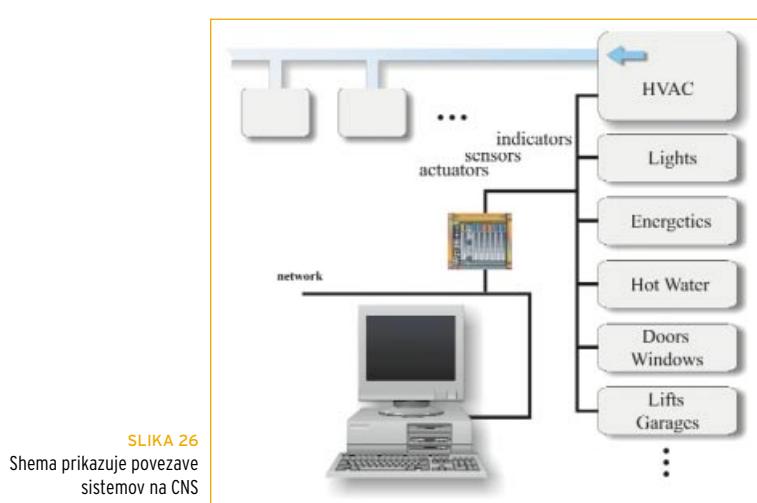
- Analiziranje potreb.
- Svetovanje in definiranje rešitev.
- Celotno elektro projektiranje (moč, razsvetljava, strelovod in izenačitev potenciala, univerzalno struktурno označenje USO, požarno javljanje, kontrola pristopa, povezava z kinematografsko tehnologijo), vse skupaj z osnovno idejo povezljivosti vseh sistemov na CNS.
- Projektiranje CNS-a (Glavni poudarek pri projektiranju CNS-a je povezljivost vseh sistemov na eno točko, to je na nadzorni računalnik. Tako fizično preko projektiranih žičnih povezav USO, kakor tudi s pripravo, izborom vseh sistemov na nivoju programske opreme).
- Projektantsko svetovanje.
- Sledenje vseh sprememb, ki so se pojavile med gradnjo.
- Dobava strojne opreme (PLC krmilnikov in nadzornega računalnika PC).
- Programiranje (aplikativna programska oprema) in zagon krmilnih naprav (PLC), vključno z testiranjem vseh vhodno izhodnih signalov.
- Programiranje in zagon računalniških nadzornih sistemov (CNS).

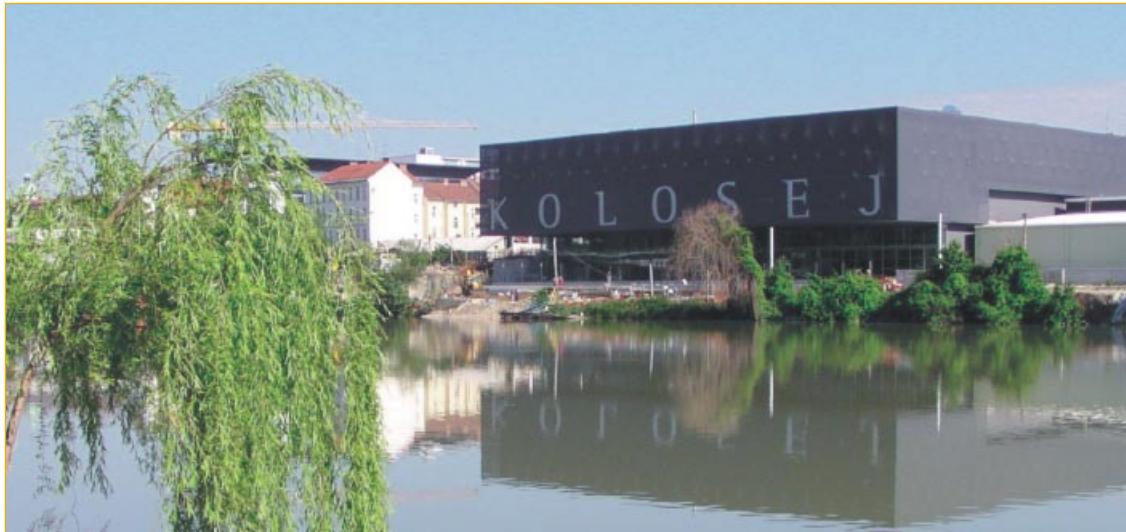
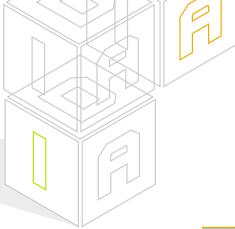
Z upoštevanjem vsega zgoraj navedenega smo dosegli:

- Možnost upravljanja, nadziranja, sledenja zgodovine, alarmov vseh sistemov, kateri so povezani na CNS, centralno iz nadzornega računalnika:
 - neposredno, ročne komande iz nadzornega računalnika,
 - po urnikih odvisno od zahtev in dejavnosti, katere so načrtovane in naj bi se odvijale v objektu,
 - avtomatsko glede na dejavnosti-predstave, to pomeni, da je CNS 100 % sinhroniziran z urniki dejavnosti-predstav in tako celotna energetika (hlajenje, gretje, prezračevanje, razsvetljava, ...) deluje brez človeškega posega.
- Večje udobje obiskovalcev in zaposlenih.
- Večjo varnost ljudi v zgradbi ter opreme in zgradbe same.
- Nadzor nad ustreznostjo in kvaliteto vgrajene opreme (klimati, hladilni stroj, razsvetljava, ...) ter instalacijskih del.
- Zanesljivost delovanja sistemov in naprav v njej.
- Energetsko varčnost.
- Nižje stroške obratovanja.
- Nižje stroške vzdrževanja in hitrejše odpravljanje napak v sistemih.
- Enostavnost pri prijaznost pri upravljanju.

CNS povezuje, nadzira, upravlja:

- Sisteme ogrevanja, hlajenja in prezračevanja (sistem HVAC).
- Sisteme za pripravo vode za ogrevalno in hladilno tehniko, ter sanitarno vodo.
- Sisteme razsvetljav.
- Sistem nadzora porabe el. energije po posameznih enotah.
- Sistem nadzora zaprtosti vrat.
- Sistem kontrole pristopa.
- Dvigala.
- Diesel agregat.
- Požarna vrata, lopute in kupole.
- Črpališča.





SLIKA 27

Pogled na skoraj zgotovljen Kolosej v Mariboru iz JV smeri

ZAKLJUČEK

Multikino v Mariboru sodi v slovenskem pa tudi širšem evropskem merilu med najkvalitetnejše tovrstne mestne hiše.

S svojo prečiščeno, minimalistično in jasno strukturirano podobo zaključuje prostočasni program Lenta in kvalitetno reanimira ta del mestnega obrežja, ki je bil leta zanemarjen.

Konstruktorji in tudi vsi ostali inženirji so s posluhom dojeli osnovno arhitekturno idejo in uspeli domisliti tako zasnovno konstrukcije, da je hiša postala prepoznavna med ostalimi multikini doma in v tujini.

Le tista prvinska človekova sila ustvariti nekaj več in bolje je gnala celotno skupino; od investitorja, inžineringov, arhitektov, konstruktorjev in vseh ostalih inženirjev pa do nadzora in izvajalcev, da smo ubrano, konstruktivno sodelovali in kljub izredno kompleksni in zahtevni gradnji uspeli v manj kot enem letu dati Mariboru in Sloveniji hišo, ki je zazrta v prihodnost.

OSNOVNI PODATKI O OBJEKTU

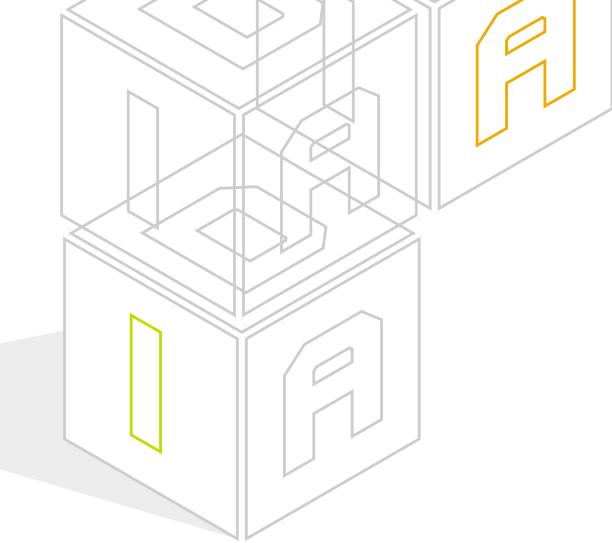
Investitor:	Kolosej Maribor d.o.o. in KD Group d.d.
Naročnik:	Kinematografi Maribor d.o.o.
Izvajalec del:	Prevent Gradnje d.d., Konstruktor d.o.o.
Projektant:	Gradis, Biro za projektiranje Maribor d.o.o.
Avtorji:	Janko J. Zadravec, udia., Branko Čepić, udia., Jerneja Ačanski Veber udia., Stanko Arnuš udia. in Tadej Veber udia.
Nadzor:	PROTECH d.o.o.
Svetovalni inžinering:	RE Invest d.o.o.
Inženiring:	ENERGOGRUP d.o.o.
Velikost objekta:	27.300 m², (garaže 18120 m², lokalni 3680 m², kino 5500 m²)
Čas projektiranja:	2001-2002
Čas gradnje:	2002-2004
Etažnost:	3K(4K) + P + 1(3)
Vrednost gradbenih del:	4 milijarde SIT
Vodja projekta:	prof. Vukašin Ačanski, udig.

Odgovorni projektanti:

Arhitektura:	Jernej Ačanski Veber udia. (GRADIS, Biro za projektiranje, d.o.o.)
Konstrukcija:	Jelenko Ačanski, udig. (GRADIS, Biro za projektiranje d.o.o.)
Strojne napeljave:	Mitja Lenassi, udis. (LENASSI d.o.o.)
Elektro napeljave:	Julijan Rijavec, udie. (GOAP d.o.o.)
CNS in UBS:	Julijan Rijavec, udie. (GOAP d.o.o.)
Kino tehnologija:	Ivo Kovše, udie. (TSE d.o.o)
Strojne napeljave ZU:	Marko Lubej, udis. (VAREN d.o.o.)
Zunanja ureditev:	Velimir Banjanin, udig. (GRADIS, Biro za projektiranje, d.o.o.)
Požarna študija:	Darko Kuder, udig. (IVD d.o.o)
Elaborat akustike:	Savo Volovšek, ing. fiz. (ZAG Ljubljana)

Projektanti:

Arhitektura:	Janko J. Zadravec udia., Branko Čepić udia., Stanko Arnuš udia., Edib Miralem udia., Tadej Veber udia.
Konstrukcija:	Aljoša Klobučar, udig., Robert Voh, gr. teh., Daniel Voh, gr. teh., Damir Supić, gr. teh., Igor Beršnjak, gr. teh.
Strojne napeljave:	Igor Medvešek, udis.
Elektro napeljave:	Simon Stegel, udie.
Požarna študija:	Aleš Robnik, udig.



CČN Maribor – Izkušnja izvedbe evropskega referenčnega B.O.T. (Built-Operate-Transfer) projekta

WWTP MARIBOR – EXPERIENCE ON EXECUTION OF EUROPEAN REFERENCE B.O.T. (BUILT-OPERATE-TRANSFER) PROJECT

mag. Leon LOZAR, univ.dipl.inž.grad.

Aquasystems, Gospodarjenje z vodami

POVZETEK

Prispevek obravnava presojo fleksibilnosti in kompatibilnosti slovenskega poslovnega okolja, lokalne in državne uprave v soočenju z iniciativo investicije evropskega privatnega kapitala v lokalno komunalno infrastrukturo (PPP - public private partnership) in sicer na podlagi direktne izkušnje izvedbe projekta izgradnje in obratovanja Centralne Čistilne Naprave Maribor (B.O.T.).

V prispevku so nazorno predstavljeni razvoj projekta, izvedba projekta, struktura udeležencev projekta, konceptualno ozadje financiranja ter koncept razvijanja partnerskega odnosa med vsemi udeleženci projekta.

Prispevek iz gradbeno tehničnega in procesno tehnološkega vidika predstavlja še dosežene objektne in namenske cilje projekta.

SUMMARY

Through the method of direct experience on execution of the project of construction and operation of the Waste Water Treatment Plant Maribor (B.O.T.) the paper describes assessment of flexibility and compatibility of the Slovenian business environment, local and state administration in confrontation with the initiative of the European investment with private capital in local communal infrastructure (PPP- public private partnership).

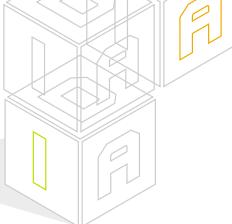
The paper also describes with due clearness development and execution of the project, structure of the participants to the project and the conceptual background to the project's financing together with the concept of development of the partner relationships with all project participating parties.

From the construction and process point of view the paper also presents the achieved objectives and their purpose.

1. UVOD

Slovenska družba in gospodarstvo sta bila sredi devedesetih na prehodu v zaključek tranzicije. Ambicije po vključitvi v EU so bile jasno izražene, hotenja po hitrem gospodarskem razvoju velika, država pa je v luči približevanja ekološkim standardom EU objavila tudi nacionalni program varstva okolja s časovno in vsebinsko jasno opredeljenimi cilji in prilagajanjem slovenske okoljske zakonodaje zakonodaji in zahtevam EU. Mariborska socialno gospodarska klima ni bila najbolj obetajoča vendar pa so se mestne oblasti iskanja okoljskih rešitev odločneje lotile kot prve v Sloveniji in na za takratne slovenske razmere svojstven način. Za uresničitev analog s področja varstva okolja se je mestna oblast odločila za najbolj optimalno uporabo javnih sredstev in sicer tako, da je sredstva iz okoljske takse za obremenjevanje voda uporabila za gradnjo kanalizacijskega omrežja mesta Maribor, glavni zbiralnik kot povezavo le-tega z bodočo CČN je sofinancirala s pomočjo evropskega programa Phare, CČN Maribor pa se je odločila zgraditi skozi koncept partnerstva med javnim in privatnim sektorjem in s tem zaoralna ledino v pionirske brazdo bolj ali manj neznanega. Nivo investicij domačega kapitala v tistem času je bil namreč nizek, tuji investitorji pa prava redkost, saj je interes kapitala jasen, v Sloveniji pa ga je marsikaj motilo, predvsem dolžina in zapletenost upravnih postopkov povezanih z graditvijo in slabost inštrumentov zemljške politike, čeprav so bili makroekonomski obeti takrat slabo predvidljivi vendar ne tako slabi.

Mariborska mestna oblast se je s tem, ko se je odločila za koncesijo kot način zagotovitve javne službe čiščenja odpadnih voda postavila na prvo bojno linijo soočenja s krasnim belim svetom, ki ga je obljubljal takrat še oddaljeni vstop v EU. Z mednarodnim razpisom za izgradnjo in obratovanje CČN se je Maribor vključil na evropsko tržišče partnerstva med javnim in zasebnim sektorjem, ki ima najdaljšo tradicijo prav v Franciji. S podpisom koncesijske pogodbe 29/7/1998 med Mestno občino Maribor (MOM) in podjetjem Aquasystems d.o.o., za katerim je stal francoski poslovni konglomerat SUEZ, se je pričela intenzivna izkušnja obojestranskega učenja in vlaganja enormnih naporov za dosegog pogodbeno dogovorjenih ciljev in predvsem za vzdrževanje produktivnega partnerstva. Mimogrede pa je bilo v teku zadnjih šestih let potrebno biti priča razgrajevanju togosti delovanja državne uprave in lokalnih skupnosti.



SLIKA 1

Centralna Čistilna Naprava Maribor - junij 2004

sti v procesu vzpostavljanja čim bolj odprtrega sistema investiranja, spremembam okoljske in fiskalne zakonodaje in sproti potrpežljivo odstranjevati ostanke pred sodkov in ustaljene prakse preteklosti, ko se je ves čas verjelo, da sta javni in zasebni sektor že po svoji definiciji ves čas v konfliktu.

Priprava in izvedba projekta je pogojevala predhodno, predvsem pa »ad hoc«, reševanje zelo zahtevnih prostorskih, premožensko pravnih, upravno pravnih in okoljsko zakonodajnih dilem, finančnih in davčnih ovir. Takšna je pač narava in usoda »greenfield« projektov. Njihova izvedba zahteva intenzivno interdisciplinarno sodelovanje strokovnjakov različnih strok s ključno in integrativno vlogo projektnega managementa.

Namen pričajočega prispevka je predstaviti referenčni regijski projekt (srednja in vzhodna Evropa), njegovo strukturo in dosežene objektne in namenske cilje za doseg, katerih je bilo potrebno produktivno in vdano sodelovanje nekaj sto strokovnjakov različnih narodnosti (Slovenija, Francija, Velika Britanija, Avstrija, Nemčija ...) s področij investicij, projektiranja, gradbene in elektro-strojne operative, avtomatizacije, bančništva, prava, zavarovalstva in nenazadnje obratovanja čistilnih naprav.

2. ZGODOVINA, RAZVOJ IN ORGANIZACIJA B.O.T. PROJEKTA ČČN MARIBOR

Avgusta leta 1994 je Mestna občina Maribor izvedla predkvalifikacijski razpis. Rezultat razpisa je bilo 14 konkurenčnih ponudb. Junija leta 1995 pa je MOM izvedla mednarodni razpis in januarja 1997 je bil konzorcij zbran okoli francoskega podjetja Suez Lyonaisse des Eaux, v močni konkurenčni z nemškim RWE, izbran kot preferenčni ponudnik. Usklajevanje mnogih med seboj navidez nasprotujocih si interesov koncedenta (javni sektor) in koncesionarja (privatni sektor) so potekala v okviru zaključnih pogojev, ki so trajala skoraj dve leti, saj je bila koncesijska pogodba podpisana še le julija 1998. Popotnica oziroma izhodišč za izvedbo projekta so zapisana v naravi razmerja med koncesionarjem, koncedentom in uporabniki storitev, katerega bistvo je doseči trojno zadovoljstvo vseh udeleženih strani, ki pa je pogojeno z racionalno in kakovostno izgradnjo infrastrukturnega objekta ter kakovostnim in ekonomičnim opravljanjem javne službe. Koncesionarjevi cilji so namreč:

- plasiranje tehnično-investicijsko-finančnega »know-how-a;«
- dolgoročna zavezanost naročnika, ki temelji na kvaliteti koncesionarjevih storitev;
- stroškovno učinkovita gradnja in profitabilno obratovanje ČČN Maribor. Oboje je omogočeno le z visokim nivojem kvalitete izdelka in racionalno porabo sredstev.

Koncedentov interes je bila optimalna uporaba razpoložljivih javnih sredstev in s tem v zvezi prenos vseh tveganj povezanih z interesi instituta investitorja na koncesionarja (zagotovitev finančnih sredstev in drugih projektnih resursov za izvedbo projekta, know-how zaslove ČN, riziki povezani z gradnjo, dolgoročno ekonomično in kvalitetno obratovanje). Interese uporabnikov pa je možno združiti pod skupni imenovalec kvalitetne storitve za objektivno ne previsoko plačilo.

Dejansko je koncesijska pogodba določila razmejitev odgovornosti pogodbenih strank v razvojnem obdobju glede na zmožnosti, ki jih ima vsak od partnerjev, da obvladuje tveganja v zvezi s posamezno obveznostjo:

1. naročnik (koncedent) je odgovoren za:
 - priskrbo in zagotovitev pristopa koncesionarju do vseh potrebnih zamljišč za gradnjo;
 - priskrbo vseh upravnih dovoljenja za gradnjo glavnega kolektorja in izgradnjo le-tega,
 - ukrepe za zagotavljanje plačila storitvene pristojbine,
 - ukrepe zbiranja in usmerjanja odpadne vode prispevnega območja za zagotovitev zadostnega vtoka v ČČN Maribor
2. obveznosti koncesionarja obsegajo vse aktivnosti v zvezi s pripravo in izvedbo gradnje vključno s predložitvijo zasnove ČČN, predložitvijo dokazil o prenosu tehnologije, zavarovanju projekta (gradnja in obratovanje) in garancij za dokončanje in pravilno ter popolno izvedbo.

Izbrani model B.O.T. (built-operate-transfer), ki je samo ena izmed pojavnih oblik modela PPP (public-private-partnership), torej uspešno povezuje obe sfere, javno in zasebno, s ciljem izgradnje, modernizacije in izboljšanja javnih storitev, pri čemer je javna oblast zadolžena za to, da so bistvene storitve za prebivalstvo zagotovljene v skladu s potrebami družbe, zasebna sfera pa skrbi za realizacijo z upoštevanjem optimalnega razmerja med ceno storitve in koristmi.

Po podpisu koncesijske pogodbe med MOM in podjetjem Aquasystems d.o.o., katerega partnerji in družbeniki so bili izbrani po načelu komplementarnosti in s ciljem doseganja sinergije (Greenfield Joint Venture), je bilo potrebno partnerstvo projekta razširiti še na:

- financerje (banke),
- lokalno skupnost (javne razgrnitve za lokacijski načrt in gradbeno dovoljenje),
- lokalno upravo (pridobivanje soglasij in upravnih dovoljenj za potrebe gradnje in obratovanja),
- lokalno poslovno okolje (izvedba projekta s pomočjo podjetij iz širše mariborske regije) in
- državno upravo (direktni preizkus urejenosti zakonodaje in regulative).

Družbeniki Aquasystems d.o.o. oziroma nosilci izvedbe projekta izgradnje in obratovanja ČČN Maribor so s svojimi prispevki za dosego skupnih ciljev naslednji:

- **Suez Environment** (Francija) - izkušnje in znanje s področja PPP, obratovanja naprav za pripravo pitne vode in čiščenja odpadnih voda,
- **Degrémont** (Francija) - dobavitelj tehnologije, snovalec in graditelj ČČN v konzorciju s
- **PORR Infrastruktur** (Avstrija) - izvajalec gradbenih del preko štajerske podružnice PORR AG,
- **Aqua.net** (Avstrija) - hčerinsko podjetje avstrijskega elektro dobavitelja in distributerja STEWEAG-STEG,
- **Styrcor** (Avstrija) - mednarodne izkušnje s področja razvoja infrastrukturnih projektov in
- **Petrol** (Slovenija) - slovenski partner v skrbi tudi za interese naročnika (MOM).

Podjetje Aquasystems d.o.o. je kot nosilec prvega B.O.T. projekta v Sloveniji zaradi njegove zahtevnosti in dolgotrajnosti organizirano kot podjetje za izvedbo le enega projekta (Single Purpose Company) in je s položaja investitorstva zadolženo in odgovorno za razvoj in izvedbo projekta ter obratovanje ČČN Maribor. Je torej nosilec programa projekta in strategije za njegovo uspešno izvedbo.

Izhodiščni program projekta je obsegal:

1. razvojno obdobje - predvidoma 1 leto (organizacija projekta, vzpostavljanje potrebnih pogodbenih razmerij za izvedbo projekta (contracting), zagotovitev sredstev in upravnih dovoljenj za izvedbo projekta in izvedba monitoring študije kvalitete in količine influenta za potrebe potrditve zasnove ČČN še pred dokončanjem 1. faze izgradnje),
2. obdobje izgradnje 1. in 2. faze ČČN - izhodiščno predvidoma 39 mesecev,
3. obratovanje ČČN - 22 let,
4. predaja naprave v last in obratovanje koncedentu v okviru pogojev koncesijske pogodbe,

vendar sta bila kasneje časovna okvirja razvojnega obdobja in časa izgradnje na račun obvladovanja v naprej identificiranih tveganj projekta prilagojena tako, da so bili vsi pogodbeni roki koncesijske pogodbe uspešno in pravočasno izpolnjeni.

Tveganja, katera je moralo podjetje Aquasystems ustrezno upravljati, so razvrščena v naslednje skupine:

1. primarna makroekonomska tveganja s vplivom na sposobnost plačevanja storitvene pristojbine s strani naročnika,
2. ekonomsko-finančna tveganja,
3. zasnova ČČN (spremembe geološke podlage na lokaciji gradnje, protipoplavna varnost, sprememba zasnove zaradi spremembe kvalitete in količine influenta, sprememba zasnove zaradi spremembe iztočnih parametrov (zakonodaja),
4. izgradnja ČČN (sprememba tehničnih standardov oz. zakonodaje (upravna dovoljenja), zamude v izgradnji, nastop višje sile, prekoračitev stroškov izgradnje),
5. testiranje in zagon posamezne zgrajene faze (zamude testiranja, zamude pridobitve upravnih dovoljenj, zamuda dokončanja glavnega kolektorja),
6. tveganja v zvezi z obratovanjem.

2.1 Financiranje investicije in zavarovanje projekta izgradnje ČČN Maribor

Strukturiranje financiranja projektov privatno-javnega partnerstva ima določene posebnosti. Investitorji največkrat iščejo hitro in ekonomično obliko financiranja, posojilodajalci pa se vedno osredotočajo na analizo rizikov projekta, kakovost projekta in njegovo robustnost. V primeru velikih infrastrukturnih projektov banke načeloma niso pripravljene vezati vračilo posojila na denarni tok iz

enega samega projekta, zato se največkrat posega po kombinaciji projektnega financiranja (projekt naj bi bil ekonomsko-finančno sposoben brez dodatnih jamstev družbenikov v SPC) in dodatnih jamstev banki s strani glavnih družbenikov v SPC (sponzorji projekta). Takšen je tudi primer financiranja projekta izgradnje in obratovanja ČČN Maribor. Celotni stroški projekta znašajo približno 43 milijonov evrov in vključujejo stroške gradnje, stroške kapitala in razvojne stroške. Investicija pa je bila v znesku 70 % financirana s strani EBRD in pridruženih bank (Hypovereinsbank -DEXIA - RZB Raiffeisen), v znesku 30 % investicije pa je projekt financiran z lastnim kapitalom družbenikov. Struktura financiranja izkazuje visok rang garancijske sposobnosti sponzorjev projekta (SUEZ Environment, Degremont, STEWEAG) in ocenjeno kakovost projekta s strani EBRD, katere glavni kriteriji pri presoji so bili:

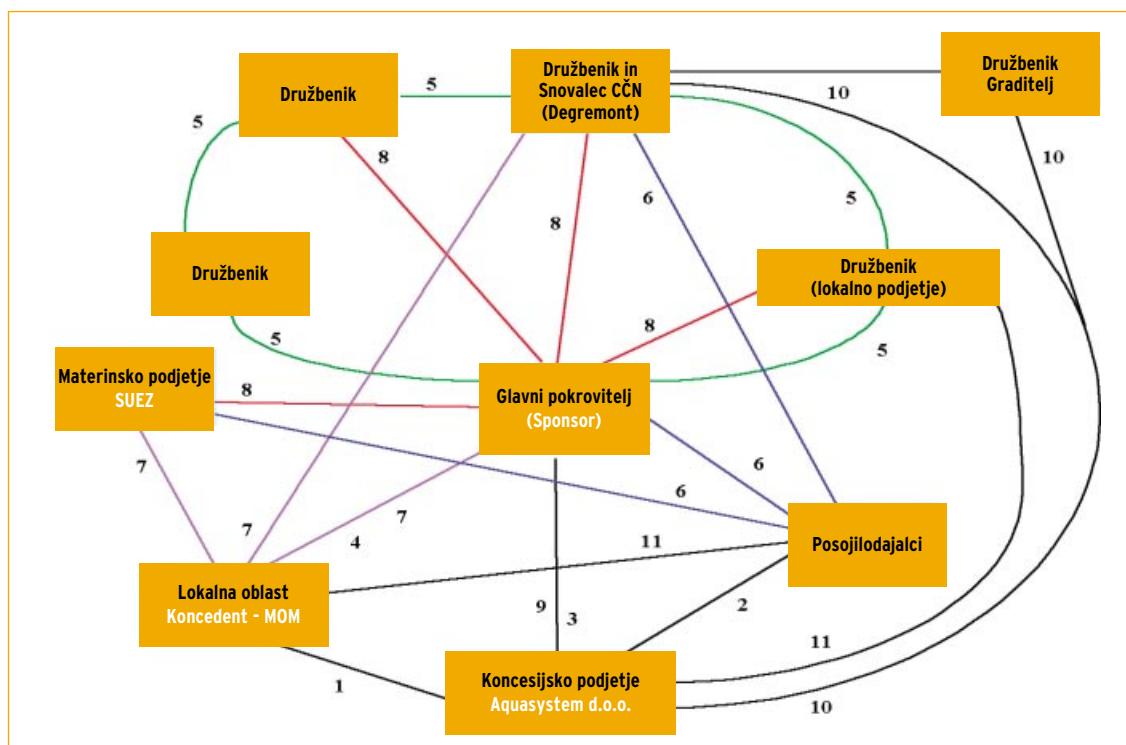
- stroga finančna disciplina v ocenitvi investicije,
- usmerjenost na kakovstne rešitve dosežene z (optimalno) nizkimi stroški,
- optimalna vključitev kapitala in operativnih stroškov ter nenazadnje,
- inovativnost pri zasnovi, gradnji, obratovanju in financiranju.

V vlogi lokalnega agenta Evropske banke za rekonstrukcijo in razvoj (EBRD) nastopa v primeru našega projekta NLB d.d., ki ima v Sloveniji najdaljše in najkvalitetnejše izkušnje.

Tudi zavarovanje projekta, ki je v interesu tako concedenta, koncesionarja kot posojilodajalca, je izvedeno s specifično B. O. T. zavarovalno pogodbo. V vlogi zavarovalcev nastopata zavarovalnici AXA (Francija) in Zavarovalnica TRIGLAV (»fronting«). V vlogi zavarovalniškega »brokerja« pa podjetje GRECO Internataional. V okviru ene police sta zavarovana tako gradnja kot obratovanje in hkrati koncesionar, posojilodajalec in pogodbeniki.

2.2 Pogodbena razmerja - Contracting

Podjetje Aquasystems d.o.o. je v šestih letih izvajanja BOT projekta ČČN Maribor sklenilo približno 300 pogodb in drugih zavezujocih dokumentov. Od tega se jih 94 nanaša na financiranje in z njim povezana zavarovanja in garancije. Navedeno priča o trdnem zavarovanju pogodbenih razmerij s ciljem uspešnega zaključka projekta. Hrbtenico pogodbenih razmerij seveda predstavlja Koncesijska Pogodba (1) iz katere druge pogodbe neposredno izhajajo ali pa se na njo nanašajo. Govora je o Družbeniški Pogodbi (5), Pogodbi med Partnerji projekta, Pogodbi med EBRD in sponzorji projekta (6), Gradbeni pogodbi med Aquasystems in Gradbenim Konzorcijem (10), Kreditni pogodbi s posojilodajalcem (2), Družbeniških kreditnih pogodbah, Pogodbi o prenosu licence in transferju tehnologije (9), Pogodbi o tehnični pomoči v fazi razvoja, gradnje in obratovanja (3), Pogodbi o pravici vstopa/udeležbe med EBRD in MOM (11), kakor tudi o z njimi povezanimi garancijami in proti-garancijami (4,8). Kompleksnost in prepletost pogodbenih razmerij je razvidna iz naslednje globalne sheme:



SLIKA 2
Shema pogodbenih razmerij

Za izgradnjo CČN Maribor je Koncesionar podpisal pogodbo »na ključ« in za fiksni pogodbeni znesek z Gradbenim Konzorcijem Degremont/PORR. Eno izmed najpomembnejših določil te pogodbe je pogoj, da morajo 70 % vrednosti pogodbe izvesti lokalna podjetja iz širše mariborske regije. Tudi skozi to pogodbeno določilo se je uresničevala strategija projekta, ki je slonela na partnerskem odnosu z lokalnim poslovnim okoljem in tudi na gospodarski koristi za regijo. Poudariti je potrebno, da je bil pogoj 70 % presežen saj je približno 40 domačih podjetij s področja gradbene, elektro-strojne operative, avtomatizacije in dobave različne opreme realiziralo približno 75 % izhodiščne gradbene vrednosti projekta.

3. IZVEDBA FAZE IZGRADNJE CČN MARIBOR

Ob upoštevanju čisto poslovne narave sodelovanja z lokalnim poslovnim okoljem je bila izvedbena (operativna) faza projekta prežeta s:

- konfrontacija domačega (lokalnega) in tujega tehničnega »Know how«-a in operativne prakse,
- konfrontacija različnih jezikov in kultur (slovenske, germane, frankofonske in anglosaksonske),
- konfrontacija proaktivnega delovanja z reaktivnim in pasivnim odzivanjem.

Pojmovanje dobre inženirsko tehnične prakse (v obeh projektno hierarhičnih smereh) ni bilo vedno enako razumljeno.

3.1 Organizacija in izvedba zasnove CČN Maribor

Preliminarna zasnova je temeljila na razpisnih vtočnih parametrih, ki jih leta 1995 podal naročnik - MOM in je predvidevala tri faze procesa čiščenja in izgradnje in sicer: mehansko predčiščenje, biološko fazo odstranjanja organskega ogljika in nitrifikacijo ter tretjo fazo, ki bi vključevala še denitrifikacijo in defosforizacijo.

Po podpisu koncesijske pogodbe sta podjetji Degremont (dobavitelj tehnologije) in Suez Environment (obratovalne izkušnje) sprožili postopek podrobnejšega koncipiranja CČN, ki je vseskozi slonel na vzornem sodelovanju s tehničnimi svetovalci IEI d.o.o.). Trajnosteni koncept snovanja je vključeval preliminarne ocene in poročilo vplivov na okolje ter »feasibility« študije raznih scenarijev končne dispozicije blata. Bistveno pa so izbrano tehnologijo določali naslednji kriteriji:

- kulturne (prebivalstvo) in ekološke razmere na lokaciji,
- pogoji soglasjedajalcev pridobljeni v teku izvedbe Lokacijskega načrta za izgradnjo CČN,
- kriterij možnosti nadgradnje,
- kriterija ekonomičnosti in učinkovitosti obratovanja,
- kriterij zanesljivosti obratovanja (avtomatizacija, nadzorni sistem, obratovalni režim),
- varnost obratovanja (upoštevanje kriterijev zdravja in varstva pri delu),
- pogodbeno definirana faznost izgradnje (zahteve naročnika),
- izkušnje zasnove in obratovanja približno 10.000 čistilnih naprav, ki jih je Degremont zasnoval in zgradil po vsem svetu,
- najpomembnejše pa je bilo vmesno preverjanje ustreznosti zasnove CČN in sicer naslanjajoč se na rezultate enoletne študije monitoringa kvalitete in količine influenta, ki jo je koncesionar moral izvesti še pred dograditvijo 1. faze CČN. Študijo monitoringa je izvedel renomirani inštitut CIRSEE iz Pariza pod okriljem podjetja Suez Environment in v sodelovanju z mariborskim upravljalcem kanalizacijskega sistema (NIGRAD d.d.).

O vplivih rezultatov te študije na zasnovo CČN je v pričujočem zborniku poseben prispevek. Rezultati omenjene študije so vplivali tudi na časovni potek fazne izgradnje CČN Maribor.

Pri pripravi PGD, PZI in PID sta bila podizvajalca podjetij nosilce zasnove (Degremont / PORR), izgradnje in zagona lokalni podjetji IEI d.o.o. (elektro-strojni procesno-tehnološki del) in GRADIS Biro za projektiranje d.o.o. (projekt gradbenih del).

3.2 Organizacija in izvedba gradnje

3.2.1 Realizirani terminski plan

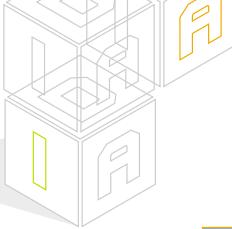
Gradnja 1. faze CČN (mehansko predčiščenje):

- trajanje 24 mesecev - pričetek gradnje 9/6/2000,
- zaključek gradnje in pričetek enoletnega poskusnega obratovanja 10/6/2002,
- obratovalno dovoljenje pridobljeno 25/5/2003.

Gradnja 2. faze CČN (biološko čiščenje, nitrifikacija, denitrifikacija, defosforizacija, izločanje in stabilizacija odvečnega blata):

- trajanje 27 mesecev - pričetek gradnje 9/12/2001,
- zaključek gradnje in pričetek enoletnega poskusnega obratovanja 10/2/2004.

Vsebina in posledično tudi obseg 2. faze sta bila zaradi rezultatov študije monitoringa izvedene med letoma 1999 in 2001, vsebinsko prilagojena tako, da učinek čiščenja ustreza evropski direktivi za občutljiva območja.



SLIKA 3
Izgradnja 2. faze CČN Maribor -
postrojenje biološkega čiščenja
odpadne vode

3.2.2 Nadzor v času gradnje in zagotavljanje kvalitete

Nadzor izgradnje je bil organiziran in izveden večplastno. Imperativ za sodelovanje pri projektu je bil razvit interni sistem zagotavljanja kvalitete podizvajalcev. V skladu s pogoji soglasjedajalcev, ZG0-1, zahtevami koncesionarja, koncedenta in posojilodajalcev pa je bil vzpostavljen kompleksen sistem nadzora in poročanja katerega je nadziral in koordiniral investitor (koncesionar):

- investitorski nadzor nad gradbenimi deli (Ko-biro d.o.o.),
- investitorski nadzor nad strojnimi inštalacijami in opremo (TES d.o.o.),
- investitorski nadzor nad elektro inštalacijami in opremo (ENG d.o.o.),
- vodnogospodarski nadzor (VGB Maribor),
- nadzor v interesu posojilodajalcev (Mott MacDonald, Cambridge, Velika Britanija)
- občasni nadzor koncedenta (MOM),
- permanentni investitorjev nadzor (Aquasystems d.o.o.).

Posebno vlogo je imelo podjetje Mott MacDonald, ki ni samo varovalo interesov posojilodajcev ampak je večkrat nastopalo tudi kot blažilec konfliktov in pomirjevalec med Koncesionarjem in Gradbenim Konzorcijem.

3.2.3 Problematika pridobivanja upravnih dovoljenj potrebnih za gradnjo in obratovanje CČN Maribor

Z izvedbo Lokacijskega načrta za izgradnjo CČN Maribor je investitor zmanjšal riziko glede izvedljivosti investicije, saj je bila javnost pred samim posegom v prostor o nameri posega podrobno obveščena že eno leto pred pridobitvijo gradbenega dovoljenja in pričetkom gradnje. Prav tako je pridobivanje pogojev za projektiranje na nivoju Lokacijskega Načrta prihranilo nekaj časa pri pripravi PGD.

Samo pridobivanje enotnega dovoljenja za gradnjo, predvsem pa vodnogospodarskih, okoljevarstvenih in sanitarnih soglasij h gradnji in obratovanju posameznih faz je pomenilo neposreden preizkus urejenosti toda tudi fleksibilnosti zakonodaje in regulative ter preizkus kompatibilnosti koncesijske pogodbe z zakonodajnimi spremembami v letih 2001 do 2003. Izkušnje B.O.T. projekta CČN Maribor so dokaz fleksibilnosti in izboljševanja učinkovitosti državne administracije. Investitor Aquasystems je v procesu izgradnje CČN Maribor še pred pridobitvijo končnega dovoljenja za obratovanje 2. faze pravočasno pridobil že 42 raznih upravnih dovoljenj in soglasij.

4. ORIS PROCESNO TEHNIČNEGA ASPEKTA ZASNOVE, IZVEDBE IN OBRATOVANJA CČN MARIBOR

Objektni cilj projekta je realiziran in predstavlja komunalno čistilno napravo s kapaciteto 190.000 p.e., ki že v času poskusnega obratovanja izpolnjuje zakonodajno zahtevane iztočne parametre za občutljiva območja:

- neraztopljene snovi (35 mg/l),
- BPK5 (20 mg/l),
- KPK (100 mg/l),
- celotni dušik (10 mg/l) in
- celotni fosfor 1 mg/l.

Načrtovana zmogljivost čistilne naprave bo zagotavljala čiščenje komunalnih in meteornih odpadnih voda iz prispevnega območja mesta Maribor, delež industrijskih odplak v celotni obremenitvi naprave pa predstavlja približno 20 %. Prve meritve učinkovitosti čiščenja odpadne vode kažejo, da je učinek čiščenja celo večji od 95 %, blato, ki nastaja kot stranski produkt pa je primerno za sežig, reciklažo v kmetijstvu, po stari zakonodaji pa tudi za odlaganje na komunalni deponiji. Hidravlična kapaciteta ustrezza zahtevam koncesijske pogodbe tako, da je maksimalni možni vtok v CČN 7000 m³/h, hidravlična kapaciteta biološkega čiščenja pa znaša 5000 m³/h. Opomniti velja, da ima glavni zbiralni, 7.7 km dolg cevovod, hidravlično kapaciteto 10.000 m³/h, saj je dimenzioniran za obdobje naslednjih 50 let in omogoča tudi morebitno razširitev obstoječe ČN.



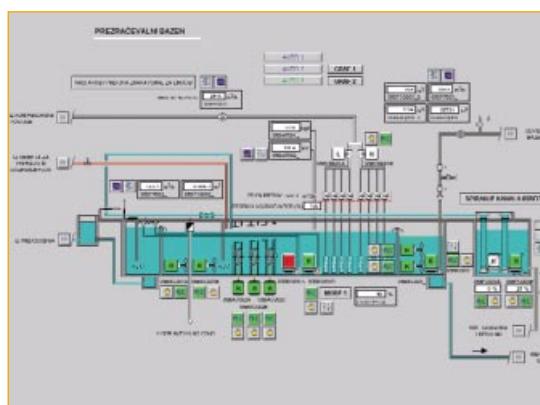
SLIKA 4
Objekt dehidracije in stabilizacije
biološkega blata

Postrojenje CČN Maribor sestavljajo enota predčiščenja (fine grablje, grobe grablje, odstranjevanje peska in mačlob), tri linije za biološki tretman odpadne vode in enota za dehidracijo, stabilizacijo in izločanje blata. Tehnološki proces je »plug flow« kaskadnega tipa in temelji na procesu aktiviranega blata. Tri biološke linije sestavljajo povsem soodvisni aeracijski bazeni (aeracijska cona, anoksična cona in cona odplinjanja) in naknadni usedalnikini. Fosfor se odstranjuje z organsko absorpcijo in obarjanjem s pomočjo FeCl₃. Sistem aeracije temelji na treh rotacijskih puhalih in Flexasur paličnih difusorjih. Enota za izločanje blata je sestavljena iz enote flokacije tipa DAF (dissolved air flotation), enote centrifugiranja in enote za stabilizacijo blata z živim apnom.

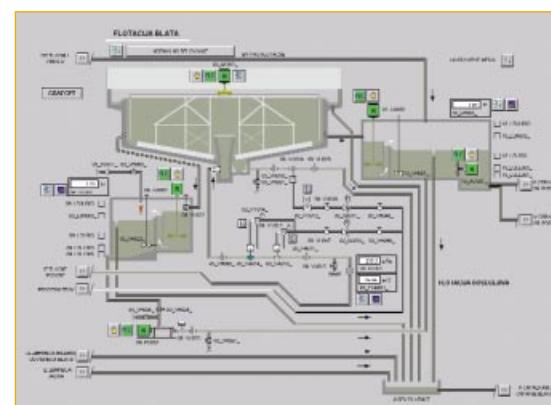
Naprava je opremljena še z enoto za sprejem grezničnih usedlin, 10.000 m² velikim območjem za začasno ravnjanje z blatom. Razpolaga pa tudi z dvema možnostima izpusta prečiščene vode: gravitacijsko v reko Dravo ali po tlačnem vodu do HE kanala SD1.

CČN Maribor odlikujejo še:

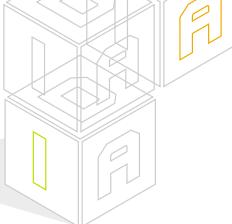
- dvojna varnost glede napajanja z električno energijo (dva neodvisna kablovoda in diesel generator),
- protihrupna zasnova puhal za aeracijo in centrifug za dehidracijo biološkega blata,
- sistem odsmrjevanja na bazi pranja zraka z natrijevim hipokloridom in H₂SO₄,
- varčevanje z energijo saj je s frevenčnimi regulatorji omogočena zvezna regulacija delovanja vseh večjih porabnikov.
- logistično optimalna zasnova in varčevanje s pitno vodo, katero uporabljamo le za sanitarne potrebe v upravní stavbi,
- nadzorni sistem (SCADA-TOPKAPI), ki omogoča prisotnost obratovalnega tima zgolj 10 ur dnevno in sicer 5 dni v tednu ob vsakodnevniem stanju pripravljenosti enega obratovalca.



SLIKA 5
Shema aeracijskega bazena



SLIKA 6
Shema flotacije (DAF)



5. ORIS GRADBENO TEHNIČNE PROBLEMATIKE ZASNOVE IN IZGRADNJE ČČN MARIBOR

Z gradbeno tehničnega vidika so projektu pomemben poudarek dale naslednje tehnične rešitve:

- ker je čistilna naprava locirana v neposredni bližini stare struge reke Drave je nivo podtalnice le 4-5m pod koto terena, temelji objekta predčiščenja pa so locirani še približno 4m niže. Nivo podtalnice je tudi neposredno povezan z nivojem gladine reke Drave in predstavlja veliko poplavno nevarnost. V času gradnje je bila zato okoli gradbene jame izvedena zatesnitvena membrana, ki sega do 9 m globoko in ima skupno površino približno 10.000 m². Zaradi znatne poplavne nevarnosti so vsi vitalni deli ČČN izvedeni nad koto stoljetnih poplavnih vod 241,5 m.



SLIKA 7
Izvedba zatesnitvene membrane - »jet grouting«



SLIKA 8
Izvedba armature talne plošče aeracijskega bazena

- pri izgradnji okroglih aeracijskih bazenov in naknadnih usedalnikov je pogodbenik za gradbena dela (PORR AG) uporabil sistem prednapenjanja cilindričnih sten VT-CMM, ki je inovacija podjetja Vorspantechnik GmbH in nudi nekatere bistvene prednosti,
- za zagotovitev kvalitetne izgradnje cilindričnih sten so bili uporabljeni velikopovršinski jekleni opaži, vgradnja pa je potekala v natančno določenem zaporedju delovnih taktov;



SLIKA 9
Cilindrično opaževanje in prednapenjanje



SLIKA 10
Negovanje betona sten aeracijskega bazena (premer 46m)



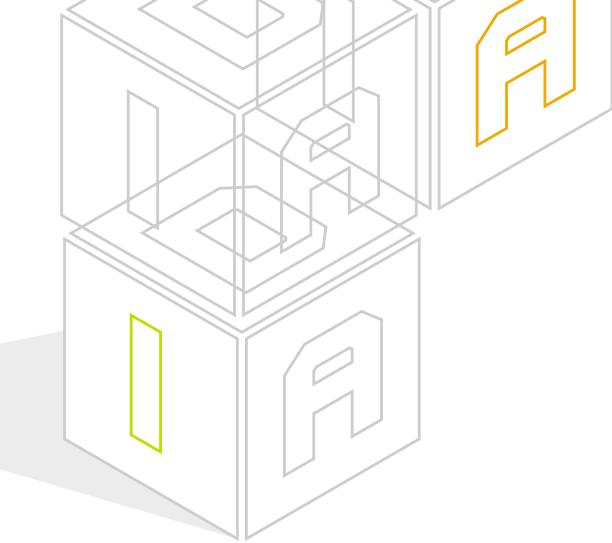
- rezervoarji so bili izdelani s tehnologijo bele kadi,
- za namen zmanjševanja pojava razpok na cilindričnih stenah je bil za namen nižanja temperature betona pri vgradnji namesto cementa delno uporabljen pepel,
- v obsegu izvedbe gradbenih del je bilo vgrajenih približno 20.000 m³ betona, 1.200 t armature in izvedenih 140.000 m³ premikov zemljine.

6. ZAKLJUČEK

Pravočasni zaključek izgradnje CČN Maribor in kvaliteta končnega produkta sta dokaz zadostne stopnje fleksibilnosti in kompatibilnosti slovenskega poslovnega okolja, lokalne in državne uprave z iniciativo evropskega privatnega kapitala. Izkušnja uspešnega načina izvedbe javno – zasebnega partnerstva, sedaj po vstopu v EU, predstavlja model za učinkovitejšo izvedbo investicij s pomočjo razpoložljivih sredstev iz strukturnih in kohezijskih skladov EU. Obojestransko vzdrževanje volje in visoke stopnje angažiranosti za preseganje medkulturnih razlik je za uspešno izvedbo tujih investicij v Sloveniji imperativ. Projekti javnega in zasebnega partnerstva na področju storitev javnih (komunalnih) služb so zelo zahtevni in občutljivi in se lahko uspešno realizirajo samo ob izdatni politični volji in podpori lokalne oblasti in državne uprave.

VIRI

- (1) Financiranje infrastruktur in javnih storitev - sklepanje partnerstev med javnim in zasebnim sektorjem - Presses de l'Ecole nationale des Ponts et chaussees
- (2) Development plan - WWTP Maribor, Aquasystems d.o.o.
- (3) WWTP Maribor - Detailed design report, Process report, Degremont SA
- (4) PORR - Nachrichten 144-2004.



Varstvo okolja – Mariborska čistilna naprava

ENVIRONMENT PROTECTION – CENTRAL WASTEWATER TREATMENT PLANT MARIBOR

dr. Uroš KRAJNC, univ.dipl.inž.grad.

Inštitut za ekološki inženiring Maribor

POVZETEK

V Dogošah pri Mariboru je zgrajena sodobna centralna čistilna naprava za odpadne vode mesta Maribor s kapaciteto 190.000 populacijskih ekvivalentov (PE). Postopek čiščenja obsega tudi terciarno čiščenje, tako da je naprava največja te vrste v Sloveniji. Poskusno obratovanje biološke stopnje bo zaključeno v februarju leta 2005. Naprava dosega zelo dobre učinke čiščenja, kakovost prečiščene vode je boljša kot pa to zahteva zakonodaja. Hkrati s čistilno napravo sta bila izgrajena tudi dva glavna kanalizacijska zbiralnika, ki odvajata odpadno vodo na čistilno napravo in sicer glavni zbiralnik od tovarne Sviла, ki poteka vzporedno ob energetskem kanalu hidroelektrarne Zlatoličje ter zbiralnik Maribor jug, ki poteka od Hoč preko Rogoze in Miklavža do čistilne naprave.

ABSTRACT

The new central wastewater treatment plant for wastewater from the city of Maribor has been built at Dogoše near Maribor. Also includes the tertiary treatment (P and N removal), which makes it the biggest plant of this type in Slovenia. The trial operation will be finished in February 2005. The results of treatment are very good, it even exceeds the values requested by Slovenian legislation. Two main sewer pipes from the factory Sviла near the channel of power station Zlatoličje and the sewer Maribor South from the village Hoče to Miklavž and the plant were built at the same time as the plant.

Uvod

Izgradnja centralne čistilne naprave za odpadne vode mesta Maribor je najpomembnejši ukrep za izboljšanje kakovosti reke Drave na njenem slovenskem odseku. Čistilna naprava je zgrajena v Dogošah v neposredni bližini reke Drave. Hkrati s čistilno napravo sta bila izgrajena tudi dva glavna kanalizacijska zbiralnika, ki odvajata odpadno vodo na čistilno napravo in sicer glavni zbiralnik od tovarne Sviла, ki poteka vzporedno ob energetskem kanalu hidroelektrarne Zlatoličje ter zbiralnik Maribor jug, ki poteka od Hoč preko Rogoze do Miklavža, prečka energetski kanal hidroelektrarne Zlatoličje se priključi na čistilno napravo.

Koncept kanalizacije mesta Maribor

Kanalizacijski sistem mesta Maribor je dobil končni koncept v sredini sedemdesetih let z izgradnjo jezu v Melju kot sestavnega dela vodne elektrarne Srednja Drava I v Zlatoličju. Takrat je bil zgrajen levoobrežni kolektor, ne pa tudi desnoobrežni in čistilna naprava. Zaradi nedokončane gradnje kanalizacijskega omrežja in čistilne naprave so zaradi neizpolnjenih vodnogospodarskih in sanitarnih pogojev nastale težave pri prodobivanju soglasij pri širivti mesta, posebno v času izgradnje Blagovno distribucijskega centra. Zato je bil v letu 1988 potrenj dolgoročni koncept dokončanje mariborskega kanalizacijskega sistema vključno z gradnjo čistilne naprave v letu 1993. Z izjemo preverje lokacije čistilne naprave so ostale aktivnosti izostale. Ponovno podporo temu projektu predstavlja Slovenski ekološki projekt, v sklopu katerega je izdelalo podjetje Stanley Consultants za mariborsko čistilno napravo predinvesticijsko študijo ter Podonavski okoljski projekt. V okviru slednjega je bila izdelana spomladis leta 1993 Predinvesticijska študija za sanacijo porečja Drave in Mure, katera je za Dravo v Sloveniji opredelila kot prioriteto izgradnjo čistilne naprave za Maribor.

Lokacija

Po prvotnem konceptu iz šestdesetih let sta bili predvideni za Maribor dve čistilni napravi in sicer večja naprava ob tovarni Sviла za odpadne vode levega brega in desnega brega (Studenci, Tabor) ter manjša čistilna naprava v Gradisovi gramoznici v Dogošah za območje Pobrežja in Tezna. Pripravljalna dela za čistilni napravi Maribor sta se nadaljevala, vendar se je gradnja zaradi različnih vzrokov ves čas odmikala.

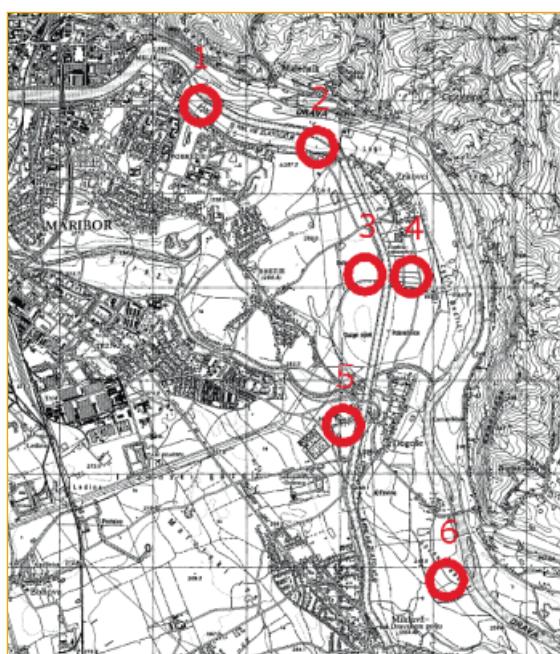
Ker se je mesto širilo hitreje kot so se realizirale planirane čistilne naprave, je bilo konec osemdesetih let potrebno prevetriti predhodni dolgoročni koncept izgradnje čistilnih naprav za mesto Maribor. Preverja lokacij iz 1988 je imela namen, da pregleda, če je koncept z dvema napravama za Maribor še smiseln in kje naj bo lokacija centralne čistilne naprave. Glede prve dileme je bil sprejet sklep o eni sami čistilni napravi.

Glede lokacije pa smo po pregledu širšega območja od tovarne Svila do Miklavža izbrali šest možnih lokacij:

- lokacija št. 1: čistilna naprava pri tovarni Svila,
- lokacija št. 2: čistilna naprava severno od naselja Zrkovci,
- lokacija št. 3 in 4: čistilna naprava na območju Florine,
- lokacija št. 5: čistilna naprava v gramoznici Dogoše,
- lokacija št. 6: čistilna naprava v komunalni coni K - 11 v Dogošah.

Lokacije smo primerjali po kriterijih:

- Odnos naprave do terena, poseg v okolje in motnje v okolju.
- Potrebna prometna, energetska, komunalna in vodnogospodarska ureditev.
- Elementi za zavarovanje in urejanje naravne in kulturne dediščine, krajinskih značilnosti in ureditve zelenih površin.



SLIKA 1
možne lokacije ČČN Maribor

Na osnovi izbranih kriterijev in podlagi ponderjev so takoj odpadle prve štiri lokacije zaradi potrebine velikosti območja, bližine naselij itd, ostali sta le lokaciji v gramoznici Dogoše ter komunalni coni K-11. Na osnovi zadanih kriterijev in ponderiranja je bila v občutni prednosti lokacija v Dogošah, ob upoštevanju sociološkega dela analize pa smo se kljub temu odločili za lokacijo v K-11.

Koncesija

Mesto Maribor se je odločilo, da bo v skladu s takrat novim Zakonom o gospodarskih javnih službah zgradilo napravo po sistemu koncesije model BOT (Built - Operate - Transfer).

Vodnogospodarska problematika pri projektiranju centralne čistilne naprave.

V strokovnih osnovah za prevero lokacij čistilne naprave je zapisano: »S strani vodnega gospodarstva v obravnavanem prostoru ni posebnih omejitev. V obravnavanem prostoru je bil že takrat predviden le regulacija struge Drave. V kolikor bi prišlo do izgradnje čistilne naprave pred izvedbo regulacije, bi bilo potrebno čistilno napravo lokalno zaščititi pred visokimi vodami. Za potrebe določitve visokih voda v neposredni bližini čistilne naprave so avtorji vodnogospodarskih podlog uporabljali hidrološke podatke iz Vodnogospodarskih osnov Slovenije iz leta 1977.«

Po podatkih iz študije je bila lokacija čistilne naprave na območju, ki je ogroženo pred visokimi vodami nad Q_{50} . Predlog varovanja je predvideval dvignjen plato nad koto 100 letne vode 239,85 m in 0,5 m varnostne višine. Na osnovi teh podatkov so bili izdelani načrti za čistilno napravo.

V poplavah jeseni leta 1998 je bilo območje čistilne naprave poplavljeno. Naknadno so bile izračunane nove gladine visokih voda na osnovi hidroloških podatkov iz nove študije Drave, ko jo je izdelal Vodnogospodarski inštitut marca 1997. Po tej študiji so bile podane nove gladine katastrofalno visokih voda Q_{100} 241,51 m ter predlagano varnostno nadvišanje za 1,5 m.



SLIKA 2:
Čistilna naprava - črpališče mehansko
očiščene vode

Kapaciteta naprave

Potrebnega kapaciteta čistilne naprave Maribor lepo odraža velike spremembe v mestu ob Dravi v zadnjih petnajstih letih, predvsem v gospodarstvu, ki se direktno odražajo tudi v količini odpadne vode.

TABELA 1
Potrebna kapaciteta ČN Maribor

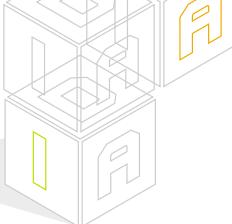
Dokument	Leto	Kapaciteta čistilne naprave
Podlage za prevero lokacije	1987	500.000 PE obremenitev
Podlage za prevero lokacije	1987	700.000 PE kapaciteta
Koncesijska pogodba - ponudba	1997	285.000 PE
Koncesijska pogodba	1998	190.000 PE

TABELA 2
Obremenitev čistilne naprave

Parameter	Enota	Ponudba	Pogodba
BPK5	(kg/d)	17.100	11.400
	PE	285.000	190.000
KPK	(kg/d)	38.000	25.300
Suspendirane snovi	(kg/d)	18.800	12.500
Totalni dušik	(kg/d)	2.600	1.730
Totalni fosfor	(kg/d)	825	550
Hidravlična obremenitev - totalna	m ³ /d	55.000	36.750

SLIKA 3:
Gradnja glavnega zbiralnika k čistilni
napravi





Monitoring količin in kakovosti odpadne vode mesta Maribor

Koncesijska pogodba je predvidevala fazno izgradnjo čistilne naprave, ker v času izbire koncesionarja ni bilo na voljo dovolj meritve, da bi lahko točno definirali potrebovno velikost čistilne naprave. Prva faza je vsebovala del čistilne naprave za mehansko čiščenja, za dimenzioniranje naprave smo določili predvsem hidravlično obremenitev na podlagi podatkov o porabi vode. V drugi fazi pa naj čistilna naprava odstranjuje iz odpadne vode ogljikove spojine in v tretji fazi še dušikove in fosforjeve spojine. Predvideni rok za dokončanje prvih dveh faz je bil tri leta, z delnim pokrivanjem obratovanja prve faze in začetkom izgradnje druge faze. Tretja faza naj bi se pričela tri leta po zaključku druge in bi morala biti končana v dveh letih. Faznost izgradnje naprave nam je narekovalo pomanjkanje merjenih podatkov o dejanski obremenitvi čistilne naprave, za kar smo predvideli kontinuirani monitoring odpadne vode skozi obdobje enega leta pred začetkom obratovanja druge faze in pa monitoring kakovosti blata za obdobje enega leta po končanju druge faze.

Monitoring je obsegal meritve na sedmih glavnih zbiralnikih mesta Maribor in je trajal leto in pol.

Rezultati monitoringa ter predvsem napovedi pa so bistveno spremenili naše dosedanje vedenje o odpadnih vodah mesta Maribor. Naša pričakovanja so slonela na sledečih predpostavkah, da število prebivalcev, ki bodo v prihodnosti vezana na čistilno napravo, je ves čas znano in se giblje v rangu 130.000 ljudi ter da industrija v Mariboru nazaduje in predstavlja manjši del obremenitve čistilne naprave.

Zato smo pričakovali, da bo potrebna kapaciteta čistilne naprave najbrž manjša od predlagane kapacitete 195.000 PE po koncesijski pogodbi.

Rezultati monitoringa, ki je obsegal dovolj reprezentativen vzorec, saj je zajemal cca 70 % obremenitve, so pokazali, da Maribor potrebuje čistilno napravo s kapaciteto 15.105 kg BPK5/dan (251.750 PE) kot interpretacija merjenih podatkov 85 % vrednosti. Priporočila vsebujejo predlog, da je potreben načrt čistilne naprave spremeniti tako, da bo upošteval 30 % večjo obremenitev s BPK5, 15 % večjo obremenitev s totalnim Kjehdalovim dušikom ter 60 % nižjo obremenitev s fosforjem.

Ker gre v mariborskem primeru za komunalno čistilno napravo (delež Industrije le 20 %), to pomeni, da mariborsko prebivalstvo proizvaja onesnaženje, ki odstopa od norm, ki jih vsebuje tako naša zakonodaja kot evropska praksa.

Tehnologija in fazna gradnja

Izbrali smo koncept nizko obremenjene biološke čistilne naprave kapacitete 190.000 populacijskih ekvivalentov (PE) z aerobno stabilizacijo blato, ki obsega tudi terciarno čiščenje. Tehnološko tehnična zasnova naprave predvideva gradnja biološke naprave z nitri in denitrifikacijo in kombiniranim kemijsko biološkim čiščenjem fosforja. Projektna dokumentacija kot sestavni del koncesijske pogodbe je vsebovala naslednje faze:

1. faza z objekti:

1. črpališče,
2. objekti predčiščenja,
3. kanali za meritev pretoka,
4. razdelilni objekt,
5. črpališče prečiščene vode (opcija),
6. objekt za izolacijo,
7. izpustni objekt,
8. generator (rezervi vir - opcija),
9. črpališče prečiščene vode.



SLIKA 4
Prečrpališče prečiščene vode v energetski kanal



2. faza:

10. primarni usedalniki (2 bazena),
11. aeracijski in anoksični bazeni (2 bazena),
12. kompresorska postaja,
13. naknadni usedalniki (2 bazena),
14. kanali za meritev pretoka,
15. recirkulacija blata,
16. primarno zgoščanje blata,
17. flotacija biološkega blata,
18. kuričnica,
19. gnilišče,
20. zbiralnik blata,
21. objekt za dehidracijo blata,
22. deponija za blato,
23. plinohram,
24. bakla z ablato,
25. administrativna zgradba,
26. garaže in delavnice,
27. zgradba za plinske motorje (opcija).

3. faza:

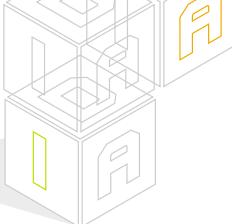
28. anaerobni bazeni,
29. enota za shrambo in doziranje FeCl_3 ,
30. aeracijski in anoksični bazeni (1 bazen),
31. naknadni usedalniki (1 bazen),
32. recirkulacija blata,
33. kanali za meritev pretoka.

Po končanem monitoringu čistilne naprave je bila preko dopolnitve Projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja spremenjena faznosti gradnje. Namesto v tretji fazi gradnje, se že v drugi fazi gradnje predvidi tudi čiščenje amonijačnega dušika (nitrifikacija). Učinek čiščenja CČN bo po dokončanju 2. faze ustrezal vsem mejnim vrednostim Uredbe o emisiji pri odvajjanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav (U.list RS, št. 35/96). Namesto anaerobne stabilizacije blata smo izbrali aerobno stabilizacijo.

Blato iz čistilne naprave

Bistven del koncesijske pogodbe definira, da mora biti blato kot produkt centralne čistilne naprave, takšne kvalitete, da se lahko uporabi za naslednje končne dispozicije oziroma načine obdelave in uporabe:

- v poljedelstvu
- za odlaganje na komunalne deponije
- za sežig v sežigalnicah



Koncept obdelave blata v dosedanjih projektih

Varianta z anaerobno obdelavo blata v ponudbi za koncesijsko pogodbo je v liniji blata obsegala sledeče objekte:

- spremenna postaja za greznične usedline,
- primarno blato: zgoščevalec,
- sekundarno blato: predzgoščevalec, dehidracija, mešalni bazen, pasterizacija blata, gnilišče (35°C), zbiralnik blata, mehanska dehidracija, higienizacija (CaO),
- dispozicija na deponiji.

Objekt	Število enot	Karakteristične dimenzijs
Primarni usedalniki	2	$Q = 7000 \text{ m}^3/\text{h}$
Predzgoščevalec blata	1	$V = 500 \text{ m}^3$
Gnilišče	2	$V = 5500 \text{ m}^3$
Plinohram	1	$V = 800 \text{ m}^3$
Proizvodnja blata		$T = 12300 \text{ kg/d}$
Proizvodnja bioplina		$V = 5700 \text{ Nm}^3/\text{d}$

TABELA 3
Podatki o objektih liniji blata za varianto z anaerobno stabilizacijo blata kapaciteta 190.000 PE

V koncesijski pogodbi je predvidena varianta z aerobno stabilizacijo blata, ki vsebuje enoto za osuševanje in stabilizacijo blata, ki nastane pri čiščenju ogljikovega in dušikovega onesnaženja ter za dostavo blata.

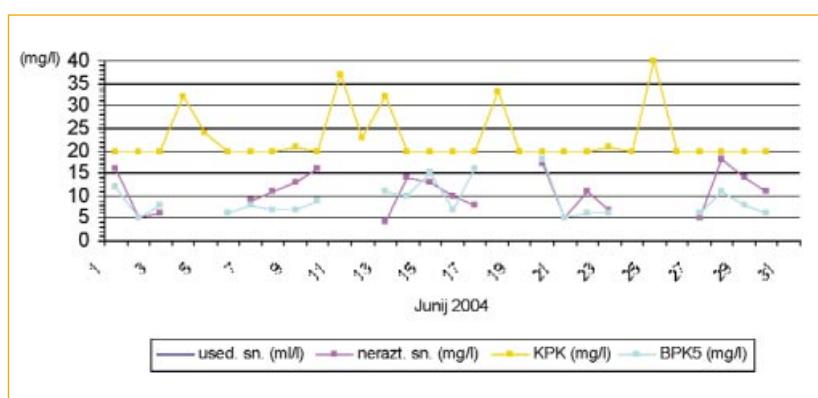
Objekti za sprejem in čiščenje usedlin iz greznic je zgrajen že v 1. fazi. Obsega postajo za prejem, čiščenje na grabljah in avtomatsko vzorčevanje za odpadne vode iz greznic, katere bodo pripeljali tovornjaki.

Obdelava blata potrebuje naslednje objekte:

- Naprava za zgoščanje blata.
- Skladiščenje flotiranega blata v 2. fazi.
- Sušenje blata s centrifugama v 2. fazi.
- Stabilizacija blata v 2. fazi z živimo apnom.
- Skladiščenje in odlaganje blata: Površina, namenjena ravnjanju z blatom, je locirana na zahodni strani naprave, z zunanjim dostopom. Za obdelavo in skladiščenje količine blata, ki se proizvede v 12 do 18 mesecih za prehodno obdobje med obratovanjem je potrebna površina 10.000 m^2 .

Poskusno obratovanje

Trenutno je naprava v fazi poskusnega obratovanja biološke faze. Dosedanji rezultati kažejo odličen učinek čiščenja, vrednosti so boljše kot jih zahteva koncesijska pogodba.



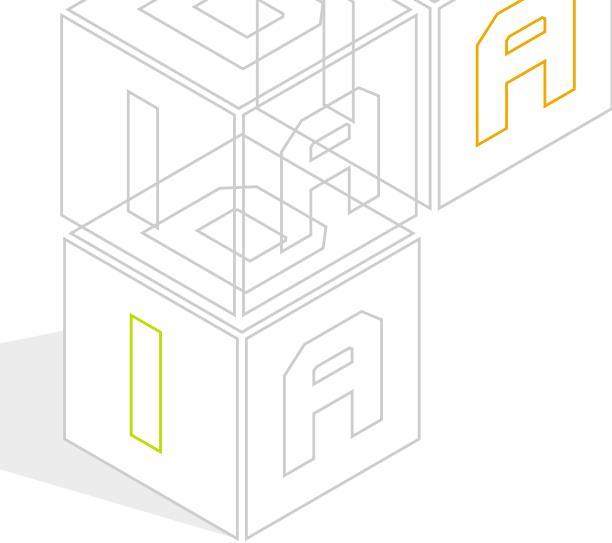
GRAFIKON 1:
Kakovost prečiščene vode v ČN Maribor

Zaključek

Mesto Maribor je preko koncesijske pogodbe zgradilo zelo moderno čistilno napravo za čiščenje odpadne vode. Poskusno obratovanje kaže zelo dobro delovanje čistilne naprave. Zaradi sprememb slovenske zakonodaje se še raziskujejo možnosti končne dispozicije blata.

VIRI

1. Krajnc, Uroš: Pripravljalna dela za izgradnjo centralne čistilne naprave za odpadne vode. Mesta Maribor - Pregled opravljenih del in prisotne dileme. V: Posvet čiščenje odpadnih voda, Ljubljana, 25. in 26. september 1996, s. 111-116.
2. Krajnc, Uroš: Drava River eutrophication modelling downstream of Maribor according to stage building of the waste water treatment plant Maribor. Water Pollution IV Modelling, Measuring and Prediction, 1997, p. 557 - 566.
3. Krajnc, Uroš: The general concept of collecting, cleaning and disposal of wastewater from Municipality of Maribor, Slovenia. V: Proceedings 1st international conference of environmental restoration July 6-9, 1997 Ljubljana, Slovenia, p. 457-464.
4. Šalamon, Danilo; Pedrini Philippe: Presentation of PPP Model in Maribor - Slovenia Conference European Funds and Public Private Partnerships, Warsaw, 13th May 2004



Trajno varovanje globokih vkopov v spremenljivih geološko - geomehanskih pogojih

PERMANENT REINFORCEMENT OF HIGH CUTTING SLOPES IN VARIABLE GEOLOGICAL – GEOMECHANICAL CONDITIONS

mag. Drago OCEPEK, univ.dipl.inž.geol.

Geoinženiring

POVZETEK

Geološko - geomehanske raziskave pri projektiranju trajno varovanih globokih vkopov temelijo na različnih metodah ugotavljanja fizičkih lastnosti hribin, polhribin do zemljin v prostoru gradnje. Trajno varovanje brežin zahteva pravilno izbiro vhodnih podatkov za hribinske stabilnostne analize in analize napetostno deformacijskega stanja izkopa in opornih ukrepov po metodi končnih elementov. Raziskave in analize potekajo najprej z namenom, da bi določili ustrezne trajne oporne ukrepe varovanja brežin za fazo glavnega projekta, kasneje pa še zaradi sprememb med samo izvedbo izkopa. Po končani izvedbi izkopa in varovanja brežin, analize ter trajnost opornih ukrepov preverjamo s pomočjo tehničnega opazovanja. To vključuje meritve sidrinih sil in opazovanja geodetskih točk na brežinah ter meritve pomikov in nivojev vode in inklinometrih - piezometrih. Tehnično opazovanje se nadaljuje tudi v fazi obratovanja objektov. Z dopolnilnimi raziskavami in natančnimi analizami ob uporabi opazovalne metode (geotehnični standardi Eurocode 7) ter meritvami, katerih cena je v primerjavi s stroški opornih ukrepov zanesljiva, se v kolikor niso spremembe geološko - geomehanskih pogojev prevelike, občutno zmanjša investicijska vrednost objekta.

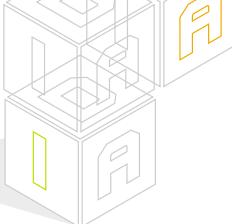
SUMMARY

Work for project of permanent supporting measures on high cutting slopes consists of geological-geomechanical investigations and analysis the quality of rocks, soft rocks and hard soils in the building area. Permanent reinforcement for high cutting slopes requests the proper selection of the input data for stability and stress - strain analysis of excavation and supporting measures of slopes by the finite elements method. Though the primary goal of these investigations and analysis was the proper selection of the permanent retaining measures for cutting slopes during the phase of the main project, investigations and analysis must be continued through variable conditions during the excavations. Before the work on excavations and retaining measures had been finished, the results of analysis were checked by monitoring, measurements of anchor forces and also by geodetic monitoring of reper points on the slopes. This monitoring will continue in the phase of exploitation of the objects. Since the cost of these additional investigations and precise analysis with monitoring (Eurocode 7) and measurements is negligible - in comparison with the costs of the permanent reinforcement - if variable conditions are not too intensive, we were able to reduce effectively the investment value of the object.

SPLOŠNO

Namen osnovnih geološko - geomehanskih raziskav in analiz lastnosti kamenin, mehkih kamenin in zemljin, za izdelavo projekta gradnje visokih vkopov, je določitev načina in pogojev za izvedbo izkopa ter trajnega varovanja brežin z ustreznimi proti erozijskim in opornimi ukrepi. S projektom je potrebno predvideti kasnejše potrebne spremembe in dopolnitve med samo izvedbo, s prilagajanjem geološko geomehanskim razmeram med izvedbo izkopa. Tedaj je potrebno zagotoviti projektantski geološko geomehanski nadzor, ki z natančnimi inženirsko geološkimi meritvami (GSI - geološki trdnostni indeks) zagotovi ustrezne podatke o prostorski legi, strukturi in površinskem stanju plasti in razpok ter registrira vse spremembe v litološki zgradbi, stopnji tektonskih poškodovanosti, ali poškodb zaradi erozijskih procesov.

Pri večjih odstopanjih od s projektom predvidenih sprememb je potrebno opraviti dopolnilne geološko geomehanske raziskave in analize. Odvzeti je potrebno vzorce za laboratorijske preiskave in napraviti dodatne stabilnostne in geostatistične analize (prostorske hribinske stabilnostne analize in analize napetostno deformacijskega stanja z upoštevanjem izkopnih faz in opornih ukrepov). Včasih rezultati analiz omogočajo optimizacijo opornih ukrepov, kar zniža stroške investicije. Lahko pa pri izvedbi izkopa ugotovimo spremembe, ki zahtevajo ojačanje opornih ukrepov, kar stroške investicije poveča. Zato je pri projektiranju potrebno računati tudi z najslabšimi možnimi geomehanskimi pogoji v dani geološki zgradbi. Tudi ta je lahko drugačna od predvidene, predvsem če so osnovne geološko geomehanske raziskave narejene v preskromnem obsegu.



Uporaba delfnih varnostnih faktorjev v skladu z geotehničnimi standardi Eurocode 7 za spremenljive geološko geomehanske pogoje nam omogoča prilagajanje naravnim razmeram. Stalna geološko geomehanska spremljava izkopa in vzpostavitev tehničnega opazovanja pomaga, da še pred koncem izvedbe izkopa in opornih ukrepov, rezultate geostatičnih analiz preverjamo z merjenimi vrednostmi. Te vključujejo meritve sidrnih sil, opazovanja geodetskih točk vgrajenih ob robove brežin, meritve pomikov z globino in nivoje vode v vgrajenih inklinometrih - piezometrih. Po potrebi merimo tudi premike kritičnih razpok in prostorsko napetostno stanje s posebnimi vgrajenimi celicami (CSIRO). Tehnično opazovanje je potrebno nadaljevati tudi v fazi obratovanja objektov in spremembam skrbno slediti ter po potrebi oporne ukrepe tudi dodati.

GEOLOŠKO GEOMEHANSKE RAZISKAVE IN ANALIZE

Raziskave za izdelavo projekta

Raziskovalno delo za izdelavo projekta varovanja brežin globokega vkopa temelji na različnih metodah ugotavljanja fizikalnih lastnosti kamenin, mehkih kamenin do zemljin ter na pravilni izbiri vhodnih podatkov za hribinske stabilnostne analize in analize napetostno deformacijskega stanja po metodi končnih elementov.

Inženirsko geološko kartiranje in geofizikalne meritve

V začetni fazi raziskav je obravnavano področje potrebno podrobno inženirsko geološko kartirati in poiskati vse golice za natančne meritve razpok. Zavedati se je treba, da so raziskovalne vrtine le točkovni podatek, zato se je še posebej potrebno potruditi pri podrobnom kartiraju razpoložljivih golic.

Pomagamo si tudi s sondažnimi razkopi, v katerih je prav tako potrebno opraviti meritve plastovitosti, razpok ter podrobno popisati površinsko stanje kamenine. V kolikor je na obravnavanem območju debelejši preperinski pokrov si pomagamo tudi z geofizikalnimi preiskavami (geoelektrične in seizmične meritve).

Raziskovalno vrtanje z »in situ« meritvami

Pri vrtanju se je potrebno poslužiti tehnologije vrtanja z dvojno, ali več stenskim jedrnikom, ob uporabi diamantnih kron in hlajenjem z vodo, pri mehkih kameninah pa z uporabo teže polimerne izplake. Med vrtanjem je potrebno v trdih in mehkih kameninah opraviti meritve s presiometrom, v zemljinah pa meritve z dilatometrom ter odvzeti vzorce za laboratorijske preiskave. Skrbno je potrebno registrirati globino pojava podzemne vode, še posebej takrat ko je vezana na razpoklinske sisteme. Zelo dobro je da opravimo tudi nalivalne preizkuse in meritve z vodo pod pritiskom (VDP). Če imamo vrtine na primerni razdalji je priporočljivo opraviti tudi »crosshole« meritve (geofoni razvrščeni v dveh vrtinah, pri čemer dobimo s proženjem seizmičnih valov zelo kvalitetno preslikavo), ali vsaj »down hole« meritve (geofoni razvrščeni v eni vrtini) kombinirati s seizmičnim profiliranjem (geofoni razvrščeni na površinskem profilu) in napraviti seizmično tomografijo.

Pri popisu vrtin je potrebno enako, kot pri površinskem kartiraju, uporabiti novo hribinsko klasifikacijo z določitvijo območja vrednosti geološkega trdnostnega indeksa GSI (Marinos in Hoek, 2000, 2001).

Laboratorijske preiskave

V trdih kompaktnih kameninah je potrebno izvesti vsaj preiskave enoosne tlačne trdnosti, če je mogoče tudi z določitvijo deformacijskih parametrov (modul elastičnosti in Poissonov količnik), v preperilih kameninah pa preiskave točkovnega trdnostnega indeksa vzporedno in pravokotno na plasti. V mehkih kameninah je potrebno opraviti direktne strižne, rotacijske strižne, ali če je le mogoče triosne strižne preiskave. V tektonsko pregnetenih ali drugače oslabljenih conah mehkih kamenin je potrebno opraviti tudi edometrske preiskave z določitvijo modula stisljivosti in po potrebi koeficiente prepustnosti.

Mineraloško petrografske preiskave

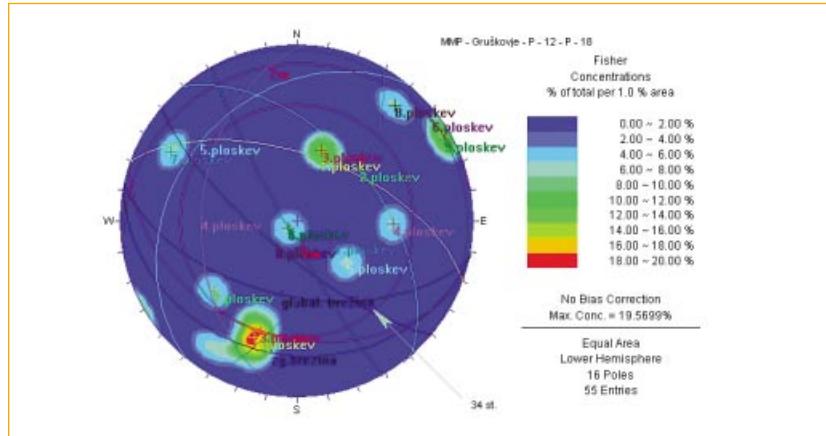
Zelo pomembno je določiti tudi mineraloško zgradbo, strukturo in teksturo kamenine. V ta namen izvedemo hkrati z geomehanskimi laboratorijskimi preiskavami mineraloško petrografske preiskave (lahko tudi na istih vzorcih). Dobro je izvesti tudi mikroskopske in rentgenske analize. Rezultati nam služijo za izračun materialnih konstant od preperele do kompaktne kamenine.

Analize za določitev načina možne porušitve in materialnih parametrov

Diagram prostorske porazdelitve razpok

Vse meritve prostorske lege razpok po posameznih golicah in sondažnih jaških, ter kasneje izvedene tudi v fazi izkopa, (PZI) uporabimo za izdelavo zbirnega, konturnega diagrama polov razpok. Pri tem je v nasprotju z ročno obdelavo zelo uporaben programski paket Rocscience - program DIPS. Z njim si pomagamo pri določitvi kontur zgostitev prostorske porazdelitve razpok na projekciji enakih površin, ali enakih kotov. Na tem diagramu tvorijo meridiani maksimumov zgostitev presečne razpoklinske sisteme z meridiani projektiranih brežin, ki jih oklepa kritično področje kroga strižnega kota. Za strižni kot izberemo najnižjo vrednost določeno za hribinsko maso po poslošenem Hoekovem in Brownovem kriteriju z aplikacijo za brežine (Hoek, Carranza - Torres, Corkum, 2002).

Z Marklandovim testom ugotovimo ali je izpolnjen pogoj za zdrs klina ali bloka, ali pa možnost strukturne porušitve celo izključimo. V kolikor tvorijo meridiani maksimumov zgostitev presečšča razpoklinskih sistemov znotraj kritičnega področja, je potrebno računati z možnostjo strukturnih porušitev. Te je potrebno preveriti s prostorskimi hribinskimi stabilnostnimi analizami.

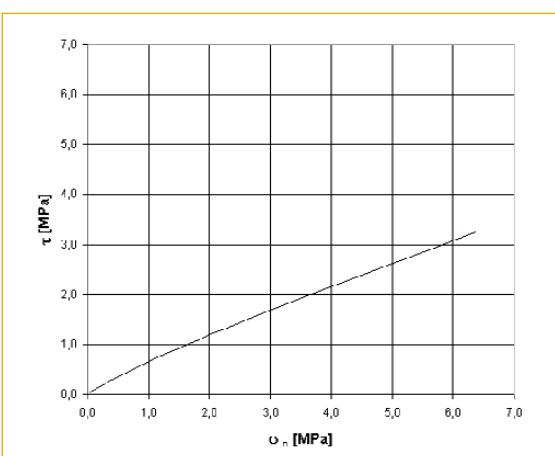


SLIKA 1
Konturni diagram polov razpok z meridiani zgostitev in meridiani brežin s kritičnim področjem, ki ga oklepa strižni kot

Določitev strižnih karakteristik razpok

Za izračun prostorskih hribinskih stabilnostnih analiz moramo ugotoviti strižne karakteristike razpok. V kolikor je na obravnavanem področju že bila kakšna porušitev se je najprikladnejše poslužiti povratne hribinske stabilnostne analize. Če so razpoke zapolnjene z mehkejšimi glinastimi polnitvami lahko opravimo tudi laboratorijske preiskave. Te so primerne predvsem v mehkih kameninah, kjer jih je potrebno opraviti na intaknih vzorcih. Številne praktične izkušnje kažejo, da so rezultati povratnih analiz najbolj primerljivi s triosnimi strižnimi preiskavami.

V trdih kameninah strižne karakteristike razpok najlaže določimo s pomočjo izračuna po metodi Barton in Bandisa (1990). Pri tem se lahko poslužujemo vizualne klasifikacije tipičnih hrapavih površin razpok (Barton, Choubey; 1988), ali pa določimo hrapavost s pomočjo meritev in kvantitativne analize.



SLIKA 2
Sovisnica strižne trdnosti in normalne napetosti v ploskvah razpok določena po metodi Barton in Bandisa za določitev trajnega varovanja brezin MMP - Gruškovje.

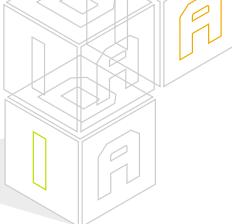
Geološki trdnostni indeks GSI ter pospoljen Hoekov in Brownov porušitveni kriterij

Na podlagi pospoljenega Hoekovega in Brownovega porušitvenega kriterija (Hoek, Carranza, Torres in Corkum, 2002) z aplikacijo na brežine določimo trdnostno deformacijske parametre različne kvalitete hribine. Ti nam kasneje služijo za izdelavo geostatičnih analiz napetostno deformacijskega stanja izkopa in varovanja z opornimi ukrepi, ter posredno pri prostorskih hribinskih stabilnostnih analizah, z določitvijo potrebnih opornih ukrepov za varovanje brezine po izkopu.

Vhodne podatke za izračun porušitvenega kriterija pridobimo s pomočjo podrobnega inženirsko geološkega kartiranja z meritvami razpok in določitvijo geološkega trdnostnega indeksa - GSI ter z določitvijo enoosne tlačne trdnosti, ali s pomočjo parov efektivnih napetosti triosnih preiskav.

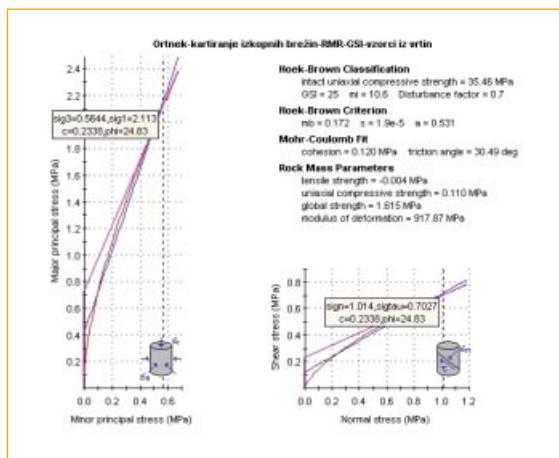
Ocenjevanje geološkega trdnostnega indeksa otežujejo poškodbe, ki jih povzroči miniranje. Pri ocenjevanju je po možnosti potrebno uporabiti nepoškodovane površine. V novejši klasifikaciji (Marinos in Hoek, 2001), ki je uporabljen tudi v posebnem programskem paketu RocLab (Rocscience 2002) za izračun pospoljenega porušitvenega kriterija, je posebej prikazana preglednica za določitev faktorja porušenosti hribine D ob različnih metodah izkopavanja.

Za vsak tip hribinske mase in napetostno območje je potrebno določiti pripadajoči strižni kot in kohezijo v odnosu z Mohr - Coulombovim porušitvenim kriterijem. To naredimo s prileganjem povprečnega linearnega razmerja k sovisnici nelinearnega Hoekovega in Brownovega odnosa v območju vrednosti najmanjših glavnih napetosti $\sigma_1 < \sigma_3 < \sigma_{3\max}$. Pripadajoči strižni kot in kohezijo izračunamo po metodi najmanjših kvadratov (Hoek, E., Carranza - Torres, C., Corkum, B., 2002).



SLIKA 3

Določitev geološkega trdnostnega indeksa GSI v tipični mešani tektonsko poškodovani in pregneteni hribinski masi (skrilav meljevec do glinovec prehodi v kremenov peščenjak) na sveže odkopani brežini (predhodno gladko miniranje, pri mehkih kameninah v primerni razdalji od projektirane brežine, nato strojni izkop - upoštevanje faktorja poškodovanosti hribine - $D = 0,7$). Pred izvedbo torkretiranja brežine poteka polaganje in pritrditve armaturnih mrež.



SLIKA 4

Analiza trdnostno deformacijskih parametrov mešane hribinske mase: Hoekov in Brownov porušitveni kriterij za brežine (Hoek, Carranza, Torres in Corkum, 2002) s prikazom prileganja Mohr - Coulombove premice s tangento in sekanto.

Prostorske hribinske stabilnostne analize z določitvijo opornih ukrepov

Stabilnost strukturnih porušitev, pri katerih porušna ploskev ne vpada vzporedno z ravnino brežine, je potrebno analizirati tridimenzionalno. To je danes omogočeno z visoko razvito računalniško grafiko in z ustreznimi računalniškimi programi. Vse analize brežin so nekoč izvajali dvodimenzionalno. Rešitve teh analiz dajejo nižje varnostne faktorje, kot prostorske. Danes je to preveč konzervativno in neekonomično, saj so tudi oporni ukrepi bolj razviti, bolj učinkoviti in trajnejši (npr.: trajna prednapeta sidra, zaščitenia proti rjavenju). Tridimenzionalne analize obravnavajo zdrs poljubnega tetraedrskega klina in razporeditve trenja, glede na način porušitve: zdrs po presečišču, zdrs po eni od ploskev. Hkrati upoštevajo hidrostaticne pritiske (z možnostjo poljubne razporeditve in modela), v kolikor so prisotni, ter zunanje sile in obremenitve (npr.: aktivna ali pasivna sidra, obloge brežin, potres, projektne obremenitve) v katerikoli smeri in prostorski razporeditvi. Tudi ravnine izkopnih brežin imajo lahko poljubno, celo previno lego. Na presečnih ploskvah razpok so lahko različno upoštevani trdnostni parametri, možno pa je spremenjati tudi velikost klina (s sprememnjanjem razdalje natezne razpoke ter dolžine presečišč ploskev klina s spodnjo in zgornjo brežino), in s tem ugotavljati kritično velikost, pri kateri pride do zrsa (določitev ključnega bloka, kritične višine in širine brežine, v odvisnosti od vhodnih podatkov). Poleg tega je možno analizirati tudi verjetnost porušitve z upoštevanjem in izbiro statistične porazdelitve prostorskih podatkov in tudi fizikalnih karakteristik razpok.

Analize napetostno deformacijskega stanja izkopa in opornih ukrepov

Za matematično modeliranje je potrebno ugotoviti napredovanje porušitve hribinske mase z določitvijo karakteristik po preseženi vrhunski trdnosti ali po porušitvi. Hoekov in Brownov porušitveni kriterij se pri nekaterih modelih obravnavata kot kriterij plastičnega tečenja, pri čemer se analize izdela z uporabo teorije plastičnosti (Pan in Hudson, 1988). Posebna pravila za to niso definirana, temveč imamo le osnovna vodila, pridobljena z izkušnjami pri numeričnih analizah različnih praktičnih problemov, s katerimi so predlagane osnovne karakteristike po porušitvi.

V računalniške programe je danes vgrajena cela vrsta konstitutivnih modelov različnih avtorjev, za katere je potrebno vstaviti ustrezne vhodne parametre. Pri projektiraju visokih vkopov se najpogosteje uporablja Mohr - Coulombov konstitutivni model, kateremu je mogoče vhodne parametre določiti na podlagi standardnih terenskih in laboratorijskih raziskav zemljin in hribin. Rezultati analiz so zadovoljivi in za projektiranje trajne zaščite brežin v spremenljivih geološko geomehanskih pogojih primerni. To dokazuje tehnično opazovanje z meritvami in primerjavo napovedanih in merjenih deformacij.

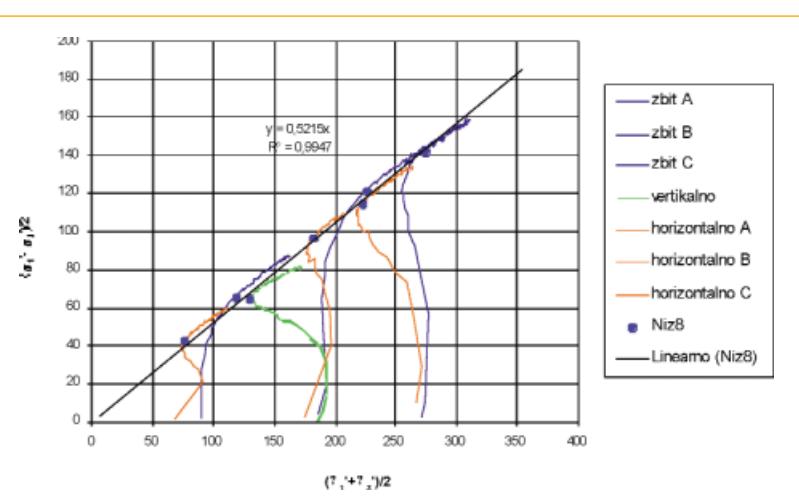
V stabilnostnih analizah po MKE, ki smo jih uporabljali pri projektiranju visokih vkopov (programski paket GEOSLOPE: SLOPE/W) je možno napetosti izračunane s pomočjo programa SIGMA/W, uporabiti za izračun varnostnih faktorjev. Napetosti so izračunane na dnu vsake rezine drsine, za določitev aktivirane strižne in normalne napetosti. Normalna napetost je uporabljena za izračun razpoložljive strižne trdnosti. Aktivirana in razpoložljiva strižna trdnost se za oceno uporabljeni razpoložljive trdnosti v dnu vsake drsine primerjata, kar se nanaša na lokalni varnostni faktor. Za izračun globalnega faktorja se aktivirana strižna trdnost in strižna trdnost integrirata vzdolž celotne površine drsine. Pri reševanju geotehničnih problemov nam uporaba takšne hibridne analize omogoča popolnoma nov pristop k izračunu lokalnih in globalnih faktorjev varnosti. Na brežinah tako ne ugotovimo samo mejne varnosti, ampak napovemo tudi deformacije, ki nastanejo med izvedbo in po njej.

PRIMERI PROJEKTIRANJA TRAJNE ZAŠČITE BREŽIN VISOKIH VKOPOV

Trajno varovanje brežin v prostoru gradnje skladišča naftnih derivatov Ortnek

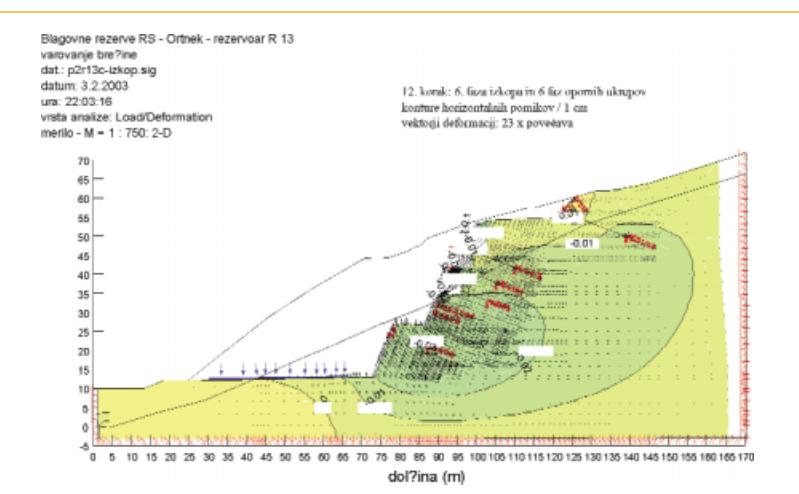
V fazi raziskav med izvedbo je bila brežina že med izkopom prve kampade dodatno inženirsko geološko skartirana. Opravljene so bile natančne meritve razpok in obenem določen geološki trdnostni indeks GSI. Na izkopni brežini so bili odvzeti vzorci za triosne strižne preiskave in edometrsko preiskavo, ki je služila predvsem za določitev koeficiente prepustnosti hribine. Za določitev modula elastičnosti hribine so bile v sidrni vrtini opravljene tudi meritve s presiometrom.

Rezultati triosnih strižnih preiskav so bili skupaj s karakteristikami določenimi na podlagi RMR in GSI vneseni v izračun posplošenega Hoekovega in Brownovega porušitvenega kriterija. Prostorske hribinske stabilnostne analize so bile narejene po odsekih brežine najprej za vsak prostorsko različno usmerjen presečni razpoklinski sistem posebej, kasneje pa so bile vse meritve nizov razpok zbrane in analizirane glede na njihovo skupno prostorsko porazdelitev. Na podlagi ugotovljenega skupnega presečnega razpoklinskoga sistema je bila izdelana globalna prostorska hribinska stabilnostna analiza z upoštevanjem projektnega seizmičnega pospeška. Narejena je bila tudi natančna analiza napetostno deformacijskega stanja vseh šestih faz izkopa in vgrajenih opornih ukrepov ter analiza zadnje faze temeljenja rezervoarja. Celoten izkop je bil stabilnostno preverjen s hibridno analizo po MKE, s katero sta bili ugotovljeni kritična in globalna drsina.

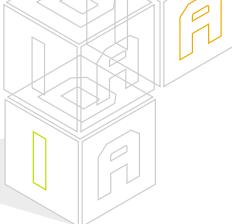


Prikaz napetostnih poti triosnih strižnih preiskav sedmih vzorcev odvzetih med izkopom brežine z določeno skupno strižno premico.

Preiskavo je izvedla Katedra za mehaniko tal FG - Ljubljana. Rezultati preiskave so služili za izdelavo analize napetostno deformacijskega stanja izkopa in opornih ukrepov.



SLIKA 6
Elastoplastična analiza s konturami horizontalnih pomikov na 0,01 m in vektorji deformacij (23 kratna povečava). Maksimalna velikost vektorja je nad zgornjo vrsto sicer pri vrhu brežine: 10,8 cm.



SLIKA 7

Izvedba trajnih opornih ukrepov po izkopu brežine. Zgoraj je že izvedena AB greda učvrščena s trajnimi prednapetimi geotehničnimi sidri prek sidrni blokov v obliki pritezane piramide. Spodaj poteka torkretiranje brežine z brizganim betonom v debelini $d \approx 0,2$ m.

Na podlagi dopolnilnih raziskav in natančnih analiz, katerih cena je v primerjavi s stroški opornih ukrepov zanemarljiva, se je občutno zmanjšala investicijska vrednost objekta.

Projektiranje in izvedba opornih konstrukcij na AC - Blagovica - Kompolje

Med raziskovalnim vrtanjem v fazi gradnje avtoceste je bila v dveh vrtinah v zaledju prvotno predvidene težnostne oporne konstrukcije OZ - 01, na prehodu med preperelo in kompaktno hribino, ugotovljena pregneta in vlažna do razmočena cona mehke kamenine - pol hribine, ki nakazuje fosilno drsino. Ta je bila ugotovljena tudi v treh intaktnih vzorcih, odvzetih iz območja zalednih brežin konstrukcij OZ - 02 in OZ - 04 avtocestnega odseka Blagovica - Kompolje, kjer sta se med gradnjo aktivirala plazova in ogrožila nadaljevanje del.

Glede na ugotovljene razmere je bilo možno zagotoviti trajno varovanje zalednih brežin ob kritičnem odseku AC le z izgradnjo globoko temeljenih sidranih opornih konstrukcij. Na odseku, kjer je bil registriran fosilni plaz in labilne površine preperinskega pokrova, je bila projektirana in izvedena pilotna stena OZ - 01, sidrana v zaledno kompaktno mehko hribinsko maso. Na začetnem in končnem delu, kjer je bilo potrebno le varovanje nasipa deviacijske ceste, je bil projektiran in izведен podporni zid, temeljen na pilotih.

Projektirana konstrukcija:

- piloti $\phi 1,5$ m, dolžine 12 do 15,0 m (4,5 m v kompaktni hribini) in greda 1,5 m (skupaj 16,8 m),
- 5 pilotov / kampado $L = 13$ m (raster 2,6 m),
- 6 vrvna sidra pod kotom 30° dolžine $L = 21$ do 26 m, vezni del v kompaktni hribini 7 m,
- 10 sider / kampado $L = 13$ m (povprečni raster sider 1,3 m),
- prednapetje sider 450 do 550 kN,
- podporni zid nad gredo višine 2,2 m.

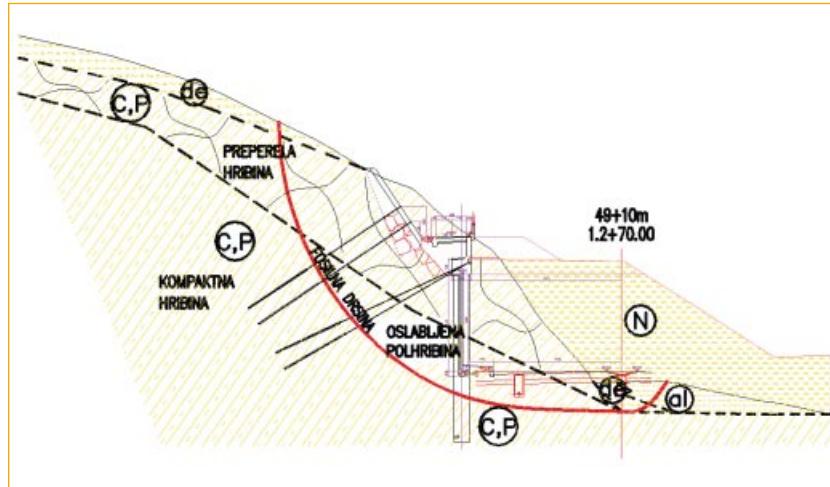
Varovanje izkopne brežine nad pilotno steno:

- kamnita zložba v betonu,
- sidrani slopi na horizontalnem rastru 2 m,
- 2 sidra na slopu, pravokotno na slop, dolžine $L = 18$ m, vezni del v kompaktni hribini 7 m,
- pri izkopu za gredo oblaganje brežine pod zložbo in slopi s kamni (kamnita obloga).

Projektirana konstrukcija pred začetkom in v nadaljevanju pilotne stene:

- piloti $\phi 1,18$ m, vpetje 3,6 m v kompaktno hribino (konzola),
- raster pilotov 4 m,
- podporni zid nad gredo višine od 3 do 4,5 m (višji v smeri proti Ljubljani).

Na sliki 8 prikazujemo kritičen geološko geotehnični prečni prerez s fosilno drsino in projektirano konstrukcijo v osrednjem najvišjem delu pobočja ob avtocesti.



SLIKA 8
Geološko geotehnični prerez, ki je služil za geostatično analizo. Hribina je razdeljena na tri kategorije. Zgoraj leži preperela hribina; v območju nad fosilno potencialno reaktivirano drsino - debelejsa rdeča črta, leži oslabljena (v preteklosti splazela) hribina. Spodaj je kompaktna hribina (skrilav meljevec s polami drobnozrnatega peščenjaka in prehodi v glinast skrilavec).



SLIKA 9
Izkop po kampadah in sprotno varovanje brežine s kamnito oblogo v betonu ojačano z AB sidranimi slopi, učvrščenimi s trajnimi nenanpetimi sidri pred oporno konstrukcijo OZ - 02 na odsek AC - Blagovica - Kompolje. V ozadju levo je vidna AB sidrana greda pilotne stene nad deviacijsko cesto.

Projektiranje in izvedba varovanja brežin v prostoru gradnje MMP Gruškovje

Za potrebe gradnje mednarodnega mejnega prehoda Gruškovje smo v fazi izdelave projekta za izvedbo varovanja brežin izdelali geostatične analize. Za to smo izvedli dodatne geološko geotehnične preiskave in meritve.

Geološko geomehanske raziskave za potrebe projektiranja

Trdnostne in deformacijske parametre preperele in kompaktne hribine smo pridobili na podlagi analize posplošenega Hoekovega in Brownovega porušitvenega kriterija za brežine (računalniški program RocLAB - Rocscience 2002). Pri tem smo kot vhodne podatke uporabili niz laboratorijskih preiskav enoosne tlačne trdnosti in točkovnega indeksa hribine iz vrtine V - 1 (edina vrtina izvedena na brežini z uporabo diamantne krone in dvostenskega jedrnika). Geološki trdnostni indeks GSI smo določili na podlagi vrednotenja rezultatov podrobnega inženirsko geološkega kartiranja obstoječih vkopnih brežin in meritev, v dodatno izvedenih sondažnih jaških ter posredno s pomočjo določitve RMR v vrtini.

Prostorske hribinske sabilnostne analize smo izdelali na treh karakterističnih prerezhih, kjer dosežejo vkopne brežine najvišjo višino: P - 15 ob magistralni cesti Ptuj - Macelj, višine H = 30 m, P - 12 nad predvidenimi objekti carine in fitosanitarne zdravstvene inšpekcijske, višine H = 63,5 m ter P - 18 ob lokalni cesti LC 457, višine H = 40 m. Kritični prerez P - 12 smo obdelali tudi z analizo napetostno deformacijskega stanja izkopnih faz in opornih ukrepov ter s hibridno stabilnostno analizo po metodi končnih elementov.

Podatki meritev razpok so bili obdelani na skupnem konturnem diagramu razpok (program DIPS - Rocscience) posebej za brežino ob magistralni cesti in posebej za brežino ob lokalni cesti. Ločena obdelava je smiselna, saj poteka prek doline potoka Maceljčica in prek obeh pobočij prelom v smeri severozahod - jugovzhod, ki vpliva na različno prostorsko usmeritev razpoklinskih sistemov. Strižne karakteristike razpok smo določili na podlagi vrednotenja koeficiente hravavosti JRC, trdnosti sten razpok JCS, enoosne tlačne trdnosti in bazičnega strižnega kota hribinske mase. Za vhodne podatke so nam služile podrobne meritve razpok iz vrtine V - 1 in določitve enoosne tlačne trdnosti vzorcev. Osnovni kot notranjega trenja smo določili na podlagi posplošenega Hoekovega in Brownovega kriterija za brežine. Najprej smo opravili korekcijo koeficiente hravavosti in koeficiente trdnosti sten razpok med velikostjo vzorcev in velikostjo hribinskih blokov, nato pa smo za izbrano območje napetosti določili povprečno strižno trdnost razpok.

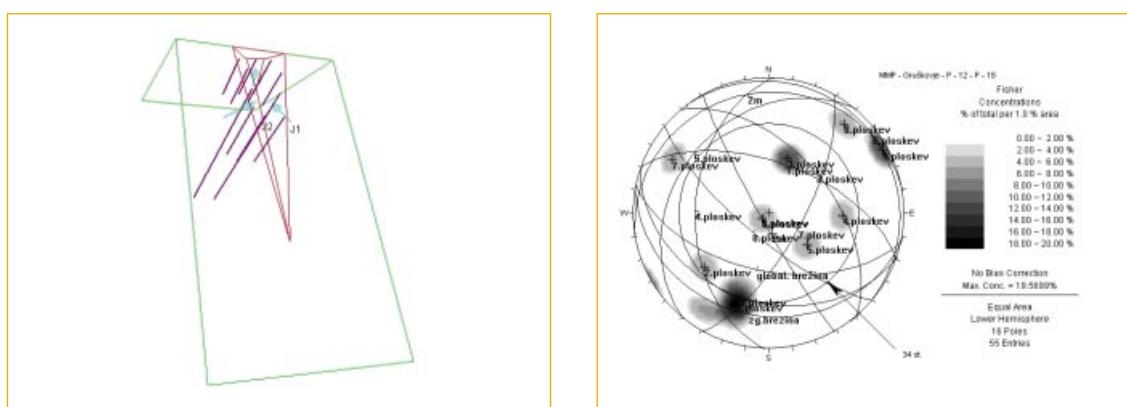
Geološko geomehanske raziskave v fazi izvedbe

V okviru inženirske geološke spremljave izkopa brežin smo podrobno določili litološke meje in prostorsko lego plasti in razpok. Meritve površinskega stanja sveže odkopane hribinske mase in površinskega stanja razpok so bile opravljene takoj po izvedenem strojnem izkopu in kasneje takoj po izvedenem gladkem miniranju. Na podlagi rezultatov meritev je bil izvrednoten geološki trdnostni indeks (GSI, Hoek, Carranza-Torres in Corkum, 2002). Podrobno smo pregledali izkopne brežine ter popisali jedra vrtin za izvedbo nadvoza. Določili smo litološko zgradbo, RQD, stanje razpok ter izvedli meritve prostorske lege diskontinuitet (plastovitost, foliacija, skrilavost in razpoke).

Prostorska hribinska stabilnostna analiza

Prostorske stabilnostne analize kritičnih klinov smo obdelali z računalniškim programom Rocscience - SWEDGE 4.077 po metodi Hoeka & Braya. Pogoj za zdrs klina različnih kombinacij presečnih razpoklinskih sistemov razpok, ugotovljenih z dodatnimi meritvami ob izkopu brežin, je bil določen z Marklandovim testom na Schmidtovem diagramu razpok. Prostorske podatke lege presečnih ravnin razpok (strižnih in nateznih) in plastovitosti smo določili na podlagi maksimumov zgostitev polov razpok s pomočjo konturnega dijagrama (slika 4).

Med izvedbo izkopa in varovanja brežin je po zimski odjugi in obilnem pomladanskem deževju v območju razpoklinske cone preprele in tektonsko poškodovane hribine prišlo nad lokalno cesto med profili P - 17 in P - 18 do večjih deformacij in poškodb na delu že varovane brežine s pasivnimi sidri in na vmesni bermi. Voda v vgrajenih inklinometrih - piezometrih se je dvignila do ustja vrtin. Zaradi velikih hidrostatičnih pritiskov so se razpoke razširile, kar je povzročilo padec kohezijske trdnosti, ki jo v normalnih pogojih povzroča hravavost razpok. Deformacije so dosegle velikostni red do 3,8 cm. Brežino smo takoj sanirali z dodatnimi injektirnimi sidri, in zaradi vertikalne lege novo odprtih sekundarnih razpok na kritičnem odseku, dodali še vodoravno 3 x sidранo AB gredo. Takoj smo opravili podrobne meritve novo nastalih razpok in izdelali povratno prostorsko stabilnostno analizo.



SLIKA 10

Prostorska hribinska stabilnostna analiza z določitvijo sanacijskih ukrepov med gradnjo in konturni diagram razpok kritične brežine med profili P - 12 in P - 18, kjer poteka prelomna cona močno razokane mešane kamenine trdnostno deformacijsko različnih kamenin: razpoklinsko porozen grobo zrnat peščenjak in drobno zrnat peščenjak, ki preide v slabo prepusten tektonsko pregneten skrilav meljevec. Zunanja razpoklinska cona ob prelomu in notranja prelomna cona s tektonsko pregneteno mehko kamenino ter hitrimi litološkimi spremembami, poteka prečno prek pobočja in tako zajame široko območje izkopihih etaž spodaj od profila P - 9 m vse do P - 19 v osrednjem delu pobočja.



SLIKA 11

Nastanek hribinskega odrona: levo zgornja odlomna razpoka na tretji etaži, desno spodnja izrvrna razpoka na spodnji brežini ob cesti nad projektiranimi objekti.

Za trajno stabilnost brežine smo v skladu s predstandardi EUROCODE 7 (projektiranje v spremenljivih geotehničnih pogojih) izbrali varnostni faktor $F = 1,25$. Pri tem je za zagotovitev stabilnosti potrebno brežino varovati z mrežo in brizganim betonom, učvrščeno s pasivnimi sidri ($Q = 200 \text{ kN}$), v območju prelomne cone pregnetenega skrilavega meljevca v spodnjem delu ob cesti dodatno tudi z 2 x sidranimi AB slopi. Na kritičnem odseku smo na vmesno etažo dodali tri geotehnična sidra zaklinjena na silo $P_0 = 450 \text{ kN}$ do 500 kN (večja sila zaklinjenja je v območju peščenjaka, manjša pa v območju skrilavega meljevca). V analizi smo upoštevali dejansko število pasivnih in trajnih geotehničnih sider, ki delujejo na ugotovljen kritični klin s podano prostorsko lego in velikostjo.

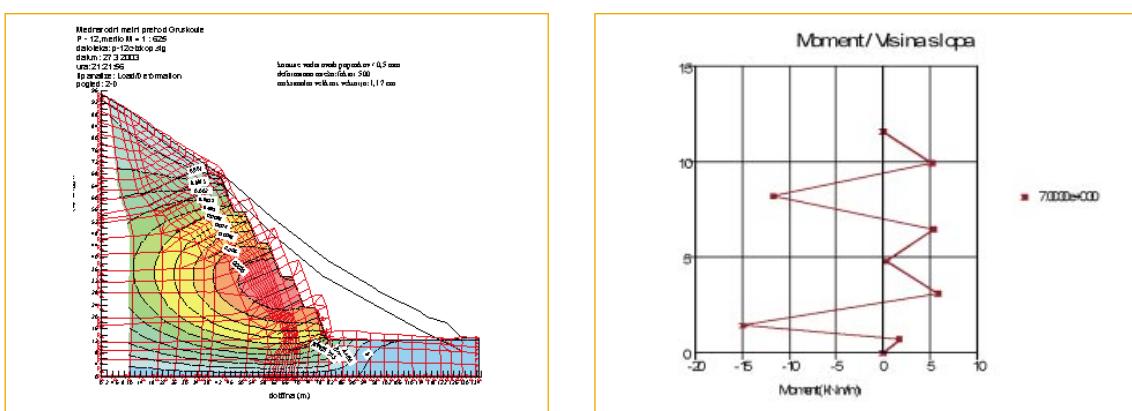


SLIKA 12

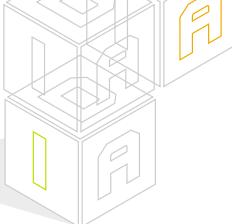
Izvedba sanacije s horizontalnim AB slopom. Zgoraj poteka vrtanje za vgradnjo pet pramenskih trajnih geotehničnih sider, na spodnji etaži pa izkop do nivele platoja MMP. V zgornji vrsti spodnje etaže so vidna že vgrajena trajna geotehnična sidra. Po končanem izkopu je potekalo vrtanje za spodnjo etažo sider in nato opaženje, polaganje armaturnih košev ter betoniranje slopov.

Analiza izkopa in opornih ukrepov

Geostatične analize po metodi končnih elementov smo izdelali s programskim paketom Geoslope (programa SIGMA/W in SLOPE/W), verzija 5.15. Analize so obsegale analizo začetnega napetostnega stanja pred izvedbo izkopa, podrobno analizo postopnega odkopavanja ter izvedbe opornih ukrepov in stabilnostno analizo z upoštevanjem spremembe napetostno deformacijskega stanja po izvedbi izkopa in varovanja s sidranimi slopi. Za analizo napetostno deformacijskega stanja kritičnega profila smo na podlagi rezultatov prvotnih in dodatnih terenskih in laboratorijskih raziskav uporabili konstitutivni elastoplastični model.



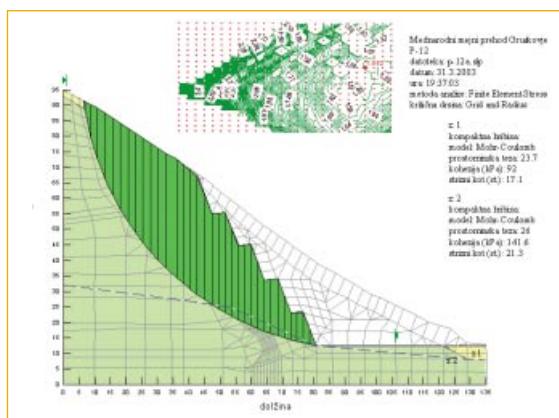
SLIKA 13
Konture horizontalnih pomikov (m) in deformirana mreža (faktor 500 x) po sedmi fazi izkopa ter izvedenih opornih ukrepov. Desno diagram momentov v slopu po končani izvedbi. Slopi so v medosni razdalji na 5 m. Maksimalni moment je v točki 3 (razdalja 1.4 m od dna izkopa): $M_{\max} = -15,6 \text{ kNm/m}$.



SLIKA 14

Izvedba dva krat sidranih AB slopov na spodnji brežini in v osrednjem delu tektonsko poškodovane in oslabljene hribinske mase s prevladujočim skrilavim meljevcem.

Stabilnostno analizo smo izdelali s pomočjo programa Geoslope (Slope/W), pri čemer smo uporabili napetosti izračunane do zadnje faze izkopa s programom Sigma /W. Upoštevali smo tudi razmeroma visok vodostaj v primeru daljšega deževnega obdobja, ki obsegajo dobro prepustno območje deluvijalnega preperinskega sloja (CL/GC) in preperele hribine (preperel peščenjak s polami meljevca). Na sliki 10 prikazujemo izračun stabilnosti s kritično drsino. Globalna stabilnost pobočja po izkopu in izvedenih opornih ukrepov: - kritična drsina s faktorjem varnosti proti zdrsu: $F = 1,562$.



SLIKA 15

Stabilnostna analiza po metodi končnih elementov kritičnega prereza P - 12 za fazo PGD - PZI ob upoštevanju izkopnih faz in varovanja z 2 x sidranimi slopi na zgornji in spodnji brežini ob cesti.



SLIKA 16

Pregled projektne dokumentacije in izvedbe varovanja brezin, je skupaj s projektantom in predstavnikom izvajalca - Primorje d.d. ter inženirskimi geologi - udeleženci 4. slovenskega geotehničnega kongresa, opravil tudi prof. Paul Marinos (prejšnji predsednik IAEG), mednarodni konzultant pri projektih s področja mehanike hribin in avtor uporabljenih hribinske klasifikacije za določitev območja vrednosti geološkega trdnostnega indeksa - GSI.

ZAKLJUČEK

Pri projektiranju trajnega varovanja brežin globokih vkopov se je pokazalo, da je poleg ustreznih izvedenih geološko geotehničnih preiskav in geostatičnih analiz v fazi načrtovanja, pomemben tudi skrben projektantski geološko geotehnični nadzor izvedbe. Z njim dosežemo, da bo projektna rešitev trajnega varovanja visokih vkopnih brežin v dano geološko-geotehnično sredino umeščena optimalno. Tako skupaj z načrtovanim tehničnim opazovanjem - monitoringom zagotovimo zahtevano varnost med izvedbo in po njej ter hkrati racionalen način projektiranja.

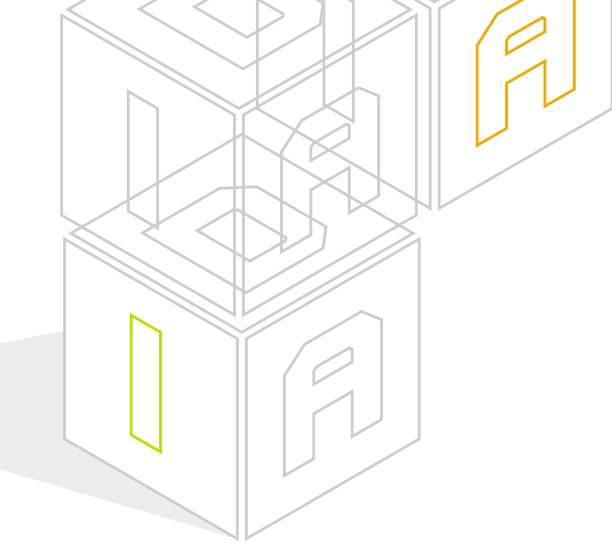
Pri sami izvedbi je potrebno za vsako spremembo, bodisi v sestavi temeljnih tal, ali v geološki zgradbi zalednih brežin, sproti podati ustrezeno rešitev. Pri tem si v različnih hribinskih masah pomagamo z novejšo klasifikacijo (določitev geološkega trdnostnega indeksa - GSI) za razpokane in mešane tako trde, kot mehke kamenine, ali celo tektonsko poškodovane in pregnetene hribinske mase (Marinos in Hoek, 2001).

Pridobljeni parametri nam skupaj z rezultati laboratorijskih preiskav izvedenih v fazi načrtovanja, ali celo z dodatnimi med samo izvedbo, služijo za potrebljeno ponovitev geostatičnih analiz.

Po vsaki zaključeni gradbeni fazi je potrebno vzpostaviti ustrezeno tehnično opazovanje - monitoring. Z njim zagotovimo možnost primerjave napovedanih računskih pomikov z dejansko izmerjenimi ter možnost izvedbe dodatnih opornih ukrepov, v kolikor bi bili potrebni. Z monitoringom nadaljujemo tudi v fazi obratovanja objekta in tako dejansko preverjamo trajnost opornih ukrepov.

LITERATURA

- (1) BARTON, N. R. and CHOUBEY, V. (1977). The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics* 10 (1 - 2), str.1 - 54.
- (2) BARTON, N. R. and BANDIS, S. C. (1990). Review of predictive capabilities of JRC-JCS model in Engineering practise. In *Rock Joints*, proc. Int. Symp. On rock joints, Leon, Norway. Editors: N. Barton and O. Stephansson, Rotterdam: Balkema.
- (3) Eurocode 7: Geotechnical design, Adopted European Prestandard, European Comitee for Standardization, ENV 1997 - 1: 1994.
- (4) MARINOS, P., HOEK, E. GSI: A geologically friendly tool for rock mass strength estimation, International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Geoeng 2000. Technomic Publishing Company, Inc. U. S. A., 2000, str. 1422 - 1440.
- (5) HOEK, E., CARRANZA - TORRES, C. T., and CORKUM, B. Hoek - Brown failure criterion - 2002 edition. Proc. North American Rock Mechanics Society meeting in Toronto in July 2002.



PROJEKT R3E – Komunikacijske rešitve za energetsko varčne stavbe

THE R3E PROJECT – COMMUNICATION SOLUTIONS FOR ENERGY-EFFICIENT BUILDINGS

mag. Samo CEFERIN, univ.dipl.inž.el.

Smart Com

POVZETEK

Standardi in zahteve končnih uporabnikov so pri gradnji in uporabi stavb vedno večje. Vgradnja različne ogrevalne in prezračevalne opreme, opreme za klimatizacijo prostorov, razsvetljave, varnostnih in nadzornih sistemov ob neracionalni uporabi posledično privede do povečanja porabe energije in s tem do večjih stroškov vzdrževanja in uporabe stavbe. Povezovanje naprav s pomočjo komunikacij v urejeno celoto omogoča izdelavo učinkovitih uporabniku prilagojenih algoritmov, ki zagotavljajo optimalno funkcionalnost vgrajene opreme in energetsko učinkovitost. Komunikacijska povezanost zgradbe z okoljem, ponudniki storitev in z dobavitelji energije omogoča optimalno delovanje in zmanjševanje stroškov končnega uporabnika. Prav tako je takšna povezanost pomembna tudi s širšega gospodarskega vidika, saj je na tak način možno spremljati potrebe uporabnikov jim, zagotavljati kvalitetno dobavo in dolgoročno optimalneje načrtovati energetske proizvodne kapacitete.

ABSTRACT

Standards and demands of the end-users are increasing due to new construction approaches and use of building infrastructure. Installation of different heating and ventilation equipment, equipment for air-conditioning of rooms (HVAC), lighting installations, security and monitor systems consequently leads to uneconomic use of different appliances causing increased use of energy and thus to larger maintenance costs. Integrating of devices into an intelligent system with the use of modern communication systems ensures the production processes of consumer to be efficient with additional use of adaptable algorithms that provide the optimal functionality of the installed equipment and the energy efficiency. Communication connection of a building with the environment, service providers and energy suppliers ensures optimal operation and cost reduction of the final consumer. Such connection is also important from the broader economic aspect, since consumers can be monitored, more quality and efficient energy supply can be provided to them and in a long-term energy production capacity can be optimally envisaged.

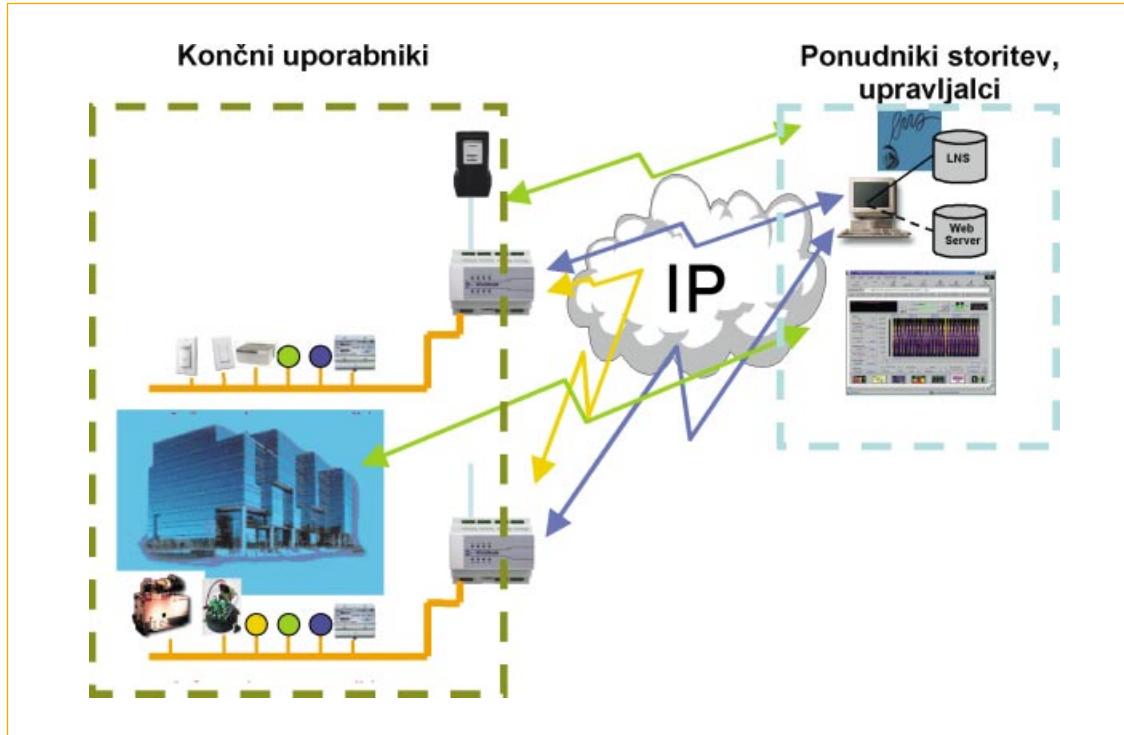
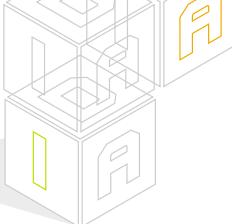
1. KONCEPT PAMETNE ZGRADBE IN ŽELJE UPORABNIKOV

Ideja o zasnovi pametne zgradbe obstaja že več kot dve desetletji. V tehnologiji pa ni bilo enotnega koncepta, kako takšne zgradbe snovati in jih projektirati. Komunikacijske rešitve so bile okorne in drage, razvoj globalnega omrežja pa še le v začetni fazи razvoja.

V teholoških procesih v industriji se je že pred več kot desetletjem začela uporaba industrijskih komunikacijskih protokolov, kjer so procesne naprave namesto s fiksnim ozičenjem povezane preko različnih možnih komunikacijskih medijev in z uporabo v tem namene prilagojenih komunikacijskih protokolov. Uporaba takšnih rešitev se je kmalu izkazala za učinkovitejšo, enostavnejšo za vzdrževanje in ob vse bolj množični uporabi tudi cenejšo, saj so se stroški za instalacijski del takšnih projektov občutno zmanjšali.

V zgradbi je običajno vgrajena oprema različnih proizvajalcev, ki pa niso bili povezljivi, dokler se niso začeli uveljavljati enotni standardi za komunikacijske protokole, ki omogočajo komunikacijsko povezanost različnih naprav. V svetovnem merilu se je najbolj uveljavil protokol **LonWorks** proizvajalca Echelon. Združenje **LonMark** povezuje različne proizvajalce opreme za avtomatizacijo zgradb, industrijskih procesov, transporta in energetike. Skupna vsem proizvajalcem je uporaba enotnega standardnega protokola za njihovo povezovanje, imenovanega **LonTalk**. V združenju je skoraj 600 proizvajalcev različnih naprav in sistemov, njihovo število pa neprestano narašča.

Pametna zgradba ne more biti samostojna v okolju, ampak mora biti povezana s ponudniki storitev prek komunikacijskega omrežja, obenem pa je na tak način povezana tudi s končnim uporabnikom, ko ta ni na sami lokaciji. Upravljanje zgradbe ne zahteva nujne prisotnosti osebja, ampak je to možno izvajati na daljavo.

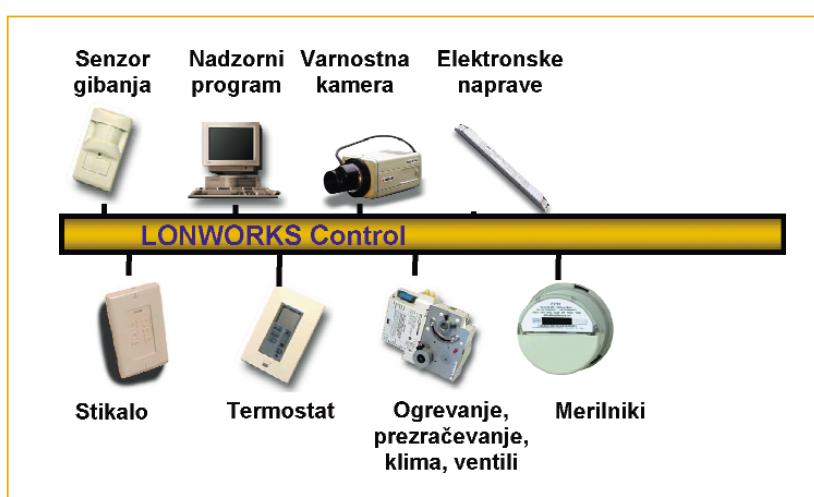


SLIKA 1
Inteligentna zgradba, povezana v svetovni splet

Pri snovanju pametne zgradbe je nujno pretehtati želje uporabnikov. Okolje in visoka tehnološka opremljenost zgradbe uporabnika ne sme utesnjevati in ga omejevati pri njegovih željah in bivanju. Pri načrtovanju je pomembno upoštevati namen zgradbe in njen vpetost v okolje. Na vprašanje, kakšna naj bi bila sodobna inteligentna zgradba, morajo odgovoriti arhitekti in družboslovci, inženirska praksa in sodobne tehnologije pa lahko poiščejo kvaliteten odgovor na to vprašanje.

2. VGRADNJA TELEKOMUNIKACIJSKIH REŠITEV IN KOMUNIKACIJSKI PROTOKOLI V ZGRADBI

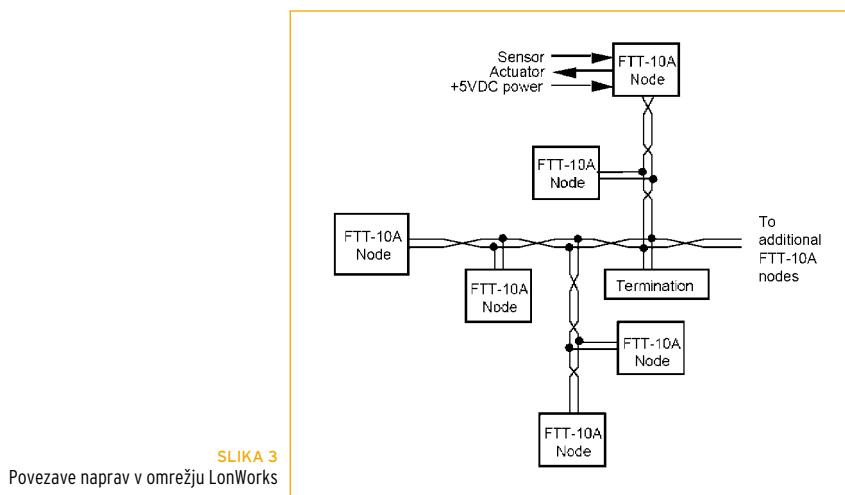
Za medsebojno sporazumevanje naprav, hkrati pa zagotoviti možnosti nadzora in upravljanja v skladu s funkcijskimi zahtevami in željami končnega uporabnika, morajo naprave imeti komunikacijske vmesnike. Komunikacijski vmesnik na osnovi tehnologije **LonWorks** omogoča povezljivost naprav (slika 2) prek različnih prenosnih medijev, kot so bakrena parica (twisted pair), optična vlakna (fiber optic), napajalno omrežje (PLC) ali radio frekvenčni (RF) prenos. Z novimi tehnologijami se nivo potrebнnega ožičenja za intelligentne naprave zmanjšuje in postaja vse bolj integrirano. Zelo pomembno vlogo v razvoju telekomunikacij imajo v zadnjem času naprave za podatkovni prenos prek napajalnega omrežja. Tovrstne tehnologije dodatno zmanjšujejo stroške vgrajenih instalacij, predvsem pa omogočajo enostavnejšo in cenejšo adaptacijo in integracijo novih komunikacijskih sistemov v starejše objekte.



SLIKA 2
Povezava naprav v omrežje LonWorks

Pri komuniciranju med napravami gre za omejeno širino podatkovnega prenosa, saj je potrebna količina informacij med napravami majhna. Protokol **LonTalk** zahteva prenos standardnih spremenljivk, kot so temperatura, vlaga, pretoki itn. Standard **LonWorks** namreč predpisuje in omogoča prenos omenjenih spremenljivk, ki jih proizvajalec preprosto izbere in uporabi v razvoju programskega dela komunikacijskega vmesnika. Proizvajalci različnih naprav lahko s pomočjo standarda **LonWorks** 3.3 in proizvajalca integriranih vezij Echelon z nizkimi stroški razvoja izdelajo ustrezni vmesnik za svojo napravo.

Struktura omrežij **LonWorks** je odvisna od izbire prenosnega vmesnika. Prenosni vmesnik povezuje integrirano vezje »Neuron chip« s prenosnim medijem. Snovalci omrežij se najpogosteje odločajo za prostotopologijo omrežja (FTT - Free Topology Transceiver, slika 3), pogosto pa tudi za povezavo omrežja prek napajjalnega omrežja (LPT - Link Power Transceiver). Omrežje je tako konfigurabilno in ga strokovnjaki ob zagonu omrežja definirajo preko programskega orodja za konfiguracijo omrežja. Vsaka naprava v omrežju je imenovana NODE. Omrežje je strukturirano s podomrežji, kjer je število naprav omejeno glede na tip izbranega komunikacijskega vmesnika.



V vsakem FTT podomrežju je lahko 64 naprav (NODE), vsako podomrežje mora biti zaključeno (termination). Gradnja velikih omrežij z mnogo napravami je preprosta, saj je medsebojno povezovanje podomrežij enostavno. Število naprav v strukturiranem omrežju je tako praktično neomejeno.

Vsaka naprava s komunikacijskim vmesnikom in integriranim vezjem Neuron ima poleg možnosti priključitve na omrežje še možnost programskega konfiguriranja, kar pomeni, da lahko vsako napravo programsko prilagodimo uporabniku.

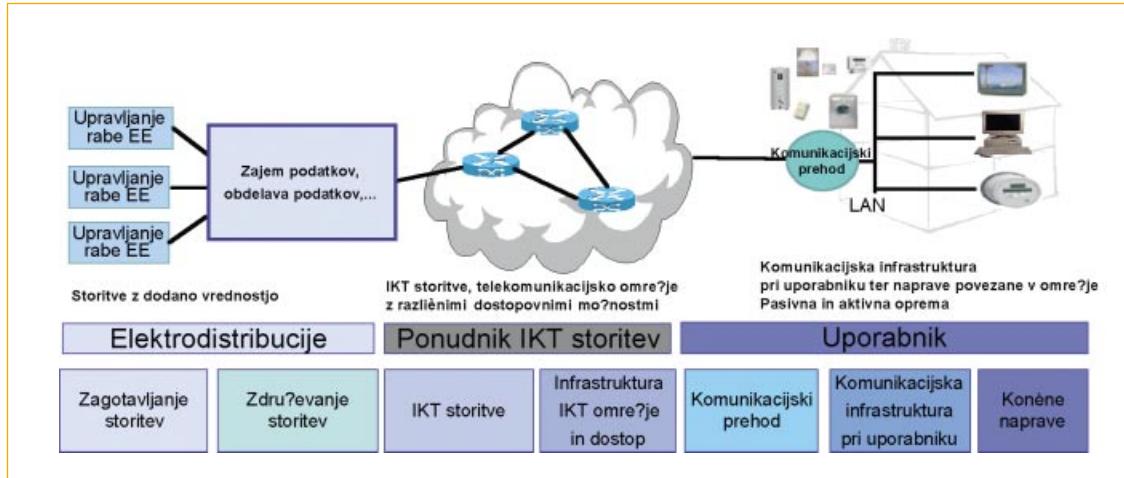
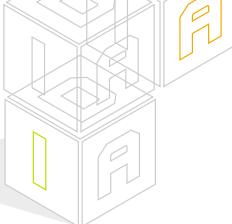
3. POVEZAVA ZGRADBE S PONUDNIKOM STORITEV

Z razvojem interneta in sodobnih komunikacijskih rešitev na podlagi protokola IP se vse bolj razvijajo tudi nove storitve z visoko dodano vrednostjo. Dostop do interneta kot storitve je bil v začetni fazi spodbujevalec povezovanja končnih uporabnikov s svetovnim spletom. Trg in zahteve končnih uporabnikov spodbujajo razvoj komunikacijske infrastrukture, zaradi možnosti, ki jih tak razvoj daje, tudi v smislu nacionalne in globalne povezljivosti gospodarstva pa spodbudo dajejo tudi vlade komunikacijsko razvitih držav. Tehnologija na področju telekomunikacij danes omogoča cenovno sprejemljive različne širokopasovne podatkovne dostope za končnega uporabnika. Ponudniki storitev tako omogočajo dostope:

- xDSL prek obstoječe telefonske linije,
- kabelski dostop prek kabelskega omrežja,
- optična vlakna (FTTH - Fiber To The Home),
- PLC prek obstoječega električnega napajjalnega omrežja.

V neurbanih okoljih izven strnjениh naselij je povezava nekoliko dražja, zlasti ko gre za širokopasovni dostop. Za omejeno količino podatkovnega prenosa pa so v takih okoljih primerne tehnologije GSM in UMTS.

Gledano s stališča rešitev energetsko varčnih stavb, informacijska povezanost končnega uporabnika z različnimi ponudniki storitev omogoča razvoj novih informacijsko komunikacijskih (IKT) storitev, ki pomenijo za končnega uporabnika večje udobje, zmanjševanje stroškov pri rabi energije, vzdrževanja zgradbe, uporabi različnih informacijskih medijev itn., na trgu pa razvoj novih podjetij, ki ponujajo storitve z visoko dodano vrednostjo. V smislu varčevanja z energijo je najbolj pomembna povezanost dobaviteljev energije in končnih uporabnikov. Povezanost dobavitelja energije kot ponudnika IKT storitev in končnega uporabnika omogoča uporabniku rabo energije, ko je ta najcenejša, pri tem pa njegovo udobje ni poslabšano, ponudniku storitev pa proizvodnjo energije z nižjimi stroški. Dolgoročno ponudnik IKT storitev s spremanjem porabe energije njegovih odjemalcev lahko učinkovito načrtuje energetske proizvodne kapacitete. V nekaterih evropskih državah so ponudniki tovrstnih storitev dobavitelji električne energije. Za uvažanje takšnih storitev je treba zaključiti zanko med uporabnikom in dobaviteljem prek zbiranja informacij o porabi - avtomatskega daljinskega odčitavanja (AMR - Automatic Meter Reading) in drugi smeri z različnimi rešitvami krmiljenja končnih uporabnikov. Na podoben način lahko ponujajo tovrstne storitve tudi dobavitelji drugih vrst energije (plin, voda).



SLIKA 4
Povezava končnega uporabnika in ponudnika IKT storitev

4. INTELIGENTNA OPREMA, NAPRAVE IN APARATI

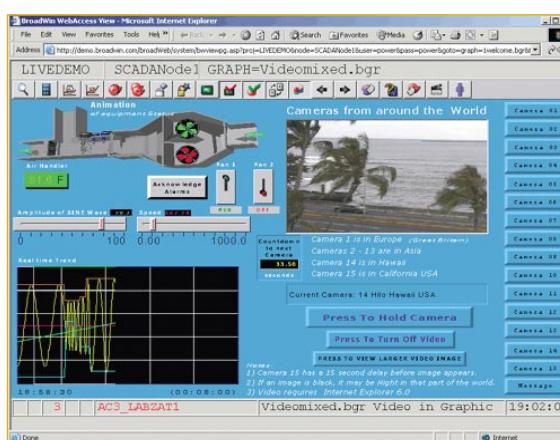
Pod inteligentno opremo razumemo tiste naprave in aparate, ki jih je možno upravljati, jim prilagajati funkcije, obenem pa so komunikacijsko povezane z okoljem. Med tovrstne naprave štejemo tudi razne senzorje, tipala in izvršne člene. V hišni avtomatizaciji so danes najbolj pogoste t.i. inteligentne naprave:

- oprema za razsvetljavo,
- oprema za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo,
- hišni gospodinjski aparati,
- dvigala,
- pogoni ventilov, senčil itn.,
- požarni alarmi,
- varnostni in nadzorni sistemi,
- avdio-, video- in TV- naprave.

LonWorks kot standard omogoča proizvajalcem različnih naprav vgradnjo integriranih vezij (Neuron chip) in komunikacijskih vmesnikov za povezavo v omrežje. Proizvajalec integriranih vezij Echelon jih ponuja že s prednaloženo programsko opremo za različne tipe naprav, kar pomeni, da proizvajalcu inteligentne naprave ni potrebno dodatno razvijati programske opreme za upravljanje teh naprav.

5. APLIKACIJE V PAMETNI ZGRADBI

Aplikacije v pametni zgradbi predstavljajo programsko opremo, ki je prilagojena posameznemu uporabniku ali skupini uporabnikov. V pametni zgradbi je tovrstna programska oprema namenjena upravljanju z napravami. Ob informacijski povezanosti stavbe z okoljem delovanje takšne aplikacije ni lokacijsko omejeno le na uporabo znotraj stavbe, ampak je prilagojeno željam in potrebam uporabnika. Delovanje tovrstne programske opreme ni omejeno na PC računalnik, ampak sta delovanje in uporaba možna tudi na dlančnikih in mobilnih telefonskih aparatih. Zlasti je to zanimivo za individualne uporabnike. Zahtevnejši uporabniki, kot so poslovne zgradbe, hotelski kompleksi, trgovski centri itn., pa imajo veliko večjo infrastrukturo in zahteve, zato je programska oprema zahtevnejša in kompleksnejša, njeno delovanje pa osredotočeno na PC računalnike in strežnike, vsekakor pa je za vzdrževalce zanimiva



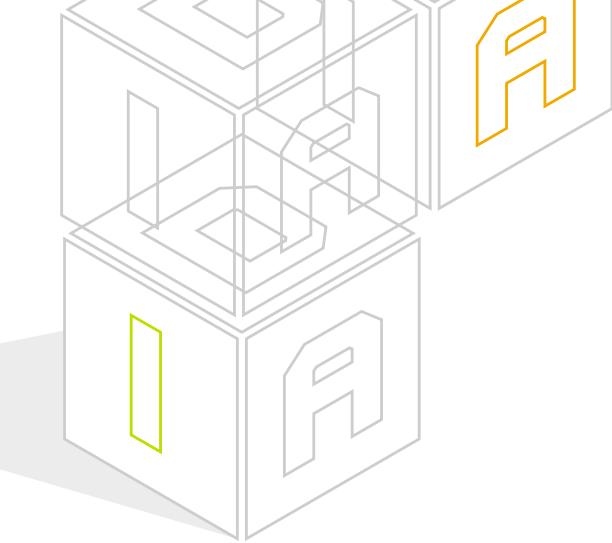
SLIKA 5
Programska oprema SCADA

tudi povezava prek mobilnih telefonov in dlančnikov. Najpogostejsi izraz za programsko opremo za upravljanje in nadzor stavb je SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ali tudi HMI (Human Machine Interface). Tovrstna programska oprema omogoča nadzor in spremljanje delovanja naprav, alarmiranje napak in spremljanje zgodovine delovanja (slika 5).

Višji nivo aplikacij je programska oprema za zajem in obdelavo podatkov (programska oprema za nadzor in upravljanje sistemov). Takšna oprema je potrebna tam, kjer je treba shranjevati velike količine podatkov in jih obdelovati z različnimi algoritmi. Takšen primer so predvsem elektro distribucije, kjer se izvaja zajem porabe električne energije končnih uporabnikov, nad podatki pa se izvaja statistična obdelava, ki omogoča kvalitetne analize in dolgoročnost napovedovanja in načrtovanja porabe električne energije.

6. RAZVOJ IN REŠITVE NA PODROČJU PAMETNIH ZGRADB

Z razvojem komunikacijskih tehnologij in področja avtomatizacije se vedno bolj uveljavlja sodobno načrtovanje zgradb. S stališča vgradnje rešitev za varčno rabo električne energije in mehanizmov pametnih zgradb je izredno pomembno sodelovanje in načrtovanje teh rešitev že v sami fazi zasnove in izdelave projektne dokumentacije. Zato je sodelovanje arhitektov in inženirjev s področja pametnih zgradb potreбno že v tej fazi nastajanja zgradb. Namen je vsekakor povečevanje udobja bivanja in zmanjševanje porabe energije. Razvoj gre predvsem v smeri integracije komunikacijskih rešitev kot standarda. Vsekakor je IP tehnologija danes v svetu najbolj razširjena in uporabljana. Pri IP tehnologiji gre za širokopasovne podatkovne prenose. Na nivoju posameznih naprav ni potrebe po širokopasovnih prenosih, predvsem je pomembna robustnost in enostavnost izvedbe. Omrežja **LonWorks** izpolnjujejo vse naštete pogoje omrežja na nivoju povezljivosti inteligenčnih naprav v zgradbah, kot tudi industriji, transportni tehniki in energetiki. Povezljivost omrežij **LonWorks** z IP omrežji je enostavna prek sodobnih in razširjenih komunikacijskih naprav kot so usmerjevalniki (router) in protokolnih prevajalnikov (gateway) ter uporabo programskih orodij. Potrebno je inženirske znanje in praksa, ki mora izdelati dobre, uporabne in učinkovite rešitve za končnega uporabnika.



Sodobni pristop pri zasnovi in izvedbi sistemov za računalniško podprt vodenje energetskih sistemov stavb

MODERN CONCEPTS IN DESIGNING AND IMPLEMENTING COMPUTER-BASED BUILDING AUTOMATION SYSTEMS

Aleš SKUŠEK, univ.dipl.inž.str.

Metronik

POVZETEK

Prispevek povzema enega od pristopov načrtovanja in izvedbe računalniško podprtga sistema vodenja in nadzora stavb. Opisujemo pristop, ki sisteme vodenja in nadzora obravnava celovito, saj zajema t.i. periferno opremo (tipala, pogoni, ...), krmilniško opremo in nadzorni sistem kot tudi potrebno inženirsko delo. Povzete so osnovne strukture vodenja in ustrezeni pojmi, ki bodo projektantom in izvajalcem pomagali pri lažjem razumevanju tematike. Na koncu prispevka je na kratko opisan še primer uspešno izvedenega projekta avtomatizacije bazenskega kompleksa.

ABSTRACT

This paper discusses one of the approaches in designing and implementing a computer-based systems for building control. This approach considers the supervisory and management systems as an entity. It includes the so-called field devices (sensors, actuators,...), controllers and a supervisory system with corresponding engineering work. This approach also includes devices, which are due to their specific operation mode supplied together with a local automation system like for example cooling generators. At the end, an outline of a successfully implemented project in practice is given.

Uvod

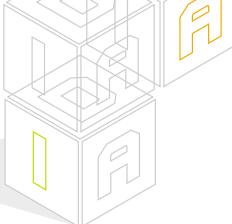
Moderne stavbe, ob vse bolj zahtevnih arhitekturnih zasnovah, postajajo zahtevne tudi z vidika zagotavljanja ugodnih klimatskih razmer za uporabnike prostorov. Pravilno izbrane energetske naprave, kot so toplotne postaje, klimatske naprave, hladilni sistemi in druge, so samo pogoj za zagotavljanje ustreznega ugodja v modernih stavbah. Šele pravilno in usklajeno delovanje energetskih naprav zagotavlja prijetno in zdravo počutje. Hkrati je treba stremeti tudi za čim manjšimi obratovalnimi in vzdrževalnimi stroški stavbe. Navedenim zahtevam po ugodju na eni ter nižjimi obratovalnimi stroški na drugi strani lahko ugodimo s pravilnim načrtovanjem, izbiro in povezavo opreme za vodenje in nadzor delovanja energetskih naprav v stavbi.

Projektanti in izvajalci elektro in strojnih instalacij se pogostokrat srečujejo z vprašanjem, kako pravilno zasnovati take sisteme. Različna krmilniška oprema, združljivost komunikacijskih protokolov, dilema v kateri del projektne dokumentacije (elektro ali strojni del) vključiti sisteme vodenja in nadzora, kako je z napravami z že vgrajeno lokalno avtomatiko in drugo, stanje na tem področju še dodatno otežujejo. Posledično je projektna dokumentacija pogosto pomanjkljiva, kar zahteva veliko dodatnega usklajevanja ter prispeva k slabici volje vseh vpletenih v fazu izvajanja. Najslabši scenarij je slabo zaključen projekt, nezadovoljen investitor ter nezadovoljni uporabniki prostorov.

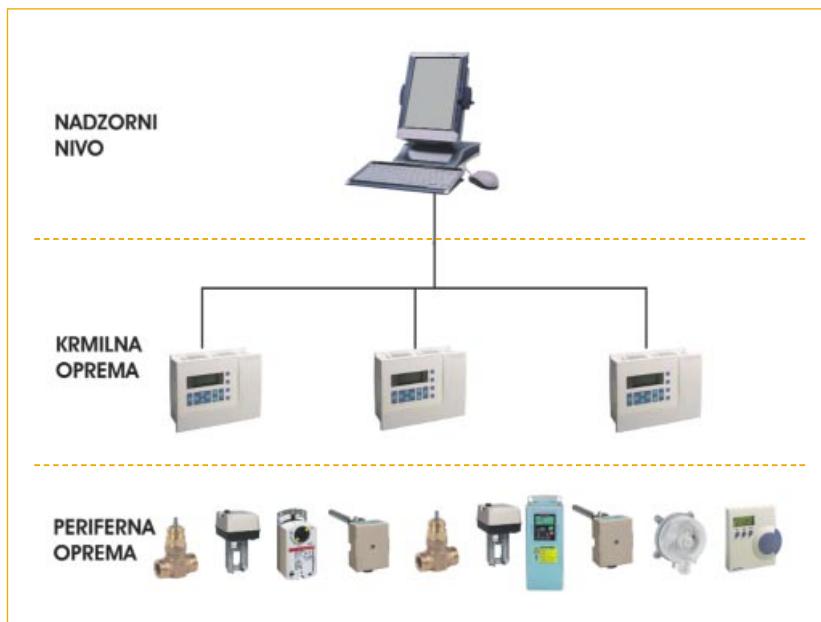
Pričujoči prispevek odgovarja na vprašanje, kako pravilno pristopiti k reševanju problematike vodenja in nadzora energetskih sistemov v stavbah, da ne bo prihajalo do zgoraj omenjenih težav. Povzema pristop, ki ga pogosto uporabljam zaposleni v Metroniku, in katerega rezultat so številni uspešno zaključeni projekti tako v Sloveniji kot tudi v tujini. Pri načrtovanju sistemov vodenja in nadzora uporabljam pristop, ki sisteme vodenja in nadzora obravnava celovito (za ta del projektne in izvedbene dokumentacije se pogosto uporablja ime projekt CNS). Le-ta vključuje t.i. periferno opremo (tipala, pogoni, ...), krmilniško opremo in nadzorni sistem, hkrati pa tudi potrebno aplikativno inženirsko delo. Vključuje tudi naprave, ki so zaradi svojega specifičnega delovanja dobavljene s sistemom lokalne avtomatike, kot na primer hladilni agregati. Opisani pristop je na koncu ilustriran z uspešno izvedenim primerom iz prakse - bazenskim kompleksom Dolenjske Toplice.

Projekt CNS – v kateri del projektne dokumentacije sodi

Ena prvih dilem pri zasnovi računalniško podprtih sistemov vodenja in nadzora stavb je, v kateri del projektne dokumentacije, elektro, strojne ali obeh, vključiti sisteme CNS. Tipična zasnova računalniško podprtga sistema vodenja in nadzora (slika 1) je sestavljena iz t.i. periferne opreme (tipala, regulacijski ventili, aktuatorji,...), krmilniške (procesne opreme), komunikacijske opreme ter samega nadzornega sistema. Hitro postane jasno, da je za izbiro določenega dela opreme zadolžena strojna stroka (na primer velikost



regulacijskih ventilov določi projektant strojnega dela), del opreme, kot so krmilniki, računalnik in komunikacijske povezave pa spadajo v domeno elektro stroke. Logični zaključek je, da se »projekt CNS (Centralni Nadzorni Sistem)« izdela kot samostojen del z vključevanjem strokovnjakov obeh strok. S tem se izognemo morebitnim podvajanjem ali morebitnim pomanjkljivostim, ki bi lahko privedle do velikih težav v izvedbeni fazi ter pri samem obratovanju.



SLIKA 1
Tipična arhitektura sistemov vodenja

Periferna in krmilniška oprema – kaj uporabiti

Elektro in strojne projektante ter investitorje dnevno zasipajo številni ponudniki tovrstne opreme. Vsak ponuja »najboljšo« opremo, ki je »samo po sebi umevnok« združljiva z vsemi napravami.

Investitor oziroma naročnik mora biti pri izbiri periferne opreme pozoren predvsem na to, da le-ta zagotavlja osnovne funkcije, kot so merjenja osnovnih fizikalnih veličin (temperatura, tlak, ...) v določenih območjih, pravilno delovanje izvršnih (regulacijski ventil, ostali pogoni) in drugih elementov. Za zajem in vodenje je smiselno v čim večji meri uporabiti standardne električne signale.

Krmilna, nekateri jo imenujejo tudi procesna oprema, je nekakšno srce sistemov vodenja in nadzora. V njej poteka v prvi vrsti pretvorba električnih signalov iz periferne opreme v digitalno obliko. Signali se s pomočjo ustreznih algoritmov obdelajo, krmilniki pa na podlagi tako obdelanih informacij vplivajo na energetske naprave v sistemu. Prigrajeni komunikacijski vmesniki pa omogočajo povezljivosti in izmenjave podatkov z nadzornim sistemom.

Za boljše delovanje morata biti krmilna in periferna oprema med seboj usklajeni, priporočljivo pa je tudi, da se uporabi čim več opreme enega proizvajalca. To je pomembno tako zaradi poenotenja opreme kot tudi lažjega vzdrževanja. Ob izboru proizvajalca je potrebno biti pozoren na njegovo prisotnost na trgu avtomatizacije, na inovativnost, zagotavljanje rezervnih delov, videz, reference in drugo.

Komunikacija med napravami

EIB, BACNET, LONWORKS, MODBUS, Ethernet so samo nekateri od izrazov, ki jih nenehno srečujemo pri izvajanju računalniško podprtih sistemov vodenja in nadzora. Gre za komunikacijske protokole, s pomočjo katerih krmilniške naprave izmenjujejo procesne podatke in komunicirajo z nadzornim sistemom. Vsak od teh ima določene prednosti in pomanjkljivosti, od izbora komunikacijskega protokola pa je pogosto odvisna prilagodljivost in odpriost sistema. Pri izboru je treba upoštevati razširjenost protokola in podporo krmilniških naprav ter nadzornega sistema ustreznu protokolu. Včasih je zaradi specifičnosti naprav in sistemov na določenem projektu koristno ali celo potrebno uporabiti več komunikacijskih protokolov, ki pa morajo biti popolnoma združljivi z nadzornim sistemom.

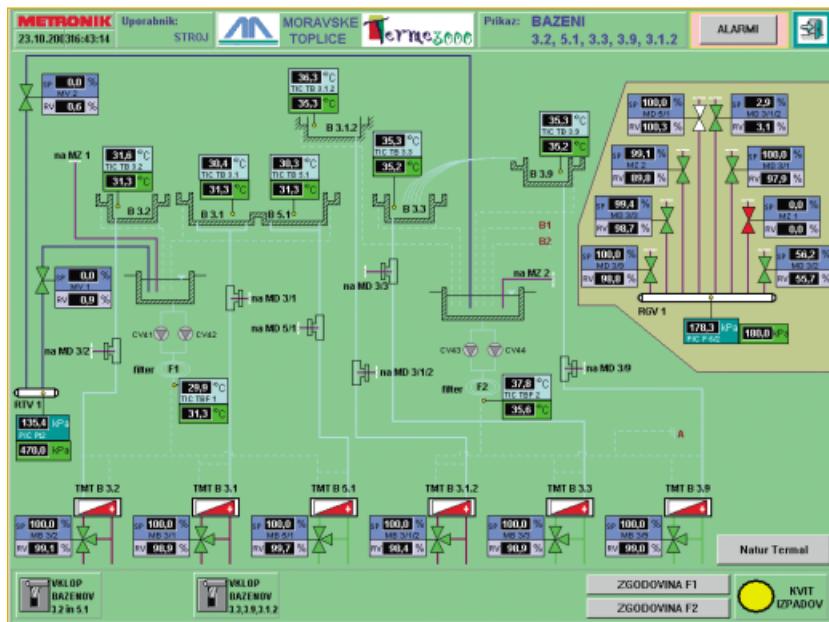
Nadzorni sistem

Nadzorni sistem predstavlja grafični vmesnik med napravami - procesom in operaterjem. Sestavlja ga osebni računalnik, sistemski SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) programska oprema in aplikativna programska oprema. Pomemben del SCADA sistemski programske opreme so t.i. gonilniki, ki skrbijo za komunikacijo s procesno-krmilniško opremo.

Sodobna SCADA sistemski programska oprema je odprta za različne komunikacijske protokole, podpira moderne internetne tehnologije in prikaz najrazličnejših procesnih podatkov. Omogočati mora uporabo različnih statističnih analiz in obdelav podatkov, ki zagotavljajo učinkovitejše, varčnejše in varnejše delovanje ključnih naprav v stavbah.



SLIKA 2



SLIKA 3

Izvajalci sistemov za vodenje in nadzor stavb

Kljub temu, da jih v pričajočem prispevku omenjamo na koncu, predstavlja izbor izvajalca sistema vodenja in nadzora stavb najzah-tevnješo in najpomembnejšo nalogu. S tem, ko izberemo izvajalca se z njim namreč povežemo za daljš čas, saj spremembe izvajalca med projektom lahko prinesejo kar nekaj težav. Druga težava, s katero se srečujemo, je, da večina izvajalcev sistemov vodenja in nadzora stavb obvlada samo določen tip opreme. Kako potem izbrati izvajalca?

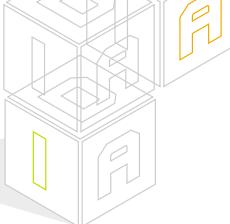
Vsekakor so reference, prisotnost na trgu in velikost podjetja poglavitna garancija za uspešno zaključen projekt in zadovoljstvo investitorja. Izvajalci, ki zadostijo zgoraj naštetim kriterijem običajno veliko vlagajo v nove tehnologije in razvoj, saj le tako lahko obdržijo svoji delež na zahtevnem trgu. Kupcu pa je na ta način zagotovljeno, da bo dobil sistem, ki bo v času implementacije naispodobnejši.

Primer uspešno izvedenega projekta iz prakse

Računalniško podprtvo vodenje energetskih sistemov in naprav v bazenskem kompleksu Dolenjske Toplice

Izhodišča

Podjetje Krka Zdravilišča je v Dolenjskih Toplicah leta 2002 pričelo z izgradnjo novega kopalniško-sprostivvenega centra. Namen investicije je bila popestritev kopališke ponudbe ter zagotovitev dodatne ponudbe za posebne tematske sprostivene metode gostov. S tem so želeli pridobiti novo skupino gostov, ki si želi maksimalne sprostitive po napornih delavnikih. Že v fazi zasnove novega WELLNESS centra so si zastavili visoke cilje po čim večjem udobju gostov, ki se bodo zadovoljni vračali v njihove terme. Zavedali so se tudi, da to udobje pomeni tudi večjo porabo termalne energije, ki pa je v Dolenjskih Toplicah omejena. Odgovorni v podjetju so se problematike varčevanja z energijo in večjega udobja gostov lotili posebej pozorno. Najprej so pazljivo izbrali koncept izkoriščanja energije termalne vode, sledil je izbor naprav, še posebno pozornost pa so namenili računalniško podprtju vodenju in nadzoru energetskih naprav v celoti. Prav ta del namreč omogoča velike prihranke centra v obratovanju, ne da bi se zmanjšalo udobno počutje gostov. Računalniško podprt sistem vodenja in nadzora je v prvi fazi zajemal predvsem primarne energetske naprave ter klimatizacijsko prezačevalni sistem. Nadzor in vodenje razsvetljave po objektu in priključitev sistemov bazenske tehnike v enovit nadzorni sistem pa so zaokrožili idejo po upravljanju in nadziranju objekta iz enega mesta.



Danes lahko zaključimo, da sodi nov kopališko-sprostitveni center v Dolenjskih Toplicah imenovan Balnea v sam vrh tovrstne ponudbe v Sloveniji, ki je med drugim brez visoke stopnje avtomatiziranosti ne bi bilo mogoče doseči.

Funkcionalnost, ki jo je v Dolenjskih Toplicah uvedel Metronik:

- popolna avtomatizacija klimatskih in prezračevalnih naprav,
- popolna avtomatizacija toplotne podpostaje s pripravo in distribucijo vode za bazene ter pripravo tople sanitarne vode,
- integracija toplotnih črpalk v enovit nadzorni sistem,
- nadzor in vodenje razsvetljave,
- integracija sistemov bazenske tehnike (mehansko in kemijsko čiščenje bazenske vode, distribucija bazenske vode, bazaenski efekti),
- omejevanje skupne električne moči bazenskih efektov.

Glavne pridobitve, ki jih je projekt prinesel Dolenjskim Toplicam:

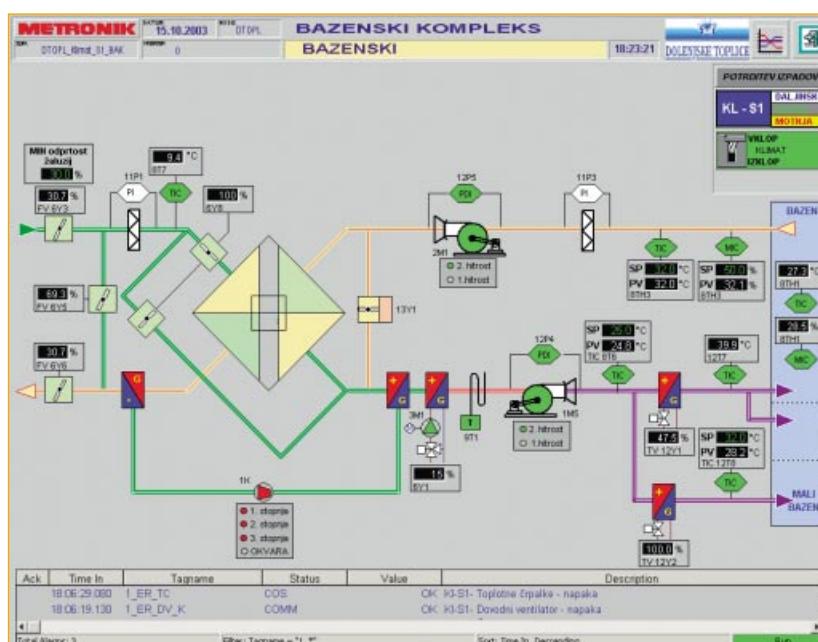
- celovit nadzor in vodenje energetskih naprav in sistemov bazenske tehnike,
- spremljanje delovanja naprav z enega mesta, manj upravljalcev, manj vzdrževalcev, pregleden sistem alarmiranja omogoča hitrejši odziv in odpravo napak,
- varčevanje z energijo s pomočjo regulacijskih algoritmov, zgodovinskih podatkov o porabi energije, omejevanja električne konične moči ob delovanju bazenskih efektov, delovanja naprav in razsvetljave po urniku,
- odprt sistem, ki omogoča enostavno vključitev novih naprav.

Uporabljena oprema

Avtomatizacija klimatskih in prezračevalnih naprav, toplotno/hladilne postaje in razsvetljave je izvedena s krmilno regulacijsko opremo Honeywell. Uporabljeni so krmilniki in distribuirane enote iz družine Excel 5000 na osnovi LonWorks tehnologije. Že pripravljeni in preverjeni regulacijski algoritmi in strategije za delovanje naprav so olajšali delo razvijalcem aplikacij, hkrati pa zagotavljali zmanjšano porabo energije. Za centralni nadzorni sistem je bila uporabljena SCADA sistemsko programska oprema iFIX proizvajalca GeFanuc-Intellution. Izredne funkcionalne zmožnosti in širok nabor komunikacijskih protokolov so omogočili izpolnitve še tako zahtevnih želja uporabnika po čim večji grafični preglednosti in enostavnosti uporabe nadzornega sistema, kot tudi rešitev včasih nerešljive probleme glede priključitve različne krmilniške opreme.

Vodenje zahtevnih bazenskih klimatskih naprav

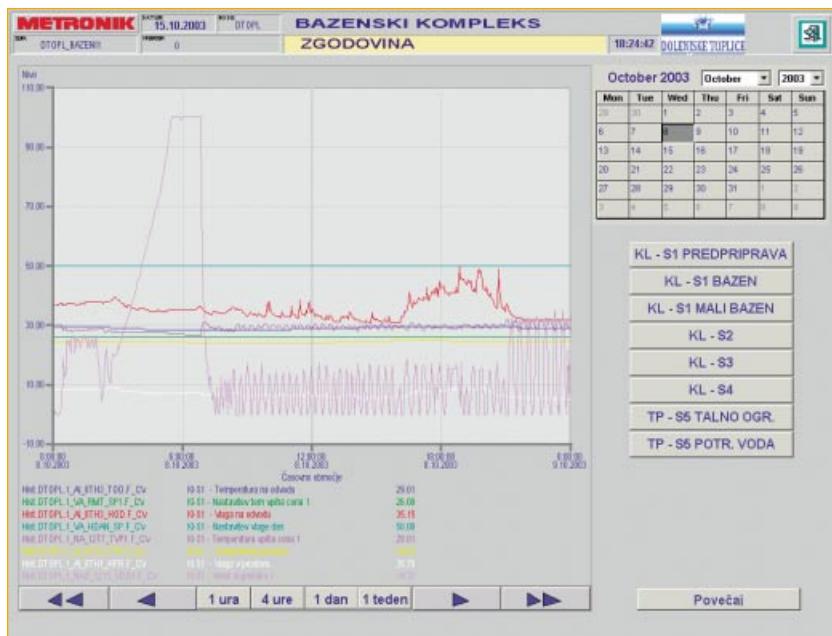
V sklopu klimatizacije in prezračevanja zaprtega dela objekta sta dobavljeni tudi dve bazenski klimatski napravi. Osnovna funkcija je razvlaževanje zraka v pokritem delu kopališča. Zaradi visoke vlage in temperature v prostoru, ki med drugim lahko povzroči tudi poškodbe gradbene konstrukcije, avtomatizacija bazenskih klimatov na področju klimatizacije še posebej izstopa. Avtomatizacija z zapletenimi regulacijami in strategijami delovanja je bila izvedena s pomočjo krmilniške opreme iz družine Excel 5000 proizvajalca Honeywell in pazljivo izbrane periferne opreme proizvajalcev Vaisala, Honeywell in Mamac.



SLIKA 4
Bazenska klimatska naprava

Izvajalska ekipa

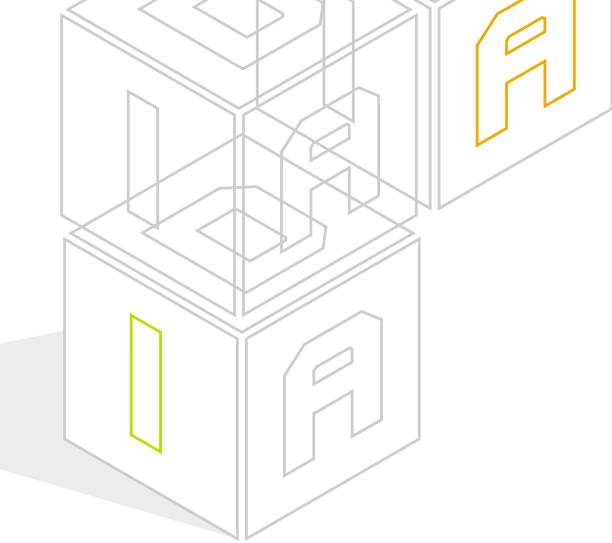
Projekt avtomatizacije je bil končan v izredno kratkem roku. Metronikova ekipa je s svojimi izkušnjami sodelovala že pri snovanju sistema ter med izvedbo ob avtomatizaciji prevzela tudi izdelavo tehnične dokumentacije (PZI elektroprojekt) za klimatizacijske naprave. Uporabljeni pristop dodatno zmanjšuje probleme in zamujanja ob instalacijah, testiranjih in zagonih sistemov avtomatizacije.



SLIKA 5

VIRI

1. Izvedbena dokumentacija računalniško podprtga vodenja in nadzora objekta DOLENJSKE TOPLICE (marec 2003).
 2. Izkušnje zaposlenih podjetja Metronik.



Daljinsko ogrevanje mesta Ljubljane – kot del sistema za učinkovito in ekološko prijazno proizvodnjo energije

LJUBLJANA'S DISTRICT HEATING SYSTEM – PART OF A SYSTEM FOR EFFICIENT AND ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ENERGY PRODUCTION

mag. Janez GROŠELJ, univ.dipl.inž.str.

Energetika Ljubljana

POVZETEK

Sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani se je razvil v enega najučinkovitejših sistemov v Evropskem merilu. Sistem je tehnično zasnovan tako, da danes omogoča mestu najsodobnejši način topotne oskrbe po kriterijih, ki jih danes narekujejo in spodbujajo tudi direktive EU. Daljinsko ogrevanje v Ljubljani je prepodilo meglo in slab zrak iz mesta Ljubljane in okolice ter omogoča prebivalcem večje udobje bivanja in večjo stopnjo zanesljivosti topotne oskrbe po konkurenčnih cenah. S tem so izpolnjeni tudi vsi temeljni cilji politike energetske oskrbe Slovenije, ki so zapisani v Nacionalnem energetskem programu.

Stanje energetske oskrbe, ki ga ima danes mesto Ljubljana je rezultat umnega inženirskega načrtovanja sistema za ogrevanje urbanih naselij z gosto pozidavo, saj je več kot 90 % vse topote, ki jo na letni ravni potrebuje sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani, proizvedeno sočasno z električno energijo. Na ta način je dosežen največji možni izkoristek goriva, sistem pa omogoča tudi bodoči razvoj mesta saj predstavlja omrežje za prenos topote v mestu dolgoročno rešitev za oskrbo mesta. Nenazadnje je ljubljanski sistem daljinskega ogrevanja omogoča, da se z menjavo tehnologije sočasne proizvodnje topote in električne zagotovi doseganje okoljskih ciljev, ki jih mora Slovenija izpolniti zaradi zahtev kjotskega protokola.

ABSTRACT

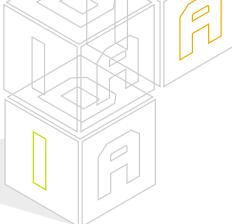
District heating (DH) system in Ljubljana is one of the most efficiency DH systems in Europe. The system was designed and constructed in a way which is also in line with the newest EU directives which promotes DH systems together with combined heat and power production (CHP). Ljubljana used to be very foggy town during the winter, nowadays Ljubljana enjoys very clean air and a lot of sunny days, because of the DH system. On the other hand DH offers to the users the highest level of indoor comfort, highest level of security of heat supply and also the cheapest way of heating in Ljubljana. With these results DH system fulfills all goals of Slovenian energy policy defined by National energy plan.

High efficiency of DH system in Ljubljana is the result of very clever work of engineers who have designed, constructed and who operate the system. Over 90 % of total heat needed for DH system is produced in CHP plants which ensure the highest energy efficiency of heat and power production. The concept of the DH system also offers further development of the city on long term perspectives. Last but not least DH system in Ljubljana offers also reduction of CO₂ emissions and achieving the targets of Kyoto protocol for Slovenia.

1. Tehnološki razvoj sistema daljinskega ogrevanja v Ljubljani

V Ljubljani se je sistem daljinskega ogrevanja začel uvajati pred več kot 45 leti. Že takrat je energetska politika mesta temeljila na treh ciljih, ki jih je kasneje povzel tudi Energetski zakon in sicer zanesljivost energetske oskrbe, skrb za čisto okolje ter poceni in dostopen način ogrevanja. Še posebej je bila v Ljubljani že takrat močno izražena skrb za čisto okolje, saj je Ljubljana s svojo lego v kotlini, predvsem pozimi, imela veliko meglenih dni in slab zrak kot posledica kurjenja premoga v individualnih kuriščih.

Leta 1961 je bila na sistem daljinskega ogrevanja priključena prva stavba, ki je bila preko vročevoda ogrevana iz mestne termoelektrarne na Slomškovem. Leta 1965 je bila postavljena prva faza Termoelektrarne - toplarne v Mostah (TE-TOL). Po tem letu je sledil hiter razvoj daljinskega ogrevanja v Ljubljani. Sledila je zgradnja vročevodnega omrežja ter gradnja toplarne v Šiški (TOŠ) v letu 1972, izgradnja druge faze TE-TOL v Mostah v letu 1984. V letu 1998 pa je bila na lokaciji toplarne Šiška zgrajeno prvo postrojenje sočasne proizvodnje topote in električne s plinsko turbino moči 6 MWe, z nizkimi emisijami dušikovih oksidov in CO₂ v Sloveniji nasploh.



SLIKA 1
Termoelektrarna - toplarna v Mostah
(TE-TOL)



SLIKA 2
Toplarna v Šiški (TOŠ)

Sistem daljinskega ogrevanja je bil zasnovan dolgoročno razvojno tako, da se je najmočneje razvijal v gosteje naseljenih področjih mesta in pa na območju industrijskih con, saj je le tako lahko postal ekonomsko učinkovit ter s tem omogočal poceni ogrevanje mestu. Poleg izredno pametnega načrtovanja razvoja omrežja, je že od samega začetka uvajanja daljinskega ogrevanja, proizvodnja toplice temeljila na sočasni proizvodnji z električno energijo. Glavno gorivo, ki se ga uporablja za namene daljinskega ogrevanja je premog. V vročevodnih kotih pa je možno za ogrevanje mesta uporabiti tudi tekoče gorivo (srednje težko kurišno olje) pa tudi zemeljski plin. S tem je dosežena maksimalna zanesljivost oskrbe kot tudi dana možnost ekonomske optimizacije proizvodnje glede na trenutne cene goriv.



SLIKA 3
Obnova primarnega vročevoda

Za delovanje sistema daljinskega ogrevanja morajo uglaseno delovati trije podsistemi, ki so:

- Proizvodnji viri.
- Distribucijsko vročevodno omrežje in črpališča.
- Toplotne postaje, kjer se toploplota iz omrežja preda odjemalcu.

Sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani ima proizvodnjo v Termoelektrarni toplarni Ljubljana (TE-TOL) v Mostah, kjer se toploplota proizvaja v sočasni proizvodnji z elektriko iz premoga in v Toplarni Šiška (TOŠ) kjer se del toploplota proizvaja sočasno z elektriko v sodobni napravi s plinsko turbino preostalo pa v vršnih vročevodnih kotlih na zemeljski plin.

V tabeli 1 so podani osnovni tehnični podatki energetskih virov za zagotavljanje topote v sistemu daljinskega ogrevanja v Ljubljani.

Oznaka proizvodnega vira	Toplotna moč naprave MWth	Nazivna električna moč MWe	Leto izgradnje/obnove	Gorivo	Vrsta postrojenja
TE-TOL Blok 1	58	32	1967	Premog	Parni kondenzacijski agregat
TE-TOL Blok 2	95	(32)28	1967/91	Premog	Parni protitlačni agregat
TE-TOL Blok 3	116	50	1985	Premog	Parni kondenzacijski agregat
TE-TOL NTK VKLM 50	2 x 58		1979, 1985	STKO ¹	Vročevodni kotel
TOŠ GVL 58	4 x 58		1972, 1977	Zem. plin/STKO	Vročevodni kotel
TOŠ VKLM 116	116		1989	Zem. plin/STKO	Vročevodni kotel
TOŠ PE 6	12	6	1999	Zem. plin/ELKO	Plinska turbina z dod. kotlom
VSE SKUPAJ	745	116			

¹ STKO - srednje težko kurilno olje (mazut)

TABELA 1
Tehnični podatki o napravah, ki sestavljajo energetske vire za sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani

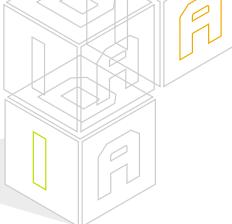
Kot je razvidno iz pregleda, sta premogova bloka 1 in 2 v TE-TOL stara že preko 35 let, vendar pa so vse naprave bile deležne obnov in predelav, kar se kaže v izjemni zanesljivosti obratovanja ter doseganju relativno visokih izkoristkov.

Vročevodno distribucijsko omrežje je dvocevni sistem z nazivnim nadtlakom 16 bar ter projektiranim temperaturnim režimom 130/70 stopinj. Hrbtenica omrežja, ki predstavlja povezavo med Te-TOL in centrom mesta je grajena v betonskih kinetah in kolektorjih. Na tak način je zgrajenega večina omrežja in je danes staro od 45 do 25 let. Po letu 1990 pa se je uveljavilo polaganje predizolirnih cevi direktno v zemljo po sistemu »logstor«. Ta sistem se uporablja tudi danes.

Toplotne postaje so bile v začetku grajene po direktnem sistemu, kar pomeni, da je ogrevalna vroča voda iz vročevodnega omrežja vstopala tudi interni ogrevalni sistem posameznih objektov. Takšen sistem je bil sicer cenejši, vendar pa je zaradi visokih tlakov bilo veliko problemov na strani internih odjemalčevih naprav. Zato so se že leta 1973 pričele vgrajevati t.i. indirektne topotne postaje, ki preko izmenjevalcev topote prenašajo dovedeno toploploto iz vročevodnega sistema na interni centralni ogrevalni sistem. Od leta 1992 se vgrajujejo kompaktne topotne postaje, ki so že dokaj tipizirane in standardizirane kar omogoča enostavno vgradnjo in tudi obratovanje z nižjimi stroški. Razvoj tehnike na področju topotnih postaj gre danes še v večjo standardizacijo, ki poenostavlja načrtovanje sistema in znižuje stroške priključitve na vročevodno omrežje.



SLIKI 4 IN 5
Parovod med gradnjo



V tabeli 2 je zbranih nekaj splošnih tehničnih podatkov, ki opisujejo sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani.

Fizični kazalci - stanje konec leta	Leto 2002	Leto 2003
Dolžina vročevodnega omrežja (km)	187,4 km	194 km
Priklicna moč odjemalcev (MW)	1090	1099
Število priključenih topotnih postaj	2461	2561
Proizvodnja topote (GWh)	1274	1358
Prodaja topote (GWh)	1096	1160
Proizvodnja električne TE-TOL (GWh)	456	470
Proizvodnja električne TOŠ (GWh)	47	52

TABELA 2
Tehničnih podatkov o sistemu
daljinskega ogrevanja v Ljubljani

Iz sistema daljinskega ogrevanja v Ljubljani se ogreva 46 % vseh stanovanj, kar za 31 % vseh stanovanj pa ima iz tega sistema tudi pripravljeno sanitarno toplo vodo. V letu 2003 se je iz sistema daljinskega ogrevanja v Ljubljani začel hladiti tudi prvi odjemalec z uporabo absorpcijske hladilne naprave, ki uporablja tehnološko paro.

2. Velikost in energetska učinkovitost sistema

Graf 1 prikazuje rast proizvedene topote za potrebe daljinskega ogrevanja v Ljubljani od leta 1980 naprej, ter delitev proizvodnje med TE-TOL in TOŠ.

V letu 1980 je celoletna proizvedena topota za daljinsko ogrevanje mesta znašala 800 GWh od tega pa je bilo 50 % topotne energije proizvedeno v sočasni proizvodnji z električno v TE-TOL, ostalih 50 % pa se je proizvajalo v vročevodnih kotlih na mazut v TOŠ. Vodenje in obratovanje omrežja je bilo v primeru sočasnega obratovanja obeh virov ločeno, to pomeni, da se je omrežje razdelilo v dva otočna sistema, vsak s svojim virom. S takim načinom obratovanja je bilo možno izkoristiti cenejši vir proizvodnje topote v TE-TOL do nivoja 86 % celotnih potreb po topoti.



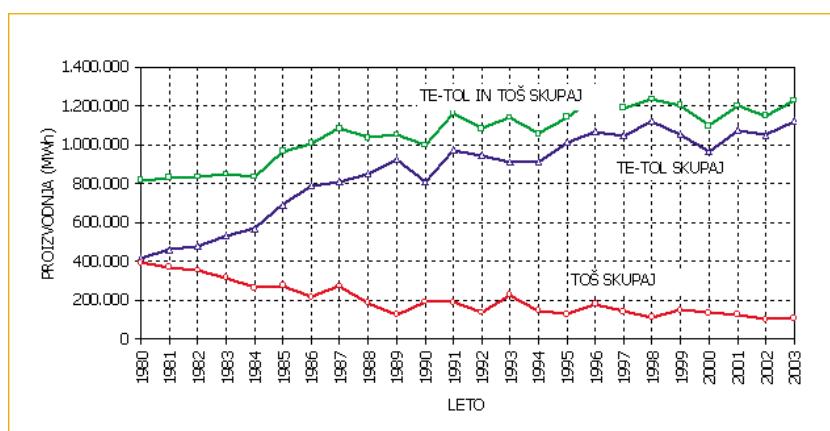
SLIKA 6
Rezervoar v Toplarni Šiška

Po letu 1999, ko je bila v TOŠ instalirana plinska turbina za sočasno proizvodnjo pare in električne energije, ter po postavitvi hraničnika topote v TE-TOL, pa se je pričelo tako imenovano povezano obratovanje sistema, ki omogoča optimalno delovanje sistema, ter maksimalno izkoriščanje sočasne proizvodnje topote in električne energije v TE-TOL in TOŠ z visokim izkoristkom ter visoko razpoložljivostjo virov. Temu dosežku so botrovale nenehne izboljšave na sistemu vodenja ter uvajanju tehnologije na področju avtomatizacije, daljinskega nadzora in informacijskih sistemov.

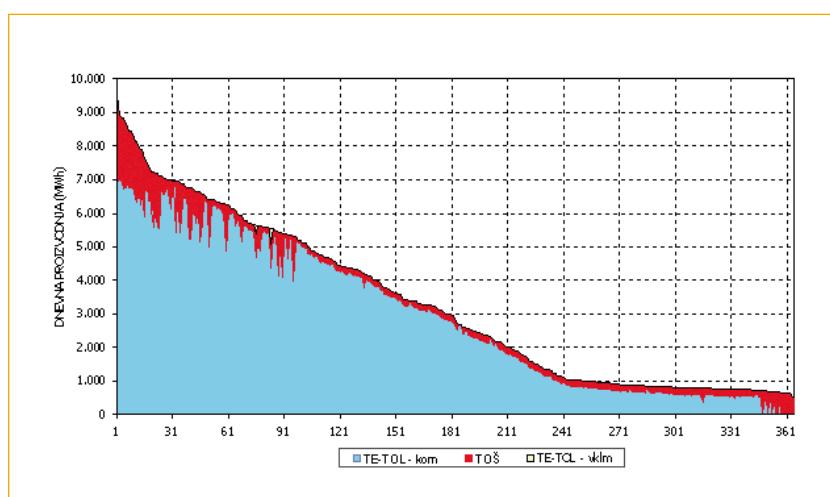


SLIKA 7
Plinska turbina v Toplarni Šiška

Vse do danes se je letna količina proizvedene toplove počasi povečevala in dosega okoli 1200 GWh, kar je 57 % vse proizvedene toplove potrebne za sisteme daljinskega ogrevanja v Sloveniji. Hkrati pa se je povečeval delež toplove proizvedene sočasno z elektriko ki danes dosega kar 96 % (92 % v TE-TOL in 4 % v TOŠ). Tako visok delež proizvedene toplove v sočasni proizvodnji z elektriko dosega le še daljinski sistem v Helsinki, ki velja za najučinkovitejši sistem v Evropi. V Nemčiji se povprečno proizvede 82 % toplove potrebne za daljinsko ogrevanje v sočasni proizvodnji z elektriko.



GRAF 1
Proizvodnja toplove za sistem daljinskega ogrevanja od leta 1980 ter prikaz delitve proizvodnje med TE-TOL in TOŠ



GRAF 2
Urejen diagram dnevne proizvodnje toplove na sistemu daljinskega ogrevanja v letu 2002

Graf 2 prikazuje urejen diagram dnevne proizvodnje topote v letu 2002, iz katerega je razvidno, kako velik delež je proizvedene topote sočasno z elektriko v TE-TOL. Rdeča površina predstavlja proizvodnjo topote v vršnih kotlih v TOŠ in v plinski turbini v TOŠ. V letu 2002 je bilo 96 % vse topote proizvedeno v sočasni proizvodnji z elektriko.

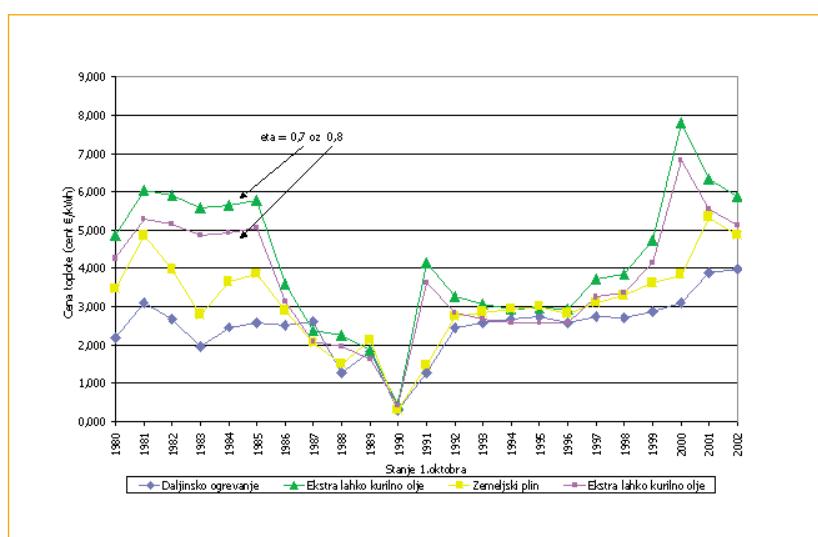
Takšen režim proizvodnje omogoča doseganje visokih izkoristkov saj se izkoristek goriva v TE-TOL giblje okrog 70 %, v plinski turbi ni na lokaciji TOŠ pa se celoletni izkoristek giblje okrog 87 %, pri razpoložljivosti 95 %.

Ti dosežki, so kljub starim napravam TE-TOL na zavidljivi ravni in dosegajo kriterije za pridobitev statusa kvalificiranega proizvajalca z visokim izkoristkom tudi po določbah Evropske direktive 2004/8/EC. Vse to je posledica dobrega načrtovanja proizvodnih naprav, ki se danes dobro prilagajajo potrebnemu porabi topote za ogrevanja mesta.

Po primerjalni analizi, ki jo izvaja nemško združenje za daljinsko ogrevanje (AGFW) in v katero je vključenih več podjetij iz Nemčije je sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani na prvem mestu glede na prodane količine topote na kilometr omrežja (5,9 GWh/km/leto), kar je primerljivo tudi s sistemom daljinskega ogrevanja v Helsinki (6 GWh/km/leto). Sistemi v Nemčiji dosegajo med 1,7 do 4,5 GWh/km/leto. Po tem kriteriju sodi sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani med učinkovitejše sisteme v Evropi.

3. Cenovna ustreznost topotne energije

Sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani je cenovno izredno učinkovit zaradi dobro zastavljenega koncepta in dimenzioniranja vročevodnega distribucijskega omrežja ter doseganja optimalnega razmerja med proizvodnimi viri. V grafu 3 je prikazano gibanje prodajnih cen topote na sistemu daljinskega ogrevanja za ogrevanje stanovanj v Ljubljani v primerjavi z cenami ogrevanja z ekstralahkim kurilnim oljem in zemeljskim plinom, preračunano na enoto koristne topote. Primerjava jasno kaže, da so cene ogrevanja iz sistema daljinskega ogrevanja v Ljubljani v vsem obdobju od leta 1980 bile nižje od cen ogrevanja s kurilnim oljem in plinom. Poleg tega so cene ogrevanja iz sistema daljinskega ogrevanja veliko bolj stabilne, kar pomeni, da je sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani izredno konkurenčen in stabilen način ogrevanja.



GRAF 3
Primerjava cen ogrevanja stanovanj v Ljubljani različnih načinov ogrevanja preračunano na enoto koristne topote (upoštevajoč izkoristek ogrevalnih naprav)

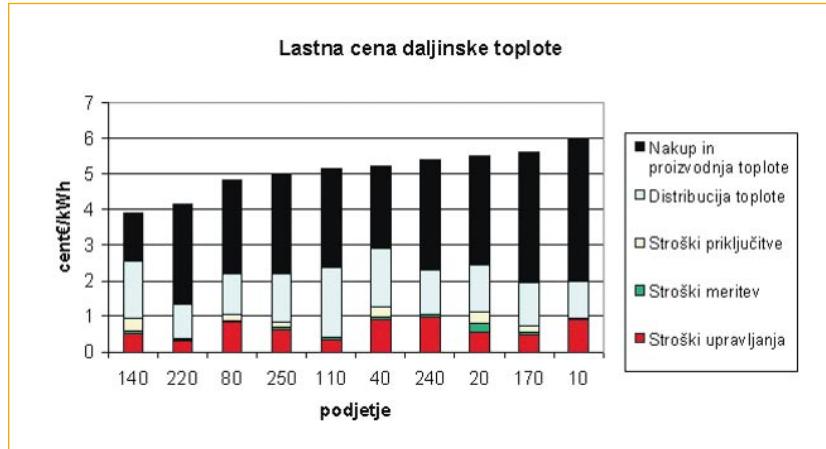
Primerjalne analize kažejo, da je v mednarodnem pogledu daljinski sistem v Ljubljani eden najučinkovitejših sistemov, zaradi izredno visoke priključne moči na dolžino omrežja oziroma prodanih količin na kilometr omrežja. V primerjalni analizi »Benchmarking pfeningspass«, ki poteka pod okriljem nemškega združenja za daljinsko ogrevanje AGFW, zaseda daljinski sistem v Ljubljani drugo mesto po stroškovni učinkovitosti, predvsem na račun izredno učinkovite distribucije topote.

Na grafu 4 je predstavljena primerjava lastnih cen različnih daljinskih sistemov, ki so bili vključeni v primerjalno analizo v letu 2002.

Iz prikazane primerjave je razvidno, da je sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani najučinkovitejši pri distribuciji topote saj so stroški distribucije na enoto prodane topote najnižji v primerjavi z drugimi sistemmi. To je tudi razlog za dolgoročno nizke oz. konkurenčne cene daljinskega ogrevanja v Ljubljani.

Trenutno znaša povprečna prodajna cena topote 7.900 SIT/MWh oz. 33 EUR/MWh. Prodajne cene na sistemih daljinskega ogrevanja v Nemčiji se gibljejo okrog 55 EUR/MWh, prodajne cene topote v Helsinki pa so primerljive cennam v Ljubljani in se gibljejo okrog 35 EUR/MWh, pri čemer je potrebno poudariti, da traja sezona ogrevanja v Helsinki bistveno dlje kot v Ljubljani.

Ti rezultati kažejo na izredno ekonomsko učinkovitost sistema, ki je rezultat dobro načrtovanih proizvodnih naprav, ki proizvajajo topoto sočasno z elektriko z visokimi izkoristki, visoka gostota priključne moči na omrežju pa je razlog za izredno nizke stroške distribucije topote. Prav gotovo je ekonomska sistema daljinskega ogrevanja v Ljubljani in izredno visoka konkurenčnost cen ogrevanja rezultat tehnološko dobro zasnovanega in izvedenega sistema, tako proizvodnje kot tudi distribucije in obratovanja s sistemom.



Graf 4
Primerjava lastnih cen različnih sistemov daljinskega ogrevanja iz primerjalne analize AGFW iz leta 2002

Vrsta stroška (cent EUR/kWh)	Hannover (140)	Ljubljana (220)	Leipzig (80)	Guben (250)	Dresden (110)	Krefeld (40)	Rostock (240)	Dinslaken (20)	Frankfurt (170)	Erfur (10)
Stroški upravljanja	0,53	0,29	0,84	0,63	0,34	0,93	0,97	0,56	0,47	0,91
Stroški meritev	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,05	0,09	0,25	0,07	0,05
Stroški priključitve	0,38	0,03	0,18	0,13	0	0,28	0	0,32	0,19	0
Distribucija topote	1,6	0,98	1,12	1,36	1,94	1,67	1,26	1,32	1,22	1,03
Nakup in proizvodnja t.	1,34	2,81	2,63	2,83	2,8	2,29	3,09	3,07	3,67	3,99

4. Zanesljivost energetske oskrbe

Sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani je tehnično zasnovan in izgrajen tako, da se kot gorivo lahko uporablja premog, plin in srednje težko kurično olje. Tako ima Ljubljana veliko prednost pri optimizaciji cen energentov, ter visoko zanesljivost oskrbe.

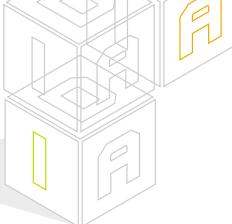
Od leta 2000, ko je vzpostavljeno »povezano obratovanje« sistema (in ne več otočno) se je zanesljivost obratovanja še povečala, kar se kaže v manjšanju števila okvar na omrežju pa tudi krajišč so časi letnih remontov na omrežju. Iz statistike intervencijskih posegov je razvidno, da je omrežje kljub relativni starosti še vedno v dobrem stanju.

Povečana zanesljivost obratovanja vseh naprav daljinskega ogrevanja je tudi posledica uvedbe centra za vodenje sistema, ki je bil zgrajen in domišljen v Energetiki Ljubljana. Tako sistem omogoča zelo natančno napovedovanje odjema topote glede na napoved temperatur za naslednjih 24 ur ter za naslednje tri dni. Sistem omogoča nadzor in vodenje sistema v realnem času na vseh skrajnih točkah omrežja in na kritičnih mestih v omrežju gledano s stališča tlačno pretočnih razmer.

S takim načinom vodenja sistema sta TE-TOL in Energetika Ljubljana v zadnjem obdobju dosegli največjo možno izkoriščenost sočasne proizvodnje ob največji zanesljivosti toplotne oskrbe mesta.



SLIKA 8
Priključevanje novih območij na daljinsko ogrevanje

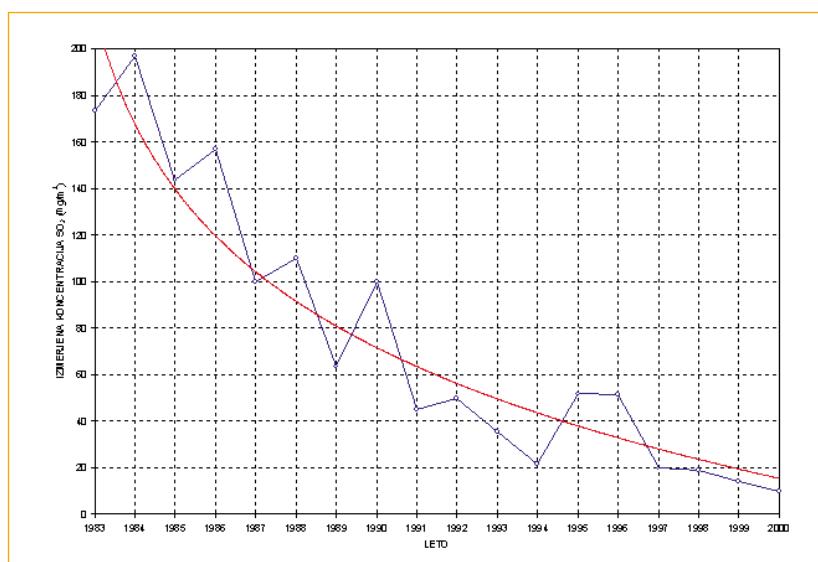


SLIKA 9
Poslovna stavba Energetike Ljubljana

5. Ekološka prijaznost

Danes je zrak v Ljubljani prav po zaslugu sistema daljinskega ogrevanja bolj čist kot pred štirimi desetletji. Vsebnost SO_2 v Ljubljani se je od leta 1980 zmanjšala za 10-krat, predvsem pa se je znižala po uvedbi Indonezijskega premoga za sočasno proizvodnjo toplote in električne energije v TE-TOL. S priključevanjem individualnih kotlovnic na sistem daljinskega ogrevanja se letno zmanjšajo emisije SO_2 v zraku v MOL za več kot 120 ton.

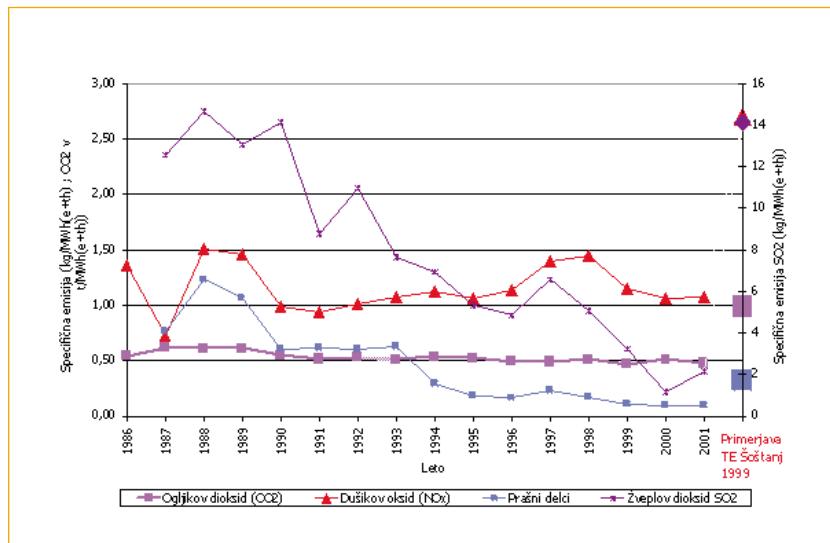
Diagram v grafu 5 prikazuje zniževanje emisij SO_2 v Ljubljani od leta 1983 do leta 2000. V zadnjem obdobju so koncentracije SO_2 v Ljubljani daleč pod dopustnimi mejnimi vrednostmi in hkrati pod mejo zanesljivosti meritev, tako da bi bilo prikazovanje takih meritev nekorektno.



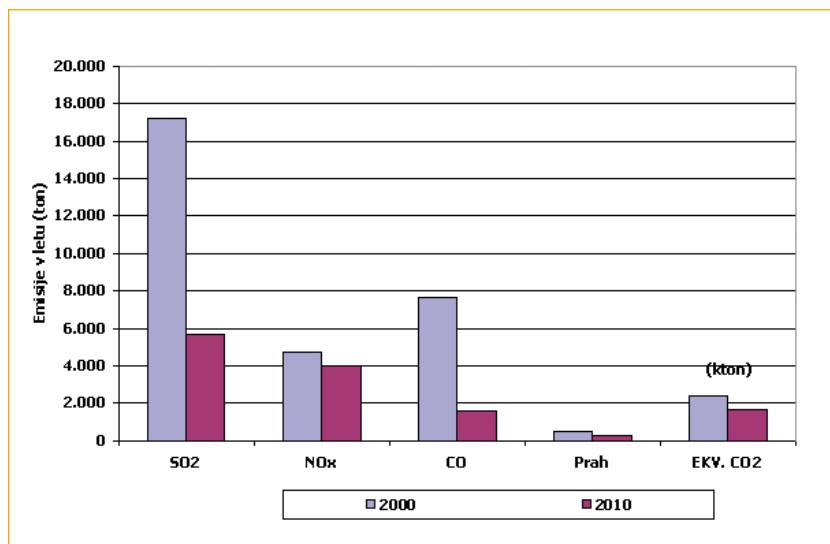
GRAF 5
Gibanje izmerjenih vrednosti koncentracij SO_2 v Ljubljani

Na diagramu v grafu 6 pa je narejena primerjava specifičnih emisij ogljikovega dioksida, dušikovih oksidov, prašnih delcev ter žveplovega dioksida med TE-TOL in Termoelektrarno Šoštanj na proizvedeno električno in topločno energijo na pragu virov. Iz diagrama je razvidno, da so emisijske vrednosti v TE-TOL bistveno nižje od tistih v TEŠ, kljub starosti naprav. Ti rezultati so tudi posledica predelav in izboljšav na zgorevalnem delu kotlov v TE-TOL, ki so plod znanja inženirjev iz TE-TOL. Nizke emisijske vrednosti SO_2 pa so predvsem posledice uporabe čistega uvoženega premoga, ki se ga v TE-TOL uporablja že od leta 1993.

Sistem daljinskega ogrevanja v Ljubljani je učinkovit tudi na področju zniževanja toplogrednih plinov (CO_2) in razvojno naravnin tako, da omogoča izpolnitve zahtev iz kjetskega protokola o zmanjšanju emisij toplogrednih plinov za 10 % do leta 2008. Le to bo možno po delni ukinitvi premogove tehnologije za zaustavitev blokov 1 in 2 ter uvedbi plinsko parne kombinirane proizvodnje električne moči do $80 \text{ MW}_{\text{th}}$. V grafu 7 je prikazana napoved znižanja emisij ob zamenjavi tehnologije sočasne proizvodnje toplote in električne energije v TE-TOL.



Graf 6
Specifične emisije v TE-TOL in TEŠ glede na proizvedeno toplosto in elektriko na pragu virov



Graf 7
Možno znižanje emisij ki jih ponuja nadomestitev premogovnih blokov 1 in 2 v TE-TOL s plinsko parno sočasno proizvodnjo toplotne in električne

Iz napovedi je razvidno, da so učinki zamenjave premogove tehnologije s plinsko zadostni in omogočajo doseganje ciljev kjotskega protokola po znižanju emisij CO₂ za 8 % do leta 2010 glede na izhodiščno leto.

6. Zaključek

Sistem daljinskega ogrevanja mesta Ljubljane je dober primer dolgoročno zasnovanega inženirskega projekta, ki je:

- tehnično zahteven,
- zgrajen po meritih sodobne tehnološke opremljenosti,
- v evropskem prostoru velik energetski sistem,
- energetsko učinkovit,
- cenovno konkurenčen,
- zanesljiv v energetski oskrbi,
- prijazen do okolja.

Projekt je v praksi uveljavljen in obratuje že 45 let in je primer umnega ravnanja z energijo ter izpoljuje kriterije trajnostnega razvoja, kot tudi naprednih idej o energetski oskrbi urbanih naselij. S svojim razvejanim in učinkovito načrtovanim omrežjem, nudi tudi dolgoročno možnost za izpolnjevanje ostrih okoljskih mednarodnih zahtev, ekonomske učinkovitosti in zanesljivosti energetske oskrbe mesta. Sistem je zasnovan tako, da omogoča prehod na uporabo različnih goriv in tudi alternativnih virov za proizvodnjo toplotne in električne ter s tem ponuja prihodnjim generacijam možnosti učinkovite energetske oskrbe mesta in omogoča izpolnitve ciljev Nacionalnega energetskega programa.

VIRI

1. Letna poročila TE-TOL (1999 - 2003).
2. Letna poročila Energetika Ljubljana 1999-2003.
3. Letno poročilo za leto 1999 Termoelektrarna Šoštanj.
4. Direktiva EU 2004/8/EC.
5. Andrej Povše, Ekološke, energetske in tehnološke osnove za izdajo uredbe o načinu ogrevanja na območju MOL, Elaborat Energetike Ljubljana, 2002.
6. Primerjalna analiza »AGFW Benchmarking Pfennigspass 2002« sistemov daljinskega ogrevanja.

Prenova elektrarn na reki Dravi – Izkušnje ob zaključku prenove objektov HE od Dravograda do Maribora

RECONSTRUCTION OF THE DRAVA HYDROELECTRIC POWER PLANTS – EXPERIENCE GAINED IN THE RECONSTRUCTION OF PLANTS FROM DRAVOGRAD TO MARIBOR

Jože MILIČ, dipl.inž.grad.

HSE Invest Maribor

POVZETEK

Izkoriščanje energetskega potenciala reke Drave se je pričelo z izgradnjo hidroelektrarne Fala kot prvega tovrstnega hidroenergetskega objekta v tem delu Evrope, že v letu 1918. Pričetek proizvodnje električne energije prvih agregatov na ostalih hidroelektrarnah med Dravogradom in Mariborom pa sega v leta med 1943 (HE Dravograd) in 1958 (HE Ožbalt).

Koncem 80 - tih in v začetku 90 - tih let prejšnjega stoletja so se, zaradi vse pogostejših motenj pri obratovanju predvsem najstarejših objektov HE, pri upravljalcu objektov (Dravske elektrarne Maribor) pričela resna razmišljanja o celovitejšem pristopu k prenovi obstoječih objektov.

Zadani glavni cilji posodobitve so bili usposobitev objektov in zagotovitev zanesljivega obratovanje za naslednjih 35 do 40 let, z novo opremo ki bo omogočala optimalne tehnične izkoristke. Tehnične rešitve morajo zagotavljati varno obratovanje naprav ter v največji meri zmanjšati negativne vplive obstoječih objektov na okolje. Cilji se morajo manifestirati tako na področju kvalitete izvedbe projekta, njegovi pravočasni izvedbi, kakor tudi doseženi ekonomičnosti.

V tem času se projekt prenove objektov na zgornji in srednji Dravi zaključuje. Posodobitev hidroenergetskih objektov v Sloveniji in še posebej na reki Dravi se v javnosti prikazuje v glavnem kot strojno in elektrotehnološki projekt, saj glavni del in s tem tudi vlaganj dejansko predstavljajo izdelava in montaža nove turbines, generatorske in ostale opreme. Prispevek prikazuje prenovo hidroenergetskih objektov na reki Dravi tudi iz gradbeno - konstruktivnega in hidrotehničnega vidika v različnih fazah investicijskega procesa in obenem povzema dosežene učinke projekta prenove.

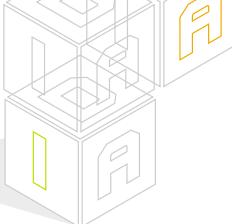
ABSTRACT

Exploitation of the Drava river energy potential started with the construction of the Fala hydroelectric power plant, the first hydroelectric facility of its type in this part of Europe, already in 1918. The first units of the remaining power plants on the section of the Drava river between Dravograd and Maribor started to generate electric power in 1943 (Dravograd HPP) and in 1958 (Ožbalt HPP).

At the end of the eighties and in the beginning of the nineties of the previous century, due to increasing occurrence of malfunctioning primarily of the oldest facilities, the operator of the facilities (Dravske elektrarne Maribor) started to consider seriously the possibility of a comprehensive approach to the refurbishment of the existing facilities.

The main aims of the refurbishment were to restore the plants to their full functioning condition and ensure their reliable operation for the following 35 to 40 years by means of new equipment providing optimum technical efficiency. Technical solutions had to warrant safe operation and to the greatest possible extent also the elimination of negative environmental influences caused by the existing facilities. The objectives should be manifested in the quality of execution of the project according to schedule, as well as in the achieved cost efficiency.

At present the refurbishment of the power plants of the upper and middle section of the Drava river is being completed. In the public, the refurbishment of hydroelectric facilities in Slovenia and specifically on the Drava river is presented primarily as a mechanical and electrical engineering project since the major part of the works and consequently of capital expenditure actually consists of the manufacture and installation of new turbine, generator and other equipment. In this paper, however, the refurbishment of hydroelectric facilities on the Drava river is presented also from the point of view of civil and hydraulic engineering in the various phases of the construction process, summarizing at the same time the results of the refurbishment project.



1. GENERALNI PRISTOP K ODLOČITI O PRENOVI OBJEKTOV

1.1 Opredelitev problema in cilji

Posodobitev hidroenergetskega objekta pomeni v končni fazi združitev »starega v novem« s ciljem doseganja maksimalne možne učinkovitosti posegov vse to pa v okviru predvidenih stroškov. Določitev konkretnega obsega posodobitve je naloga, ki se v funkciji časa nenehno spreminja. Po eni strani s starostjo gradbenih objektov in opreme, po drugi pa s spremembami zahtev obratovalnega okolja HE. Pogoj za hitro in učinkovito oceno obsega prenove je stalna spremjava in identifikacija stanja objektov v celotnem obratovalnem obdobju.

Odločitev o potrebi po prenovi objekta in njenem obsegu temelji na temeljiti interdisciplinarni analizi stanja različnih parametrov ki se nanašajo na obstoječe objekte in njihove dele in vgrajeno opremo, ter zastavljenih kriterijih in ciljih ki jih želimo s prenovo objektov dosegči, vse to pa ob upoštevanju veljavnih predpisov in standardov, ki urejajo to področje.

1.2 Analiza stanja

1.2.1 Globalna zasnova objekta in hidrološke razmere

- stabilitetna presoja objektov in njihovih delov,
- funkcionalnost objekta HE in njegovih delov,
- hidrološke razmere v dosedanji obratovalni dobi, višina instalacije, dosežena moč in proizvodnja ... (ocena morebitnih odstopanj glede na projektirane parametre).

1.2.2 Vplivi objekta na okolje

Od vseh sprememb, ki so se zgodile v času od načrtovanja in izgradnje objektov pa do danes so tiste, ki se nanašajo na okolje največje. Pri tem ne gre le za vpliv objekta na okolje temveč tudi za vpliv okolja na obratovanje objekta HE.

Spremembe vplivov obratovalnega okolja se manifestirajo predvsem z zmanjševanju dovoljenih emisij v vodo, ozračje in okolico - spremembe v poselitvi območij, spremembe v načinu ravnarja z gradbenimi in posebnimi odpadki (olja in maziva, akumulatorske baterije, ...). Obenem pa se nenehno zaostrujejo tudi obratovalni pogoji:

- nižanje vrednosti dovoljenih sprememb naravnega rečnega rezima (volumen akumulacije, instaliran pretok, obratovalni rezim, spremembe gladin ...),
- rast vrednosti za ekološko sprejemljive pretoke,
- zahteve po vse večji varnosti tako objekta, kakor tudi njegovega okolja.

1.2.3 Elektrodistribucijski sistem

Analiza sedanjih in bodočih potreb omrežja (z širitevijo omrežja se pomen nekoč pomembnih objektov praviloma zmanjuje).

1.2.4 Stroški obratovanja

Analiza dejanskih obratovalnih stroškov v času obratovanja in primerjava z planiranimi.

1.2.5 Stroški vzdrževanja

Analiza dejanskih stroškov vzdrževanja v času obratovanja in primerjava z planiranimi ter s tem povezana analiza prihodkov in dobičkov v obratovalnem obdobju.

1.2.6 Stanje objekta in opreme

- gradbeni del (analiza dejanskih hidravličnih izgub naprave, kvaliteta izvedbe elementov konstrukcij in ocena morebitnih že izvedenih sanacijskih del ...),
- strojna oprema (inventarizacija opreme z oceno iztrošenosti, analiza obratovalnih razmer, analiza okvar in havarij v obratovalni dobi, analiza posegov izvršenih po izgradnji objekta ...),
- elektro oprema (popis tehnične opremljenosti objekta, stanje iztrošenosti obstoječe opreme, analiza napak, ki so se zgodile v obratovalni dobi).

1.3 Določitev kriterijev za posodobitev objektov

Odločitev temelji na rezultatih analize stanja, ki so podrobnejše prikazani zgoraj. Po izvršeni analizi morajo biti za nadaljnje aktivnosti izpolnjeni naslednji pogoji:

- objekt HE ne dosega povprečja standardov varnosti, zanesljivosti obratovanja in varovanja okolja
- stroški obratovanja in vzdrževanja so v porastu,
- tehnični parametri objekta in njegova proizvodnja nista v skladu s projektiranimi vrednostmi,
- ekonomski izračun dopušča določen obseg vlaganj v obstoječ objekt.

1.4 Opredelitev ciljev in ukrepov za posodobitev objekta

- zagotovitev varnosti osebja, okolja, objekta, vgrajene opreme in obratovanja,
- zagotovitev izboljšanja tehničnih karakteristik naprave in zanesljivosti njenega obratovanja,
- zmanjšanje stroškov obratovanja z ukrepi kot so: avtomatizacija vodenja, možnost daljinskega prenosa podatkov ...,
- zaščita okolja med prenovitvenimi deli in po njih,
- določitev tehničnih rešitev z ki dajejo najboljše ekonomske rezultate (vključno z možnostjo povečanja instalacije objekta).

2. FAZA RAZISKOVALNIH DEL IN NAČRTOVANJA

V okviru raziskovalnih del in načrtovanja obsega prenove objektov na Dravi so v nadaljevanju predstavljene nekatere izključno gradbeno - hidrotehnične aktivnosti ki jih je bilo potrebno opraviti pred in v sami fazi načrtovanja prenove objektov:

Cilj analize stanja gradbenih objektov in njihovih konstrukcijskih delov je bila kot že rečeno - zagotoviti njegovo varnost in stabilnost, za načrtovano življensko dobo zagotoviti uporabnost že vgrajenih gradbenih proizvodov ... in končno zagotoviti, da je objekt kot celota primeren za rekonstrukcijo.

Položaj proizvajalcev (dobaviteljev) električne energije na odprttem trgu, pa od proizvajalca še bolj kot doslej zahteva stalne aktivnosti na področju optimizacije proizvodnih objektov s ciljem maksimiranja proizvodnje in s tem poslovnega izida družbe.

Ena od aktivnosti prilaganja proizvajalcev električne energije iz hidroelektrarn novim razmeram odprtega trga, je tudi stalna težnja za povečanje energetske učinkovitosti obstoječih objektov. To pomeni maksimalno možno izrabu energetskih potencialov (moči in energije) na lokacijah obstoječih HE. V okviru tega cilja so predstavljene aktivnosti za povečanje moči in proizvodnje hidroenergetskega objekta s povečanjem energetskega padca.

2.1 Zagotovitev varnosti in stabilnosti objekta

Kot sestavni del analize in ocene stanja pregradnega objekta je bila kot ena prvih študij izdelana »Presoja varnosti pregradnega objekta¹. Le ta opredeljuje varnost objekta iz naslednjih vidikov:

- analize stanja na podlagi podatkov tehničnega opazovanja (monitoringa) objekta,
- analize globalne statične stabilnosti pregrade in napetostnih stanj konstrukcij pri statičnih obremenitvah,
- rezultatov dinamične analize pregradnega objekta.

Rezultati analiz so pokazali, da so objekti globalno stabilni, napetostna stanja ki nastopajo pri statičnih obremenitvah uporabljene-ma matematičnega modela pa so v obsegu normale in pod napetostmi, ki so dopustne za uporabljene materiale.

2.1.1 Preiskava vgrajenih betonov z izdelavo ocene kakovosti vgrajenih betonov obstoječih objektih HE

Preiskava je zajemala predhodno preveritev stanja betonskega dela objekta, z preveritvijo tlačne trdnosti betonov posameznih konstruktivnih elementov ter določitev MB teh elementov oz. sklopov, ugotovitev vodotesnosti betonov, določitev prostorninske mase betonov in globine karbonatizacije na betonih izpostavljenih vplivom atmosferilij. Primarna analiza stanja v smislu doseganja tlačnih trdnosti betonov je bila pomembna predvsem za objekt HE Vuhred, kjer se je že v fazi gradnje (leta 1953) ugotovilo, da določeni betoni niso izpolnjevali kriterijev iz projekta.

2.1.1.1 Rezultati preiskav betona²

V nadaljevanju podani rezultati tlačne trdnosti so končni, t.j. z upoštevanjem vseh korekcijskih faktorjev vsled oblike preskušanca in metode preskusa, ter z upoštevanjem faktorja starosti skladno s standardom JUS U.MI.048. Preskus vodotesnosti je bil izveden na vzorcih betona, ki so najbolj izpostavljeni delovanju vodnega pritiska (na vzorcih iz sten pretočnih polj) in na vzorcih nosilcev žerjavne proge, da se ugotovi njihova skompaktiranost. Globino karbonatizacije je bila ugotavljana na vzorcih betona, ki so izpostavljeni vplivom atmosferilij (na vzorcih nosilcev žerjavne proge)

Za primerjavo izračuna dobljenih rezultatov preiskav karakteristične trdnosti posameznih vzorcev na 28 dnevno trdnost, s katero se definira tudi marka betona, je v spodnji tabeli podan prikaz posameznih rezultatov preračunanih na starost 28 dni.

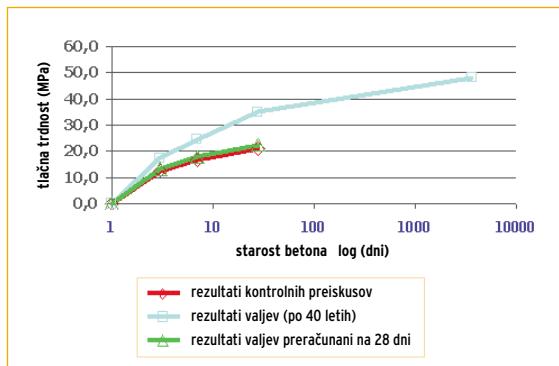
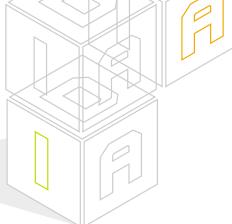
2.1.1.2 Analiza rezultatov

Na osnovi primerjave rezultatov tekoče kontrole, ki jo je vršil izvajalec del na gradbišču v času gradnje in rezultatov preiskav preračunanih na 28 dnevno trdnost je razvidno, da dobljeni rezultati zelo natančno odražajo sliko ugotovitev preiskav kontrole v času gradnje.

Iz primerjave rezultatov dobljenih na osnovi ovzetih valjev brez upoštevanja faktorjev preračuna na 28 dni, z rezultati preračunanimi na 28 dnevno starost je upoštevan izračunan faktor 1/2,36. Kar pomeni, da so vzorci z leti pridobivali ca 5,9 % trdnosti / leto glede na začetno ugotovljeno starost po 28 dneh.

¹ Studijo izdelal IBE, d.d. Ljubljana ...

² Preiskave je izvršil inštitut IRMA, d.o.o., Ljubljana



2.2 Povečanje moči in proizvodnje HE vuzenica s povečanjem energetskega padca

Obratovalni režim celotne verige Dravskih elektrarn in s tem tudi obratovalni režim HE Vuzenica, za katerega so značilni nenehno spremenljivi pretoki agregatov ki se gibljejo v mejah od $Q=0 \text{ m}^3/\text{s}$, do $Q=Q_i (450 \text{ m}^3/\text{s})$ - za stanje pred prenovo in $550 \text{ m}^3/\text{s}$ - za stanje po prenovi agregatov) ima pri nizkih pretokih za posledico sedimentacijo drobnih delcev v območju tik pod elektrarno. Pri višjih pretokih so hitrosti vode v koritu tik pod elektrarno vsled majhnega aktivnega preseka razmeroma visoke, tik pod elektrarno odložene drobne frakcije pa se takrat transportirajo dolvodno in se zopet odlagajo na mestih kjer so hitrosti vode v strugi manjše.

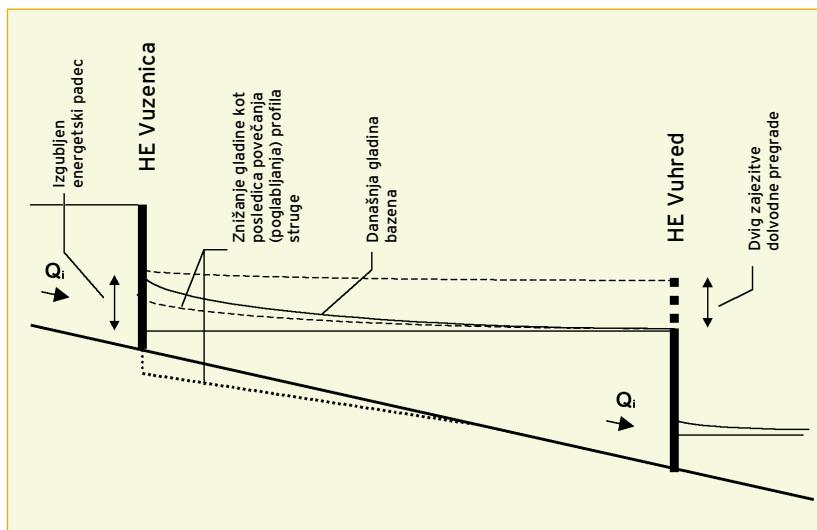
Poleg tega se tik pod elektrarno v reko Dravo kot desni pritok izliva potok Crkvenica, ki v ustju izliva odlaga v dravsko strugo ob visokih vodah transportiran pesek in gramoz.

Meritve gladin reke Drave dolvodno HE Vuzenica pokazale, da zaradi zaježitve na kote 316.63, ki ga povzroča dolvodno ležeča HE Vuhred nastopi v spodnji vodi HE Vuzenica dvig gladine, ki znaša pri pretoku $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$; 130 cm (kota sp. vode 317.93). Dvig gladine sicer ne presega vrednosti, ki so običajne za verigo HE, vseeno pa je to za HE Vuzenica izgubljen energetski padec, ki ga je možno v principu zmanjšati na dva načina:

- dvig zaježitve pregrade dolvodne HE Vuhred,
- poglobitev struge pod elektrarno.

Prvi način - dvig kote zaježitve zgornje vode dolvodne HE je na prvi pogled pripravnnejši. S takim posegom se poveča padec dolvodne elektrarne, se pa obenem zmanjša padec gorvodne. Pri tem je izgubljen padec gorvodne elektrarne manjši od pridobljenega na dolvodni, energetska bilanca pa je pozitivna. Kote zaježitve hidroenergetskega objekta pa ni moč brez nadaljnega zviševati, saj to vpliva na stabiliteto jezovne zgradbe.

Drugi način - povečanje pretočnega profila rečnega korita pod elektrarno (poglabiljanje in širitev) in s tem znižanje gladine spodnje vode ne vpliva na padec dolvodne elektrarne, energetski padec objekta pa se poveča zaradi znižanja gladine spodnje vode. To je v tehnično-tehnološkem smislu tudi način, ki je podrobneje prikazan v nadaljevanju.



2.2.1 Izkoristljiv pretok

Povprečna letna linija trajanja pretokov reke Drave kaže, da se energetsko izkoristljiv pretok giblje med $Q_{100\%}=95 \text{ m}^3/\text{s}$ do $Q_{1\%}=1008 \text{ m}^3/\text{s}$. Osnovni projektiran izkoristljiv (instaliran) pretok je znašal $Q_i=411/450 \text{ m}^3/\text{s}$, ki se je s projektom revitalizacije in doinstalacije objekta povečal na $Q=550 \text{ m}^3/\text{s}$. Povečanje instaliranega pretoka je z ozirom na oskrbo Slovenije z električno energijo pretežno iz termoelektrarn zelo pomembno pri pokrivanju konič obtežbe z večjo močjo pridobljeno iz HE na Dravi. Faktor instalacije (Q_i/Q_s) se je tako povečal iz 1.57 na 1.92.

2.2.2 Padec

Padec ki ga turbineski stroj lahko izkoristi na nizkotlačni hidroelektrarni kot je obravnavana HE Vuzenica imenujemo neto padec naprave.

Neto padec (H_n): je razlika med energijskima nivojema t.j. med energijskim nivojem tik pred vtokom v spiralno in energijskim nivojem vode neposredno za iztokom iz sesalne cevi

Neto padec lahko torej izrazimo:

$$H_n = H_b + \frac{v_o^2}{2g} - \Sigma dh - \frac{v^2}{2g}$$

pri čemer pomeni:

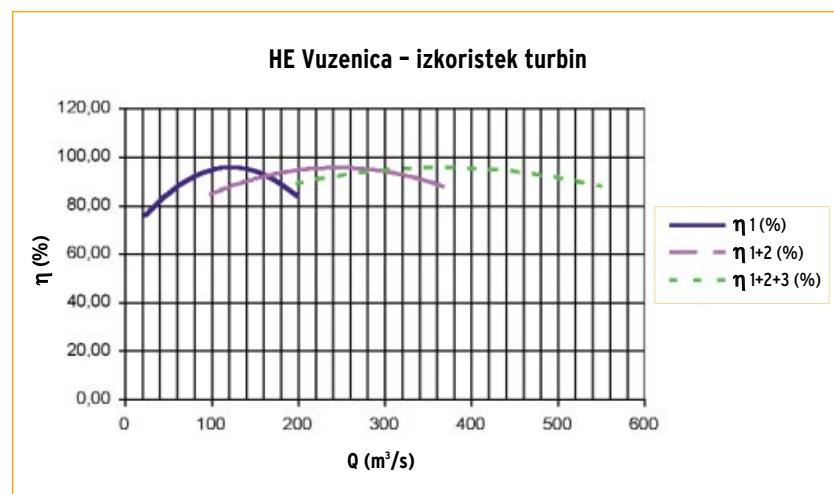
- H_b : bruto padec naprave
- v_o : hitrost vode pred vtokom
- Σdh : vsota hidravličnih izgub pred vtokom v spiralno
- dhv : lokalna izguba na vtoku (zoženje prereza)
- dhr : lokalna izguba na vtočni rešetki
- dhn : lokalna izguba niš pomožnih zapornic
- dhp : linijska (trenjska) izguba vtočnega objekta do vtoka v spiralno
- v : hitrost vode za iztokom iz sesalne cevi

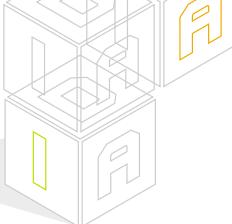
Padec HE se toraj lahko poveča z znižanjem gladine spodnje vode in zmanjšanjem odtočne hitrosti vode tik za iztokom. To je tehnično možno z povečanjem pretočnega profila (poglabljanje in širitev) rečnega korita pod elektrarno. Struga pod pregradnim profilom je obenem že akumulacijski bazen dolvodno ležeče HE Vuhred, tako da je učink zaježitve in s tem povečanja pretočnega profila moč izračunati z iteracijskem reševanjem osnovne energijske (Berniullijeve) enačbe med posameznimi odseki bazena za stanje pred in po posegu.

2.2.3 Pretvorba energije

Pretvorba razpoložljive hidravlične energije v mehansko in kasneje v električno se na HE izvrši s pomočjo strojev za pretvorbo energije: turbineskega agregata, generatorja in transformatorja. Ker gre za pretvorbo energije (energija položaja in energija gibanja) realne tekočine - vode s pomočjo mehanskih strojev v katerih se del energije izgubi (toplote izgube, vibracije, kavitacija ...) govorimo o skupni izgubi objekta pri pretvorbi hidravlične energije v električno. Razmerje med teoretično razpoložljivo hidravlično energijo (močjo) in dejansko izkorisčeno oznečujemo z koeficientom η_i . Energetski izkoristek hidroelektrarne na njenem pragu (η) tako predstavlja zmnožek izkoristkov posameznih strojev:

Izkoristek turbineskih agregatov HE Vuzenica v odvisnosti od pretoka je prikazan na spodnjem grafu.



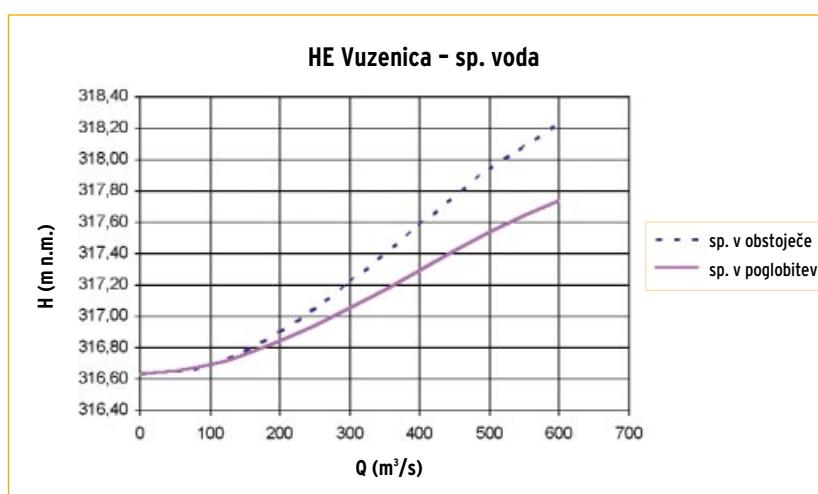


2.2.4 Hidravlične razmere v akumulacijskem bazenu

Hidravlični model gladin bazena je izvršen z enodimenzionalnim modelom za neenakomerni tok in je umerjen za pretok 500 m³/s.

Iz rezultatov izračuna ki so podani v prilogi izhaja, da znaša enoten koeficient hrapavosti bazena po Manningu $n_g = 0.0225$ ($k = 44$). Koeficient hrapavosti je kot že omenjeno izračunan z iteracijskim postopkom, izhajajoč iz znanih gladin bazena pod elektrarno HE Vuženica pri znanih pretokih, znanih (izmerjenih) gladinah, ter znanih geometrijskih karakteristikah rečnega korita.

Pridobljen energetski padec s poglabljanjem struge pod pregrado HE Vuženica glede na obstoječe stanje je za posamezne pretoke podan v grafu spodaj kot razlika med gladinama spodnjih vod:



2.2.5 Povečanje moči in proizvodnje objekta

Povečanje moči in srednje letne proizvodnje povprečnega hidrološkega leta je izračunano kot razlika med močjo in proizvodnjo pred gradbenimi posegi za povečanja padca HE in proizvodnjo po dokončanih delih (po variatah). Rezultati izračuna pa kažejo na:

- Povečanje moči objekta za 1.9 MW.
- Povečanje srednje letne proizvodnje za 6.9 GWh.
- Skupna količina izkopa ca. 48,000 m³.

2.3 Faza izvedbe gradbenih del

2.3.1 Rušitvena dela v področju spiralnega stožca

Odločitev da se v sklopu prenove zamenja obstoječ gonilnik z novim večjega premera (4.65 na 4.85m na objektih Mariborski otok, Ožbalt, Vuhred in Vuženica in 4.49 na 4.70 m v Dravogradu) je pomenila, da je potrebno zamenjati dva pomembna vbetonirana dela turbineske opreme in sicer tako gonilnikov obroč, kakor tudi jekleno oblogo stožca sesalne cevi.

Način odstranitve jeklene oblage je bil izведен na klasičen način – s plamenskim rezanjem. Že v času načrtovanja pa je bil študiran optimalen način izvedbe rušitvenih del dela armiranobetonske konstrukcije spiralnega stožca, ki predstavlja skupaj s konstrukcijo predvodilnika vitalni del statični element zasnove turbineske stebra.

Raziskave so na podlagi leta 1994 znanih detajlnih podatkov in napotkov za delo na področju odstranjevanja in rezanja betona z vodnim curkom visokega pritiska v primerjavi s klasičnimi metodami (odstranjevanje z pnevmatskimi kladivi, abrazivne metode) podale sledeče zaključke, ki so obenem tudi prednosti te metode:

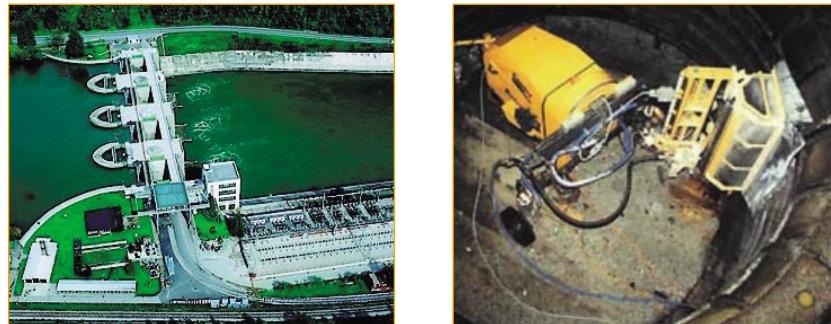
- razmeroma dobri pogoji dela (minimalna obremenitev s hrupom, delo v praktično brezprašnem okolju, nobenih vibracij, ki se prenašajo na operaterja naprave, majhno število potrebnih delavcev),
- sprejemljivi stroši za opravljeno delo,
- prihranek na času,
- na betonski konstrukciji ne prihaja do sekundarnih mikro razpok,
- vgrajena jeklena armatura ostane po posegu nepoškodovana in obenem očiščena rje,
- možnost selektivnega odstranjevanja betona v odvisnosti od globine poškodb,
- odlična sprijemljivost kontakta stari-novi beton vsled primerne hrapavosti površne po končani odstranitvi načrtovanega sloja.

2.3.1.1 Oprema za izvedbo del

Za izvedbo rušitvenih del obstoječih betonskih konstrukcij v območju spiralnega stožca je bila predvidena sledeča oprema:

- visokotlačna vodna črpalka kapacitete ca 200 l/s in delovnim tlakom 1000-1200 bar, s pripadajočim pogonskim diesel agregatom in instalacijami za odvzem, dovod in pripravo (čiščenje) vode.
- garnitura izstopnih šob z upravljalno napravo (robot), ter pripadajočim dovodnim visokotlačnim cevovodom.

HE Vuhred in prikaz izvedbe rušitvenih del z vodnim curkom visokega pritiska je na spodnjih slikah:



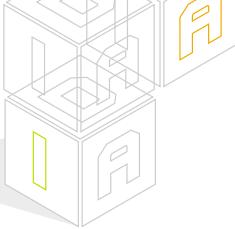
2.3.2 Gradbena dela pri poglabljanju struge pod elektrarno

Tehnologija izvedbe del v strugi, uporabljena za povečanje moči in proizvodnje objekta s povečanjem energetskega padca, ki je predstavljeno v točki 2.2 tega prispevka je bila skladno z razpisom del prepričena bodočemu izvajalcu in opremi s katero razpolaga, vendar pa je le-ta moral pri delu upoštevati naslednje omejitve:

- transporti gradbene mehanizacije in izkopanega materiala se lahko vršijo le v dravski strugi in obeh rečnih obrežjih,
- dela se lahko izvajajo le v zimskem času - obdobju brez vegetacije in obdobju ki bo najmanj kvarno vplivalo na vodni živelj,
- Izvajalec mora med izvajanjem del le-ta izvajati na tak način, da ne bo prihajalo do motenj pri obratovanju objekta HE.

Sama izvedba del je potekala na način kot je to bilo predvideno s tehničnimi pogoji razpisa. Izvajalec del je razpolagal z plavajočim bagrom ki je bil uporabljen v vseh fazah dela, izvedba pa je prikazana na slikah spodaj.





3. ZAKLJUČEK

Projekt (pričevanje dve fazi prenove) je danes v zaključni fazi, tako da je že moč oceniti pravilnost izbranega pristopa, saj so preliminarni rezultati že na razpolago:

- objektni cilji projekta so v pogledu kvalitete dobavljene opreme montažnih in gradbenih del doseženi v celoti, medtem ko planiran časovni potek izvedbe projekta zaradi nekaterih nepredvidenih okoliščin v fazi izvedbe v celoti ne bo dosežen, vendar bo kasnitev minimalna,
- namenski cilji opredeljeni z ekonomskimi učinki so v celoti doseženi in celo nekoliko preseženi, kar dokazujejo rezultati izvedenih kontrolnih meritev na aggregatih. Ob večjem izkoristku od pričakovanega kar ima za posledico večjo proizvodnjo in s tem prihodek lastnika, so tudi stroški projekta nižji od prvotno načrtovanih.

št.	HE	PRED PRENOVO			PO PRENOVI		
		Nazivni pretok (m³/s)	Instalirana moč (MW)	Srednja letna proizvodnja (GWh)	Nazivni pretok (m³/s)	Instalirana moč (MW)	Srednja letna proizvodnja (GWh)
1.	Dravograd	325	22,8	135,0	405	30,3	153,0
2.	Vuzenica	411	44,8	224,0	550	60,0	265,0
3.	Vuhred	411	60,3	315,0	550	76,0	346,0
4.	Ožbalt	411	61,2	325,0	550	76,9	357,0
5.	Fala	505	63,6	272,0	505	63,6	272,0
6.	Mariborski otok	411	46,0	253,0	550	65,4	287,0
Skupaj 1-6:			298,7	1.524,0		372,2	1680,0
7.	Zlatoličje*	500	136,0	637,0			
8.	Formin*	500	123,0	579,0			
Skupaj 1-8:			557,7	2.740,0		631,2	2.896,0

* prenova objektov Zlatoličje in Formin je trenutno v fazi načrtovanja

