



## **EMBANKMENT DAMS IN BULGARIA–PRESENT AND PROSPECTS**

**Dimiter Toshev**

### **ABSTRACT**

This paper studies the Bulgarian experience in embankment dams and dykes construction, their state, prospects for new dams construction, technical operation problems and ways to safety improvement.

198 (90%) out of the 215 high dams already constructed are embankment dams (the number of the earthfill high dams is 172 and of rockfill ones is 26). Actually all of the 2000 small dams are embankment ones.

The state of the dams is in correlation with the quality of technical operation. The floods in 2005 and 2006 revealed the degree of dam safety and technical operation. The safety degree of a number of small dams, which are maintained by municipalities and tenants, is alarming.

A new positive purpose is the disclosure of dam operation behavior, influence of construction material and drainage aging, overflow risk assessment and seismic hazard. A data base, which includes geologic, hydrologic, topographic and other conditions and the results from measuring and observations, is formed about the big dams.

The paper presents the author's view on technical operation improvement, expedition of new dams' construction and further improvement of legislation.

## **НАСИПНИТЕ ЯЗОВИРНИ СЕНИ В БЪЛГАРИЯ НАСТОЯЩЕ И ПЕРСПЕКТИВИ**

**Димитър Тошев**

### **РЕЗЮМЕ**

Докладът е посветен на българския опит в изграждането на насипни стени и диги, тяхното състояние, перспективите за изграждане на нови язовири, проблемите на техническата експлоатация и пътищата за повишаване на сигурността им.

От изградените 215 високи язовирни стени 198 (90%) са насипни (броят на високите земни стени е 172 и на каменнонасипните - 26). Практически всичките около 2000 малки язовири са насипни.

Състоянието на стените е във функция от нивото на техническа експлоатация. Наводненията през 2005 и 2006 година разкриха нивото на техническа експлоатация и сигурност на язовирите. Тревожно е нивото на редица малки язовири, които се поддържат от общините и от арендатори.

Нова положителна тенденция е разкриване на експлоатационното поведение на стените, влияние на стареенето на конструктивните материали и дренажите, оценка на риска от преливане през стената, сеизмичен хазарт и риск. За големите язовири се формира база данни включваща геоложки, хидроложки, топографски и други условия и резултатите от измерванията и наблюденията.

В доклада се излагат вижданията на автора за подобряване на техническата експлоатация на язовирите, ускоряване на строителството на нови язовирни стени и понататъчно развитие на нормативната база.



## DESIGN PRINCIPLES FOR EMBANKMENT DAMS AND FLOOD PROTECTION STRUCTURES IN AUSTRIA

Peter Tschernutter

### ABSTRACT

The report describes adaptations and modifications of design and calculation principles applied to date as well as newly developed criteria. While stability analyses of large dams were standardized some time ago and have remained virtually unchanged ever since, different design criteria have been applied to small dams, flood retention structures and flood protection dams and dykes.

During the last years, comprehensive studies in Austria made it possible to standardize flood parameters needed for the calculation and design of dams, flood protection structures and flood retention dams, and in 2007, the "Guidelines for the Calculation of the Flood Safety of Dams" of the Austrian Dam Commission was published. The guidelines include the hydro-logical design criteria needed to calculate design floods and safety check floods, as well as the technical random conditions for the dimensioning of spillways and freeboards of dams. This paper introduces the partly adapted and the newly developed criteria for the design of dams and flood retention structures, their spillways and the required freeboard. It also describes the criteria for the assessment of both the internal stability of embankment dams and their foundations (safety regarding erosion and suffusion) and their external stability as well as the currently recommended principles for the calculation of the filter stability. Finally this article also contains some of the generally applied design principles for embankment dams.

Univ. Prof. DI. Dr. techn. Peter Tschernutter  
Institute of Water Resources and Hydraulic Engineering  
Vienna University of Technology  
Karlsplatz 13  
1040 Vienna /Austria  
Email: peter.tschernutter@kw.tuwien.ac.at

## НОРМИ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА НАСИПНИ СТЕНИ И СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА ЗАЩИТА ОТ НАВОДНЕНИЯ

Петер Чернутер

### РЕЗЮМЕ

Докладът описва преработки и модификации на основни правилата за проектиране и изчисление прилагани до сега, както и новоприети методики. Докато за големите язовири анализа на устойчивостта беше стандартизиран и ще остане така за в бъдеще, то за малките стени, дигите и съоръженията за защита от наводнения се прилагат различни методики.

През последната година бяха проведени мащабни проучвания в Австрия и стана възможно да се стандартизират параметрите нужни за проектиране на язовирни стени, защитни съоръжения и ретензионни язовири. През 2007 Австрийската Комисия по Язовирите публикува „Ръководство за изчисление на риска от наводнения за язовирни стени”. Ръководството включва правила за изчисление на проектни оразмерителни и проверовъчни високи вълни, както и различни технически условия за оразмеряване на преливници и намиране на кота било.

Този доклад представя частично адаптирани и нововъведени правила за проектиране на стени и съоръжения за защита от наводнения, преливниците им и свободния запас до кота било. Също така са представени критерии за определяне на местната устойчивост на язовирни стени и основата им (суфозионна и ерозионна) както и устойчивостта на откосите, като се препоръчват правила за изчисляване на устойчивост на филтри. И в заключение този доклад съдържа някои основни правила прилагани за проектиране на насипни съоръжения.



## ANALYSIS OF THE ENGINEERING SAFETY OF THE HYDROTECHNICAL WORKS OF THE KOZLODUY NPP

Anton Tzenkov, Stoyno Venkov

### ABSTRACT

This paper presents the analysis carried out and the measures proposed to increase the safety of two of the major hydrotechnical works for technical water supply of the Kozloduy nuclear power plant: the Double Canal and the Reserve Water Volume. The Double Canal consists of two parallel canals separated by a middle dyke. The Cold-Water Canal conveys water from the Danube riverside pumping stations, to the NPP site, while the warm-water canal leads warm water to the Danube. The Reserve Water Volume is a continuation of the Cold-Water Canal in the borders of the NPP site and includes the sumps of the circulation pumping stations. The hydrotechnical works have been analysed for two design cases: normal operation case and disturbed operation case. Each design case considers load combinations without and with earthquake excitation. Seepage, strain and stress, and slope stability analysis have been carried out in a consistent manner. The stability of the canal concrete lining, the bearing capacity of the soil foundation and the potential of excess pore pressure generation in case of cyclic loading have also been investigated. As a result of the analyses and investigations, it has been concluded that the structures are safe. At the same time measures to improve their condition and to prolong their remaining lifetime have been proposed.

Eng. Anton D. Tzenkov, Lead Design Engineer, Energoproekt-Hydropower Limited  
65 Shipchenski Prohod Avenue, Sofia 1574, Email: a.tzenkov@ep-hydro.com

Eng. Stoyno I. Venkov, Chief Engineer, Energoproekt-Hydropower Limited  
65 Shipchenski Prohod Avenue, Sofia 1574, Email: s.venkov@ep-hydro.com

## АНАЛИЗ НА ИНЖЕНЕРНАТА СИГУРНОСТ НА ХИДРОТЕХНИЧЕСКИ СЪОРЪЖЕНИЯ НА АЕЦ "КОЗЛОДУЙ"

Антон Ценков, Стойно Венков

### РЕЗЮМЕ

Този доклад представя проведените анализи и предложените мероприятия за подобряване на сигурността на две от основните хидротехнически съоръжения за техническо водоснабдяване на атомната електроцентрала в Козлодуй - двойния канал и резервния обем. Двойният канал представлява два успоредни канала, разделени с междинна дига. Студеният канал (СК) довежда водата от бреговите помпени станции (БПС) на р. Дунав до района на централата, а топлият канал (ТК) отвежда топлата вода обратно в Дунав. Резервният обем е продължение на студения канал в границите на централата и е разположен в аванкамерите (АВК) на циркуляционните помпени станции (ЦПС). Съоръженията са изследвани за два основни изчислителни случая – нормална експлоатация и нарушена нормална експлоатация, като за всеки от тях са разгледани съчетания без и със земетръс. Проведени са изследвания на филтрационния режим, устойчивост на откосите, напрегнато и деформирано състояние и обща устойчивост. Разгледани са също така и устойчивостта срещу обръщане на облицовките, носимоспособността на земната основа и потенциала за генериране на порово налягане при циклични натоварвания. В резултат на изследванията е установено, че сигурността на съоръженията е налице и са предложени мерки за подобряване на състоянието им и удължаване на остатъчния им ресурс чрез отстраняване на дефекти, установени при проведени огледи.



## ROCKFILL DAM KNEŽEVO WITH ASPHALTIC-CONCRETE CORE

Ljubomir TANČEV, Gjorgji KOKALANOV, Ljupcho PETKOVSKI, Stevčo MITOVSKI

### ABSTRACT

The assessment of the general safety of dams, as integral parts of water systems comprising reservoir, is a complex problem which has to be considered from numerous aspects. The prediction of the behaviour of the dams during construction, first impounding of the reservoir and during service period, their stress-deformation state and stability are of essential importance for the engineers – designers of this complex structures.

In the previous design, dated from 1990 year, dam Kneževo was considered as earth-core dam. During the process of revision of the Zletovica project by the consultant team composed from foreign and local experts it was found that there is no enough quantity of clay from the borrow place, the content of the organic matters was too high and the transport of the clay material was expensive. Due to these new findings, alternatives for the selection of dam type were made in which there were three different types of dams (concrete face rockfill dam, rock fill dam with asphaltic-concrete core and roller compacted concrete dam). From these types of dams as most favourable was chosen the alternative of rock fill dam with asphaltic-concrete core.

Kneževo dam is designed as a 75 m high rockfill dam located on River Zletovska, near the city Probishtip in the north-east part of Macedonia. The construction of this dam should start next year and this is first dam of this type that will be built in Macedonia. Dam Kneževo will form a storage with capacity of  $23.5 \times 10^6 \text{ m}^3$  and purposes of the dam will be water supply, irrigation, flood protection and in the later stages electricity production. Kneževo dam has a central asphaltic-concrete core, two transition layers (fine and coarse) and shoulders from schist rockfill.

In the present paper structural (static) analysis on the dam has been performed with application of advanced numerical approach based on finite element method, with software support of the program SOFiSTiK, made in Germany. SOFiSTiK is a powerful solving program that offers great deal of opportunities for analysis of dams (input of the improper geometry of the structure, simulation of dam construction in layers, application of complex load cases and simulation of the complex behaviour of the materials with nonlinear models). The structural analysis of dam Kneževo is conveyed with the regular steps at modelling of these structures: choice of elastic parameters of the materials, approximation of the cross section relevant for analysis and discretization with finite elements and simulation of the characteristic states of the loading. In the contact between the materials with different deformable properties are applied contact (spring) elements for determination of the differential displacements between these materials. Accent in this analysis is given on determination of the stress-deformation state of the dam in the typical cases of loading.

<sup>1</sup> PhD, CivEng, prof. – Faculty of Civil Engineering - Skopje, R. Macedonia, [tancev@gf.ukim.edu.mk](mailto:tancev@gf.ukim.edu.mk)

<sup>1</sup> PhD, CivEng, prof. – Faculty of Civil Engineering - Skopje, R. Macedonia, [kokalanov@gf.ukim.edu.mk](mailto:kokalanov@gf.ukim.edu.mk)

<sup>1</sup> PhD, CivEng, prof. – Faculty of Civil Engineering - Skopje, R. Macedonia, [petkovski@gf.ukim.edu.mk](mailto:petkovski@gf.ukim.edu.mk)

<sup>1</sup> CivEng, assist. – Faculty of Civil Engineering - Skopje, R. Macedonia, [smitovski@gf.ukim.edu.mk](mailto:smitovski@gf.ukim.edu.mk)

## КАМЕННО-НАСИПНА ЯЗОВИРНА СТЕНА С АСФАЛТОБЕТОННА ДИАФРАГМА „КНЕЖЕВО”

Любомир Танчев, Георги кокаланов, Люпчо Петковски, Стевчо Митовски

### РЕЗИЈОМЕ

Анализът на риска на язовирните стени, като неразделна част от хидровъзлите е сложен проблем, който е задължително да се разглежда в много аспекти. Идентификацията на поведението на стената по време на строителството, първото завиряване и експлоатацията и както и напрегнатото и деформирано състояние на стената са от изключителна важност за инженера проектант на тези сложни съоръжения.

В предишни проектни решения от 1990 година язовирна стена „Кнежево „ беше решена като КНЯС с централно глинено ядро. В процеса на преоценка на проекта „Злетовица” от екип консултанти се оказа, че количествата глина в находището са ограничени, налице е твърде високо съдържание на органични примеси и транспорта е скъп. След тези констатации бяха разгледани алтернативни решения ( КНЯС със стоманобетонен екран, с асфалтобетонна диафрагма и масивна стена от валиран бетон). Консултантът се спря на вариант КНЯС с асфалтобетонна диафрагма. Язовирна стена „Кнежево” е висока 75метра и е ситуирана на река Злетовска, в непосредствена близост до гр.Пробиштип в североизточната част на Република Македония. Строителството на стената започва следващата година, като тя ще бъде първата от този тип в страната. Язовирната стена ще създаде водохранилище с обем 23,5 млн. куб.м като водата ще бъде използвана за комплексни нужди. В настоящият доклад ще бъде представено



статическо изследване на стената по метода на крайните елементи с помощта на софтуерния пакет СОФИСТИК, разработен в Р. Германия. СОФИСТИК е мощен софтуерен пакет предлагащ голям набор от възможни анализи. Изследването на язовирната стена беше проведено по обичайния ред на моделиране на този тип съоръжения: избор на материалните характеристики на стената, приемане на опростена геометрия подходяща за дискретизация с крайни елементи и и поетапно прилагане на натоварването. В контакта между зони с различни деформационни характеристики са приложени контактни (пружини) елементи за определяне на взаимните им премествания. Акцентът в този анализ пада върху моделирането на напрегнатото и деформирано състояние за основно съчетание на силите.



## FLOOD CONTROL DAMS IN AUSTRIA

Helmut Drobir

### ABSTRACT

In the course of decades more and more areas, exposed to be inundated by flood, were gained by people for settlement and farming use. With the loss of natural flood retention areas along rivers and by river regulating works the peak of the flood flow has increased and the flood discharge has accelerated. In order to prevent severe flood damage, man made flood control systems had to be installed.

It is a idea to retain flood waves by man made basins, till the river discharge downstream of the basin tolerates a well measured water release which does not cause any damage. These flood basins are fundamentals of the flood protection in Austria, where extensive areas are exposed to be flooded. Therefore flood protection is within the scope of responsibilities of the Austrian governmental authority. As benefits from the use of flood basins the uninterrupted river flow and the possibility to minimize regulating works downstream from the basin can be listed.

The base of flood basins are natural or man made dams. Most of the flood control dams in Austria are earth fill dams. Concrete dams are rare, whereas concrete is usually used for the structure of bottom outlets and spillways. The bottom outlet enables the pass of water through the dam, which can be the natural flow in the river or the release of water in the case of water retention. The spillways are for the dam safety, if the amount of water of the flood wave clearly exceeds the volume of the basin and the water level is about to rise above the dam crest.

In the present paper different types of existing flood basins are described. Main emphasis is given to different types of bottom outlets and spillways. The discharge of the bottom outlets depends on the cross section of the outlet and on the stored water level in the basin. In order to optimize the flood retention effect of the basin the bottom outlet of many flood basins is controlled by gates. There are also different types of spillways, nearly all of them ungated. Another relevant problem is the clogging of bottom outlets and spillways by driftwood. Caused by the flood wave, wood is drifted at the same time as gravel and sand. While sand and gravel will normally pass the opening of the bottom outlet without problems, drifting wood is to be kept back by wood racks. Different systems of wood racks are also presented within the scope of this paper.

## ЯЗОВИРНИ СТЕНИ ЗА ЗАЩИТА ОТ НАВОДНЕНИЯ В АВСТРИЯ

Хелмут Дробир

### РЕЗЮМЕ

В продължение на десетилетия все повече и повече площи, изложени на опасност от заливане при наводнения бяха отвоювани от хората за стопански нужди. Загубата на естествените възможности за ретенция по поречието и коригирането на реките водят до повишаване на върха на високата вълна и оттока се ускори. С цел предпазване от тежки поражения се налага изграждането на изкуствени съоръжения.

Идеята да се намали високата вълна от изкуствени водохранилища и да се изпуска вода контролирано, без да се допуснат щети, не е от вчера. Ретензионните водохранилища са фундаментални за защитата от наводнения в Австрия, тъй като големи територии са изложени на опасност от заливане. По тази причина, всъщност защитата от наводнения е в компетенцията и отговорността на австрийското правителство. Могат да се изброят редица ползи от използването на ретензионни язовири.

В основата на ретензионните водохранилища разбира се са естествени или изкуствени язовирни стени. Повечето такива стени на територията на Австрия са от местни материали (земни). Бетонните стени са рядкост, въпреки че бетон е използван за съоръженията по основните изпускатели и преливниците. Основните изпускатели осигуряват провеждане на водни количества близки до естествените или водни количества контролирано изпускани по време на наводненията. Преливниците осигуряват провеждането на водните количества ако обема на водохранилището бъде запълнен и има опасност от заливане на билото на стената.

В този доклад са описани различни типове съществуващи стени. Специално внимание е отделено на различни типове основни изпускатели и преливници. Протичащото водно количество през основният изпускател зависи от напречното му сечение и от водното ниво във водохранилището. С цел оптимизиране на ретензионният ефект основният изпускател често се оборудва със затворен орган. Има също така различни конструкции на преливници, почти всички без затворни органи. Друг проблем свързан с тематиката е запушването на основните изпускатели с плаваща дървесина. Пясъка и чакъла влечени по време на наводнение безпроблемно преминават през основния изпускател, докато дървесината трябва да бъде спряна чрез задържащи съоръжения. Различни системи за задържане на дървесина също са акцент в този доклад.



## **INFLUENCE OF THE RESERVOIRS ON THE FLOOD – PHENOMENAS ON THE EAST-SOUTH-EASTERN BULGARIA**

**Srtefan Modev, Silvia Kirilova**

### **ABSTRACT**

Object of study are the reservoir retention capacity on the South-Eastern Bulgarian Rivers.

A few of the floods, observed in 2005 and 2006 initiate heavy damages on the territory of the Republic of Greece and the republic of Turkey.

On the base of the hydrological records the retention capacity of the reservoirs is assessed, located in the river basin of the rivers Arda Maritca and Tundja. The design peak discharges are computed on the river cross-section et the state border.

The already existed reservoirs decreased the peak discharge of the natural floods by 25 to 50 % for the different rivers.

Dr.Eng.Stefan Modev, Associate Proffesor

Eng.Silvia Kirilova, PhD Student

Department of "Hydraulics and Hydrology" by UACEG – Sofia.

Email:Modev\_fhe@Uacg.bg

## **ВЛИЯНИЕ НА ЯЗОВИРИТЕ ПРИ ВИСОКИ ВЪЛНИ – ФЕНОМЕН В ИЗТОЧНА ЮГОИЗТОЧНА БЪЛГАРИЯ**

**Стефан Модев, Силвия Кирилова**

### **РЕЗЮМЕ**

Обект на изследване е ретензионната способност на язовирите, изградени във водосборните басейни на Югоизточните български реки. Няколко от високите вълни, формирали се през 2005 и 2006 г предизвикаха значителни загуби на териториите на Р.Гърция и Р.Гърция.

На основата на данните от хидрологичните наблюдения е направена оценка на ретензионните възможности на водохранилищата, изградени във водосборните басейни на реките Арда, Марица и Тунджа. Изчислени са максималните оразмерителни водни количества към напречните сечения на реките при пункт "граница".

Съществуващите в експлоатация водохранилища намаляват върховете на оразмерителните високи вълни с 25 до 50 %.



## PROBLEMS OF EMBANKMENT DAMS MONITORING

Christo Abadjiev

### ABSTRACT

The safety control of a dam includes the monitoring system, including the visual inspections, on the one hand, and the analysis of all measurements and observations, the conclusions and decisions for actions, on the other hand.

The instrumentation could be the reliable basic component of the monitoring, however it could be also unnecessary expensive, wrong directed, giving confusing results and even to be dangerous for the dam itself.

A lot of instruments are installed in new dams and plenty of measurements are performed. However, few conclusions about the optimization of the instrumentation have been made and still less shared and published. Some need exists to summarize the analyses and all the experience gained. On the basis of realized observations and analyses, the dam monitoring system can be optimized to minimum quantity of instruments and at the same time sufficient to guarantee the dam safety at the lowest cost.

To be effective, the monitoring requires a logical and comprehensive program and careful execution, to begin with clear defining the purposes of the monitoring program and end with planning how to implement the measurement data. Here, the basic links and steps of a successful dam safety monitoring program for filled (earth fill and rock fill) dams are presented, as well as some examples of often used not correct decisions.

## ПРОБЛЕМИ ПРИ МОНИТОРИНГА НА НАСИПНИТЕ ЯЗОВИРНИ СТЕНИ

Христо Абаджиев

### РЕЗЮМЕ

Управлението на сигурността на една язовирна стена (мониторинга и) включва от една страна контролно-измервателната система (КИС) и визуалните инспекции, а от друга страна - анализът на измерванията и наблюденията, изводите и съответните решения за действие. Контролно-измервателната система (КИС) може да бъде основната и надеждна компонента на мониторинга, но също може и да бъде излишно скъпа, грешно насочена, даваща объркващи резултати и дори да бъде опасна за сигурността на стената.

Много инструменти се влагат в новите язовирни стени и много измервания се повеждат, но малко изводи и заключения се правят. Още по-малко се споделят и публикуват. Чувства се нужда от обобщаване на натрупания опит по измерванията на отделните явления при различните видове стени и техния анализ.

Въз основа извършени наблюдения може да се оптимизира контролно-измервателната система, да се извършват достатъчни за сигурността на стената измервания при минимална стойност.

Надеждността на мониторинга на сигурността зависи от планирането и изпълнението на ясна и последователна програма. Тук са представени накратко необходимите основни звена и етапи на мониторинговата програма за насипните язовирни стени, както и някои примери на повтарящи се неправилни решения.





## WHY TO MEASURE TEMPERATURES IN AN EMBANKMENT DAM?

Markus Aufleger, Matthias Goltz

### ABSTRACT

Since there are embankment dams, there are problems with internal erosion. Phenomena related with these mechanisms are often difficult to identify and to estimate. In a certain way the early detection of internal erosion and the reliable assessment of the resulting risk for the dam stability have to be considered as supreme discipline in embankment dam engineering. Despite the enormous quantity and the outstanding quality of many research activities in this field there is still a lot of research work to do.

Detection plays an important role in handling the internal erosion risk. As internal erosion is caused by seepage and may increase seepage the detection concentrates on leakage detection. Conventional leakage detection strategies often lack of seamless and distributed information. Furthermore, the relevant parameters for internal erosion like degree of saturation and flow velocity can not directly derived from the results. New monitoring tools have been developed to overcome these limitations. We have to distinguish between passive and active methods. Both will be described in this contribution.

Beside some remarks about the principle and the performance of DTS (distributed temperature sensing) devices the fundamental heat pulse concept is explained. Finally, general recommendations for detection of internal erosion by means of passive and active temperature methods are given.

## ЗАЩО ДА МЕРИМ ТЕМПЕРАТУРИ В НАСИПНИ СТЕНИ?

Маркус Ауфлегер, Матиас Голц

### РЕЗЮМЕ

Докато има насипни стени, ще има и проблеми с вътрешната ерозия. Явления свързани с тези механизми често са трудни за определяне и локализиране. Навременното регистриране и достоверното определяне на получения риск за стабилитета на стената, безспорно трябва да бъдат определени като първостепенни за насипните стени. Въпреки голямото количество и висококвалифицирани изследвания в областта има още изследователска работа.

Регистрирането на вътрешна ерозия играе голяма роля за намаляване на риска. Когато вътрешната ерозия е причинена от филтрация и може да повиши филтрацията регистрацията се ограничава до намиране на теча. Конвенционалният подход за установяване на течове често не е достатъчно прегледен и не дава информация. Нещо повече, свързаните параметри, като степен на водонасищане скорост на потока не могат да бъдат получени от резултатите. Нови контролно измервателни уреди бяха разработени за да може да бъдат прекрачени тези граници. Различаваме два метода: активен и пасивен. И двата ще бъдат представени.

Някои бележки за принципа на работа и поведение на DTS устройствата и идеята на топлинните импулси са изяснени. Накрая, ще бъдат дадени общи препоръки за установяване на вътрешна ерозия чрез пасивните и активни температурни методи.



## INVESTIGATION AND MONITORING OF TIWAG'S DAMS

Bernhard Hofer

### ABSTRACT

TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG [Tyrol Hydropower Ltd.] operates hydropower plants in the federal state of Tyrol in the western part of Austria. At the present time the company operates 39 smaller and 7 large (> 10 MW) hydropower plants with a maximum design capacity output of 1518 MW and an annual average energy production of 3020 GWh.

As a result of the steady growth of the energy requirements of private consumers, the administration, the business sector, and industry, and in view of the fact that no new power plants have been built in the last decade, TIWAG's degree of self-supply of energy has dropped significantly in recent years.

In December 2004, TIWAG presented to the public various possible solutions to remedy this bottleneck by suggesting in its "option report" that it has identified 16 possibilities for constructing large hydropower plants in the Tyrol. Following intense discussions with the local people, representatives and leading politicians of the Tyrol, TIWAG announced that it would begin with the detailed planning of 4 projected storage power plants as agreed with the government of the Tyrol.

TIWAG has been intensively working on the investigation of the first of the four projects, which is the extension of the existing "Sellrain-Silz group of hydro-power-stations" by adding the new "Kühtai storage power plant". As the core of the extension an additional annual reservoir (working capacity 31 million m<sup>3</sup>, maximum height 125 m) will be erected, for the construction of which extensive studies are being carried out at the moment. The results of these investigations are expected to confirm the technical feasibility of the plant as well as its economic efficiency. The study will work out essential fundamentals for the planning and construction of the dam and provide the results required for its safe operation.

As soon as the "Kühtai storage power plant" goes into operation, extensive measuring will be necessary to monitor and assess its proper behaviour. TIWAG has many years of experience in carrying out and interpretation of control measurements of dams (up to 150 m in height). As a model we will discuss the "Gepatsch dam". This dam, which was put into operation in 1964 as rockfill dam with a height of 150 m and a mineral core seal, stores the "Gepatsch reservoir" (140 million m<sup>3</sup>) of the "Kaunertal hydropower plant". Essential measurements were taken with regard to the deformation behaviour and the permeability of the dam itself, as well as the deformation behaviour of the reservoir slopes. A great many measuring instruments are installed to collect the constantly acquired and automatically processed data; in addition to this, measurements are carried out manually. The documented measurement data, along with the expert interpretation of the data with regard to the stability of the dam and reservoir slopes, as well as a statement on the safety of the plant, are to be presented to the appropriate authority in annual reports.

Bernhard Hofer, TIWAG – Hydropower Engineering Department  
Eduard-Wallnöfer-Platz 2, A-6020 Innsbruck, AUSTRIA

## ПРОУЧВАНИЯ И МОНИТОРИНГ НА ЯЗОВИРНИТЕ СТЕНИ НА TIWAG

Бернард Хофер

### РЕЗЮМЕ

TIWAG-Tiroler Wasserkraft AG [Tyrol Hydropower Ltd.] експлоатира водно електрически централи, намиращи се във федералния щат Тирол в западната част на Австрия. Понастоящем компанията експлоатира 39 малки и 7 големи (> 10MW) водно електрически централи с максимална проектна мощност 1518 MW и средно годишно производство на енергия 3020 GWh.

В резултат от постоянното нарастване на енергийните потребности на индустрията, на административния и бизнес сектора, както и на частните домакинства и от гледна точка на това, че нито една водно електрическа централа не е била построена през последното десетилетие, пазарният дял на TIWAG на енергийния пазар е намалал значително през последните години.

През декември 2004 г. TIWAG представи на обществото няколко различни решения за преодоляване на създалата се неблагоприятна ситуация, представяйки ги в „Доклад, съдържащ възможните опции“. Представени са 16 идеи за изграждане на големи водно електрически централи в Тирол. Последвани от обсъждания с представители на обществото и водещи политици в Тирол, като постигнатите решения са: детайлно планиране на 4 проекта за помпено-акумулиращи водно електрически централи.



Проучванията за първият от четирите проекта са интензивно провеждани от TIWAG, а самият проект представлява разширяване на съществуващата група централи „Sellrai- Silz” с нова помпено-акумулираща водно електрическа централа “ Kuhtai”. Същината на разширяването е изграждането на допълнителен годишен изравнител (с работен обем 31 мил. м<sup>3</sup> и максимална височина 125 м), за чието конструиране в момента се правят задълбочени проучвания. Резултатите от тях се очаква да потвърдят техническата и икономическата ефективност на хидроенергийната система.

Проучванията ще допринесат за изясняване на основни въпроси при проектирането и конструирането на язовирната стена, както и за безопасната ѝ експлоатация.

Щом ПАВЕЦ „Kuhtai” бъде пусната в експлоатация ще са необходими обширни измервания за наблюдение и оценка на поведението ѝ.

TIWAG има дългогодишен опит в провеждането и изледването на контролните измервания върху язовирни стени (с височина до 150 м). Като пример ще посочим каменно насипната язовирна стена с глинено ядро „Geratsch dam” с височина 150 м, въведена в експлоатация през 1964. При нея са извършени важни измервания, като вниманието е насочено към деформируемостта на стената, нейната филтрационна устойчивост, както и измервания в язовирното езеро. Инсталирани са голям брой измервателни уреди, целящи постоянно набиране на данни и автоматичното им обработване, като в някои случаи за проверка обработването им се извършва ръчно.

Документираните измерени данни, заедно с експертното им обяснение, отчитайки устойчивостта на стената и откосите на езерните брегове, както и сигурността на централата се представят пред съответните институции в годишни доклади.



## RECONSTRUCTION OF ZEIZOUN DAM – SYRIA

Dimiter Toshev, Tonyo Cholakov Maria Baramova –

### ABSTRACT

Zeizoun Dam is a basic structure of AL GAB irrigation system in the Syrian Arab Republic. The dam, which is 42,50 m high and 5580 m long, is a rockfill one with a central clay core.

On June 4, 2002 the dam was damaged. In the western part, with length of about 170 m, the dam was completely destroyed. In the part with length of about 258 m, the dam crest has moved several meters in the direction of the downstream side.

The results from the geology-engineering investigations and laboratory tests carried out in 2002-2003 create a real picture of the geology structure as well as of the geotechnical parameters of the geological varieties lying under the dam. The geology structure comprises of four complexes - technogenic deposits, clayey complex overlaying basalt, basalt complex and basalt underlying clayey complex.

At the right wing of the dam, where the basalt complex goes up almost to the terrain surface, the dam lies in basalt. At the left wing, the dam lies completely in the clay complex over the basalt. In the central, the highest part, the dam is grounded on a base that is a transition from the rock base of the right wing to a thick clay complex in the left wing. At the destroyed section of the dam, a part of the geological base is washed away and drifted by the water.

In 2004 additional investigation were carried out. Through visual and piezometric observations they provided fresh data about the hydrogeological conditions in front of and behind the dam.

For the present project the dam is separated into three representative parts - left part of the dam founded on the clayey complex overlaying the basalt, right part founded in the basalt complex and central part, where destruction occurred, which can be described as a transition zone between both basic complexes – clayey and basalt.

The paper gives a scenario of dam destruction including dam settlements in transition zone between left and right bank, high pore water pressure in the dam base, clay core cracking, internal erosion appearance, fracturing of the upper part of the clay core, saturation of downstream rockfill shoulders, overtopping the dam crest, full saturation of rockfill in central part of the dam, sliding of downstream slope on clay foundation and finally destruction of the central part of the dam.

The causes of dam damage and many variants for dam reconstruction are discussed and evaluated, such as a rockfill dam with a central core clay with two rows grout curtain, with or without of grouting gallery, slurry trench wall along dam axes, rockfill dam with a clayey screen, concrete faced rockfill dam, rockfill dam with a geosynthetic clay membrane and rockfill dam with an asphalt concrete lining.

In conclusion, it is noteworthy that Zeizoun Dam may be restored and stabilized.



## ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ НА ЯЗОВИРНА СТЕНА „ЗЕЙЗУН” – СИРИЯ

Димитър Тошев, Тоньо Чолаков, Мария Баръмова,

### РЕЗЮМЕ

Язовирна стена «Зейзун» е основно съоръжение в напоителна система «Ал Гап» в САР. Стената висока 42,50 m с дължина по короната 5580 m е каменно насипна с централно глинено ядро.

На 4 юни 2002 година стената аварира. В западната ѝ част с дължина 170 m стената се разрушава напълно. В участък 258 m се премества на няколко метра към въздушна страна.

Резултатите от геоложките и хидрогеоложките проучвания и лабораторни изпитвания през 2002 – 2003 г дават реална картина на геоложката структура и геотехническите параметри на пластовете под стената. Геоложката структура включва четири комплекса – техногенни отложения, глинест комплекс, базалтов комплекс и глинени покрити от базалтовия комплекс.

В десното крило на стената, където базалтовия комплекс се разкрива на повърхността на терена, стената лежи върху базалтите. В лявото крило стената лежи изцяло върху глинения комплекс покриващ базалтите.

В централната най-висока част стената е фундирана върху основа, която е преходна зона между базалтовата основа в дясното крило и тънкия глинест комплекс в ляво.

В разрушената част на стената част от основата е размита и отнесена от водния поток.

През 2004 г допълнителни проучвания, визуални и пиезометрични наблюдения дават нови данни за хидрогеоложките условия пред и зад стената.

В настоящото изследване стената е разделена на три представителни части – лява част на стената фундирана в глинения комплекс над базалтите, дясна част фундирана върху базалтовия комплекс и централна част, където се е случило разрушението, която може да се определи като транзитна зона между двата основни комплекса – глинест и базалтов.

Докладът предлага сценарий на разрушението на стената включително диференциално слягане в транзитната зона между ляв и десен бряг, високо порово налягане в основата, напукване на глиненото ядро, поява на вътрешна ерозия, пукнатини в горната част на ядрото, водонасищане на въздушната скална призма, преливане през короната, пълно водонасищане на насипа в централната част на стената, хлъзгане на въздушния откос върху глинестата основа и накрая разрушаване на централната част от стената.

Дискутирани и оценени са причините за повредите и варианти за възстановяване на стената. Това е каменнонасипна стена с глинено ядро с два реда инжекционна завеса, с и без инжекционна галерия, шлицова стена в оста на ядрото, каменнонасипна стена с глинен екран, със стоманобетонен екран, със синтетична геомембрана и с асфалтобетонен екран.

В заключение е констатирана възможност за възстановяване и стабилизиране на язовирна стена „Зейзун”.



## NUMERICAL ANALYSES FOR ZEIZOUN DAM RECONSTRUCTION

Dimitar Toshev, Tonyo Cholakov

### ABSTRACT

The present paper, through detailed seepage and stability analyses of dam by cross sections, states the grounds for the measures necessary for the stabilization of dam and proposes cross sections for the reconstruction of the damaged dam part. Seepage analyses made in two stages are fulfilled to specify the boundary conditions of the seepage models in two cross sections. For that purpose, data from the observations of three piezometers in the downstream part of the dam reservoir is used.

Four cross sections in the undamaged dam part and two cross sections in the destroyed dam part are analyzed.

The results of the seepage analysis in cross section "60", where dam lies on clay, and in cross section "73", where dam lies on basalt, confirm the correctness of the applied boundary conditions.

The seepage flow under the core comes out on the terrain surface just behind the clay core and in the downstream slope toe. An insignificantly small part of the ground water flow, less than 1% in the left dam part and less than 5% in the right one, advances towards lowlands.

In the left dam wing, the measures for draining the subgrade include a drainage blanket and a longitudinal drainage collector behind the downstream slope. The measures in the new design part of dam consist of excavation of the weak layers and filling with drainage material to serve the acceleration of seepage consolidation in subgrade.

The clay core in the undamaged part of the dam is not a reliable watertight element. The intended execution of deep slurry cut off wall in the dam axis restores the core water impermeability. The effect of the slurry cut off depends on the correlation of the core permeability coefficient to the permeability coefficient of wall. The systematic researches show that the zones when both coefficients have similar values are authoritative of clay core stability.

In the existing part of dam, the construction of a longitudinal drainage behind the downstream slope toe is an appropriate activity for leading away seepage flow.

The general solution of this task for the new part of the dam ranges over construction of a wide clayey cut-off that reaches rock of good geotechnical characteristics (layer 3.3), excavation of the weak clayey layers behind the core and replacement with drainage material and leading seepage flow in a drainage collector at suitable elevation.

The hydraulic gradients in the dam core and subgrade are ordinary and within the admissible limits. An outflow sector with a maximal gradient value from 1,4 to 1,7, which does not exceed the one recommended for clay cores and ranging from 4 to 10, appear on the downstream core slope.

The general conclusions from the analyses are that the low geo-technical parameters of subgrade and the high seismicity of the site are determinative for dam safety. The most probable sliding surfaces of the slopes are the deep sliding surfaces through the weak clayey layer 2.5. A drainage blanket at the downstream side and additional counter embankment at both dam sides are recommendable for decreasing the hydrodynamic pressure in the clayey complex.



## ЧИСЛЕНИ АНАЛИЗИ ЗА ВЪЗСТАНОВЯВАНЕ

### НА ЯЗОВИРНА СТЕНА «ЗЕЙЗУН» - СИРИЯ

Димитър Тошев, Тоньо Чолаков

#### РЕЗЮМЕ

Язовирна стена „Зейзун“, която аварира през 2004 година, е изградена в сложни геоложки условия, които поставят определени проблеми при проектирането на мерки за реконструкция и стабилизиране на стената и извършване на подходящи строителни дейности.

В доклада се дават резултати от детайлни филтрационни и стабилитетни изследвания и се обосновават необходимите мерки за стабилизиране на стената, като се предлагат типови напречни профили за реконструкция на разрушената и повредена част от стената. Филтрационните изследвания проведени в два етапа уточняват граничните условия върху филтрационните модели в два профила. За целта са използвани данните от измервания в три пиезометъра в долния участък на язовира.

Изследваните четири профила в неразрушената част от стената и два в разрушената част потвърждават коректността на приложените гранични условия.

Филтрационното течение под ядрото излиза на терена непосредствено до ядрото и в петата на въздушния откос. Притокът към низината е незначителна част от подземния поток, по-малко от 1% в лявата част на стената и до 5% в дясната.

Мерките за дренiranje на основата в лявото крило включват дренажен тюфлекс и дренажен колектор зад въздушния откос. Мерките в ново проектираната част съдържат изземане на слабите пластове и запълване с дренажен материал с цел активиране на филтрационната консолидация на основата.

Глиненото ядро не притежава необходимата водоплътност. Предвидената шлицова стена в оста на ядрото възстановява водоплътността му. Ефектът на шлицовата стена зависи от съотношението на коефициентите на филтрация на ядрото и шлицовата стена. Систематичните изследвания показват че зоните с близки стойности на двата коефициента са представителни за устойчивостта на ядрото.

В съществуващата част от стената надлъжен дренаж в петата на откоса е препоръчителен за отвеждане на филтриращите води.

Основното решение за новата част от стената включва изграждане на широк глинен зъб достигащ до базалт с добри геотехнически показатели (пласт 3.3), изкопаване на слабите глинести пластове зад ядрото и заместване с дренажен материал и отвеждане на филтрацията в дренажен колектор на подходяща кота.

Хидравличните градиенти в ядрото и основата са обичайни и в допустими граници. На въздушния откос на ядрото се формира филтрация с максимален градиент 1,7, който не надминава препоръчаните в нормите стойности от 4 до 6.

Главните изводи от изследванията са, че ниските геотехнически показатели на основата и високата сеизмичност на площадката са определящи за сигурността на стената. Най-вероятните повърхнини на хлъзгане на откосите са дълбоките хлъзгателни повърхнини през слабия глинен пласт 2.5. За намаляване на хидродинамичното налягане в глинестия комплекс се препоръчва дренажен тюфлекс от въздушна страна и допълнителни контранасипи от двете страни на стената.



## **DEALING WITH SEDIMENTS IN THE MARGARITZE BASIN OF AUSTRIAN HYDROPOWER COMPANY.**

**Alois Leobacher**

### **ABSTRACT**

The Verbund Austrian Hydropower Company is the owner of several hydro power plants including some reservoirs situated in areas with high production of sediments. In order to guarantee an operation of power plants without interruptions and especially for dam safety reasons prevention of entering the sedimentation in the reservoir or removing of the material in certain period of necessary.

In the following chapter as an example the Margaritze –reservoir was chosen for explanation the measures in case of sediment deposit.

## **УПРАВЛЕНИЕ НА НАНОСИТЕ В ЧАШАТА НА ЯЗОВИР „МАРГАРИТЦЕ”**

**Алоис Леобахер**

### **РЕЗИОМЕ**

Verbund Austrian Hydropower Company е собственик на няколко хидровъзела включващи няколко водохранилища разположени в райони с голям наносен отток. С цел да бъде гарантирана непрекъснатата работа на ВЕЦ-овете и сигурността на язовирната стена се налагат превантивни мерки за надеждно задържане и отстраняване на наносите.

В следващия доклад е разгледан примера на хидровъзел „Маргаритце” за изясняване на мерките които трябва да се предприемат при отлагане на наноси.





## **GEOWEB® CELLULAR CONFINEMENT SYSTEM – AS AN ALTERNATIVE SOLUTION TO THE WELL KNOWN TECHNOLOGIES AND MATERIALS IN HYDROTECHNICAL BUILDING**

**Nikolcheva, Boryana**

### **ABSTRACT**

The report is focused in cellular confinement system Geoweb® applications to resolve problems in different phases of hydro-technical operations.

The flexibility and durability of the system admit the using of different types of fillings, including concrete depends of the project conditions. The effectiveness of Geoweb® System makes it very applicable for such hydro-technical problems as channel protection systems, temporary and permanent operational roads, erosion control of slopes, dikes and reinforcement embankments, ect.

Being developed in the late 70s as a load support system for US Army Corps at present time Geoweb® Cellular System thanks to its inherent advantages, is taking part in wide range of geo-engineering projects.

VJF Geosystems Ltd.

e-mail: b.nikolcheva@vgfmarketing.com

## **GEOWEB® ГЕОКЛЕТЪЧНА СИСТЕМА - АЛТЕРНАТИВА НА ПОЗНАТИ МАТЕРИАЛИ И ТЕХНОЛОГИИ В ХИДРОТЕХНИЧЕСКОТО СТРОИТЕЛСТВО**

**Боряна Николчева**

### **РЕЗЮМЕ**

Геоклетъчната затваряща система Geoweb® е инженерна система, която предлага решения в различни етапи на хидротехническото строителство като корекции на реки, облицовки на канали, защита от повърхностна ерозия на диги и прилежащи към съоръженията откоси, и други.

Гъвкавостта и здравината на геоклетките, позволяват съвместната им работа с различен по вид запълващ инертен материал, в това число и бетон, в зависимост от конкретните условия.

Създадена и развита, през 70-те години на миналият век, като система за стабилизиране на слаби основи при пътни приложения за нуждите на Американската армия, днес благодарение на своите преимущества като материал, клетъчната система Geoweb® намира широко приложение в гео-инженерните проекти.



## INVESTIGATION OF REINFORCED EARTH STRUCTURES

### BY COMPOSITE THEORY

V. Petkova

#### ABSTRACT

Reinforced earth is a composite material formed by granular fill and reinforcement. Recently, geotextiles have been used as soil reinforcement.

In hydraulic engineering they are used as erosion-protection materials in construction of embankments and seashore structures and to stabilize slopes, river banks and beds.

This report examines soil-strength improvement due to fabrics and other reinforcing materials with tensile strength, which interact with soil through friction and adhesion. Two different approaches have been used to model reinforced earth structures in connection with the finite element method: discrete representation of soil and reinforcement and composite material model. The second approach considers the mixture of soil and reinforcing element as a composite material. The unit cell concept is used to define the properties of an equivalent homogeneous material. These properties are evaluated from the individual characteristics of soil and the reinforcement and the geometry of the structure.

In this report some changes of the members of the matrix of the macroscopic elastic modulus have been made. The continuum model with the proposed changes of the members of the matrix of the "effective" elastic modulus, describes more realistically the stress-strain behavior of the composite material reinforced earth and gives an opportunity to predict more accurately the deformations of the structures of reinforced earth.

University of Architecture Civil Engineering and Geodesy, boul. Hristo Smirnensky 1,  
1046, Sofia, Bulgaria

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОНСТРУКЦИИ ОТ АРМИРАНА ПОЧВА ТЕОРИЯТА НА КОМПОЗИТНИТЕ МАТЕРИАЛИ

В. Петкова

#### РЕЗЮМЕ

Армираната почва е композитен материал, съставен от почва и армировка. Напоследък за армировка се използват геотекстили.

В хидротехническото строителство армираните почви се използват при изграждането на диги и крайбрежни конструкции, за стабилизиране на склонове, речни и морски брегове като надеждна защита срещу ерозията и абразията.

Този доклад изследва подобряването на якостните характеристики на почвата, дължащо се на армиращи материали с опънна якост, които взаимодействат с почвата чрез триене и сцепление.

Два различни подхода се прилагат при моделирането на конструкции от армирана почва по метода на крайните елементи:

- Дискретно представяне на почвата и армировката и
- Представяне на армираната почва като еквивалентен хомогенен материал, чийто свойства зависят от геометрията на конструкцията и от отделните характеристики на почвата и армировката.

В този доклад са направени корекции на членовете на матрицата на еластичните характеристики.

Непрекъснатият модел с предложените промени за членовете на матрицата на "ефективните" модули описва по-реалистично поведението на композитния материал армирана почва и дава възможност да се предвидят по-точно деформациите на конструкции от армирана почва.



## IMPROVEMENT OF FLOOD SAFETY OF EVN DAMS

Friedrich Zemanek

### ABSTRACT

EVN naturkraft owns and runs 66 hydro-electric power plants, which are located in Lower Austria and in Styria and include five storage power plants. Meanwhile an adaptation of the spillways in four of the five dams, which were established in the period of 1908-1957, has taken place. The changes took place either because of outdated technical mechanisms or due to the rising of the determinate design flood. This lecture will report about structural measures and adaptations of the dams Erlaufklause and Stierwaschboden at Erlauf river and the dams Dobra and Thurnberg at the Kamp river.

Before the starting of the construction works it was necessary to accomplish in all cases a hydraulic model tests for the accurate hydraulic interpretation, the selection of the optimal solution and for the examination of the energy dissipation

Nowadays the Austrian Inspecting Authority claims not only to rise the calculation values of the spillways for existing storage dams to a HQ 5000 flood, but also claims to consider measures to prevent the blockage of the spillways. A very good technical solution could be realised at the dam Thurnberg in the year 1999.

In August 2002 the dams at the Kamp river were faced with a disaster flood, which was calculated as a HQ 2000 flood, although the spillways and dams resisted the flood without any considerable damages. Despite of the oversize flood freight related to the storage capacities of the dams, the discharge peak could be reduced by the storages of about 15 %. This lecture will report about this disaster flood event and the recovery of the small damages.

In the last years the frequent flood disasters in Europe led to a rapid development of meteorological and hydrologic flood prognosis models. Such a special flood forecast model has been developed for the Kamp in a period of approximately 2,5 years in request of the country Lower Austria and EVN AG by the ZAMG and Technical University of Vienna. This prognosis model was primarily developed for the civil defence of the population, but it is also very useful for the save and efficient operation of the storage dams.

Therefore the flood security of the EVN - dams themselves could be increased by the described measures although the conditions (rise of the flood calculation sizes) changed in a delicate way in the last years.

EVN naturkraft Erzeugungs- und Verteilungs GmbH,  
A-2344 Maria Enzersdorf, EVN Platz, Austria

## ПОВИШАВАНЕ НА СИГУРНОСТТА НА ЯЗОВИРНИТЕ СТЕНИ

Фридрих Цеманек

### РЕЗИЮМЕ

EVN-naturkraft притежава и експлоатира 66 водноелектрически централи, разположени в провинция Долна Австрия и Щирия. В това число влизат пет централи работещи на изравнени води. Между временно бяха предвидени преливници за четири от петте стени построени в периода 1908-1957. Промените се случиха в някои от случаите заради амортизирани механизми в други поради преоценка на проектната висока вълна. Този доклад ще засегне някои технически мерки и проектни решенията взети на няколко от нашите обекти.

Преди започване на строителството се наложи изследване във всички случаи хидравлични моделни изследвания и точно интерпретиране на резултатите, с цел избор на оптимално решение и изследване гасенето на енергията.

В момента австрийският контролен орган изисква не само повишаване на изчислителните параметри за преливниците на съществуващите водохранилища така че обезпечеността на провежданите водни количества да бъде  $p=0,02\%$ , но изисква и предотвратяване на блокиране на преливниците. Много добро техническо решение беше приложено при язовирна стена Тюрнберг през 1999г.

През август 2002 стените по река Камп бяха изправени пред висока вълна с обезпеченост  $p=0,05\%$ , но стените и съоръженията я проведеха без значителни повреди. Въпреки преувеличените страхове от наводнение отнасящи се до акумулативните способности на водохранилищата, върха на високата вълна може да се редуцира до 15%. В тази лекция ще стане дума за това наводнение и отстраняването на някои малки повреди.

В последните години честите наводнения в Европа доведоха до бързо развитие на метеорологичните и хидрологични модели. Такъв прогнозен модел беше разработен за Камп за период от 2,5 години по поръчка на правителството на федералния щат Долна Австрия, EVN, ZAMG и ТУ Виена. Тази прогноза основно беше разработена за защита на населението от наводнения, но се оказа и много ефикасна за управлението на водохранилищата.

Така че сигурността на язовирните стени може да се повиши чрез въпросните мерки въпреки че изискванията деделикатно бяха завишени.



## **STATE AND BEHAVIOUR OF THE BELMEKEN ROCKFILL DAM**

**Emil Lilov**

### **ABSTRACT**

The report presents an analysis of results from the operation of the highest rockfill dam in Bulgaria. The Belmeken dam has vertical clay core with claygruss superstructure , reconstruction later on by slurry cutoff wall . The conclusions stipulated in the report refer top part of the dam body, strain behaviour of its construction , deformation in future.

Analysis of the results of operating and maintenance program and safety against sliding of slopes for dynamic and static loadings were made.

## **СЪСТОЯНИЕ И ПОВЕДЕНИЕ НА ЯЗОВИРНА СТЕНА БЕЛМЕКЕН**

**ЕМИЛ ЛИЛОВ**

### **РЕЗИОМЕ**

В доклада се анализират резултати от техническата експлоатация на най високата у нас каменно насипна стена с вертикално глинено ядро, надстроено с грусово тяло , в следствие реконструирано с шлицова стена. Направени са изводи върху състоянието на върхната част на стената, деформационното поведение на конструкцията.

Анализират се резултатите от техническата експлоатация на стената и направените проверки за сигурността и.



## IMPROVEMENT OF FLOOD SAFETY OF EVN DAMS

Friedrich Zemanek

### ABSTRACT

EVN naturkraft owns and runs 66 hydro-electric power plants, which are located in Lower Austria and in Styria and include five storage power plants. Meanwhile an adaptation of the spillways in four of the five dams, which were established in the period of 1908-1957, has taken place. The changes took place either because of outdated technical mechanisms or due to the rising of the determinate design flood. This lecture will report about structural measures and adaptations of the dams Erlaufklause and Stierwaschboden at Erlauf river and the dams Dobra and Thurnberg at the Kamp river.

Before the starting of the construction works it was necessary to accomplish in all cases a hydraulic model tests for the accurate hydraulic interpretation, the selection of the optimal solution and for the examination of the energy dissipation

Nowadays the Austrian Inspecting Authority claims not only to rise the calculation values of the spillways for existing storage dams to a HQ 5000 flood, but also claims to consider measures to prevent the blockage of the spillways. A very good technical solution could be realised at the dam Thurnberg in the year 1999.

In August 2002 the dams at the Kamp river were faced with a disaster flood, which was calculated as a HQ 2000 flood, although the spillways and dams resisted the flood without any considerable damages. Despite of the oversize flood freight related to the storage capacities of the dams, the discharge peak could be reduced by the storages of about 15 %. This lecture will report about this disaster flood event and the recovery of the small damages.

In the last years the frequent flood disasters in Europe led to a rapid development of meteorological and hydrologic flood prognosis models. Such a special flood forecast model has been developed for the Kamp in a period of approximately 2,5 years in request of the country Lower Austria and EVN AG by the ZAMG and Technical University of Vienna. This prognosis model was primarily developed for the civil defence of the population, but it is also very useful for the save and efficient operation of the storage dams.

Therefore the flood security of the EVN - dams themselves could be increased by the described measures although the conditions (rise of the flood calculation sizes) changed in a delicate way in the last years.

EVN naturkraft Erzeugungs- und Verteilungs GmbH,  
A-2344 Maria Enzersdorf, EVN Platz, Austria

## ПОВИШАВАНЕ НА СИГУРНОСТТА НА ЯЗОВИРНИТЕ СТЕНИ

Фридрих Цеманек

### РЕЗИЮМЕ

EVN-naturkraft притежава и експлоатира 66 водноелектрически централи, разположени в провинция Долна Австрия и Щирия. В това число влизат пет централи работещи на изравнени води. Между временно бяха предвидени преливници за четири от петте стени построени в периода 1908-1957. Промените се случиха в някои от случаите заради амортизирани механизми в други поради преоценка на проектната висока вълна. Този доклад ще засегне някои технически мерки и проектни решенията взети на няколко от нашите обекти.

Преди започване на строителството се наложи изследване във всички случаи хидравлични моделни изследвания и точно интерпретиране на резултатите, с цел избор на оптимално решение и изследване гасенето на енергията.

В момента австрийският контролен орган изисква не само повишаване на изчислителните параметри за преливниците на съществуващите водохранилища така че обезпечеността на провежданите водни количества да бъде  $p=0,02\%$ , но изисква и предотвратяване на блокиране на преливниците. Много добро техническо решение беше приложено при язовирна стена Тюрнберг през 1999г.

През август 2002 стените по река Камп бяха изправени пред висока вълна с обезпеченост  $p=0,05\%$ , но стените и съоръженията я проведеха без значителни повреди. Въпреки преувеличените страхове от наводнение отнасящи се до акумулативните способности на водохранилищата, върха на високата вълна може да се редуцира до 15%. В тази лекция ще стане дума за това наводнение и отстраняването на някои малки повреди.

В последните години честите наводнения в Европа доведоха до бързо развитие на метеорологичните и хидрологични модели. Такъв прогнозен модел беше разработен за Камп за период от 2,5 години по поръчка на правителството на федералния щат Долна Австрия, EVN, ZAMG и ТУ Виена. Тази прогноза основно беше разработена за защита на населението от наводнения, но се оказа и много ефикасна за управлението на водохранилищата.

Така че сигурността на язовирните стени може да се повиши чрез въпросните мерки въпреки че изискванията деделикатно бяха завишени.



## DAM SAFETY PHILOSOPHY IN AUSTRIA-ABSTRACT

Helmut Czerny

### ABSTRACT

Generally Large Dams with their reservoir are carrying a high risk of loss and damage in case of failure. Therefore safety of dams is in public interest and a key issue in the Austrian Water Law.

This Law stipulates also, among other things, that public interests and existing rights of third parties must not be violated by new projects, they have to comply with the current state of the art.

According to the "Schweizer Bundesamt für Wasserwirtschaft" Dam Safety is based on three pillars:

a sound design and construction of the dam in relation to the state of the art

surveillance by characteristic measurements and competent personal and emergency preparedness measures as last consequence

In Austria there are located about 90 Large Dams with a maximum height of more than 15 m and a reservoir capacity of more than 500.000 m<sup>3</sup>.

Nearly all the dams are operating for utilising hydropower, additional purposes are flood protection, torrent control and artificial snow production.

The height of the dams is up to 200 m (arch dam), the maximum reservoir capacity is about 200 Mio. m<sup>3</sup> and the dams are situated up to 2600 m above sea level.

According to the Austrian Water Law before the Water Rights Hearing all projects of large dams have to be submitted to the "Austrian Commission on Large Dams", a commission formed by renowned experts of all disciplines involved in dam engineering.

After the Notice of Final Acceptance the subcommittee "Dam Supervision" of the Austrian Commission on Large Dams has to carry out comprehensive and independent safety checks.

In Austria Dam Safety of Large Dams is supervised by 3 levels:

the Dam Safety Engineer in the staff of the Dam Owner,

a Senior Civil Engineer of the provincial government carrying out yearly inspections

the Federal Dam Supervision in the Federal Ministry of Agriculture, Forestry, Environment and Water Management examines the yearly Safety Reports of the owner and carrying out comprehensive 5 years Safety Checks at the dam site

For the surrounding conditions of dams are very different and each dam construction site is very individual there are only less construction rules in Austria, but the centre of interest is the sound individual judgement by experienced experts as well before constructing as under operation.

As an international expertise shows the Austrian Dam Safety Philosophy is a well balanced system of rules and engineering judgement, flexible to different conditions and effective in its financial and personal input.



## VARIANTS OF FISH PASS DESIGN

Lea Hašková, Ján Rumann, Michaela Macková, Vladimíra Slabá

### ABSTRACT

Article is presenting possibilities of water level effecting in fishpasses by several variants of obstacle ordering. Fishpasses are constructions for ichthyofauna, which enable passing of the gradient created by water structure and restore stream continuity for migration of fishfauna. They include technical (vertical slot fishpass, pool fishpass, Denil fishpass) and also natural types (rocky chutes, ramps, biocorridors) of construction. Described examples include classical pool pass and modified biocorridor. Biocorridor is a substitute pathway, with the character of natural stream, which forms longer bypass river bed with natural surface imitation. It is formed as a boulder bed with continuous river bottom, spreaded by coarse gravel sand, with sloped banks, slow flow and cascade water surface. Obstacles were created as concrete barriers for technical type and as boulder elements for biocorridor. Boulder elements are single stones and boulder sills. Single stones represent efficient means which allow the increase of depth without discharge change. Their big advantage is their natural look and easy installation into river bed, as well as their simple refilling in the case of need. These stones positively influence water level and velocity regime in biocorridors, because they can increase depth about ca 35 %. Their design is very positive not only from the hydraulic, but also ichthyological viewpoint. Another possibility for water level and velocity regime effecting represent boulder sills. Sills are constructed across the river bed. They are created from different boulder sizes, placed vertically and horizontally. Vertical position creates a weir and horizontal position forms a overfall. Several boulder sills ordered one after another create a pool structure of the river bed, which is very suitable for creation of fish rest areas (refuge possibilities). River2D software was used for mathematical modeling, which is two dimensional depth average model of river hydrodynamics and fish habitat. It was used steady non-uniform mode. Results are represented by water level and velocity regimes, which are compared for both variants. For nowadays projects are preferred biocorridors, because of environmental issues. Their advantages are greater variability of hydraulic parameters and refuge possibilities for the fish. Described examples of fish pass and biocorridor design wanted to show that it is possible to solve this problem of technical construction by the use of natural materials, such as boulders and stones. Optimized biocorridor design, containing mentioned boulder elements, creates required water level and velocity regime for specific ichthyofauna.

## ВАРИАНТИ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА РИБНИ ПРОХОДИ

Леа Хаскова, Ян Руман, Михаела Макова, Владимира Слаба

### РЕЗЮМЕ

Докладът представя възможности за контрол на дълбочините в рибните проходи при различни компоновки. Рибните проходи са съоръжения за преодоляване на денивелация, резултат от хидротехническо строителство, възстановяващи непрекъснатостта на течението за мигриране на ихтиофауната. Те включват технически (вертикални проходи, стълбовидни рибни проходи, рибен проход на Денил) и естествени решения (каменни улеи, рампи, биокоридори). Описаните примери са на класически рибен проход с басейни и на модифициран биокоридор. Биокоридорът е дублиращ път с естествен режим, оформящ по-дълъг байпасен път с наподобяващ естественото дъно. Оформен е със заскалено непрекъснато дъно от чакълест пясък, с наклонени брегове, спокойно течение и понижителна крива на водната повърхност.

Бяха предвидени препятствия от бетонни елементи за техническото решение или скални блокове за биокоридора. Скалните блокове са единични или във вид на прагове. Единичните блокове са ефикасно средство за повишаване на дълбочините без увеличаване на водните количества. Основното им предимство е естествения им вид, лесния монтаж и запълване при нужда. Тези каменни блокове имат благоприятно влияние върху водното ниво и скоростният режим в биокоридора, тъй като повишават водните нива с почти 35%. Предимствата им са не само от хидравлична точка, но и от екологична. Друга възможност за регулиране на скоростния режим и на водните нива е чрез каменни прагове пресичащи речното легло. Праговете са изградени от камъни с различен диаметър, разположени напречно или надлъжно. При напречно разположение се получава водпад а при надлъжно бързоток. Няколко прага един след друг формират басейн, който е подходящ за почивка на рибите.

Софтуерна програма RIVER2D беше използвана за математическо моделиране на двумерен хидродинамичен модел на средните дълбочини и рибния хабитат. Беше използван модел на стационарно неравномерно плавно изменящо се течение. Сравненни са двата варианта като резултатите са представени във функция от водното ниво и скоростния режим.

В момента предпочитан вариант са биокоридорите поради екологичните им предимства. Тези предимства се изразяват в голямото разнообразие от хидравлични параметри и възможности за оцеляване на рибите. Описаните примери илюстрират възможността този технически проблем да бъде решен чрез използване на естествени материали.