

Povodí Ohře, státní podnik
Český přehradní výbor, z. s.

XXXVII. PD 2022

XXXVII. PŘEHRADNÍ DNY 2022	13.–15. ČERVNA 2022 NESUCHYNĚ
-------------------------------	----------------------------------

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

SWAZEK 3

MEZINÁRODNÍ KONFERENCE XXXVII. PŘEHRADNÍ DNY 2022 NESUCHYŇ, 13.–15. ČERVNA 2022

Odborná témata konference:

- 1) Potápěčské práce pro údržbu, rekonstrukce a řešení zvláštních situací na vodních dílech.
- 2) Možnosti posílení akumulace vody v povodích – nové nádrže, zvětšování zásobních objemů a přestavba suchých nádrží.
- 3) Úloha státních finančních zdrojů v oblasti rekonstrukcí a výstavby vodních děl na tocích.
- 4) Využití technických inovací a adaptačních postupů na klimatickou změnu v oblasti navrhování přehrad, TBD a při zvládání poruch a kritických situací.
- 5) Různé otázky výstavby, provozu a rekonstrukcí vodních děl.

Publikace XXXVII. Přehradní dny 2022 je rozdělena do tří svazků:

- Svazek 1 – příspěvky k tématům 1, 2 a 3
- Svazek 2 – příspěvky k tématům 4 a 5
- Svazek 3 – příspěvky z 27. kongresu ICOLD 2022, Francie, Marseille

Editor: Milan Žukal
Název díla: XXXVII. Přehradní dny 2022
Tel.: 224 354 643
Tisk: Tiskárna AKORD Chomutov, s.r.o.
Adresa tiskárny: Na Příkopech 901/3, 430 01 Chomutov
Počet stran: 108
Náklad: 90 výtisků
Pořadí vydání: 1.

Vydalo České vysoké učení technické v Praze, zpracovala Fakulta stavební

Kontaktní adresa: Fakulta stavební ČVUT v Praze
Katedra hydrotechniky
Thákurova 2077/7
166 29 Praha 6 – Dejvice



**FAKULTA
STAVEBNÍ
ČVUT V PRAZE**

ISBN 978-80-01-07004-8

ISBN 978-80-01-07001-7 (soubor)

ISBN 978-80-01-07002-4 (1. sv.)

ISBN 978-80-01-07003-1 (2. sv.)

ZÁŠTITA

Mezinárodní konference „XXXVII. Přehradní dny 2022“ se koná pod záštitou

ministra zemědělství
Zdeňka Nekuly



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ

a hejtmana Ústeckého kraje
Ing. Jana Schillera



Ústecký kraj

SPONZOŘI KONFERENCE



POTÁPĚČSKÁ STANICE

akciová společnost



PS PROFI s.r.o.

BRNO

RRR
spol. s r. o.



SMP CZ

společně @ VINCI

OBSAH – SVAZEK 3

OTÁZKA 104: / Q. 104:**Inovace v návrhu a provádění betonových přehrad /
Concrete Dams Design Innovation and Performance**

6

OTÁZKA 105: / Q. 105:**Poruchy a havárie týkající se přehrad /
Incidents and Accidents concerning dams**

33

OTÁZKA 106: / Q. 106:**Dohled, instrumentace, monitoring a získávání dat /
Surveillance, Instrumentation, Monitoring and Data Acquisition and Processing**

62

OTÁZKA 107: / Q. 107:**Přehrady a změna klimatu /
Dams and Climate Change**

88

ÚVOD

Ve třetím svazku sborníku vydaného u příležitosti konání mezinárodní konference XXXVII. Přehradních dnů 2022 kolektiv autorů/účastníků připravil ve zhuštěné podobě základní informaci o kongresových materiálech z 27. kongresu Mezinárodní přehradní komise (ICOLD) pořádaného ve dnech 27. května – 3. června 2022 ve francouzském Marseille.

Je zde obsaženo krátké přiblížení obsahu všech referátů publikovaných v rámci čtyř kongresových otázek uvedených dále. Kompletní referáty jsou dostupné na flash disku přiloženém ke sborníku abstraktů, který je možno získat na sekretariátu Českého přehradního výboru.

Kongresové otázky 2022:**Otázka 104: Inovace v návrhu a provádění betonových přehrad****Otázka 105: Poruchy a havárie týkající se přehrad****Otázka 106: Dohled, instrumentace, monitoring a získávání dat****Otázka 107: Přehrady a změna klimatu****Česká republika byla na 27. kongresu ICOLD zastoupena jedním příspěvkem:****Q. 104 R. 12 – HRAZDIRA, O., ŠVANCARA, J. – Zabezpečení vodního díla Orlík při extrémních povodních**

Tab. 1 Přehled příspěvků dle jednotlivých států a otázek

Stát	Q. 104	Q. 105	Q. 106	Q. 107	Sdělení	Celkem
Argentina		5				1
Australia				15		1
Austria			45			1
Brazil		43, 44	44		12	4
Bulgaria	25					1
Burkina Faso		50				1
Canada	19	23–28, 46	19, 20, 21	12, 13, 14		14
China	27–32	33, 34, 48, 49	32, 33	20, 21, 22		15
Colombia				36		1
Czech Rep.	12					1
France	15–18, 40	17–22	11–17	6–11	1, 2, 3	27
Greece				2		1
India	43, 44, 45	51		31–35		9
Indonesia	38, 39	39, 40, 41, 47	40, 42	25–29	10	14
Iran	1, 2					2
Iraq					13	1
Italy	3–7	2, 3	1, 2, 3, 4	1		12
Japan	21, 22		26–30	17, 18	5, 6, 7	12
Laos		1				1
Macedonia		14				1
Morocco	24	32	31			3
Netherlands		4	5			2
Norway	42	8, 45	46	37		5
Peru	8	31				2
Portugal		6	8			2
Romania		42	43	30		3
Slovakia		7		4		2
South Afrika	23	29, 30		19		4
Spain	9, 10		6, 7	3		5
Sweden	20		22–25	16		6
Switzerland	33, 34, 36	35, 36, 37, 38	34–38		4, 8, 9	17
UK	13, 14	15, 16				4
USA	11	9–13		5	11	8
33 států	Celkem 41	Celkem 51	Celkem 41	Celkem 37	Celkem 13	Celkem 183

Otázka 104: Inovace v návrhu a provádění betonových přehrad

Zpracovatelé výběru příspěvků:

Ing. Miroslav Brouček, Ph.D. (Katedra hydrotechniky, Fakulta stavební ČVUT v Praze)
Ing. Jan Svejkský (Povodí Ohře, státní podnik)

Otázka 104 byla rozdělena do 5 podtémat:

1. Inovace v oblasti analýzy, navrhování a výstavby klenbových přehrad, včetně klenbových RCC a klenbových přehrad s gravitačním účinkem.
2. Inovace v oblasti navrhování, konstrukčních materiálů a metod jeho ukládání, řízení povodní během výstavby a provádění betonových přehrad, včetně přehrad typu RCC a přehrad z cementových materiálů.
3. Inovace pro zvyšování stávajících betonových přehrad.
4. Inovace pro extrémně vysoké betonové přehrad.
5. Provozní vlastnosti betonových přehrad během životního cyklu, včetně extrémních podmínek.

Generálním zpravodajem této otázky byl pan Rafael Ibanez de Aldecoa (Španělsko).

V této otázce bylo publikováno 41 příspěvků shrnutých v generální zprávě:

R. 1 ALI NOORZAD, ALIREZA DANESHYAR, PAYAM SOTOUDEH, MOHSEN GHAEMIAN (*Iran*) Nonlinear response of foundation rock in seismic simulation of concrete gravity dams.

R. 2 ALI NOORZAD, PAYAM SOTOUDEH, ALIREZA DANESHYAR, MOHSEN GHAEMIAN (*Iran*) Numerical simulation of surface amplification due to inclined harmonic excitation.

R. 3 FRANCESCO FORNARI, MICHELE CANCI, GABRIELLAVASCHETTI, ALBERTO SCUERO, DANIELE CAZZUFFI (*Italy*) Maintaining safe operation of concrete dams at high altitudes: Lago Nero, Italy.

R. 4 MIGUEL MIRANDA, GABRIELLA VASCHETTI, ALBERTO SCUERO (*Italy*) Geomembranes in very high concrete dams: challenges and solutions.

R. 5 SOPHIE CHARLOTTE KUHLMANN, ENRICO TITA, MARIA VITTORIA VIGNOLI (*Italy*) Barrage de Kruth-Wildenstein rehabilitation of the asphalt lining.

R. 6 G. PIETRANGELI, G. PITTALIS, G. SIMONELLI, P. ZAFFARONI, (*Italy*) Stress and deformation analysis of the concrete faced rockfill saddle dam at GERDP and design of peripheral joint system.

R. 7 G. PIETRANGELI, A. BEZZI, P. MASTROFINI, A. MASCIOTTA (*Italy*) Stress-strain characterization of RCC mixes at GERD project and thermal - seismic dam behaviour analyses.

R. 8 JOSÉ MENDIVIL RIVAS, MICHEL LINO, JOHN H. DUQUE, JOHN E. YOUNG (*Peru*) Asana river diversion dam design and construction.

R. 9 MANUEL G. DE MEMBRILLERA, MARGARITA PINTOS, ALFONSO SANTA, ARY PAULO RODRIGUES, CLAUDIO MICHEL NAHAS, FRANCISCO HOLANDA (*Spain*) Singularities in the design of “Casupá dam”.

R. 10 FRANCISCO ORTEGA (*Spain*) Immersion vibrated RCC - innovation and performance case study: The 103 m high Enciso dam in Spain.

R. 11 ANIL K. CHOPRA (*United States of America*) Earthquake analysis of arch dams.

R. 12 ONDŘEJ HRAZDIRA, JIŘÍ ŠVANCARA (*Czech Republic*) Securing the Orlik dam against the impacts of extreme floods.

R. 13 M.R.H. DUNSTAN, K. TIREITO, J. FUKUWATARI, R.S. RUPRA (*United Kingdom*) Mwache RCC dam – the advantages of an early and extensive trial mix programme.

R. 14 M.R.H. DUNSTAN (*United Kingdom*) Speed of construction: the greatest advantage of RCC dams.

R. 15 EMMANUEL ROBBE, FREDERIC ANDRIAN, NICOLAS ULRICH, CLAIRE JOUY (*France*) Cisaillement à l’interface béton-rocher des barrages voûtes : retour d’expérience de voûtes existantes.

R. 16 ABDELGHANI SI CHAIB, MATHIEU ROY, VINCENT BOINAY, JEAN-CHRISTOPHE GIRARD, NICOLAS ULRICH, FRÉDÉRIC ANDRIAN (*France*) Conception et retour d’expérience sur les voûtes épaisses en BCR.

R. 17 FRÉDÉRIC ANDRIAN, EDOUARD MINE, QUENTIN BERCHER, JEAN-LOUIS CERVETTI, GEOFFREY MATHIEU (*France*) Retour d’expérience sur la conception et la technique de construction de quelques barrages en BCR de grande hauteur.

R. 18 ETIENNE GRIMAL, PHILIPPE KOLMAYER, KATIA LALICHE, CATHERINE CASTEIGTS, ROMAIN GIUNTI, CHRISTINE NORET (*France*) La modélisation du gonflement des bétons : une aide précieuse pour la gestion ou la réhabilitation d’un ouvrage.

R. 19 ALI RASEKH (*Canada*) Estimating floor design spectra at the top of a dam using dam response spectrum analysis results.

R. 20 RICHARD MALM, LISA BROBERG, JONAS ENZELL, JOHAN BLOMDAHL, CARL-OSCAR NILSSON (*Sweden*) Predicting the measured behavior and defining warning levels of a concrete dam.

R. 21 NORIKAZUYAMASHITA, TOSHIHISA KASE, SUBARU TACHIHANA, SHINOBU MORIYAMA, HIDEO MORI (*Japan*) Dam concrete automatic placement system – complete automation of dam concrete materials supply, production, transport, and placement.

R. 22 YUSHI AOSAKA & SHOJI TSUTSUI, TATSUYA KAWATA & BASSAM EGILAT (*Japan*) Investigation, measures and controls against internal restraint cracks due to thermal stress of RCC dam – practice at Nam Ngiep 1 hydropower project in Lao Pdr

R. 23 Q.H.W. SHAW (*South Africa*) Developments in concrete dam engineering.

R. 24 ABDELILAH BOUKAIDI LAGHZAOU, MOULAY LHOSSAN FAIK, AHMED TISSIR, AHMED ROJDAM (*Morocco*) Adaptation de la formulation et de la mise en oeuvre du BCR du barrage Toudgha.

R. 25 ANTON TZENKOV, DIMITAR KISLIAKOV, OGNJAN TODOROV (*Bulgaria*) Strengthening of Beli Iskar concrete gravity dam.

R. 27 WORKING GROUP OF CHINESE AUTHORS (*China*) A case study of effective application of innovative management on RCC dam construction at Kafue Gorge lower hydroelectric project.

R. 28 WORKING GROUP OF CHINESE AUTHORS (*China*) Application of Rotec belt conveyor equipment at Kafue Gorge lower project.

R. 29 YUANGUANG LIU, QINGGUO ZHOU, YUANBO GAO, JUNJIE JIN (*China*) Application of RCC technical innovation at Kafue Gorge lower hydropower project.

R. 30 JUNJIE JIN, QINGGUO ZHOU, SHUNCAI NING, YUANGUANG LIU (*China*) Successful application of RCC interlayer joint bonding technology with surface long time exposed in dry and high temperature areas.

R. 31 ZHONG ZHOU, JING ZHANG, LIJUN XUE, DEWEN CAI, ZHONGXU LIU (*China*) safety evaluation of Jinping I arch dam considering the left abutment slope deformation.

R. 32 XUE LIJUN, DUAN SHAOHUI, ZHAOYONGGANG, WANG RUI, SHEN MANBIN (*China*) Foundation treatments of Jinping I arch dam.

R. 33 MARC BALISSAT, JÉRÔME FILLIEZ, ANDRES FANKHAUSER (*Switzerland*) Decommissioning of an arch-gravity dam and measures taken for its replacement by a double curvature arch dam.

R. 34 MARCELO LEITE RIBEIRO, OLIVIER VALLOTTON, ALEXANDREWOHNLICH (*Switzerland*) Two recent cases of arch dam raising, lessons learnt and Innovation.

R. 36 PATRICE DROZ, ALEXANDREWOHNLICH (*Switzerland*) Dam safety along dam lifetime.

R. 38 ANOM PRASETIO, ABDUL MUIS, PAMRIH PAMMU (*Indonesia*) Monitoring performance of concrete dam after earthquake.

R. 39 AHMAD SIDIK, DIMAZ I.V, STELLA M (*Indonesia*) Application of modular precast concrete system on dam sidewall.

R. 40 LUC DEROO, ETIENNE FROSSARD, FRANÇOIS LEMPERIERE (*France*) BCR-E & E-BCR : barrages hybrides BCR – enrochements. Principes et conditions d'application.

R. 42 S. BJØNNES, N.RAKSTAD, V. KRATHE, T. KONOW (*Norway*) Calibration of Fe-model with measured behavior of an existing concrete arch dam.

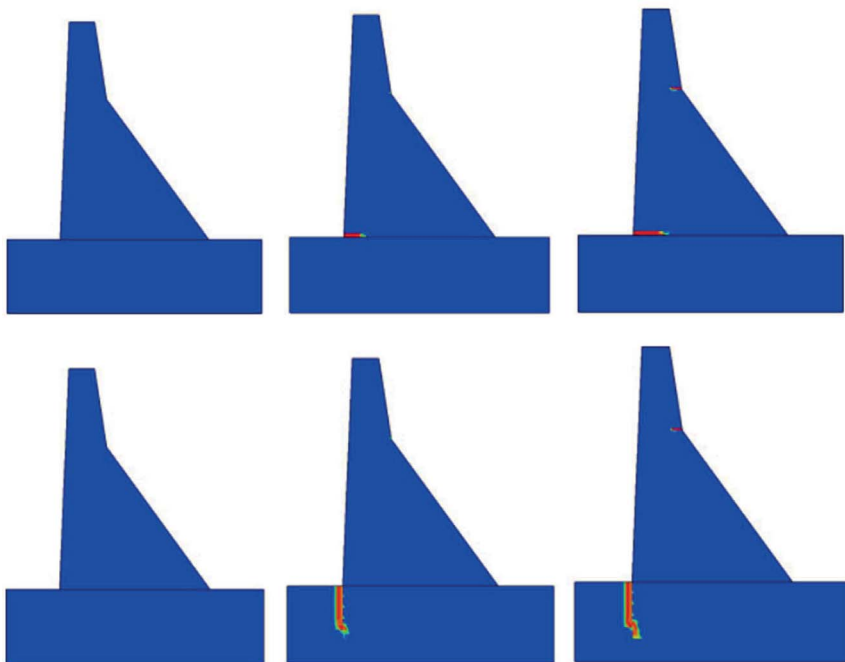
R. 43 Y.K. CHAUBEY, SANKHADIP CHOWDHURY, MUKESH BHORIA (*India*) Heightening of Dhanikhari concrete dam.

R. 44 SANJEEV GUPTA, NAGARAJ, HARSH BHASKAR MEHTA & S.P. BANSAL (*India*) Operational performance and sediment handling by abrasion resistance steel liner and rails in under-sluice spillways of Nathpa dam, India.

R. 45 S.P. BANSAL, RAKESH SEHGAL, REVATI RAMAN & SURJEET SINGH (*India*) Hydraulic design of barrage on Himalyan Bouldery river- with specific reference to Sjn's Naitwar Mori Hep (60 mw), India.

R. 1 NOORZAD, A., DANESHYAR, A., SOTOUDEH, P., GHAEMIAN, M. (Iran)**Nelineární odezva horninových základů při seismické analýze betonových tížných přehrad**

Príspevek sa zaoberá vplyvom predpokladu pružnej odezvy horninového podlaží pri seismické analýze betonových tížných přehrad. Lineárně pružný materiálový model základů v rámci numerické analýzy implicitně předpokládá rozvoj trhlin v tělese hráze nebo na základové spáře. Článek obsahuje teoretický základ materiálového modelu poškození a plasticity pro horninový základ. Ve třetí kapitole představuje článek numerický model tížné přehrady Koyna a simulaci zemětřesení s využitím záznamu horizontálního zrychlení ze zemětřesení v roce 1967. Příspěvek srovnává výsledný rozvoj trhlin při uvažování lineárně pružného základu a využití představeného materiálového modelu. Zásadní rozdíl představuje rozvoj vertikální trhliny v oblasti základů pod návodní patou přehrady. Porovnání se skutečným poškozením předmětné přehrady v článku prezentováno není.



Rozvoj trhlin na numerických modelech přehrady Koyna v čase 0, 4 a 8 sekund při uvažování lineárního (nahore) respektive nelineárního (dole) materiálového modelu podlaží

R. 2 NOORZAD, A., SOTOUDEH, P., DANESHYAR, A., GHAEMIAN, M. (Iran)**Numerická simulace povrchového zesílení harmonického kmitání při různém sklonu zdroje buzení**

Príspevek se zabývá vlivem směru zdroje seismických vln od profilu posuzovaného objektu – přehrady. Nejprve je podrobně představena formulace redukce oblasti (domain reduction method) následně aplikované pro výpočet vlivu pozice zdroje a morfologii oblasti na seismické vlny. Výsledné grafy ovlivnění amplitudy kmitání na bezrozměrné horizontální ose jsou prezentovány pro oblast s kruhovým údolím pro zdroje skloněné 0° (vertikální – zdroj pod středem údolí), 30° , 60° a 90° (horizontální vlny na povrchu). Grafy obsahují analytického řešení i představené numerické metody, které umožňují jejich vzájemné srovnání.

R. 3 FORNARI, F., CANCI, M., VASCETTI, G., SCUERO, A., CAZZUFFI, D. (Italy)**Udržení bezpečného provozu betonových tížných přehrad ve vysokých nadmořských výškách – případ přehrady Lago Nero v Itálii**

Přehrady vystavěné ve vysokých nadmořských výškách musí čelit náročným klimatickým poměrům ovlivňujícím dlouhodobou provozní spolehlivost i jinak velmi trvanlivých konstrukcí, jakými jsou betonové tížné přehrady. Na příkladu přehrady Lago Nero 2025 m n.m. v Italských Alpách demonstruje příspěvek jedno z možných nápravných opatření zajišťujících dlouhodobou provozní spolehlivost v podobě aplikace nechráněné PVC membrány na návodním líci přehrady, která je vystavená teplotám od -24°C do $+26^{\circ}\text{C}$ a pravidelnému tvorbě ledové vrstvy na nádrži mocné až 70 cm. Přehrada Lago Nero je 38 m vysoká betonová tížná přehrada, realizována v období 1924 až 1929 s předsazeným betonovým injekčním blokem, drenážní chodbou napojenou na systém odlehčovacích vrtů a vertikální drenážní systém při návodním líci. Hráz je založena na křemenných porfyrech bez břidličnatosti. Mezi lety 1953 a 1962 byla realizována opatření pro snížení průsaků podloží i tělesem hráze, která zahrnovala i aplikaci vyztuženého stříkaného betonu. Mrazuvzdornost stříkaného betonu se prokázala jako nedostatečná. Následně byla v roce 1981 realizována návodní PVC geomembrána s navařenou geotextílií. Článek představuje použitý způsob kotvení membrány k povrchu návodního líce hráze a pozorované výsledky provedení opatření v podobě průsaků a kontaktu ledu s membránou. Dále je prezentován způsob určování zbytkové životnosti membrány na základě migrace změkčovadel.

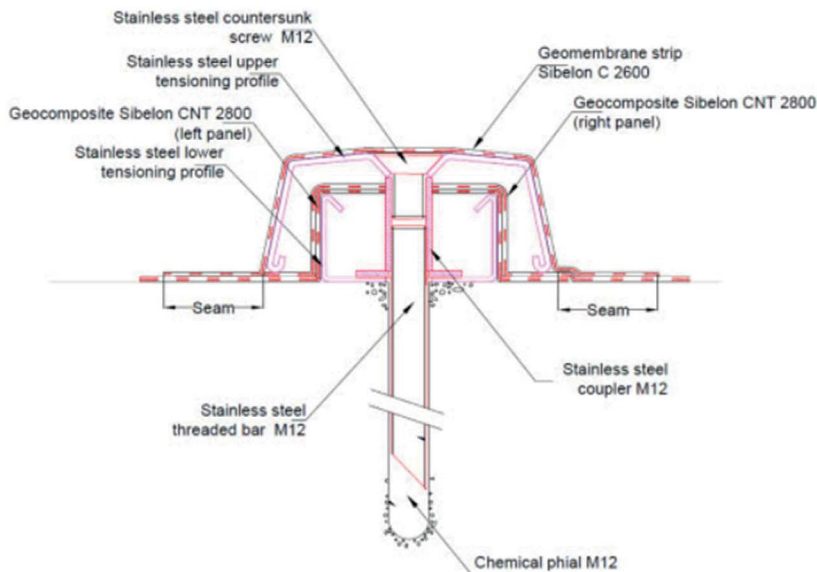


Schéma detailu kotevního a předpinacího systému PVC membrány na přehradě Lago Nero

R. 4 MIRANDA, M., VASCHETTI, G., SCUERO, A. (ITALY)

Geomembrány na velmi vysokých přehradách: Výzvy a řešení

Příspěvek se zabývá postupy a potížemi při využití geomembrán jakožto těsnicího prvku u velmi vysokých přehrad na příkladu 188 m vysoké betonové tížené přehrady Miel I v Kolumbii realizované technologií válcovaného betonu. V článku je detailně popsán systém kotvení a napínání PVC geomembrány na návodní líc betonové přehrady a jeho historický vývoj včetně uvedení konkrétních přehrad, kde byl instalován. Dále jsou uvedeny specifické úpravy kotevního systému potřebné pro vysoká hydrostatická zatížení. Pozornost je věnována způsobu řešení vodotěsného kotvení na obvodu návodního líce včetně podrobného popisu předmětného detailu. Představen je popis prováděcích technologií uplatněných při realizaci těsnicí membrány na přehradě Miel I, které umožnily reagovat jak na požadavky projektu v oblasti kontroly průsaků a postupu výstavby, tak eliminovat manipulační a výrobní limity instalované membrány v podobě délky a hmotnosti jednotlivých rolí. Závěrečná část je věnována měřeným hodnotám průsaků a provedeným programům sledování stárnutí geomembrány a lokálním poškozením. Článek vyzdvihuje zvýšení ekonomické efektivity projektu díky simultánní instalaci membrány s postupem výstavby přehrad, což umožnilo dřívější výrobu elektrické energie a sníženým dávkám cementu v betonu, u kterého byly sníženy parametry na hydraulickou vodivost.

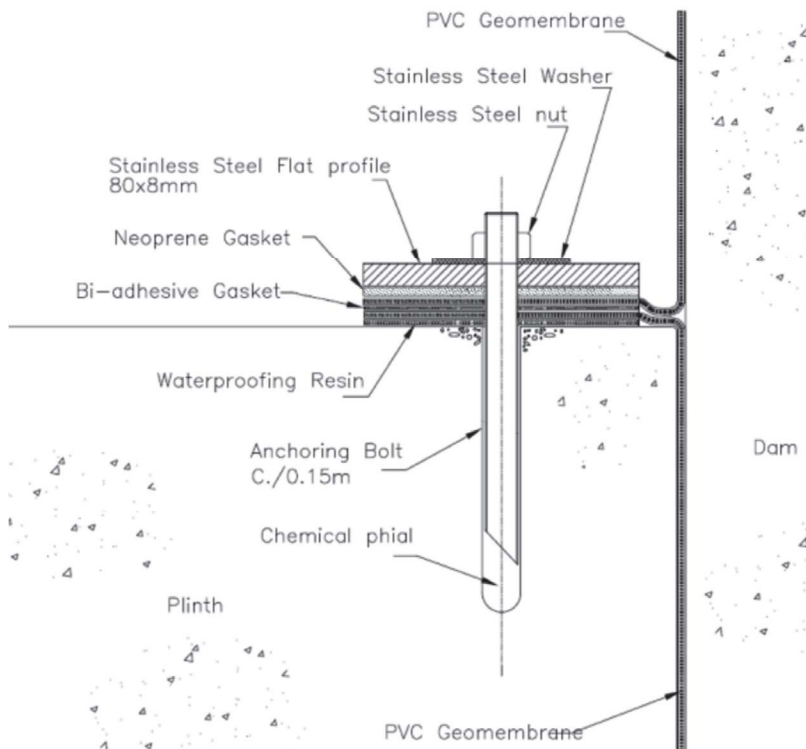


Schéma kotevního detailu PVC membrány v oblasti kontaktu přehrad / injekční blok

R. 5 KUHLMANN, S. C., TITA, E., VIGNOLI, M. V. (Italy)**Sanace návodního asfaltobetonového těsnění přehrady Kruth-Wildenstein**

VD Kruth-Wildenstein bylo realizováno v 60 letech 20. století za účelem částečné regulace průtoků na řece Thur. Jedná se o 38,5 m vysokou sypanou hráz s asfaltobetonovým návodním těsněním chráněným vrstvou železobetonu. Původní asfaltobetonové těsnicí souvrství sestávalo ze dvou 35 mm tlustých vrstev hutného asfaltobetonu realizovaných na min. 100 mm tlusté vrstvě drenážního betonu opatřeného drenážním potrubím Ø40 mm. V roce 1974 byla ochranná vrstva ze železobetonu odstraněna a nahrazena dvěma 50 mm tlustými ochrannými vrstvami z asfaltobetonu. V souvislosti s nevyhovujícími provozními potížemi v podobě zvýšených průsaků a identifikovaných trhlin proběhl na přehradě stavebně-technický průzkum asfaltobetonového pláště v letech 2016–2019, který kromě vizuálních kontrol využil i jádrového vrtání. V rámci průzkumu byly zhodnoceny asfaltobetonové vrstvy a shledány nevyhovujícími jak z pohledu stárnutí a navazujícího křehnutí asfaltu, tak i z pohledu zjištěné mezerovitosti vzorků. Článek se dále věnuje použitému způsobu rozhodování při 5 možných variantách nápravných opatření. Jsou představena technická, realizační a provozní kritéria, která byla použita při hodnocení jednotlivých variant, z nich 3 uvažovaly asfaltobetonový plášť a 2 využití geomembrány. Příspěvek dále popisuje realizaci vybrané varianty (AB plášť) s využitím moderních metod laserového skenování a PQI (Pavement Quality Indicator).



Nová asfaltobetonová vrstva návodního těsnění přehrady Kruth-Wildenstein

R. 6 PIETRANGELI, G., PITTALIS, G., SIMONELLI, G., ZAFFARONI, P. (Italy)**Analýza deformací boční kamenité hráze s betonovým návodním těsněním projektu GERD a návrh těsnicího systému spár na perimetru návodního těsnění**

Projekt GERD (Grand Ethiopian Renaissance Dam) zahrnuje kromě hlavní 175 m vysoké tížné hráze z válcovaného betonu i boční 65 m vysokou sypanou kamenitou hráz s návodním betonovým těsněním. Příspěvek se zabývá numerickou analýzou deformací kamenité hráze za

účelem návrhu těsnění spár jak mezi železobetonovými deskami, tak i v oblasti zavázání a napojení na injekční blok. Nezanedbatelným aspektem oblasti je seismické zatížení. V článku jsou představeny výsledky 2D numerického modelu při interakce tělesa hráze s vodou v nádrži. Metoda RSA (Response Spectrum Analysis) byla validována pomocí dynamické analýzy jedné události (Time-History analysis). Navazující 3D model řeší zejména lokalizaci oblastí s významným tlakovým napětím, které vznikají jednak z důvodu půdorysného zakřivení osy hráze a dále z významně odlišných základových poměrů pod středem hráze a v blízkosti zavázání. Závěrečná část článku je věnována návrhu těsnění spár a jejich testování. Za významné lze považovat aplikaci výztužné vrstvy z karbonových vláken, která má zajistit zmenšení deformací těsnicí PVC membrány.

R. 7 PIETRANGELI, G., BEZZI, A., MASTROFINI, P., MASCIOTTA, A. (Italy)

Pracovní diagramy směsí válcovaných betonů využitých v projektu GERD a analýza odezvy přehrady při teplotním a seismickém zatížení

P Projekt GERD (Grand Ethiopian Renaissance Dam) zahrnuje kromě hlavní 175 m vysoké tížné hráze z válcovaného betonu i boční 65 m vysokou sypanou kamenitou hráz s návodním betonovým těsněním. Příspěvek prezentuje výsledky extensivního experimentálního programu 5 různých směsí válcovaných betonů uplatněných při výstavbě hlavní hráze, jejíž celkový objem je 10,2 milionů m³. Článek popisuje použité směsi v různých částech tělesa hráze, z nichž byly odvrtány jádra pro testování. Dále komentuje použité experimentální metody a jejich výsledky. Následující kapitola se věnuje teplotní analýze hráze s ohledem na hydratační teplo a rychlost pokládky. Jsou představena konkrétní doporučení pro monitoring z hlediska potenciálního rozvoje trhlin v důsledku nadměrné teploty a grafy měřených teplot. Závěrečná část příspěvku je zaměřena na dynamickou analýzu seismického namáhání přehrady.

R. 8 RIVAS, J. M., LINO, M., DUQUE, J. H., YOUNG, J. E. (Peru)

Návrh a výstavba přehrady na řece Asana

Přehrada Asana byla realizována na stejnojmenné řece v provincii Moquegua v jižní části Peru nad otevřeným dolem v blízkosti vodního toku za účelem ochrany dobývacího prostoru. Do nádrže ústí i menší přítoky řeky Asana z širší oblasti a voda dále pokračuje tunelem mimo dobývací prostor. Geologické poměry v oblasti přehradního profilu jsou značně komplikované a zahrnují zvětralé granodiority, sedimentární zeminy, diskontinuity vyplněné jílovými minerály a významný zlom o šířce 0,1 – 12 m. Příspěvek představuje přijaté konstrukční řešení přehrady v podobě 50 m vysoké tížné hráze realizované technologií chudého válcovaného betonu s návodním betonovým těsněním a úpravou návodní části pracovních spár hráze pro zajištění těsnosti. Příčný řez tělesem hráze představuje symetrický lichoběžník se sklony líců 1:1,33. Vzdušní líce je stupňovitým. Výstavba přehrady byla dokončena v listopadu 2018. V článku lze nalézt informace o materiálových charakteristikách hráze i jednotlivých útvarů v podloží. V závěru jsou představeny výsledky výpočtů nerovnoměrného sedání hráze a srovnání s měřením po realizaci. Dále jsou prezentovány měřené hodnoty pórových tlaků v zavázání a jejich srovnání s limitními hodnotami.

R. 9 de MEMBRILLERA, M. G., PINTOS, M., SANTA, A., RODRIGUES, A. P., NAHAS, C. M., HOLANDA, F. (Spain)**Specifika návrhu přehrady Casupá**

Příspěvek popisuje návrh 31,5 m vysoké tížné přehrady Casupá z válcovaného betonu, jejíž výstavba je plánována s cílem napuštění nádrže do roku 2045. V článku lze nalézt popis projektu zásobování vodo širší oblast Montevidea a základní parametry plánované přehrady včetně příčných řezů. Následně je diskutováno zvolené materiálové řešení z pohledu dostupnosti lokálního kameniva i geologických podmínek v profilu. Složení a požadavky na směsi pro jednotlivé části přehrady a úprav podloží je přizpůsobeno potenciální reaktivitě kameniva a prezentováno. V závěrečné části příspěvku jsou představeny realizované numerické modely pro šíření tepla a analýzy deformací a stability.

R. 10 ORTEGA, F. (Spain)**Válcované betony vibrované ponornými vibrátory – případová studie 103 m vysoké přehrady Enciso ve Španělsku**

V příspěvku je popsán vývoj betonových směsí, které je možné v průběhu realizace hutnit válcováním nebo ponornými vibrátory, tzv. IV-RCC. Jsou zde specifikovány základní charakteristiky směsi v podobě zpracovatelnosti (sednutí kužele, zkouška Vebe), poměry jemnozrnného kameniva atd. Dále jsou představeny mezinárodní zkušenosti při vývoji a zejména aplikací IV-RCC směsí v přehradním stavitelství. Hlavní část příspěvku je věnována případové studii výstavby přehrad Enciso. Studie prezentuje vývoj směsí a změnu původního konceptu kombinující válcovaný beton a konvenční vibrovaný beton s „vysokými“ dávkami cementu. Dále je popsán postup výstavby a použitá mechanizace při pokládání vrstev z IV-RCC směsí. V závěrečné části jsou diskutovány výsledky jádrových vrtů i chování přehrady při prvním napouštění nádrže.

R. 11 CHOPRA, A. K. (USA)**Seismická analýza klenbových přehrad**

Příspěvek nabízí přehled metod uplatnitelných při numerickém modelování seismické odezvy klenbových přehrad s užitím konečných prvků. Problematika realistické aproximace systému přehrada-nádrž-podloží vyžaduje specifický způsob zadávání okrajových podmínek, které však nejsou běžně dostupné v komerčních softwarových nástrojích. Jako variantu nabízí příspěvek metodu využívající viskózního tlumení na hranici řešené oblasti (Direct FEM) a způsobu stanovení efektivního seismického zatížení aplikovatelného na hranice oblasti. Ve druhé části příspěvek představuje příklad nelineární analýzy předmětnou metodou pro přehradu Morrow Point včetně výsledných hodnot posunů, rozevření dilatačních spár a tahových oblastí na tělese hráze. Závěrečná část příspěvku se věnuje volbě návrhových hodnot seismických pohybů povrchu a jejich případným modifikacím v podobě dvou horizontálních složek respektive tří složek zatížení.

R. 12 HRAZDIRA, O., ŠVANCARA, J. (Czech Republic)**Zabezpečení vodního díla Orlík při extrémních povodních**

Příspěvek se věnuje úpravě VD Orlík pro převedení kontrolní povodně. V úvodní části je stručně popsána historie významných povodňových událostí na přelomu 21. století a vývoji požadavků na zabezpečení vodních děl při povodních. Navazující část se věnuje samotnému VD Orlík. Jsou zde uvedeny základní parametry přehrady i nádrže, účel vodního díla i informace o výstavbě a popsán průchod povodně z roku 2002. Hlavní část příspěvku je věnována návrhu zabezpečení VD od konceptuálních variant a jejich vývoji až po volbu finální podoby zabezpečení v podobě realizace tří nových hrazených polí bezpečnostního přelivu v pravém zavázání včetně navazujícího skluzu. Finální varianta je detailně popsána včetně vizualizací s uvedením specifických aspektů budoucí výstavby využívajících BIM.



Vizualizace finální podoby skluzu od nového bezpečnostního přelivu v pravém zavázání hráze

R. 13 DUNSTAN, M. R. H., TIREITO, K., FUKUWATARI, J., RUPRA, R. S. (UK)**Přehrada Mwache – výhody včasného a rozsáhlého zkušebního programu směsí válcovaného betonu**

Plánovaná přehrada Mwache má být první tížnou betonovou přehradou v Keni i celém regionu východní Afriky. Příspěvek popisuje cíle, postup a výsledky rozsáhlého experimentálního programu materiálů vhodných pro realizaci tížené přehrady technologií válcovaného betonu. Lokalita naráží na nedostatek vhodných náhrad za cement a potřebu úpravy nejen složení směsí samotné, ale i optimalizaci dávkování zpomalovačů tuhnutí a plastifikátorů. V příspěvku jsou uvedeny konkrétní experimentální směsi včetně dávkování různých dostupných zpomalovačů tuhnutí a konkrétních cementů. Hlavní část zkušebního programu trvala rok a v příspěvku lze nalézt grafy vývoje krychlených pevností po dobu 365 dní. Zásadním závěrem příspěvku je potřeba včasného zahájení experimentálního programu při návrhu válcovaných betonových přehrad neboť nelze jeho průběh urychlit a jeho výsledky mohou být, jako v případě přehrady Mwache, zcela zásadní i pro volbu konstrukčního typu a následnou realizaci.

R. 14 DUNSTAN, M. R. H. (UK)**Rychlost výstavby jako největší výhoda tížných přehrad z válcovaného betonu**

Základní myšlenka při návrhu přehrad z válcovaného betonu (RCC) spočívala v jednoduchosti konstrukce zajišťující značné zrychlení výstavby. Rychlost výstavby umožňuje zvýšení kvality konstrukce díky dobrému napojení vodorovných spár mezi vrstvami a zároveň přináší úspory v nákladech i zisky v podobě rychlejšího uvedení přehrad do provozu. Příspěvek se zabývá otázkou zesložňování návrhu a realizace přehrad z válcovaných betonů. První část příspěvku je věnována statistice výstavby RCC ve světě k roku 2019. Další část příspěvku se zabývá rychlostí pokládky a představuje srovnání množství uloženého RCC vůči objemu celé hráze. Autor upozorňuje na zbytečnou snahu optimalizovat náklady na jednotlivých aspektech projektu (např. kamenivu) neboť to vede v konečném důsledku ke zvýšení ceny a zpomalení projektu. Zároveň upozorňuje, že investice do přípravy projektu včetně zkušebních programů mohou náklady významně snížit.

R. 15 ROBBE, E., ANDRIAN, F., ULRICH, N., JOUY, C. (France)**Smykové napětí na základových spárách klenbových hrází: zkušenosti z provozovaných přehrad (příspěvek je pouze ve francouzštině)**

Ve Francii probíhala ve druhé polovině 20. století významná přehradní výstavba, která zahrnovala i značný počet klenbových přehrad (přes 80). Návrh klenbových hrází byl v minulosti založen zejména na analýze napětí na vzdušním a návodním lici přehrad. Úprava standardů pro posuzování klenbových přehrad z roku 2018 doporučuje provedení zhodnocení smykového napětí na kontaktu beton-hornina pod jednotlivými bloky hrází. Článek obsahuje výsledky numerických modelů dvanácti klenbových přehrad v podobě mobilizované smykové pevnosti a její korelaci s hydrostatickým a teplotním namáháním. Dále jsou představena konkrétní doporučení u pěti přehrad na základě výsledků podrobných numerických 3D modelů.

R. 16 SI-CHAIB, A., ROY, M., BOINAY, V., GIRARD, J-CH., ULRICH, N., ANDRIAN, F. (France)**Návrh a zkušenosti s širokými klenbovými přehradami z válcovaného betonu (příspěvek je pouze ve francouzštině)**

Příspěvek se věnuje specifickým otázkám širokých klenbových přehrad z válcovaných betonů v kontextu teplotního namáhání, seismického zatížení, výpočetních postupů a výstavby. První část článku je věnována schopnosti numerických modelů predikovat dlouhodobé chování přehrad a zejména dilatačních spár při tepelném i mechanickém zatížení. Druhá část příspěvku je věnována využití výsledků numerických modelů při výstavbě v návaznosti na zkušenosti s realizací dvou širokých klenbových přehrad z válcovaného betonu. V příspěvku jsou diskutovány limity a přínosy 3D nelineárního numerického modelování.

R. 17 ANDRIAN, F., BERCHER, Q., MATHIEU, G., MINE, E., CERVETTI, J. J. (France)**Zkušenosti z návrhu a realizace několika vysokých tížných přehrad z válcovaného betonu (příspěvek je pouze ve francouzštině)**

Významnou výzvou realizace přehrad technologií válcovaného betonu (RCC) je zajištění pevnosti, a tedy i nepropustnosti, na vodorovných pracovních spárách. Příspěvek se popisuje zkušenosti z realizace a monitoringu vybraných RCC přehrad. Výhody využití materiálů

s vysokým podílem doplňkových cementových materiálů (SCM) a dobrou zpracovatelností se projevují nižším podílem „studených“ pracovních spár a nižším smršťením betonu. To vede k prodloužení potřebné vzdálenosti dilatačních spár, jejichž realizace přináší technické obtíže i dodatečné náklady nehledě na místo oslabení konstrukce. Na rychlost výstavby RCC přehrad má zásadní vliv produkce, transport a ukládání materiálu a sladění těchto tří aspektů za účelem zajištění vodotěsnosti konstrukce může být dosaženo různými kombinacemi metod. Příspěvek prosazuje jako zásadní argument zkušenost zhotovitele s vybranými metodami. V závěru příspěvek komentuje výhodnost RCC přehrad v kontextu ochrany staveniště, tj. převádění povodní přes rozestavěnou přehradu.

R. 18 GRIMAL, E., KOLMAYER, P., LALICHE, K., CASTEIGTS, C., GIUNTI, R., NORET, Ch. (France)

Modelování bobtnání betonu: výhody pro provoz a sanace staveb (příspěvek je pouze ve francouzštině)

V návaznosti na změny legislativních požadavků vyvinula v rámci výzkumného projektu pokrývající dvacetileté období sledování patologických jevů betonu numerický model pro hodnocení betonových konstrukcí postižených alkalicko-křemičitou reakcí (AKR) kameniva označovanou v článku jako bobtnání betonu. V článku je popsána aplikace modelu při významné rekonstrukci přehrady Bimont postižené právě AKR. Návrh rekonstrukce byl podložen výsledky 3D numerického modelu dvou rozsáhlých programech monitoringu. Rekonstrukce umožnila zvýšení úrovně zásobní hladiny o 14 m a objemu o 13 mil. m³.

R. 19 RASEKH, A. (Canada)

Využití výsledků spektrální analýzy přehrad pro stanovení návrhových hodnot seismického spektra pro úroveň korunu hráze

Tzv. spektra odezvy úrovní (Floor Design Spectra) jsou využívána pro analýzu odezvy technologických objektů přehrad (uzávěrů, ložisek, lodních výtahů atd.) při seismickém zatížení. Příspěvek představuje zjednodušení řešení stanovení FDS pro objekty přehrad v návaznosti na jejich polohu / umístění vůči tělesu hráze. V další části je představena případová studie segmentových uzávěrů na bezpečnostním přelivu zahrnující aplikaci uvedeného postupu, který je doporučen zejména pro konceptuální návrhy, citlivostní analýzy a parametrické studie.

R. 20 MALM, R., BROBERG, L., ENZELL, J., BLOMDAHL, J., NILSSON, C.-O. (Sweden)

Stanovení limitních hodnot a predikce chování betonových přehrad vybavených systémem sledování

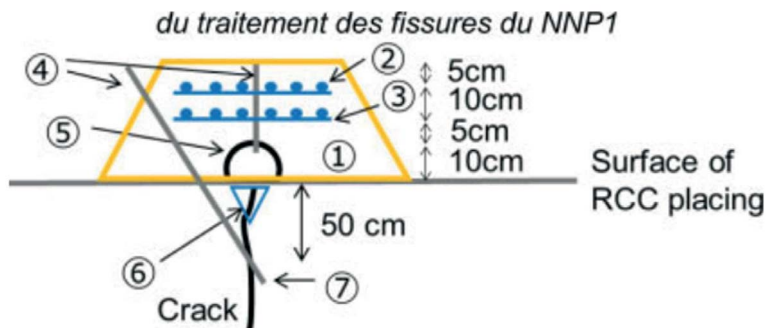
Příspěvek popisuje možnosti metody konečných prvků v numerických modelech pro projektovou přípravu systému sledování přehrad. S ohledem na omezené možnosti regresních vztahů u nových projektů sledování přehrad, případně u přehrad s krátkou historií sledování, doporučují autoři možnost využití výsledků numerických modelů. Po validaci modelů i relativně krátkým obdobím monitoringu, lze využít jejich výsledků pro určení limitních hodnot sledovaných veličin v daných místech přehrad. Představené postupy jsou demonstrovány na betonových pilířových přehradách Ramsele a Storfinnforsen. V příspěvku jsou porovnávány hodnoty deformací a šířek trhlin stanovených numerickým modelem a měřeními na přehradách.

R. 21 YAMASHITA, N., KASE, T., TACHIHANA, S., MORIYAMA, S., MORI, H. (Japan)**Automatizovaný systém pokládky betonu u tížných přehrad – úplná automatizace systému zásobování materiálem, výroby, transportu a ukládání betonu**

Proces ukládání betonu tvoří u tížných přehrad přibližně 60% stavebních nákladů a 50% doby výstavby a u obvyklých projektů je proces výroby, transportu a ukládání betonu repetitivně po dobu několika let. Článek se představuje automatický systém pokládky betonu pro přehradu, který zahrnuje automatizaci procesů zásobování vstupním materiálem do betonárky, výroba betonu, dopravu na staveniště pomocí vozidel a dopravu na místo pokládky pomocí kabelových lanovek a bádii. Systém byl využit při realizaci přehrady Yanagawa v prefektuře Iwate na přibližně pětinu ukládaného betonu (40 tis. m³ z 213 tis. m³). Aplikace systému přinesla zrychlení uložení jednoho cyklu pokládky o 20 sekund z původních 3 minut a 40 s. Celková úspora času při pokládce 40 tis. m³ byla 39 hodin (z celkových 533 hod). Aplikace systému dále umožňuje redukci počtu pracovníků na všech pozicích (jeřábníci, pracovníci betonárky, betonáři) na 2/3 původního počtu.

R. 22 AOSAKA, Y., TSUTSUI, S., KAWATA, T., EGILAT, B. (Japan)**Trhliny v tížené přehradě z válcovaného betonu v důsledku teplotního namáhání na projektu využití vodní energie Nam Ngiep 1 v Laosu – analýza a návrh a implementace opatření**

Příspěvek popisuje řešení problému s podélnými vnitřními trhlinami, které se objevily v průběhu procesu výstavby tížené přehrady Nam Ngiep 1 z válcovaného betonu. Podrobně je popsána identifikace trhlín, jejich zaměření a určení hloubek pomocí jádrového vrtání. Následně je prezentována teplotní analýza procesu výstavby v návaznosti na okolní klimatické podmínky, která jako příčinu identifikovala nezvyklý pokles teplot v průběhu prosince 2017 (pod 15°C), který způsobil překročení tahové pevnosti betonu v předemných oblastech vývoje trhlín. Další část příspěvku popisuje zvažované varianty a zvolené řešení nápravného opatření v okolí trhlín v podobě zalití trhliny cementovou záplivkou, aplikací V výřezu podélně v trhlíně, pokládky rozříznuté ocelové trubky vyplněné cementovou maltou s minimálním smrštěním a vyztužením nad trhlinou v obou směrech ve 2 vrstvách. .



Způsob opravy trhlín (1 – beton; 2 – R144400; 3 – R222200 dl. 2 m; 4 – injektáž; 5 – polovina ocelové trubky; 6 – V výřez s maltou; 7 – ocelová trubka DN50

R. 23 SHAW, Q. H. W. (South Africa)**Vývoj v oblasti betonových přehrad**

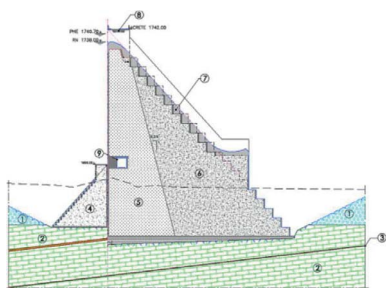
Příspěvek se zabývá zásadními vlivy rozdílného smršťování a dotvarování (SRC) směsí využívaných u válcovaných přehrad (RCC) oproti konvenčním betonům (CVC). Spolu se změnou postupu výstavby z vertikálních bloků na vodorovné vrstvy přináší jiné dotvarování i otázky v oblasti korektní aproximace 2 rozměrnou analýzou, která je jinak u tížných přehrad používána. Autor pokládá za zásadní pro korektní analýzu chování hrází, zejména v úzkých údolích a s materiálem s nižší hodnotou dotvarování, využití termomechanického modelu při uvažování korektní hodnoty SRC (stress-relaxation creep). Dále je doporučováno, aby analýzy simulovaly celý proces výstavby alespoň 28 dnů po uložení betonových vrstev. Zásadními vstupy do této analýzy jsou laboratorní zkoušky při vývoji RCC směsí, které by měly určit i parametry dotvarování.

R. 24 LAGHZAOU, B., LHASSAN, M., TISSIR, A., ROJDAM, A. (Morocco)**Úprava návrhu BCR přehrady Toudgha**

Přehrada Toudgha byla postavena v letech 2016 až 2021. Tato přehrada je vybudována v rámci ochrany údolí a soutěsek Toudgha před povodněmi, pro zajištění pitné vody pro obyvatele a zavlhky území. Jedná se o tížnou přehradu z BCR. Má maximální výšku 54,00 m od terénu a 67,50 m nad základem. Objem tělesa přehrady je 213 000 m³.

Při návrhu druhu písku jako plniva se rozhodlo o drcení horniny z blízkého lomu na písek frakce 0/4 mm s následným praním, tříděním a zpětným mísením. Tato úprava zrychlila tempo výstavby oproti plnivu pouze drcenému.

Vzdušní líc hráze byl navržen schodovitý o výšce schodů 3 m. Mírný sklon pravého svahu neumožňoval použití bednění pro realizaci jednotlivých záběrů, na kterých by se použila horizontální technologie BCR. Vlastní technologie BCR se tedy použila do samotného výkopu bez konstrukčních vrstev, s ukládáním BCR v mírném sklonu do dosažení vrcholu, odkud se již realizovala výstavba v horizontálních vrstvách.



Příčný řez přelivným blokem



Ukládání válcovaného betonu v pravém svahu – šikmo

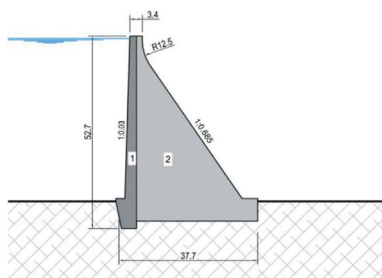
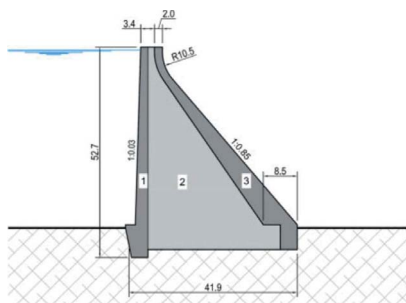
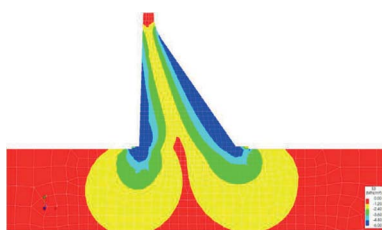
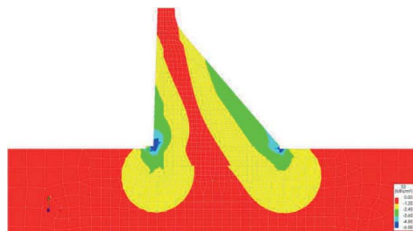
R. 25 TZENKOV, A., KISLIAKOV, D., TODOROV, O. (Bulgaria)**Zesílení tížné betonové hráze Beli Iskar**

Betonová tížná přehrada „Beli Iskar“ v Bulharsku z let 1936 – 1945 v pohoří Rila spolu s nádrží zajišťuje dodávku pitné vody pro hlavní město Sofie. Hráz je postižena typickými projevy alkalicko-křemičité reakce (ASR) betonu způsobené typem kameniva a vnikem vody do konstrukce nejen z návodního líce hráze, ale také z koruny hráze zejména při tání sněhu.

V roce 2002 byla koruna hráze v první fázi sanace hráze pokryta geosyntetickou těsnicí membránou a došlo i ke kontaktní injektáži v základové spáře mezi hrází a skalním základem.

Ve druhé fázi plánovaných sanačních činností bude zajištěna bezpečnost přehrady při uvažování seismických vlivů. Byly provedeny rozsáhlé dynamické průzkumy na základě dostupných vstupních informací o betonové přehradě zejména s cílem posouzení její únosnosti a stability uvažující seismické zatížení uvedené v současných normativních požadavcích v Bulharsku. Na základě získaných průzkumů byla nedávno navržena odpovídající řešení.

Modelovým řešením se při uvažování parametrů seismického buzení jasně ukázalo, že navržené řešení splní svůj účel pro dvě specificky definované intenzity zemětřesení.

*Příčný řez stávající hráze**Příčný řez zesílené hráze**Namáhání v tlaku stávající hráze**Namáhání v tlaku zesílené hráze*

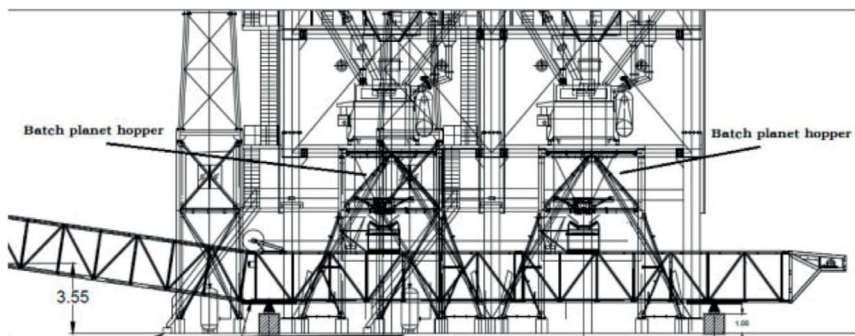
R. 27 Autorský kolektiv (China)**Případová studie efektivní aplikace inovativního řízení při výstavbě RCC přehrady Kafue Gorge – hydroenergetický projekt**

Čínské podniky s přístupem na africký trh, zejména ty, spojené s infrastrukturou a inženýrskými stavbami, trpí nedostatečnou úrovní kvalifikace pracovní síly v zemích jejich působení, což omezuje plnění úkolů a další rozvoj těchto podniků. Tento dokument popisuje RCC přehradu a projekt zambijské vodní elektrárny o výkonu 750 MW ve výstavbě a

Tento příspěvek popisuje přístup velkého čínského státního strojírenského podniku jako ukázkou studie řízení a přijatých opatření podnikem ke zvýšení docházky, eliminace komunikační překážky, upgradu úrovně řízení a zlepšení dovedností Zambijských zaměstnanců. S těmito inovativními opatřeními pro správu a řízení se v úvodu zmíněná omezení v podstatě eliminují a postup výstavby je tak garantován.

R. 28 Autorský kolektiv (China)**Použití zařízení pásového dopravníku ROTEC v Kafue Gorge dolní**

Zařízení pásového dopravníku Rotec má tyto vlastnosti: jednoduchá a pohodlná obsluha, dobrá přizpůsobivost terénu, nepřetržitý provoz, vysoká účinnost, nízké náklady a lze jej používat po celý rok. Rychlost pásového dopravníku je velká, což může účinně snížit nárůst teploty betonu a zvýšit rychlost ukládání betonu do hráze. Pásový plnicí stroj se použil v projektu dolní soutěsky Kafue Gorge. Rychlost pásu je 3,6 m/s, maximální kapacita dopravy betonu je 300 m³/h, pásový vazník má celkovou délku 1559 m, maximální délka jednotlivé sekce je 582 m a má 8 hlavových sekcí. Nejdelsí rozpětí části dopravníku na šikmém svahu je 57 m a nejstrmější sklon je 27° (maximální úhel mezi dopravníkem a vodorovnou rovinou). Rozdíl výšek břehového dopravníku je až 100 m. Při příliš pomalé rychlosti posuvu pásového dopravníku se upravuje rychlost podávání betonu v dávkovači. Problém s nedostatečnou kvalitou elektrické sítě se vyřešil zvětšením generátoru. Současně bylo vylepšeno uspořádání systému dopravníkových pásů Rotec, aby bylo zajištěno i běžné ukládání betonu do tělesa hráze pomocí sklápěcí kamionové techniky při velké poruše dopravníku Rotec.



Uspořádání dávkovače betonu

R. 29 LIU, Y., ZHOU, Q., GAO, Y., JIN, J. (China)**Aplikace technických inovací RCC přehrady v Kafue Gorge dolní – vodní elektrárna**

Pro RCC přehradu dolní pro vodní elektrárnu Kafue Gorge v Zambii je použit RCC plného průřezu s maximálním průměrem kameniva 63 mm. Návodní segment s nepropustnou zónou, který má být tvořen s RCC s maximálním průměrem kameniva 37,5 mm, byl zrušen. Byl zaveden systém pásové dopravy Rotec a kapacita byla zajištěna míchacím a dávkovacím zařízením tak, aby bylo dosaženo rychlé výstavby RCC přehrady. Dále se využil systém cementové zálivky aplikované v mezivrstvách RCC, čímž se zvýšila pevnost spoje ve smyku a nepropustnost mezi vrstvami splnila požadavky návrhu. Nepropustný GEVR se používá ke zlepšení pevnosti spoje mezi vrstvami a zajištění nepropustnosti. Popílek, kamenný prášek a vysoká účinná naftalenová voda (redukční činidlo) se mísí s RCC tak, aby se snížila jednotková spotřeba cementu a snížil se tak enormní nárůst teploty betonu vlivem vznikajícího hydratačního tepla betonu, což pomáhá s regulací teploty a prevencí trhlin v betonu. Není tedy potřeba navrhovat chlazení pomocí systému potrubí a stavba je tak i ekonomičtější.

R. 30 LIU, Y., ZHOU, Q., NING, S., JIN, J. (China)**Úspěšná aplikace technologie lepení mezivrstev RCC s povrchem dlouho vystaveným suchu a vysoké teplotě**

Tento příspěvek vychází z projektu Kafue Gorge dolní – vodní elektrárna v Zambii. Pro stavbu přehradu RCC provedl zhotovitel komplexní studie o vlivu kvality spojování jednotlivých vrstev RCC směsí. Příspěvek zahrnuje:

- 1) Typ spoje posuzovaný podle „Modifikovaného faktoru zralosti“ (MMF) s povrchem spoje dlouhodobě exponovaným na suchu a vysoké teplotě;
- 2) Technická opatření kontroly kvality spojování/lepení vrstev za podmínek dlouhodobě vystaveného povrchu spoje;
- 3) Vliv smykové pevnosti a nepropustnosti spojů, pokud by ztuhlá vrstva RCC byla ve stavu plasticity a elasticity;
- 4) Řemeslné provedení spojů. Úspěchy a zkušenosti projektu mohou být obecně použitelné.

R. 31 ZHOU, Z., ZHANG, J., XUE, L., CAI, D., LIU, Z. (China)**Hodnocení bezpečnosti klenbové přehrady Jinping I s ohledem na deformace opěry v levém svahu**

305 m vysoká betonová přehrada Jinping I s dvojitým zakřivením se řadí mezi nejvyšší na světě. Od října 2013 dosáhla šestkrát normální hladinu vody v nádrži. Na základě dat z monitorování a analýzy pomocí 3D nelineárního visko-elasticko-plastického reologického modelu se v článku představuje předpověď a hodnocení dlouhodobé deformace (změny sklonu) levé opěry a jejího účinku na bezpečnost klenbové hráze, jakož i celkovou analýzu stability klenbových hrází a základů a poskytuje reference pro budoucí praktiky.

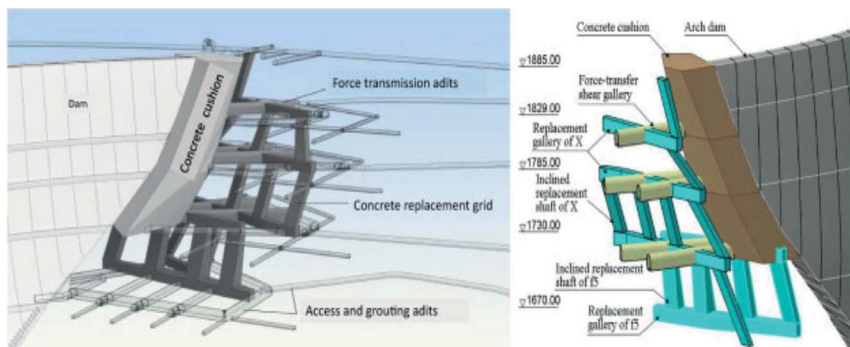


Klenbová přehrada Jinping I

R. 32 LIJUN, X., SHAOHUI, D., YONGGANG, Z., RUI, W., MANBIN, S. (China)

Úprava základové spáry klenbové přehrady Jinping I

305 m vysoká klenbová přehrada Jinping-I je nejvyšší klenbová přehrada na světě. Nachází se ve složitě tektonické oblasti v jihozápadní Číně, geologické poměry jsou nejkomplicovanější mezi extrémně vysokými klenbovými přehradami. Přehradní profil se vyznačuje hlubokým kaňonem s vysokými a strmými svahy, s vysokým lokálním napětím a vysokým spádem. V místě přehrady jsou dobře vyvinuté zlomy a zvětralá hornina, lamprofyrové příkopky, do hloubky zasypané trhliny a intenzivně namáhané zóny v levé podpěře. To vedlo k 10-13násobnému rozdílu mezi deformačním modulem obou břehů, což bylo velkou výzvou pro návrh přehrady. Komplexní úprava základů včetně betonového podkladu o výšce 155 m a objemu 560 000 m³, 5 úrovní injekčních štol, 720 000 m zpevňující injektáže, 3 vrstvy protismykové štoly a systematické betonové náhrady poruchové zóny a lamprofyrových příkopů o objemu 146 000 m³ zajistily, aby byla úspěšně postavena a provozována nejvyšší klenbová přehrada.



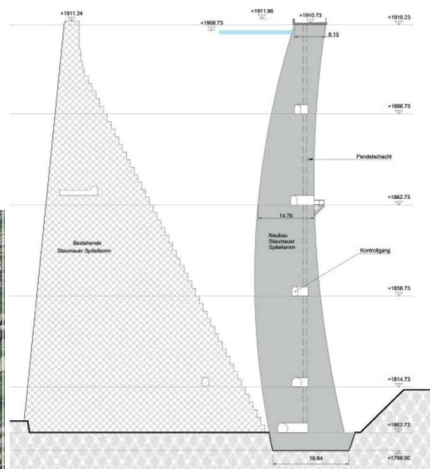
Znárodnění úpravy základů v horní části levé opěry přehrady Jinping I

R. 33 BALISSAT, M., FILLIEZ, J., FANKHAUSER, A. (Switzerland)**Vyřazení klenbové přehrady z provozu a opatření pro její náhradu klenbovou přehradou s dvojitým zakřivením**

110 m vysoká klenbová přehrada s tízným účinkem Spitallamm postavená na počátku 30. let 20. století byla svého času jedna z nejvyšších betonových přehrad v Evropě. Masivně zakřivená konstrukce byla postavena v jednotlivých blocích oddělených spárami, aby se umožnilo rozptýlení dopadů hydratačního tepla vzniklého při tuhnutí betonu. Použití žlabů pro přivádění betonu do místa ukládání vedla k použití velmi tekuté směsi s vysokým obsahem vody. Po patnácti letech provozu vzdušní líc hráze vykazoval poškození betonu mrazovými cykly a na návodním líci hráze se ukázalo několik netěsných míst. Provedená injektáž vyřešila problémy jen částečně. O deset let později prudké zvýšení průsaků stavební spárou 12 m pod korunu hráze vedlo k dalším hydroizolačním opatřením na návodním líci hráze. Byla instalována další měření a ukázalo se, že horní prstenec přehrady se pohyboval nezávisle na zbývající konstrukci. Proti opravnému projektu, který zahrnoval odstranění kritických přehradních zón, vznesly námitky skupiny ochránců přírody a nebylo možné jej prosadit. Neobvyklý stav přehrady vedl nakonec k rozhodnutí postavit novou přehradu s dvojitým zakřivením jako hlavní opěrnou stavbu bezprostředně po proudu pod přehradou stávající. K realizaci tohoto úkolu bylo nutné přijmout zvláštní opatření.



Přehrada Spitallamm na řece Aare



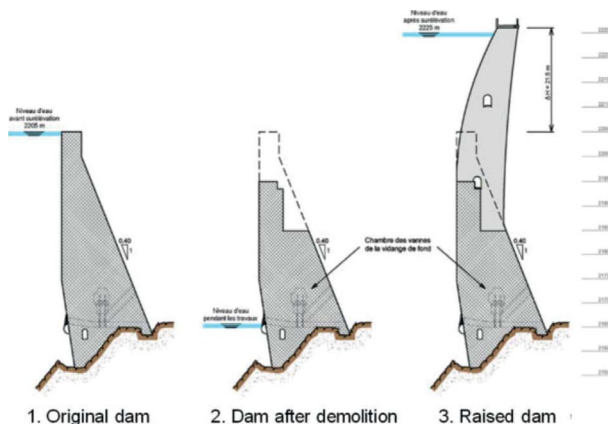
Typický příčný řez novou přehradou částí levé opěry přehrady Jinping I

R. 34 LEITE RIBEIRO, M., VALLOTTON, O., WOHNLICH, A. (Switzerland)**Dva nedávné případy zvýšení klenbové přehrady, poučení a inovace**

V posledním desetiletí měli autoři jedinečnou příležitost navrhnout stavbu dvou obloukových přehrad ve dvou různých zemích se zcela odlišnými souvislostmi a již existujícími podmínkami. Jednou je přehrada Vieux Emosson ve švýcarských Alpách, vysoká 55 m (před navýšením), která byla postavena na počátku 50. let, druhou je oblouková přehrada Cambambe v Angole, vysoká 72 m, postavená na počátku 60. let 20. století. Obě byly v letech 2010 až 2020 navýšeny

přibližně o 25 m. Překážek, které je třeba překonat, aby bylo možné navýšit klenbovou přehradu, je mnoho. Některé jsou pro obě přehrady podobné, některé jsou naopak odlišné. Článek přináší zajímavá srovnání a poznatky o technických detailech, které bylo třeba vyřešit, jako je definice styčné plochy mezi starou původní hrází a novým betonem, definování geometrického tvaru dvojitého zakřivení a řízení průtoku během navýšování hráze.

Dokument sdílí ponaučení z obou případů a poskytuje doporučení ohledně kritických návrhových a konstrukčních problémů, které je třeba řešit, aby bylo možné úspěšně dokončit tak náročný projekt, jakým je navýšení klenbové přehrady.



Koncept příčného řezu navýšení přehrady Emission

R. 36 DROZ, P., Wohnlich, A. (Switzerland)

Bezpečnost přehrady po dobu její životnosti

Bezpečnost přehrad není pouhým pojmem, který se má aplikovat pouze ve fázi projektování přehrad. Samozřejmě, během takové počáteční fáze je bezpečnost jedním z klíčových prvků, který je třeba vzít v úvahu. Mnoho zemí vyvinulo obecný regulační rámec, většinou založený na doporučeních Mezinárodní komise pro velké přehrady (ICOLD), přizpůsobený místním specifickým podmínkám a zkušenostem.

Péče o bezpečnost přehrady nekončí na konci stavby a po prvním napuštění nádrže, i když první napuštění nádrže je jednou z nejdůležitějších fází pro dlouhodobou bezpečnost. Průběžné hodnocení bezpečnostních parametrů přehrady je pak zásadní pro zajištění bezpečnosti po celou dobu životnosti přehrady.

Dohled a pravidelné testování bezpečnostních zařízení jsou nanejvýš důležité.

Vzhledem k tomu, že každá přehrada je jedinečná, musí být během návrhu vyvinut specifický návrh monitoringu a později efektivně přizpůsoben chování přehrady a jejím zvláštnostem.

V průběhu let se u přehrady mohou vyvinout vadné projevy, které mohou ohrozit její bezpečnost. Proto je třeba upravit postupy dohledu, pokud jde o přístrojové vybavení a četnost měření. Pouze pravidelné hodnocení bezpečnosti přehrady může takový vývoj odhalit dříve, než se situace zhorší a vytkne kontrolu.

Jsou uvedeny nedávné příklady vývoje účinků reakce alkalického kameniva v betonových přehradách, které ukazují, jak byl monitorovací systém přizpůsoben měnícím se podmínkám přehrad. Přizpůsobení je také nutné, pokud se provádějí rekonstrukce.

Velké úpravy konstrukce hráze, jako je například zpevnění nebo zvýšení, vyžadují rozvoj monitorovacího systému.

Další aspekty ovlivňující vývoj bezpečnosti hráze po celou dobu její životnosti jsou řešeny na základě řady typických příkladů: změna klimatu, geologické problémy, technologický vývoj, vývoj normativních podmínek, eroze a vyplavování atd.

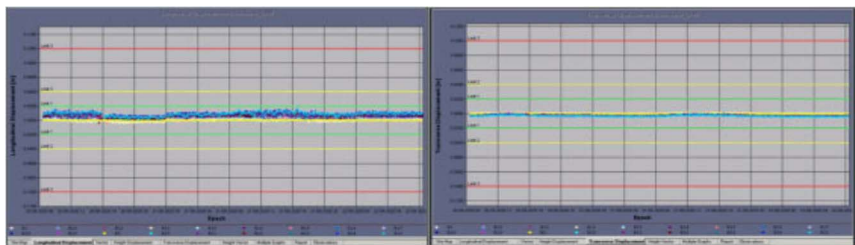


Porucha skluzu přehrady Oroville; zpětná eroze pod nouzovým přelivem

R. 38 PRASETIO, A., MUIS, A. (Indonesia)

Monitorování betonové přehrady po zemětřesení

Území Indonéské republiky se nachází na křížení 2 hlavních zemětřesných pářů, a to zemětřesné linie Circum Pacific a linie v Transasiatských Alpách. Samotné Sorowako je oblast náchylná k zemětřesením kvůli přítomnosti zlomu Matano a zlomu Palu koro, které mohou mít fatální dopad stavební konstrukce v okolí. Poslední zemětřesení bylo poměrně silné, 21. září 2020 v 18:26:32 o síle 4,9 SR WITA se středem zemětřesení 5 km jihovýchodně od East Luwu s hloubkou 10 km a vzdáleností od epicentra k přehradám Balambano a Karebbe 4 km. Aby se minimalizovalo riziko havárie přehrad, je nutné intenzivní monitorování prostřednictvím sběru dat a jejich vizualizace a v reálném čase. Z výsledků měření je vidět, že data a vizuální informace jsou získávány komplexně v reálném čase, což lze odvodit vědecky i manuálním měřením. Rychlá reakce po zemětřesení může být okamžitě sledována, pokud jsou zjištěny abnormální projevy.

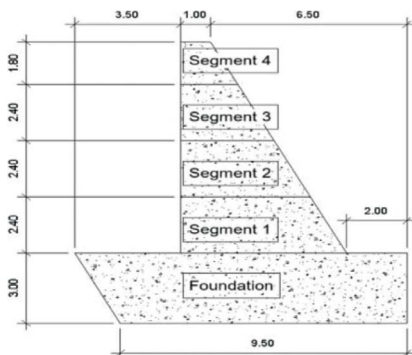


Podélné (vlevo) a příčné (vpravo) pohyby

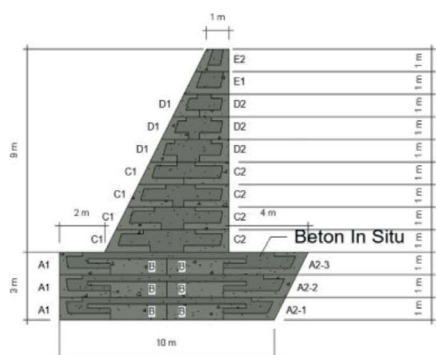
R. 39 SIDIK, A., VIRATAMA, D. I., MONICA, S. (Indonesia)**Aplikace modulového prefabrikovaného betonového systému na boční zavazující opěrné zdi**

Stavební sektor se rychle rozvíjí spolu s technologickým vývojem při hledání inovací na podporu realizace stavebních prací, od kterých se očekává, že budou schopny zjednodušit a urychlit práci a zvýšit efektivitu při provádění stavebních prací, jak fyzických, tak administrativních.

Stavebnicový betonový systém je inovací a improvizací vycházejících z konvenčních betonových systémů, které byly dosud široce používány. Stávající konvenční systémy mají několik nedostatků, včetně delších pracovních časů a kvalitativních výsledků, které nemusí nutně odpovídat projektové dokumentaci. Existence betonových modulových systémů nebo betonových prefabrikátů je formou řešení, jak tyto problémy překonat. Může zkrátit pracovní dobu a zaručuje kvalitu, protože se vyrábí a vytváří přímo v dávkovači nebo betonárně. Tento betonový modulový systém bude aplikován na stavbu boční zavazující opěrné zdi. S pečlivým plánováním a dalšími úvahami lze doufat, že tato práce může být provedena efektivněji a může být dokončena v kratším čase a v souladu s navrhovanou kvalitou, aby mohla poskytnout výhody poskytovatelům a uživatelům služeb.



Příčný řez betonové úhlové zdi



Příčný řez modulové segmentace

R. 40 DEROO, L., FROSSARD, E., LEMPERIERE, E. (France)**RCC-R & R-RCC: Hybridní RCC – RIPRAP (rockfillové) přehrady – zásady a podmínky užití**

Přehrady RCC a CFRD jsou dnes velmi důležitou součástí nové výstavby. Výhodou přehrad RCC je, že mají tuhou konstrukci, která odolá přelití i během výstavby. CFRD mají tu výhodu, že je lze instalovat na středně kvalitní základy a jsou v podstatě vyrobeny z materiálu – rockfillu – což je často velmi ekonomické.

Tato zpráva představuje princip hybridních přehrad kombinujících RCC a rockfill.

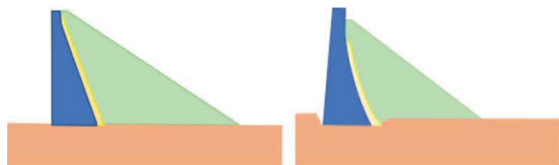
Zvažují se dvě možnosti, jedna s RCC na návodní straně (RCC-R) a druhá s RCC na vzdušné (R-RCC) i návodní straně. Zpráva ukazuje, že to vede k zajímavým výsledkům: úsporám nákladů, zvýšené bezpečnosti a lepší přizpůsobivosti místním podmínkám (základ, materiály).

S průměrnými předpoklady uvažovanými v tomto dokumentu jsou konstrukce RCC-R a R-RCC o 10 až 20 % ekonomičtější než tradiční přehrady RCC a CFR. Navíc jsou také lepší z hlediska uhlíkové bilance (ale méně dobré než přehrada CFRD z hlediska spotřeby písku). Tyto závěry vycházejí samozřejmě pouze z průměrů, protože přesnější srovnání závisí na topografických, geologických a hydrologických podmínkách každé lokality a parametřů přehrady.

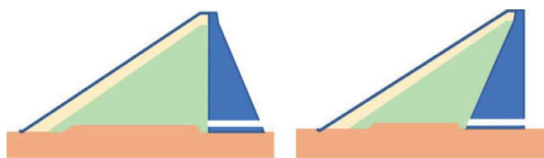
Bezpečnost těchto konstrukcí je velmi dobrá, a to ze dvou základních důvodů. Prvním důvodem je, že hybridní konstrukce značně snižuje napětí v základové spáře: úhel tření mobilizovaný pod RCC je řádově 20° s hodnocenou geometrií. Druhým důvodem je, že bezpečnost v extrémních povodňových podmínkách, v provozu nebo během výstavby, je zlepšena ve srovnání s CFRD (který není příliš odolný proti ponoření – přelití) a s přehradami RCC (jejichž konečná rezerva stability může být vyčerpána vznikem trhlin v návodní patě).

Přehrady R-RCC a RCC-R lze navrhovat v mnoha lokalitách, včetně těch se špatným skalním podložím. Z těchto dvou přístupů je jistě nejslibnější varianta RCC-R.

Zdá se, že jsou dobře přizpůsobené v následujících případech. Konstrukce RCC-R je velmi ekonomicky efektivní, zejména v projektech s velkou délkou korunou hráze. Konstrukce R-RCC může být zajímavá v místech, kde je žádoucí instalovat přeliv na přehradu (poměrně úzké údolí nebo vysoké povodňové průtoky), ale skalní podloží má špatnou nebo nejistou kvalitu a není vhodné pro možnost aplikace RCC. Oba hybridní návrhy by měly být systematicky prověřovány v případech řek s velkými povodněmi s rychlým nárůstem průtoků – například v případech retenčních přehrad.



Příčný řez RCC-R přehrady



Příčný řez R-RCC přehrady

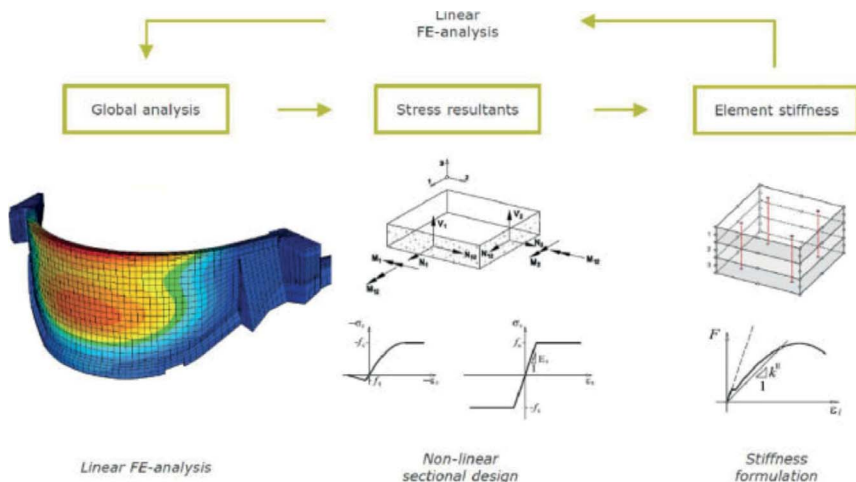
R. 42 BJØNNESS, S., RAKSTAD, N., KRATHE, V., KONOW, T., OLSEN, O. (Nor.)

Kalibrace FE-modelu s naměřeným chováním stávající betonové klenbové přehrady

Tato zpráva popisuje obecný proces spojený s použitím dat z přístrojového vybavení za účelem ověření kapacity stávající betonové klenbové hráze. Data z instrumentace se používají jako základ pro definici zatížení a jako kalibrace či verifikace globálního modelu konečných prvků. Při posuzování kapacity klenbových přehrad je velmi významné teplotní zatížení. Přístrojové vybavení přehrad se ukazuje jako zásadní vstup k vytvoření FE-modelu, který simuluje skutečné chování konstrukce. K získání realistického modelu je nutná nelineární analýza. V tomto článku bylo ukázáno, že je možné vytvářet delší časové řady z krátkých časových řad

pomocí fyzikálních i výpočetních metod používajících měření přístrojové techniky. Často je obtížné zdokumentovat bezpečnost starých konstrukcí, a tím prokázat, že splňují dnešní bezpečnostní standardy.

Lepší znalost chování konstrukce na základě přístrojového vybavení a odpovídající kalibrace konstrukčního modelu pak může být jedinou alternativou jak prokázat, že konstrukce splňuje současné konstrukční a bezpečnostní požadavky.



Přehled globální nelineární analýzy v ShellDesignu

R. 43 Y.K. CHAUBEY, Y. K., CHOWDHURY, S., BHORIA, M. (India)

Navýšení betonové přehrady Dhanikhari

Projekt zaměřený na zmírnění nedostatku pitné vody v oblasti Jižního Andamanu na ostrově Andaman a Nicobar Island (Indie) zvýšil stávající zásobní objem Dhanikhari o 3,23 mil. m³ zvýšením přehrady o 5 metrů.

Stávající 132 m dlouhá přehrada přes Dhanikhari nallah ve výšce 62,5 m n. m. se skládala z osmi klasických a dvou přelivných bloků v centrální části o výšce ± 32 m nad nejhlubším základem. Celkový zásobní prostor činil 4,61 mil. m³. Celá potřeba na zásobování vodou Port Blair je pokryta z této nádrže.

Detailní studie pro zvětšení stávajícího zásobního objemu nádrže Dhanikhari zahrnovala vyhodnocení navýšení hráze dvěma variantami, a to variantou s předpjatými kotvami a přibetonováním. Varianta přibetonování byla přijata kvůli její technologické a ekonomické výhodnosti. V této variantě bylo řešeno několik problémů, jako je vliv trvalé zabudovaného napětí v novém betonu, vliv smršťování v novém betonu na starý beton, omezující účinek starého betonu na nový beton, spojení mezi starým a novým betonem, zvýšení kapacity přelivu a seismické úpravy.

Při navýšování hráze došlo k částečné demolici stávající přelivové části za účelem vybudování nového přelivu se zvýšenou kapacitou přelivu 225 m³/s. Navýšení hráze bylo dokončeno v prosinci 2014.



Spodní přelivy hrazené segmenty – z dolní vody

R. 45 BANSAL, S. P., SEHGAL, R., RAMAN, R., SINGH, S. (India)

Hydraulický návrh přehrady na himálajské balvanité řece (Tons) s vodní elektrárnou SJVN's Naitvar Mori HEP (60 MW)

Většina rozvoje vodní energie v Indii probíhá výstavbou velkých přehrad a hrází na řekách pocházejících z Himaláji v severních a severovýchodních státech země. Před přechodem do aluviálních plání jsou hlavní himálajské řeky napájeny velkým počtem přítoků. Tyto přítoky mají strmý sklon, balvanité dno a hluboké propustné vrstvy v horním toku. V indickém kontextu je přehrada bariérou s nízkou korunou opatřenou řadou uzávěrů po celé své délce určenou k manipulaci s vodou a ovlivňuje vodní tok proti proudu. Může, ale nemusí mít vyvýšený práh. V současné době se stávající pokyny poskytnuté Bureau of Indian Standards pro plánování a navrhování hrází nevztahují na stavby v balvanitých dominantních vodních tocích. Naitvar Mori Hydroelectric Project (60 MW) je jedním z takových 15 projektů vodních elektráren společnosti SJVN v různých fázích přípravy, výstavby a provozu v rozsahu 44–1500 MW. Tento projekt (NMHEP) se nachází na horním toku řeky Tons, přítoku řeky Yamuna v himálajské oblasti Indie. Projekt počítá s konstrukcí typu „Barrage“ pro odvedení vody pro výrobu elektřiny. Projekt je v pokročilé fázi výstavby a tento dokument ukazuje aspekty hydraulického návrhu, které byly použity při navrhování hráze.

Otázka 105: Poruchy a havárie týkající se přehrad

Zpracovatelé výběru příspěvků:

Ing. Jiří Hodák, Ph.D. (VODNÍ DÍLA - TBD a.s.)
Ing. Dalibor Kratochvíl (Povodí Odry, státní podnik)

Otázka 105 byla rozdělena do 4 podtémat:

1. Nejnovější poznatky z poruch a havárií týkajících se přehrad v průběhu životního cyklu, včetně výstavby.
2. Vyhodnocení průtoků a povodní, odhad a kvantifikace následků, včetně sociálních, ekonomických a environmentálních aspektů, v případě poruchy nebo havárie.
3. Havarijní plánování: regulace, organizace, informování obyvatelstva a příklady realizace.
4. Řízení bezpečnosti: vymezení odpovědnosti, pravidelné revize, testy provádění, organizace implementace získaných zkušeností.

Generálním zpravodajem této otázky byl pan Michel Poupart (Francie).

V této otázce bylo publikováno 51 příspěvků shrnutých v generální zprávě:

R. 1 GEORGES R. DARBRE, PATRICE DROZ, BOUATHEP MALAYKHAM, HOUMPHANH VONGPHACHANH, SYCHATH BOUTSAKITIRATH (*Laos*) Institutional organization for dam safety in Lao PDR.

R. 2 MATTEO SCOLARI, DANIELE GUALCO, LUCA BURASCHI, (*Italy*) Badana dam (*Italy*) retrofitting after structural damage.

R. 3 MARIA CRISTINA BRAMATI, FEDERICA DEL GIZZI, FRANCESCO DOLCEAMORE (*Italy*) The Italian emergency planning for large dams in case of seismic and flooding hazard.

R. 4 BART VONK, WOUT DE VRIES, ERIC VAN KUIJK, MARCEL BOTTEMA, LUDOLPH WENTHOLT, ERIC HUIJSKES (*Netherlands*) Towards an international handbook for emergency response to flood risk.

R. 5 RODOLFO DALMATI, AILÍN PERTIERRA, JUAN FACUNDO SOUTO, IGNACIO ESCUDER-BUENO, ADRIÁN MORALES-TORRES, DANIEL CERVERA-MIQUEL, CARINA R. CABALLERO (*Argentina*) Risk assessment to inform of the decision-making process on rehabilitations in Río Hondo dam (*Argentina*).

R. 6 PAULO CASTRO, JOSÉ ROCHA AFONSO (*Portugal*) Emergency planning in Portuguese dams.

R. 7 TOMÁŠ IČ, ROMAN IVANČO, BRANISLAV LIPTÁK, MARIÁN MIŠČÍK, EUBOMÍR UHORŠČÁK (*Slovakia*) The repair of bottom outlet closing facility at the Palmanská Maša and Hriňová dams.

R. 8 MANUEL IGNACIO SABAT, LARS ØDEGÅRD (*Norway*) Flooding incident in the Tinguiririca valley, Chile in 2017.

R. 9 WILLIAM F. FOOS, ENRIQUE E. MATHEU, DEAN DURKEE, MICHELLE YEZIERSKI (*USA*) Dam resiliency is more than just dam safety.

R. 10 WESLEY CROSBY, KURT BUCHANAN, ALEXANDRA UBBEN (*USA*) U.S. Army Corps of Engineers modeling, mapping, & consequence production center processes for dam breach analysis.

R. 11 DEAN B. DURKEE, DOUGLAS D. BOYER, (*USA*) A review of recent dam failures in the U.S. and the anticipated impact of implementation of risk-informed decision making.

R. 12 LEE MAUNEY, MARK BAKER, IRFAN A. ALVI, NATHANIEL GEE, GREGORY RICHARDS, DUSTY MYERS, MARK OGDEN (*USA*) A decade of learning from our past and preparing for our future: the ASDSO dam failures and incidents committee.

R. 13 EDWARD STOWASSER, MICHAEL KOON, WHITNEY SORRELS (*USA*) Rapid inundation mapping.

R. 14 LJUPCHO PETKOVSKI, STEVCHO MITOVSKI (*Macedonia*) Contribution on restoration of tailings dams damaged at initial period of construction.

R. 15 RODNEY BRIDLE (*UK*) Liquefaction and dam safety – lessons from events at Empingham, Feijao and Fundao.

R. 16 A. L. WARREN, P. J. MASON (*UK*) Before and after the Toddbrook disaster – a review of UK reservoir incident management.

R. 17 RÉMY TOURMENT, THIBAUT MALLET, SÉBASTIEN PATOUILLARD, AKIM SALMI (*France*) Accidentologie des digues fluviales de Loire, du delta du Rhône et de l'Agly, et leçons tirées.

R. 18 THOMAS LAURENT, QUENTIN BERCHER, THIERRY VINCENT (*France*) Gestion des crues et instabilités de pentes pendant la construction de barrages : problématiques d'anticipation et de reconnaissances préliminaires.

R. 19 THOMAS VIARD, JEAN ROBERT COURIVAUD, FRÉDÉRIC LAUGIER, BENOIT BLANCHER, JEAN JACQUES FRY, PIERRE SQUILLARI (*France*) Évaluation de l'onde de submersion en cas de rupture des ouvrages en remblai partie I : pratiques de l'ingénierie française pour les ruptures de barrages.

R. 20 JEAN ROBERT COURIVAUD, LAURENT DEL GATTO, ANDRÉ PAQUIER, GUILLAUME VEYLON, PIERRE PHILIPPE, ANTHONY MOUYEAUX, SYLVIE NICAISE, CATHERINE FOUCHIER, CLAUDIO CARVAJAL, LAURENT PEYRAS, RÉMI BEGUIN, LAURENCE DUCHESNE, CHRISTOPHE PICAULT, JEAN-JACQUES FRY (*France*) Évaluation de l'onde de submersion en cas de rupture des ouvrages en remblai partie II: R&D concernant la rupture par surverse ou érosion interne des barrages en remblai et levées.

R. 21 LAURENT PEYRAS ET PATRICK DIVOUX, FRÉDÉRIC LAUGIER, THIERRY GUILLOTEAU, MARIE CUBAYNES, MÉLANIE TRON, THOMAS ADELIN, MICHEL POUPART, CATHERINE CASTEIGTS, BENJAMIN DELARUELLE, JEAN-CHARLES PALACIOS, GLADYS PAVADAY, GUIREC PREVOT, AGNES VALLEE, THIBAUT BALOUIN, ERIC VUILLERMET (*France*) Évaluation de la sûreté des barrages en France: retour d'expérience et développement méthodologique.

R. 22 LAURENT BESSADI, FRÉDÉRIC LAUGIER, YANN TARAVEL (*France*) Gestion de la sécurité des barrages – illustration chez deux opérateurs français.

- R. 23 M. ACHARYA, C. RICHARD DONNELLY, PRZEMYSŁAW A. ZIELINSKI (*Canada*) Evolution of dam safety and emergency management practice for transboundary dams – a global perspective with a Nepalese context.
- R. 24 ANNICK BIGRAS, ERIC PÉLOQUIN, SIMON-NICOLAS ROTH, ÉRIC MAINVILLE, MATHIEU ROY (*Canada*) Chute-Bell dam emergency measures and remedial works.
- R. 25 C. RICHARD DONNELLY, ERIC TIEDJE, ING. JESÚS ARANGO, DANIEL FLORES (*Canada*) Assessing the safety of the Ituango cement-bentonite cutoff wall.
- R. 26 JEAN-PIERRE TOURNIER, AHMED F. CHRAIBI, ANTON J. SCHLEISS (*Canada*) Lessons learnt from the Saddle dam d failure of Xe-Pian Xe-Namnoy project in Laos PDR.
- R. 27 G. SNYDER & REGIS BOUCHARD, A. RATTUE, S. O'BRIEN (*Canada*) Muskrat falls project, repairing the upstream cofferdam.
- R. 28 VIOLETA MARTIN, DANIEL ADRIA, HELEMANWONG (*Canada*) Inundation modelling of non-Newtonian tailings dam breach outflows.
- R. 29 D. J. HAGEN, LOUIS C. HATTINGH (*South Africa*) Incidents and failures of small earthfill dams in South Africa: lessons learned.
- R. 30 HENRIETTE ANDERSON, PHILIP NICE, LOUIS C. HATTINGH (*South Africa*) Middle lake dam spillway safety incident and lessons learnt.
- R. 31 ANIBAL MAITA, DR EDUARDO MARTINS BRETAS (*Peru*) Malpaso dam incident and post-event actions.
- R. 32 A.F. CHRAIBI, A. NOMBRE, S. RIHI (*Morocco*) Rehabilitation of the operating Comoe dam lateritic foundation.
- R. 33 XU ZEPING (*China*) Lessons learnt from the failure cases on seepage control of CFRD.
- R. 34 YANG JUN, YANYI (*China*) A study on the communication history of the Three Gorges project.
- R. 35 ROGER BREMEN (*Switzerland*) Consequences on the design practice of worldwide dam accidents.
- R. 36 JONATHAN FAURIEL, ALEXANDRA BECKSTEIN, OLIVIER FOURNIER, NICOLAS ADAM (*Switzerland*) Emergency planning: lessons learned regarding relementation, organisation and implementation in Switzerland.
- R. 37 ALEXANDRA BECKSTEIN, BETTINA GEISSELER, BURKHARD RÜDISSE (*Switzerland*) Emergency planning and dam failure management: state of practice in Switzerland, Austria and Germany.
- R. 38 PATRICE DROZ, GEORGES R. DARBRE, BOUATHEP MALAYKHAM (*Switzerland*) Emergency dam safety inspections in Lao PDR.
- R. 39 ANISSA MAYANGSARI, YAYUK WIJAYA, DUKI MALINDO (*Indonesia*) Learning from incident during construction: cofferdam collapse at Karalloe dam, Indonesia.
- R. 40 ANTO HENRIANTO, ESTI WULANDARI (*Indonesia*) A quantitative approach to the reliability of the dam early warning system, against the risk of loss of life in people at risk (PAR) facing dam collapse disaster.
- R. 41 ANANG MUCHLIS, SONNY B.W, CECEP M.M, NAJLAWATI L (*Indonesia*) Analysis of spillway position on the Cibee dam construction from soil geological aspects.

R. 42 ALTAN ABDULAMIT, DAN STEMATIU (*Romania*) Dams and dikes safety management in Romania; past, present and perspective.

R. 43 MAGELA, GERALDO PEREIRA (*Brazil*) Cases of rupture of dams and lessons.

R. 44 RICARDO ABRAHÃO, ALEX, CALCINA (*Brazil*) Three practical examples of rigid inclusions in concrete dam foundation.

R. 45 FJÓLA GUÐRÚN SIGTRYGGSDÓTTIR (*Norway*) Planning and design of temporary cofferdams – the case of a cofferdam failure in Bergen, Norway.

R. 46 MAYARI BERNARD-GARCIA, TEW-FIK MAHDI (*Canada*) A worldwide database of dam failure case studies.

R. 47 WANNY K. ADIDARMA, ANISSA MAYANGSARI, OKY SUBRATA (*Indonesia*)

Flood design evaluation at Batutegei dam, Indonesia.

R. 48 XINWANG, YUANJIANWANG, ENHUI JIANG, XIANG LI (*China*) Game analysis of water and sediment allocation between cascade reservoirs and lower channel.

R. 49 QIANGWANG, ENHUI JIANG, YUANJIANWANG, LIKE LI (*China*) Sedimentation problems and management strategies of Liujiaxia reservoir, Yellow river, China.

R. 50 A. NOMBRE, F. MILLOGO & M. KABORÉ (*Burkina Faso*) Conséquences (économiques) des ruptures des petits barrages au Burkina Faso : études de cas.

R. 51 A. K. SINGH, SUNIL J. GANVIR (*India*) Change in methodology in construction of plastic concrete cut-off wall adapted in Kishanganga He project.

R. 1 DARBRE, G. R., DROZ R., MALAYKHAM, B., VONGPHACHANH, H., BOUTSAKITIRATH, S. (Laos)**Institucionální organizace pro bezpečnost přehrad v Laosu**

Autory příspěvku byl proveden rozsáhlý přezkum institucionální organizace v rámci oblasti bezpečnosti přehrad v Laosu. Výsledky byly poté porovnány s mezinárodní praxí. To zahrnuje institucionální organizaci, legislativu a předpisy i budování kapacit a další rozvoj. Na základě zjištění, byla vytvořena doporučení, jak posílit institucionální organizaci bezpečnosti přehrad. Klíčovým prvkem je oddělení dohledu nad bezpečností přehrad od dohledu nad výrobou vodní energie, s tím související přizpůsobení organizačních a právních rámců, jakož i rozvoj vzdělávání a školení příslušného personálu.

Mezi doporučení patří:

- zřízení odboru pro bezpečnost přehrad v rámci ministerstva energetiky;
- zřízení Laoské národní komise pro bezpečnost přehrad;
- zřízení technického poradního panelu;
- vytvoření laoského sdružení pro přehrady;
- přijetí zákona o bezpečnosti přehrad;
- představení vzdělávacího modulu v oblasti bezpečnosti přehrad.

R. 2 SCOLARI, M., GUALCO, D., BURASCHI, L. (Italy)**Oprava přehrady Badana po jejím strukturálním poškození**

Přehrada Badana je zděná gravitační hráz s maximální výškou 56,25 m. Délka hráze v koruně se zakřiveným průběhem je 216 m, poloměr zakřivení je asi 200 m. Přehrada byla postavena v roce 1914 a v roce 2006 byla vystavena těžkému strukturálnímu poškození, které si vyžádalo přijetí naléhavých bezpečnostních opatření, včetně rychlého vyprázdnění nádrže.

Autoři tohoto příspěvku představují návrh stavebního zásahu navrženého k úplnému obnovení provozu vodního díla. Tento stavební zásah spočívá především v demolici poškozené části stávající hráze a následné rekonstrukci této části litým betonem.

Složitost analyzovaného problému vyžadovala podporu sofistikovaného modelu konečných prvků, schopného zohlednit jak tepelné, tak konstrukční hledisko a také vyhodnotit interakci mezi stávající zděnou hrází a novou částí hráze tvořenou litým betonem v průběhu celé fáze rekonstrukce hráze.

Podrobný návrh navrhovaného stavebního zásahu byl nakonec schválen Generálním ředitelstvím přehrad patřícím pod italské ministerstvo infrastruktury v roce 2017.

R. 3 BRAMATI, M. C., DEL GIZZI, F., DOLCEAMORE, F. (Italy)**Nouzové plánování pro velká vodní díla v případě seismického nebezpečí a povodně v Itálii**

Tento článek popisuje vývoj italských předpisů sloužících k ochraně a informování obyvatelstva před seismickým a povodňovým nebezpečím v oblastech kolem velkých přehrad. Dokument civilní ochrany představuje rámec pro definování konkrétního havarijního plánování pro obyvatelstvo žijící v oblastech směrem po proudu od velkých vodních děl.

Dne 8. července 2014 bylo vydáno nové nařízení Rady ministrů, které bylo implementováno do dokumentu civilní ochrany a organizace tohoto dokumentu byla změněna. Hlavní změnou je, že dokument obsahuje dvě části: jednu pro „riziko z přehrad“, která se zabývá účinkem zemětřesení nebo zvláštní povodně, a druhou pro „hydraulické riziko pro oblasti po proudu“, která se zabývá povodňovým nebezpečím v ohroženém území pod vodním dílem.

V dokumentu civilní ochrany jsou definovány orgány, které jsou zapojeny do informování obyvatelstva (tj. Generální ředitelství pro přehradu, provozovatelé a vlastníci vodních děl, místní úřady a prefektury). Dokument civilní ochrany rovněž stanoví funkční a procesní vazby mezi různými stranami zapojenými do přípravy, aktivace a provádění akcí zaměřených na zajištění bezpečnosti přehrad a omezení hydraulického rizika po proudu.

Tento článek také popisuje proces přípravy a schvalování dokumentů civilní ochrany vodní nádrže Campotosto, která představuje nejvýznamnější vodní dílo v Itálii, jak pro výrobu energie, tak jako vodní zdroj s 218 miliony m³ zásobního objemu.

R. 4 VONK, B., de VRIES, W., van KUIJK, E., BOTTEMA, M., WENTHOLT, L., HUIJSKES, E. (Netherlands)**Směr vedoucí k mezinárodní příručce pro nouzové zásahy v případě povodňového rizika**

Přehradu, hráze a další protipovodňové stavby jsou důležitými prvky řízení povodňových rizik. Vždy však existuje možnost, že taková ochrana selže, a to až s katastrofickým dopadem. Správci vodních děl vždy udělají vše, co je v jejich silách, aby zabránili selhání v případě bezprostředního ohrožení povodněmi, přičemž klíčovou roli v tom mohou hrát mimořádná opatření.

Výzvy spojené s těmito povodněmi mohou být tak velké, že vyžadují mezinárodní zapojení, buď proto, že oblast povodní přesahuje hranice států, nebo protože povodeň je tak katastrofální, že je zapotřebí zahraniční pomoc. V takových případech závisí účinná reakce na mimořádné události na provedení správných opatření a jejich odpovídajícímu provedení. Pro zajištění efektivního zvládnutí mimořádných událostí je zásadní, aby všichni zúčastnění mluvili „stejným jazykem“, co se týče reakce na mimořádné události a používali kompatibilní přístupy, techniky a podobné postupy pro jejich řešení.

Aby bylo možné toho dosáhnout, byla založena iniciativa k vytvoření Mezinárodní příručky pro nouzové reakce na riziko povodní. Poskytne osvědčené postupy, bude sdílet zkušenosti získané z nedávných povodní po celém světě a bude neocenitelným nástrojem, který pomůže vyškolit personál pro boj s povodněmi.

Tento kongresový dokument ICOLD nastiňuje plány a obsah takové Mezinárodní příručky pro reakci na mimořádné události povodňového rizika.

R. 5 DALMATI, R., PERTIERRA, A., SOUTO, J. F., ESCUDER-BUENO, I., MORALES-TORRES, A., CERVERA-MIQUEL, D., CABALLERO, C. R., (Argentina)**Posouzení rizik ke zlepšení rozhodovacího procesu o rekonstrukci přehrady Rio Hondo**

Přehrada Rio Hondo je strategickým vodním dílem v severozápadní části Argentiny, a to zejména proto, že zajišťuje zavlažování území o rozloze 270 000 hektarů. Při 50 letech provozu je jeho odolnost vůči seismickým vlivům zpochybňována kvůli ztekuceným zeminám, které se nachází v patě hráze. Povodeň v roce 2017 navíc zpochybnila kapacitu bezpečnostního přelivu společně s vývarem a navazujícím korytem řeky. Tento poslední incident podnítl zkoumání rizik za účelem definování možných opatření k jejich potenciálnímu snížení.

V této souvislosti tento článek představuje práci na analýze rizik, která byla provedena za účelem identifikace, hodnocení a vedení budoucích investic ke zlepšení bezpečnosti přehrady Rio Hondo, prostřednictvím kvalitativní a kvantitativní analýzy v souladu s plánem řízení rizik, který provedl ORSEP ve svých provozovaných přehradách.

R. 6 CASTRO, P., ROCHA AFONSO, J. (Portugal)**Nouzové plánování pro portugalské přehrady**

Implementace odpovídajícího nouzového havarijního plánování v kontextu bezpečnosti přehrad je nanejvýš důležitá, aby bylo možné se vypořádat s riziky spojenými s výstavbou a provozem přehradních konstrukcí a minimalizovat dopady plynoucí z možného incidentu nebo selhání přehrady v údolí dále po proudu pod příslušným vodním dílem.

Po roce 2007 věnovaly různé zainteresované strany v oblasti bezpečnosti přehrad zvýšenou pozornost potřebě připravit, aktualizovat a implementovat nouzové akční plány (EAP) v rámci zavedení revidované verze portugalského nařízení o bezpečnosti přehrad.

V Portugalsku došlo v posledních letech k řadě významných změn týkajících se nouzového havarijního plánování v souvislosti s bezpečností přehrad, konkrétně se zveřejněním konkrétních pokynů a doplňkové dokumentace usilující o uspořádání a vyjasnění platných pravidel a postupů.

Tento dokument si klade za cíl shrnout řadu aspektů souvisejících s pravidly a činnostmi nouzového plánování vyvinutými v Portugalsku v posledních letech, a to zejména řešením vývoje v implementaci EAP. Odkazuje také na významné evropské cvičení civilní ochrany, které se uskutečnilo v roce 2019 (Cascade 19), a aktualizace probíhajících pilotních projektů týkajících se rozhraní pro nouzové plánování s varováním před povodněmi.

R. 7 IČ, T., IVANČO, R., LIPTÁK, B., MIŠČÍK, M., UHORŠČÁK, L'. (Slovakia)**Oprava uzávěrů spodních výpustí na přehradách Palcanská Maša a Hriňová**

Při provozu přehrad je třeba věnovat velkou pozornost kontrole, sledování a údržbě uzávěrů spodních výpustí. Výjimečně však nastávají v životním cyklu hráze situace, kdy zhoršený technický stav spodních výpustí ohrožuje funkčnost a bezpečnost hráze. V takových případech je nutné zajistit jejich včasnou opravu nebo výměnu, někdy s nutností aplikace speciálních podporných řešení pro zajištění úspěšné realizace samotné opravy.

Autoři článku nabízejí dva jednotlivé případy zajištění opětovné funkčnosti uzávěrů spodních výpustí. V některých případech oprav se jeví jako obtížnější přípravná fáze pro zajištění vhodných a bezpečných podmínek pro opravy než samotná realizační fáze. Takovou situaci ilustruje první příklad, kterým je přehrada Palcmanská Maša a realizovaná výroba speciálního ponorného provizorního zařízení pro zajištění vhodných podmínek vedoucí k úspěšné opravě spodních výpustí. Druhým příkladem je rekonstrukce nátokové části spodních výpustí na přehradě Hřiňová, jejímž účelem je zásobování obyvatel pitnou vodou. Tento druhý příklad ilustruje situaci, kdy zajištění funkčnosti uzávěru spodní výpusti vyžadovalo výměnu celého zařízení a poukazuje zejména na problémy a aspekty, které jsou specifické pro takto radikální řešení, zejména v případě, že jde o vodárenskou vodní nádrž.

R. 8 SABAT, M. I., ØDEGÅRD, L. (Norway)

Povodně v údolí Tinguiririca, Chile 2017

Prívalové povodně představují významné přírodní nebezpečí v malých horských povodích patagonských And a opakovaně způsobily ztráty na životech a vážné škody na infrastruktuře. K takovému incidentu došlo 25. února 2017 v údolí Tinguiririca na jihu Chile, kde se nacházejí dvě vodní elektrárny La Higuera a La Confluencia. Blesková povodeň se rozvinula velmi náhle a elektrárny byly postíženy přelítím dvou hrází a poškozením komunikací. Infrastruktura se nachází v údolí s nadmořskou výškou mezi 1 100 a 4 650 m n. m. Deště se obvykle nad tímto územím vyvíjejí jako lokální konvektivní srážky, které jsou v souladu s letními vysokými teplotami v údolí. Předpověď počasí pro den záplav uváděla pouze zlomek srážek, které nakonec spadlo, a národní úřad pro mimořádné události nevydal žádné preventivní varování. V údolí Tinguiririca se tak rozvinula blesková povodeň s vysokou intenzitou. Krátké srážky činily téměř 30 mm za 30 minut. Tyto srážky se dostaly do údolí s izotermou nula stupňů blízko 4 000 m n. m., s aktivními 95 % povodí. To je hlavní rozdíl oproti meteorologickým jevům v údolí, které se vyvíjejí především v důsledku orografických srážek a během podzimu, zimy a jara. Maximální povodňový průtok byl odhadnut na 250 m³/s. Situace byla pro provoz elektráren velmi náročná s přetrvávajícím vysokým rizikem vydatných srážek v následujících dnech.

R. 9 FOOS, W. F., MATHEU, E. E., DURKEE, D., YEZIERSKI, M. (USA)

Odolnost přehrad je více než jen jejich bezpečnost

Povědomí o tom, co obnáší odolnost vodních děl, může vést k jasnějšímu pochopení toho, jak může bezpečnost přehrad, a také reakce na mimořádné události a krizové řízení přispět k celkové odolnosti projektu prostřednictvím prevence, zmírňování rizik, připravenosti, reakce a obnovy. Multidisciplinární přístup zaměřený na zvýšení odolnosti může poskytnout účinný rámec pro integraci bezpečnosti přehrad, bezpečnosti obyvatel kolem přehrad, zabezpečení vodních děl a programů krizového řízení. Řízení rizik se stalo součástí kultury těchto různých oblastí a zásady řízení rizik řídí implementaci a úspěšnost každého z těchto programů. Kromě toho sdílejí společné základní principy týkající se jejich přístupů k plánování, implementaci, testování, cvičení a zlepšování. Koordinovaný přístup ke zvýšení odolnosti vhodným

začleněním jednotlivých programů by poskytl jednotný rámec pro bezpečný provoz a údržbu přehrad. To by posílilo jednotlivé programové oblasti a zároveň poskytlo integrovanou platformu pro řešení incidentů nebo událostí, jakmile k nim dojde. Tento typ přístupu by zvýšil celkovou schopnost díla a zastřešující organizace řešit poruchu, udržovat provoz, zvládat krize, jak se rozvíjejí, získat zpět co nejrychleji funkce přehrady a začlenit ponaučení z minulých incidentů.

R. 10 CROSBY, W., BUCHANAN, K., UBBEN, A. (USA)

USACE: Modelování, mapování a analýza následků; Produkční centrum procesů pro analýzu poruch hráží

Vzhledem k velkému rozsahu portfolia vodních děl U. S. Army Corps of Engineers (USACE), vyvinulo USACE proces pro hodnocení rizik spojených s portfoliem přehrad v celých Spojených státech na podporu Programu bezpečnosti přehrad (DSP). Aby bylo možné určit riziko spojené s těmito přehradami, pověřilo USACE své středisko odborných znalostí pro modelování, mapování a analýzu následků (MMC–MCX), aby provedlo hydraulickou analýzu protržení hráží, tvorbu map a analýzu následků na pomoc při určování rizika. MMC vypracovalo pokyny a postupy pro provádění těchto úkolů.

MMC tvoří hydraulické modely protržení hráze pomocí jednorozměrných (1D) a dvourozměrných (2D) modelů v programu Hydrologic Engineering Center – River Analysis System (HEC–RAS). Tyto modely jsou aplikovány u celé řady scénářů a v různých lokalitách. Výsledky 1D/2D hydraulické analýzy se dále zpracovávají pro určování následků. K určení rozsahu těchto následků se používá softwarový balík Hydrologic Engineering Center – Life Sim (HEC-LifeSim). Tento software je použit k určení dopadů, jako jsou ekonomické škody, ohrožená populace (PAR) a ztráty na životech (LL). Nakonec MMC využívá výsledky z hydrauliky a analýzy následků k vytvoření map a dokumentů, které napomáhají sdělování rizik v oblastech dále po proudu i proti proudu dané přehrady. Tyto produkty kromě MMC používají i ostatní v rámci USACE k informování o činnostech nouzového plánování, hodnocení rizik a v rámci komunikačních činností o rizicích.

R. 11 DURKEE, D. B., BOYER, D. D. (USA)

Přehled nedávných poruch přehrad v USA a očekávaných dopadů implementace rozhodování informovaných o riziku

Vlastníci vodních elektráren ve Spojených státech investovali značné prostředky do analýzy pravděpodobných druhů poruch (PFMA) pro své přehrady, aby splnili požadavky Federální energetické regulační komise (FERC) jako prvek v hodnocení bezpečnosti přehrad. Zatímco PFMA poskytují mnohem lepší pochopení bezpečnosti přehrady, v dostatečné míře neposkytují zobrazení bezpečnostního rizika.

Proces PFMA typicky neposkytuje adekvátní rozlišení pravděpodobnosti nebo důsledků poruchy, aby bylo možné rozlišit nebo upřednostnit jednotlivé potenciální způsoby selhání pro opatření nebo rozhodnutí týkající se bezpečnosti přehrad. V důsledku toho společnost FERC vydala návrh pokynů pro rozhodování na základě rizik pro držitele licence k doplnění

jejich programů bezpečnosti přehrad. Implementaci návrhu pokynů zpomalila dobrovolná povaha pokynů, nejistota přínosů a nákladů na straně držitelů licence a nedostatek zkušeností s analýzou rizik mezi konzultanty.

Autoři článku představují historii dvou nedávných selhání a diskutují o tom, jak a zda by přístup informovaný o riziku v dřívějších fázích prezentovaných projektů ovlivnil výsledek. Dva příklady zde uvedené naznačují, že pokud je správně proveden s příslušnými odborníky na přehrady pro danou stavbu, přístup analýzy rizik by měl snížit pravděpodobnost a důsledky poruchy.

R. 12 MAUNEY, L., BAKER, M., ALVI, I. A., GEE, N., RICHARDS, R., MYERS, D., OGDEN, M. (USA)

Učení se z minulosti a příprava na budoucnost: ASDSO Výbor pro poruchy přehrad a incidenty

S cílem pomoci při vyšetřování, poučení a šíření poučení z poruch a jiných incidentů u přehrad byl v roce 2010 vytvořen Výbor pro selhání přehrad a incidenty (DFIC) Asociace státních úředníků pro bezpečnost přehrad (USA). Výzkum a studie, DFIC vytvořil během jedné dekády velký soubor práce. DFIC hodlá v tomto úsilí pokračovat a uvítá spolupráci s odbornými organizacemi ve Spojených státech, stejně jako s mezinárodními partnery, s cílem přispět ke zlepšení bezpečnosti přehrad v celosvětovém měřítku.

R. 13 STOWASSER, E., KOON, M., SORRELS, W. (USA)

Rapidní mapování inundací

Středisko odborných znalostí pro modelování, mapování a analýzu následků (MMC) U. S. Army Corps of Engineers (USACE) vyvinulo jedinečný nástroj pro zlepšení doby odezvy v mapování záplav a zlepšení komunikace o riziku u plánování povodňové události. MMC vyvinulo webový nástroj GIS, který má pomoci příslušným agenturám v řízení mimořádných událostí během povodní a v plánování mimořádných cvičení. Komunikace a reakce na rizika jsou pro USACE zásadní a při projednávání povodňových rizik je životně důležité být schopen poskytnout jak mapování rizika při porušení hráze, tak i bez něj, a to pro potenciálně zasažené oblasti.

Tým MMC vytvořil nástroj na podporu osob s rozhodovací pravomocí. Poskytuje webovou mapu, která zobrazuje předpovědi Národní meteorologické služby spolu s mapováním upraveným podle měření, které zahrnuje celé povodí. Mapy identifikují kritickou infrastrukturu, ohrožené obyvatelstvo, ekonomické dopady a klíčová umístění silnic pro celou řadu případných povodňových stavů. Nástroj je flexibilní a lze jej použít k přidání dalších globálně dostupných webových zdrojů dat, které by byly užitečné při analýze kritických bodů zájmu na základě každé komunity. Stávající mapová data lze během několika minut sdílet s agenturami nouzového řízení. Tento nástroj proto zlepšuje koordinaci se zúčastněnými stranami a dokáže se přizpůsobit potřebám mnoha zúčastněných stran, což v konečném důsledku povede ke zlepšení komunikace o rizicích s manažery mimořádných událostí a důležitými zainteresovanými stranami.

R. 14 PETKOVSKI, L., MITOVSKI, S. (Macedonia)**Příspěvek k opravám odkalovacích hrází, které byly porušeny v prvních fázích výstavby**

Podobnosti mezi odkalištiemi a sypanými hrázemi, které jsou určeny k trvalému vzdouvání vody, přispěly k velkému množství postupů a technik při navrhování, stavbě a údržbě hrází, které mají být používány jako odkaliště. Četné zprávy o porušení různých odkališť v posledních třech desetiletích po celém světě však naznačují, že jejich bezpečnost ve fázích projektování a výstavby nebyla kontrolována se stejnou přesností a pečlivostí – jako u sypaných hrází přehradního typu. Tato skutečnost je částečně důsledkem dlouhodobé výstavby odkališť, kde se jako stavební materiál používá písek získaný oddělováním odpadního materiálu z flotačního procesu při těžbě v dolech. V tomto příspěvku jsou autory prezentovány výsledky z výzkumu odkaliště Sasa 4 dolu Sasa, Makedonska Kamenica, Republika Severní Makedonie, poškozené v počátečním období výstavby v září 2020, za účelem: (1) odhalit důvody poškození, (2) stanovit neodkladná opatření pro úspěšné zajištění požadované stability odkaliště v kóte 910,0 m n. m., (3) stanovit opatření pro úpravy okolního terénu a modernizaci stavby a zařízení pro opětovné spuštění odkaliště při současné nadmořské výšce koruny hráze (910,0 m n. m.) a (4) definovat opatření pro další bezpečnou obsluhu a další výstavbu odkaliště, od současné nadmořské výšky 910,0 m n. m. do konečné nadmořské výšky 952,0 m n. m.

R. 15 BRIDLE, R. (United Kingdom)**Ztekucení a bezpečnost přehrad – Poučení z událostí v Empinghamu, Feijao a Fundao**

Paralely mezi událostmi na přehradě Empingham a selháním a ztekucením přehrad Fundao a Feijao poskytly pohled na chování takových přehrad.

Ztekucení při porušení lze vysvětlit tím, že selhání způsobilo náhlé zvýšení tlaku v pórech. Rušivé síly pak napomáhají k rozrušování saturované nashromážděné hmoty v odkališti, čímž se dále zvýšily pórové tlaky, což by způsobilo poruchu a následné ztekucení hráze.

Analýza efektivních napětí pomocí modelovaných pórových tlaků ze zprávy Feijao ukázala, že přehrady mohou být bezpečnější, než se dříve myslelo. Byly by stabilní, dokud by ukládání hlušiny v odkališti pokračovalo, a k selhání s největší pravděpodobností došlo pouze v důsledku náhlých událostí, které přeruší cyklus náhlým zvýšením pórového tlaku v celé konstrukci. Takovými událostmi jsou např. zemětřesení, ale v případě přehrady Feijao, „vysloužilého“ odkaliště, šlo o přílišnou infiltraci způsobenou velmi silnými srážkami.

Inženýrství v oblasti sypaných hrází, včetně důlních přehrad i konvenčních sypaných přehrad, je specializací v oblasti přehradního inženýrství, která aplikuje mechaniku zemin na konstrukce hrází trvale zadržujících vodu. Užší integrace mezi inženýry hrází odkališť a inženýry hrází zemních a rokfilových s příležitostmi pracovat na obou typech konstrukcí by mohla vést k lepší praxi a lepšímu pochopení bezpečnosti všech hrází zadržujících vodu.

R. 16 WARREN, A. L., MASON, P. J. (United Kingdom)**Před a po katastrofě Todbrook– Přehled řešení incidentů přehrad ve Spojeném království**

Spojené království má od roku 1925 vynikající výsledky v oblasti bezpečnosti vodních děl a od tohoto roku nemá hlášené žádné oběti v důsledku protržení hráze. Do přelomu století byly hlášeny a v databázích zachyceny pouze velké nebo neobvyklé incidenty. Centralizovaná regulace nádrží ve Spojeném království vedla k příležitostem ke zlepšení zachycení a analýzy incidentů a k identifikaci takových z nich, které si zaslouží podrobnější a nezávislé vyšetřování. V roce 2013 se hlášení incidentů stalo povinným pro nádrže nacházející se v Anglii a Walesu. Za posledních 20 let došlo ve Spojeném království pouze k malému počtu vážných incidentů. K velmi významnému incidentu však došlo v roce 2019 na přehradě Todbrook, kde bylo nutné opravit poškození pomocného přelivu prostřednictvím multiagenturní a vojenské reakce a nádrž vypustit, aby se zabránilo zničení a zaplavení přilehlého města.

Autoři článku shrnují vývoj v řízení incidentů na nádržích ve Spojeném království za posledních dvacet let a hodnotí dopad povinného hlášení incidentů. Jsou shrnuta technická zjištění britského vládního vyšetřování incidentu v Todbrooku spolu s úsilím vynakládaným na další přezkoumání procesů řízení bezpečnosti přehrad a legislativy ve světle tohoto velkého incidentu.

R. 17 TOURMENT, R., MALLET, T., PATOUILARD, S., SALMI, A. (France)**Nehody a incidenty na říčních hrázích na řekách Loire, Rhône a Agly a získané poznatky**

Autoři v tomto článku představují zkušenosti s povodněmi na třech úsecích francouzských řek, na středním toku Loiry, na dolním toku Rhôny a na řece Agly, a to během období posledních tří desetiletí. Také berou v úvahu události minulých století. Jsou zde uvedeny hlavní získané poznatky, které byly sdíleny na vnitrostátní úrovni a z nichž některé již byly blíže sledovány a prezentovány. Mezi nejdůležitější patří dobrá správa, potřeba řídit zvýšené průtoky v korytech řek pomocí účinných protipovodňových systémů, užitečnost zpětné vazby a udržitelnost informací o nehodovosti apod. Z těchto znalostí těží jak projektanti, tak i diagnostika či analýza rizik. Společné povědomí o významu protipovodňových opatření navíc vede ke strukturování odborné komunity a ke zlepšení znalostí a postupů.

R. 18 LAURENT, T., BERCHER, Q., VINCENT, T. (France)**Zvládání povodní a svahových nestabilit při výstavbě přehrad: Problémy při prvotním průzkumu lokality**

Projekty rozvoje přehrad a vodních elektráren jsou vysoce technické projekty vyžadující specifické studie, které musí být projektovány odborníky v oboru a dokončeny před zahájením stavebních prací. S narůstajícím počtem projektů a tlakem na snižování nákladů a času stráveného projektovou přípravou však fáze stavebních prací u některých projektů začíná ještě před dokončením samotného návrhu. Navíc se často neprovádějí kontroly a optimalizace

a téměř neexistuje metodika prací. V tomto kontextu tento článek popisuje tři nedávne zkušenosti získané během pracovní fáze vývojových projektů.

V Malawi byla zahájena stavba přehrady Bwanje s naplánováním prací, které nezohledňovaly místní sezónní hydrologii. Dodavatel vybraný investorem navíc neměl s tímto typem stavby žádné reálné zkušenosti. ARTELIA byla pověřena na začátku prací a zasahovala při úpravě a zabezpečení bezpečnostního přelivu v místě stavby pouhé dva týdny před první povodní, která mohla způsobit poškození samotné hráze.

Na vývoji Nam Ngum 3 v Laosu byl dodavatel prací odpovědný za návrh a výstavbu opěrných zdí na vytěžených svazích kolem vodní elektrárny. Několik měsíců po příjezdu na místo týmy ARTELIA upozornily na výskyt poškození u jednoho ze svahů, což byl důsledek poddimenzování rozměrového návrhu opěrné konstrukce a nevhodnou metodikou prací. Pohyby, které byly poté pozorovány a analyzovány, vedly ke zhroutilí svahu, což způsobilo citelné zpoždění stavby.

Během výstavby přehrady Delsitanisagua v Ekvádoru vyvolal začátek výkopových prací hlubokou svahovou nestabilitu, která negativně ovlivnila levobřežní patu hráze. Rychlost posunů, která byla zpočátku velmi vysoká, zpochybnila proveditelnost projektu přehrady. Tato nestabilita byla vyvolána aktivací hlubinné poruchy na tomto břehu, která nebyla ve fázi návrhu identifikována. Konstrukce hráze byla upravena tak, aby předpokládala nevratné posunutí jejích břehů. Během prací však bylo zapotřebí robustních řešení pro stabilizaci svahu.

R. 19 VIARD, T., COURIVAUD, J. R., LAUGIER, F., BLANCHER, B., FRY, J. J., SQUILLARI, P. (France)

Hodnocení sypaných vodních nádrží; Zvláštní povodňová vlna. Část 1: Francouzské inženýrské postupy pro poruchy přehrad

Francouzské nařízení ukládá vlastníkům vodních děl zpracovávat analýzy povodňových vln při protržení vodního díla pro velké přehradu prostřednictvím 3 zákonů: zákona o nouzovém plánu, zákona o analýze rizika z provozu přehrad, pokynů pro bezpečnost jaderných elektráren. Někdy jsou analýzy povodňových vln při protržení hráze nutné i mimo předpisy (přirozené hráze nebo protržení hráze při analýze povodní).

Analýza povodňové vlny při protržení hráze se provádí ve dvou krocích: sestavení hydrogramu povodně (s odhadem maximálního průtoku) a analýza šíření vlny. U sypaných hrází je fyzika složitá a empirický vzorec vytvořený pomocí databázových analýz musí inženýr používat opatrně.

Pro šíření vln existuje mnoho technik, ale referenční metodou je numerické modelování (1D, 2D s rovnicemi pro mělký proud, případně s komparativním přístupem). V případě nouze (přirozená přehrada) nebo v případě četných scénářů ke studiu (analýza rizik přehrady) se však stále používá několik zjednodušených metod.

R. 20 COURIVAUD, J., DEL GATTO, L., PAQUIER, A., VEYLON, G., PHILIPPE, P., MOUYEAUX, A., NICAISE, S., FOUCHIER, C., CARVAJAL, C., PEYRAS, L., BEGUIN, R., DUCHESNE, L., PICAULT, C., FRY, J. J. (France)

Hodnocení sypaných vodních nádrží; Zvláštní povodňová vlna. Part 2: Výzkum a vývoj související s porušením sypaných hrází přelitím nebo vnitřní erozí

Vyhodnocování průlomových vln u hrází je základním úkolem vlastníků, provozovatelů přehrad a inženýrů ke konzultaci. Přestože eroze při přelití je jednou ze dvou hlavních příčin selhání hrází, mnoho fyzikálních procesů zůstává nepopsáno a není numericky modelováno. Tato zpráva stručně představuje současný stav v tomto tématu a poukazuje na limity použití ověřených nástrojů dostupných inženýrům. Dále představuje problémy, u kterých chybí fyzikální popis a ověřené numerické modelování. Rozsáhlé studie vlivu transportu sedimentu po proudu od protržení, jeho odtok a šíření vln zpracována na základě tří případových studií skutečných přehrad ukazuje, že tento vliv je nízký v případě strmých svahů po proudu, ale může být významný při nižších sklonech svahů. Analýzy čtyř malých hrází z jihozápadní Francie, které se přelily bez porušení, provedené charakterizaci jak erozní odolnosti materiálů tvořících tyto hráze, tak podmínek přelití, ukazují velký vliv vegetace pokrývající vzdušní líc hráze, variabilitu materiálových charakteristik a nasycení povrchového materiálu. Rozsáhlé modelování kontaktní eroze až po poruchu, umožnilo reprezentovat složité zřetěžené mechanismy a kvantifikovat jejich kinetiku zejména díky důkladnému monitorování.

R. 21 LAUGIER, F., GUILLOTEAU, T., CUBAYNES, M., TRON, M., ADELIN, T., POUPART, M., CASTEIGTS, C., DELARUELLE, B., PALACIOS, J.-C., PAVADAY, G., PREVOT, G., VALLEE, A. et BALOUIN, T., VUILLERMET, E. (France)

Hodnocení bezpečnosti přehrad ve Francii – zpětná vazba a metodický vývoj

Francouzské předpisy zavedly v roce 2007 povinnost provádět analýzy rizik pro velké přehrady prostřednictvím studií Safety Review Risk Assessment Studies (SaRRA). V srdci systému prevence rizik SaRRA vyžadované francouzskými předpisy výslovně odkazuje na analýzu rizik. V posledním desetiletí bylo provedeno více než 600 SaRRA. Tento systematický charakter provádění těchto studií je proto celosvětově bezprecedentní. Autoři článku si kladou za cíl prezentovat zpětnou vazbu z těchto studií na základě zprávy pracovní skupiny FRCOLD. Představuje také konkrétní metodologický vývoj v oblasti analýz možného výskytu a vlivu vad (FMEA) a konstrukci stromů poruch (FTA).

R. 22 BESSADI, L., LAUGIER, F., TARAVEL, Y. (France)

Řízení bezpečnosti přehrad – Příklad dvou francouzských provozovatelů vodních děl

Autoři článku představují klíče úspěchu řízení bezpečnosti přehrad pro dva velké francouzské provozovatele přehrad.

Nejprve jsou nastíněny osvědčené postupy řízení bezpečnosti přehrad ve společnosti EDF Hydro: bezpečnostní politika založená na třech hlavních rizicích (riziko během normálního provozu, riziko během povodní, riziko selhání vodního díla), závazek vedení, vnitřní a nezávislé kontroly, školení, ústřední výbory věnované řízení akcí v širokém měřítku, manipulačnímu

řádu přehrady, ošetření odchylek a integraci interních, národních a mezinárodních incidentů. Rizika během povodní jsou zdůrazněna prostřednictvím předpovědi počasí a povodní, rutinních postupů při povodních a správné integrace zpětné vazby. Řízení rizika selhání přehrady je zvýrazněno činnostmi dozoru a monitorování konstrukcí a materiálů a postupem opětovného uvedení do provozu po ukončení prací nebo provozu.

Za druhé, autoři uvádí ponaučení EDF Hydro z více než 300 analýz rizik pro posouzení bezpečnosti přehrad za 15 let. Tyto pravidelné kontroly bezpečnosti jsou nezbytnou součástí řízení bezpečnosti přehrad. Jsou vysvětleny výhody použitého semikvantitativního přístupu: snadná implementace, snadná srozumitelnost pro všechny strany, role odborníků. Rozvíjejí se výhody přístupu: víceoborový funkční přístup, který zlepšuje komunikaci mezi jednotlivými specialisty, rozvoj společné kultury bezpečnosti přehrad sdílené všemi, výrazné zlepšení znalostí o přehradách, identifikace a klasifikace způsobů a mechanismů poruch, snižování rizik vhodnými opatřeními, globální vize bezpečnosti přehrad pro velké portfolio přehrad a nástroj pro interní a externí komunikaci.

Poslední část ukazuje aktuální příklad bezpečnostní politiky přehrad z hlediska rozhodování a výběru investic v omezeném ekonomickém prostředí. Je to ilustrováno politikou správy majetku CNR, která pomáhá upřednostňovat nákladné údržbářské práce týkající se ochrany proti erozi dále na toku pod přehradou. Jsou uvedeny základy správy majetku a provozní aplikace v CNR: inventarizace majetku, posouzení dopadu na cíle CNR (dodržování předpisů, dostupnost elektrárny, přeprava a řízení povodní), správa dat a sdílení znalostí, řízení kvality, plánování, hodnocení a monitorování rozpočtu prací a incidentů s ohledem na bezpečnost za účelem optimalizace rozpočtů a rozvoje dovedností.

R. 23 ACHARYA, M., DONNELLY, C. R., ZIELINSKI, P. A. (Canada)

Vývoj bezpečnosti přehrad a praxe v nouzovém řízení pro přeshraniční přehrady – Globální perspektiva s nepálským kontextem

Zatímco mnoho zemí má mezinárodní dohody na podporu spolupráce v oblasti správy přeshraničních vodních zdrojů, tyto dohody často dostatečně neřeší otázky bezpečnosti přehrad. Nedávné incidenty na přehradách po celém světě zdůraznily význam zachování robustní praxe bezpečnosti přehrad a nouzového řízení a také potřebu přijmout aktivní opatření k implementaci poučení z těchto incidentů. Bohužel v mnoha částech světa jsou jedinečné výzvy, které přeshraniční přehrady představují, do značné míry přehlíženy. Tento dokument nastiňuje současné trendy a osvědčené postupy v oblasti bezpečnosti přehrad a nouzového řízení, zdůrazňuje potřebu integrovaného regionálního přístupu, řádných právních a institucionálních ujednání, rámců spolupráce a diplomatických vztahů a účinných komunikačních protokolů pro přeshraniční přehrady pro řízení rizik a veřejnou bezpečnost. V tomto článku je autory věnována zvláštní pozornost otázkám kolem přehrad podél indicko-nepálské hranice.

R. 24 BIGRAS, A., PÉLOQUIN, E., ROTH, S-M., MAINVILLE, É., ROY, M. (Canada)

Nouzová opatření a nápravné práce na přehradě Chute-Bell

V dubnu 2019 muselo být evakuováno více než 70 obyvatel bydlících po proudu od přehrady Chute-Bell na jihu provincie Québec v Kanadě kvůli předpovědím srážek, které oznámily

překročení povodňových stavů. Stabilita hráze totiž mohla být podle poslední bezpečnostní revize ohrožena. Hydro-Québec proto zahájil nouzové postupy a informoval quebecké vládní orgány v souladu se zákonem o bezpečnosti přehrad. Vodní elektrárna Chute-Bell, postavená v 10. letech 20. století a upravena v letech 1942 a 1999, zahrnuje mimo jiné konstrukci bezpečnostního přelivu a v současnosti nečinnou elektrárnu o výkonu 10,6 MW. Opravné práce byly provedeny v rekordním čase v zimních podmínkách, aby byly připraveny čelit další jarní povodni. Ve skále byl vyhlouben skluz přelivu 4,6 m široký a 25 m dlouhý. Hráz přelivu byla stabilizována kotvami. Bylo také implementováno neobvyklé řešení, ke zvýšení celkové kapacity systému úpravou turbin.

R. 25 DONNELLY, C. R., TIEDJE, E., ARANGO, J., FLORES, D. (Canada)

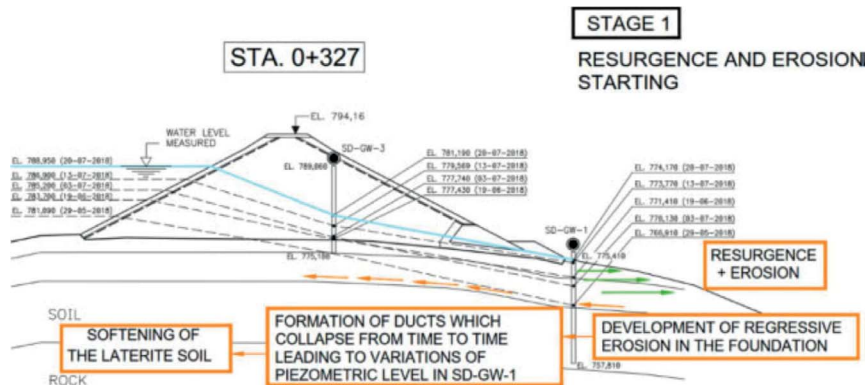
Posouzení bezpečnosti ochranné cementobentonitové stěny u přehrady Ituango

Během výstavby 235 m vysoké přehrady Ituango v Kolumbii zablokoval sesuv půdy obtokový tunel, což vedlo k nekontrolovanému vzestupu hladiny v nádrži, zatímco přehrada a přelivná konstrukce byly stále ve výstavbě. Pokusy o odtěžení sesuvu z obtokových tunelů byly nakonec neúspěšné, což vedlo k velmi reálné možnosti, že se přehrada přelije. Proto bylo vyvinuto zrychlené schéma prioritního zvýšení, aby se zajistilo, že koruna přehrady zůstane nad stále stoupající hladinou. Projekt zahrnoval vybudování 35 m vysoké cementobentonitové ochranné stěny v horní části přehrady a odvedení vody přes částečně dokončený komplex vodní elektrárny. Řešení se ukázalo jako efektivní, přehrada a bezpečnostní přeliv byly dokončeny bez nehody, přestože došlo k rozsáhlému poškození elektrárny, které je v současnosti řešeno. Vzhledem k poněkud unikátní povaze řešeného problému a jeho výsledného řešení bylo zadáno podrobné posouzení celistvosti zdi v podmínkách budoucího použití při provozu. Autoři článku popisují provedené posudky pro posouzení bezpečnosti přehrady Ituango za statických podmínek. Dynamická hodnocení se v současné době dokončují a budou tvořit základ budoucí diskuse.

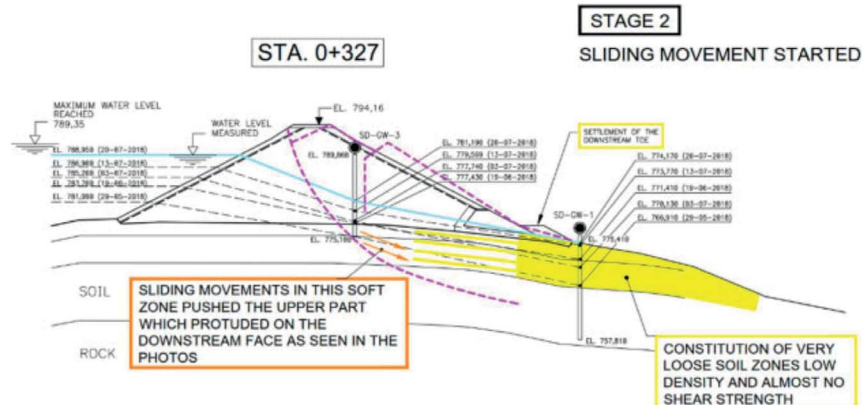
R. 26 JEAN-PIERRE TOURNIER, AHMED F. CHRAIBI, ANTON J. SCHLEISS (Canada)

Poučení z poruchy přehrady Saddle D, součástí projektu Xe-Pian Xe-Namnoy v Laosu PDR

Přehrada Saddle D je tvořena homogenní hrázi s mírnými sklony svahů a patním rockfillovým drénem. K poruše na přehradě Saddle D došlo během prvního plnění nádrže v červenci 2018. Po zvodnění podloží pod a za vzdušnou patou hráze došlo ke ztrátě stability a sesunutí části hráze. Nezávislá komise expertů konstatovala, že hlavní příčina poruchy souvisí s vysokou propustností podloží v kombinaci s přítomností erodovatelných horizontů. Založení se nepochybně podílelo na selhání, kterému bylo možné předejít adekvátními opatřeními.



Přehrada Saddle D porušení jílového podloží pod patou hráze – fáze 1



Přehrada Saddle D porušení jílového podloží pod patou hráze – fáze 2

R. 27 G. SNYDER & Regis BOUCHARD, A. RATTUE, S. O'Brien. (Canada)

Projekt Muskrat Falls, oprava návodní ochranné jímky

Projekt Muskrat Falls v severní Kanadě na řece Churchill je hydroenergetickou soustavou o instalovaném výkonu 824MW. Součástí je výstavba přehrady North (RCC). Samotné stavbě předcházela výstavba ochranné jímky o výšce 25 m umožňující převod vody obtokem. V průběhu prvního napouštění na podzim 2016 došlo k interní erozi jímky ještě před dosažením cílové hladiny. Příspěvek popisuje především projekt ochranné jímky a různé sanační injektážní práce na opravě jímky komplikované zimním obdobím. Sanační práce byly dokončeny tak, aby na jaře 2017 mohla být zahájena výstavba hlavní hráze přehrady North a tato dokončena v září 2019.

R. 28 Violeta MARTIN, Daniel ADRIA & Heleman WONG (Canada)**Ne Newtonovské modelování rozlivů v inundaci při protržení odkaliště.**

Vlastníci potřebují znát dopady a rozsahy škod v případě protržení hráze odkaliště. Kanadskou přehradní asociací byl standardizován přístup ke zpracování studií protržení hrází odkaliště. Přesto existuje mnoho nejistot při modelování tohoto jevu. Autor příspěvku uvádí v jednotlivých krocích jak modelování rozlivů zpracovat od návrhu způsobu protržení hráze, zpracování hydrogramu včetně maximálního průtoku až po modelování šíření vlny zvodněného materiálu v daném terénu. Vše shrnuje na příkladových studiích, kde popisuje zvolený výpočetní hydrodynamický model FLO-2D nebo FLO-3D případně HEC-RAS (2D) a hodnotí jejich výsledky.

R. 29 D. J. HAGEN, LOUIS C. HATTINGH (South Africa)**Poruchy a poškození malých zemních hrází v Jižní Africe: poučení z chyb**

Autor příspěvku uvádí praktické příklady porušení malých vodních nádrží interní erozí a nestabilitou svahů hráze, přelítím hráze nebo erozí částí bezpečnostního přelivu. U vnitřní eroze uvádí příklady podtékání po základové spáře u relativně nových nádrží dokončených na konci 20. nebo začátku 21. století. Dalším příkladem je zvýšený průsak jílovým jádrem, které bylo nekvalitně ztuhněno. Nestabilita svahu je ukázána na nádrži s nedostatečnou výškou nebo prosednutím jádra pod korunou hráze, kdy po přelítí jádra dojde k sesunutí vzdušného líce. U erozí bezpečnostního přelivu zmiňuje nedostatečné opevnění terénu pod přelivem a erozi materiálu.

R. 30 HENRIETTE ANDERSON, PHILIP NICE, LOUIS C. HATTINGH (South Africa)**Porucha přelivu na přehradě Middle Lake a poučení z chyb**

Autor příspěvku uvádí zkušenosti z poruchy funkce přelivu na malé homogenní přehradě Middle Lake o výšce hráze 8,3m objemu nádrže 0,5 mil.m³. Přes tyto parametry je, vzhledem k umístění nad rušnou silnicí, železnicí a nemocnicí, hráz hodnocena ve II. Kategorii s výrazným rizikem. Bezpečnostní přeliv je pevný, opevněný pouze betonovými panely. V roce 2018 k propadu 2ks panelů přelivu na jeho vzdušné straně a výrazné sufozi materiálu pod nimi. Po poruše byly provedeny průzkumy pro zjištění příčin. Jednalo se o projekční chyby (opevnění nebylo schopné přenášet rozdílné sedání, těsnění spár bylo nekvalitní) a dále kompletně zanedbaná údržba a kontrola stavu po více než 40let. Ani oprava v 2004 nebyla provedena kvalitně.

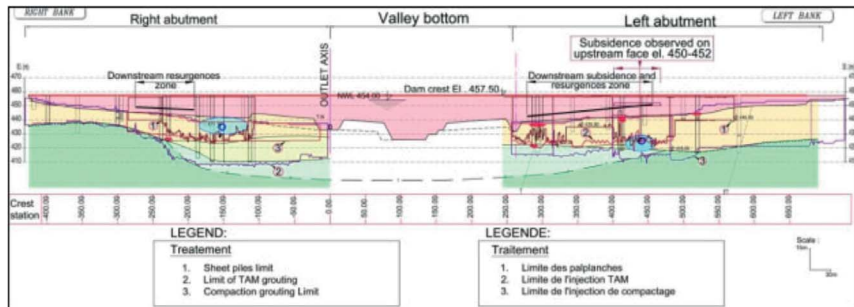


Poškození přelivu na přehradě Middle Lake

R. 31 ANIBAL MAITA, DR EDUARDO MARTINS BRETAS (Peru)

Porucha na přehradě Malpaso a následná činnost

Přehrada Malpaso (CFRD) v centrálním Peru byla dokončena v roce 1936 a má výšku 78 m. Návodní svah je zděný a velmi strmý (2:1 !!!). V říjnu 2019 se na koruně hráze objevily dva otvory o průměru cca 20 cm a hloubce kolem 1,5 m. Dále se začaly objevovat podélné trhliny. Došlo ke snížení hladiny a provedení inspekce hráze včetně podrobného měření. Bylo rozhodnuto o zatěsnění trhlin a vybudován monitorovací systém sestávající z inklinometrů a piezometrů. Monitorovací systém funguje v reálném čase a přehrada je v normálním provozu.



Dotěsnění základové spáry na přehradě Comoe

R. 33 XU ZEPING (China)

Poučení z případů poruch kontroly průsaků na CFRD

Autor příspěvku se zabývá nezbytností měření průsaků na CFRD hrázích a uvádí vliv poruchy na tomto měření na přehradě Baiyun (výška 120 m) v Číně. Přehrada Baiyun byla dokončena v roce 2003. Do roku 2008 činily průsaky do 200 l/s, ale následně začaly prudce růst až na 1 240 l/s v roce 2012. Provedením kontroly pod vodní hladinou byla nalezena poruch těsnícího návodního pláště a nádrž byla vyprázdněna. Byly zjištěny poruchy pláště na dvou místech a v různých výškách o velikosti 50 a 250 m². Příčinou bylo, mimo jiné nedodržení technologické kázně při ukládání přechodových vrstev mezi těsnícím pláštěm a stabilizační částí rockfilové hráze. Obdobné poruchy byly, díky měření a sledování průsaků, nalezeny také na přehradě Zhushuqiao (China) nebo Campos Novos (Brazil).

R. 34 YANG JUN,YANYI (China)

Studie historie komunikace při projektování přehrady Tři soutěsky

Obsah příspěvku je shodný s jeho názvem. Shrnuje historii od nápadu pana Sun Yat-sen v roce 1918 po celou dobu přípravy. Po počátečních nejistých návrzích bylo až v roce 1986 zahájeno jednání o podobě stavby za účasti 412 expertů a v roce 1992 rozhodnuto o přípravě. Následovalo založení společnosti zodpovědné za přípravu a projednání a v roce 1995 bylo oficiálně otevřeno informační centrum.

R. 35 ROGER BREMEN (Switzerland)

Důsledky pro konstrukční praxi přehrad

Příspěvek lze shrnout následovně: Díky dostupnosti informací a statistických dat o poruchách, poškozeních a haváriích přehrad lze snížit riziko havárií u nově navrhovaných přehrad. V příspěvku jsou prezentovány statistiky hodnotící rizika a četnosti poruch z různých úhlů. Autor k tomuto využívá data za posledních více než 30 let. Zároveň konstatuje, že bohužel je velmi málo dat dostupných z Číny a to přesto, že je zde přehrad nejvíce. Nejčastější příčinou havárie hráze je přelití a následuje zborcení hráze z různých příčin (vnitřní eroze, nestabilita tělesa) a třetí v pořadí jsou poruchy související se založením hráze. Samostatně zmiňuje působení dynamických sil na těleso hráze – zemětřesení, hurikány, ale tato poškození nejsou tak četná.

R. 36 JONATHAN FAURIEL, ALEXANDRA BECKSTEIN, OLIVIER FOURNIER, NICOLAS ADAM (Switzerland)**Nouzové plánování: Poučení o regulaci, organizaci a implementaci ve Švýcarsku**

Autor se zabývá nouzovým plánováním a krizovými plány platnými dle legislativy ve Švýcarsku. Provozovatelé přehrad jsou povinni každých 5 let provádět nouzové cvičení zaměřené na zvládnání rizika a identifikovat slabá místa plánů. Implementace plánů je ukázána na příkladu přehrad Cleuson, kde cvičení proběhlo v roce 2018. Obecně ve Švýcarsku platí, že instalovaným varovným systémem musejí být vybavena všechny přehrady o objemu nádrže větší než 2 mil.m³ a nebo ty, kde je ohroženo více než 1000 osob. Také musejí mít zpracovány evakuační plány. Pro hodnocení rizika jsou stanoveny úrovně 1-5, kdy 1 je nejnižší a 5 znamená, že situace již není pod kontrolou a hrozí nekontrolovatelné průtoky pod přehradou. Důležité jsou také zpracované povodňové plány a postupové doby pro stanovení času na evakuaci. Na příkladu přehrad Cleuson, kde je v zátopové oblasti 140 tis. obyvatel, je popsán postup činností jak provozovatele, tak i zástupců samosprávy, kontrolních orgánů a záchranných složek.

R. 37 ALEXANDRA BECKSTEIN, BETTINA GEISSELER, BURKHARD RÜDISSEER (Switzerland)**Nouzové plánování a řízení při poruchách přehrad: přístupy ve Švýcarsku, Rakousku a Německu**

Autoři příspěvku konstatují, že opatření přijatá různými země v oblastech nouzového plánování, bezpečnosti veřejnosti a zabezpečení jsou velmi různé a jejich implementace do právních předpisů se značně liší, a to i přesto, že tyto země jsou si velmi podobné svým uspořádáním. Nutnost funkčních plánů dokazují také poruchy přehrad v posledním období. V příspěvku je popsána historie a legislativní vývoj v jednotlivých zemích, kdy jsou popsány povinnosti vlastníka, samosprávy a kontrolního dohledu. Detailně jsou přístupy jednotlivých zemí popsány podle okruhů – Bezpečnost přehrad, bezpečnost veřejnosti a zabezpečení ve smyslu ochrany před vnějšími hrozbami a kriminálními činy.

R. 38 PATRICE DROZ, GEORGES R. DARBRE, BOUATHEP MALAYKHAM (Switzerland)**Nouzová bezpečnostní kontrola v Lao PDR**

Velké povodně v červenci a srpnu 2018 v Laosu způsobily poruchu přehrad Xe Pian-Xe Namnoy. Následně ministerstvo energetiky a těžby provedlo kontrolu bezpečnosti přehrad v Laosu a požádalo zahraniční poradce o prověření a potvrzení závěrů a navržených bezpečnostních opatření uložených vlastníkům. Příspěvek shrnuje zjištění poradců (expertů) na místě včetně vyhodnocení naměřených dat. Jsou popsány potřebné podklady, metodika posouzení bezpečnosti, data pro vyhodnocení. Výsledkem práce 17 týmů a provedené kontroly 54 soustav sestávajících ze 79 přehrad bylo konstatování, že na přehradách chyběly (byly nedostatečně kapacitní) spodní výpusti, byla zanedbaná údržba monitorovacího systému a chyběly nouzové plány. Byla doporučena nápravná opatření v oblasti převádění povodní, nedostatečné zabezpečení v případě seizmických otřesů, problematické návrhy konstrukce přehrad (nedostatečné převýšení koruny hráze, špatný drenážní systém, nedostatečná stabilitní analýza...). Pouze 30% přehrad má vyhovující řídicí a monitorovací systém.

R. 39 ANISSA MAYANGSARI, YAYUK WIJAYA, DUKI MALINDO (Indonesia)**Poučení z poruchy v průběhu výstavby: kolaps ochranné jímky na přehradě Karalloe v Indonésii**

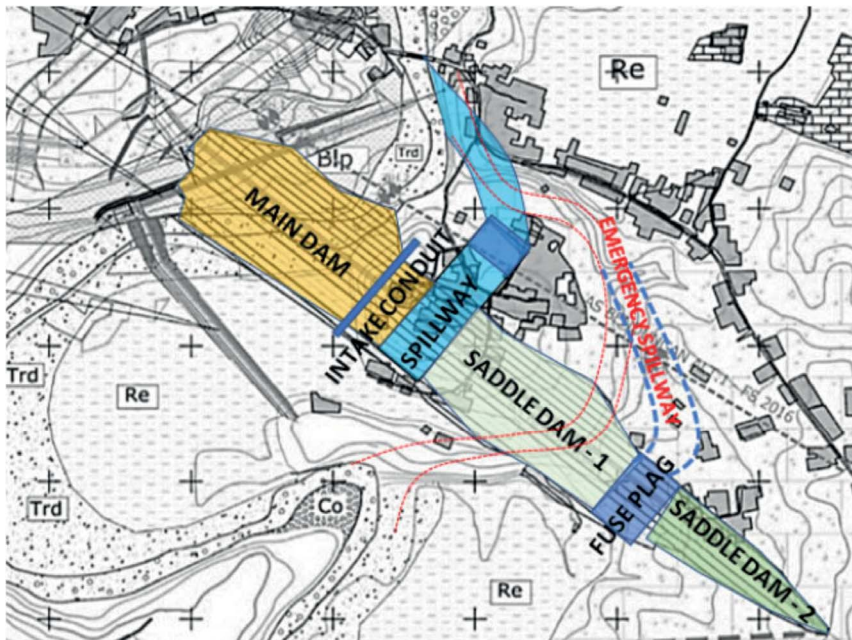
Příspěvek popisuje poučení z poruchy ochranné jímky, která byla navržena na Q_{50} a obtokového tunelu o průměru 6m navrženého na Q_{25} . V průběhu výstavby zvýšený srážkový úhrn v lednu 2019 znamenal průtok Q_{100} a přelévání ochranné jímky po dobu 3 hodin, což způsobilo kolaps jímky. Jímkou byla chráněna výstavba 85m vysoké hráze přehrady Karalloe (CFRD). Při návrhu ochranné jímky byly použity výpočtové metody stanovení kulminace návrhové povodně vycházející ze srážkových úhrnů, měřená data nebylo k dispozici.

R. 40 ANTO HENRIANTO, ESTI WULANDARI (Indonesia)**Kvantitativní přístup ke spolehlivosti varovného systému přehrady pro snížení rizika ztrát lidských životů u přehrady hrozící protržením**

Autoři příspěvku uvádí, že v Indonésii v případě instalovaného varovného systému na přehradě dojde ke snížení ztrát na lidských životech o 99% nebo dokonce o 100% v porovnání se stavem, kdy tento varovný systém není instalován. Také je řešeno, zda lze použít zkušenosti a přístupy používané v Evropě a USA v rámci Indonésie. V příspěvku je posuzován vztah mezi lidmi v ohrožení a ztrátami na životech v případě kolapsu přehrady. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulkách pro 16 přehrad a to pro případ, že jsou nebo nejsou vybaveny varovným systémem.

R. 41 ANANG MUCHLIS, SONNY B.W, CECEP M.M, NAJLAWATI L (Indonesia)**Analýza umístění bezpečnostního přelivu na přehradě Cibeet**

V roce 2017 byl představen projekt sypané přehradní hráze Cibeet, která má zamezit každoročním záplavám. Hráz s vnitřním jílovým těsněním má mít výšku 39m, celkový objem nádrže 139 mil.m^3 a samotné těleso hráze 3 mil.m^3 . Hráz měla mít navržený hlavní přeliv a také bezpečnostní přeliv v levém závázání. Jejich umístění je posuzováno vzhledem k typu podloží (jílovce). Diskutováno je také umístění obtokového tunelu po dobu výstavby. Konečný návrh uvažuje s přelivem v centrální části hráze.



Konečný návrh umístění objektů

R. 42 ALTAN ABDULAMIT, DAN STEMATIU (Romania)

Dohled nad bezpečností přehrad a hrází v Rumunsku; dříve, nyní a výhledově

Autor příspěvku popisuje vývoj bezpečnostního dohledu a legislativy v Rumunsku po roce 1990. V roce 2001 vešel v platnost zákon a bezpečnosti přehrad, v roce 2006 o bezpečnosti malých nádrží a 2010 pak následovala bezpečnost podélných hrází. Nová hodnocení stavu bezpečnosti pro nejvýznamnější konstrukce zařazené v kategorii A a B by měly být prováděny s komplexní analýzou rizik. V Rumunsku se nachází celkem 2 500 přehrad a 190 odkališť. V příspěvku jsou uvedeny příklady přehrad, které byly významné v procesu tvorby nové legislativy. U přehrady Belci (H=18 m) došlo v roce 1991 k protřetí hráze v délce 120m. Příčinou byla nedostatečná kapacita výpustných zařízení a následně přelítí hráze. Hráz odkaliště Baia Mare vysoká 17 m byla protřena v roce 2000 a uniklo cca 100tis.m³ kyanidy kontaminované vody. Příčinou byl chybný návrh konstrukce hráze, nedostatečná kontrola a deštěm zvýšená hladina v odkališti. Jsou uváděny také protřené říční hráze. V nově vzniklé legislativě jsou přehrady podle rizika rozděleny do kategorií A–D, kdy A zahrnuje nejvýznamnější přehrady.

R. 43 MAGELA, GERALDO PEREIRA (Brazil)

Případy protřetí přehrad a poučení

Autor uvádí 4 příkladů protřetých přehrad v Brazílii. Jedná se o havárie z let 1977–2009. V roce 1977 došlo k protřetí přehrady Euclides da Cunha výšky 56m a objemu nádrže 13 mil.m³. Příčinou byla regionální srážka (240 mm/24h), která způsobila povodeň

($Q=3\,100\text{m}^3/\text{s}$), došlo k překročení kapacity 2 polí přelivu ($2\,100\text{m}^3/\text{s}$) a přelití hráze. Průlomová vlna zasáhla o 20km níže umístěnou přehradu Limoeiro ($H=35\text{ m}$) a také zde došlo k protržení hráze. Oprava zahrnovala vybudování dodatečných přelivů na obou přehradách. V roce 2004 došlo v průběhu prvního napouštění k sesuvu levého břehu v místě zavázání hráze přehrady Camará (RCC) výšky 50 m a objemu nádrže 27 mil. m^3 . K obnově hráze došlo až po více jak 10 letech. V roce 2009 pak je uvedena protržení sypané hráze přehrady Algodôes výšky 47 m. Příčinou byla zpětná eroze po poškození stěny skluzu přiléhající k násypu hráze.



Přehrada Algodôes

R. 44 RICARDO ABRAHÃO, ALEX, CALCINA (Brazil)

Tři praktické příklady umístění tuhého betonového základu přehrady do nevhodného prostředí v podloží

Autor příspěvku upozorňuje na negativní vliv nízké pevnosti a nízké tuhosti geologických diskontinuit v horninovém masivu nacházejícím několik metrů pod tuhým základem hráze. Tyto diskontinuity hrají významnou roli v posuzování smykové stability betonových hrází. Metody limitní rovnováhy (LEM) pro analýzu smykové stability mají omezené použití a jsou spolehlivější pro základ na kontaktu beton x skála, kde rozložení napětí lze přibližně posoudit pomocí teorií tuhého tělesa. Pod touto úrovní, za přítomnosti geologických prvků s komplexním chováním, lze spolehlivost posoudit pouze matematickým modelováním. Jsou uvedeny konkrétní příklady. Prvním je hydroenergetice komplex Itaipu na řece Paraná. Základové podmínky jsou velmi rozdílné od rozpukaných skalních bloků s téměř horizontálními diskontinuitami až po dno údolí, kde jsou umístěny nejvyšší bloky hráze. Jsou popsány způsoby návrhu založení v místě diskontinuit včetně betonového roštu stabilizujícího danou diskontinuitu. Dalším příkladem je betonová přehrada Teles Pires založená na žulovém skalním masivu. I zde však byly nalezeny diskontinuity, které vyžadovaly zpevnění. V tomto případě zainjektování a vybudování protismykových bloků. Posledním příkladem je přehrada Camará (RCC zmiňovaná v příspěvku R.43). K ztrátě stability hráze v levém zavázání došlo vlivem usmýknutí po zvodnělé spáře ve skalním masivu. Před obnovou byl návrh zajištění stability posouzen matematickým modelem. V patě hráze byl doplněn stabilizační betonový blok až pod úroveň spáry v podloží.



Přehrada Camará v průběhu rekonstrukce

R. 45 FJÓLA GUÐRÚN SIGTRYGGSDÓTTIR (Norway)

Plánování a projektování dočasných ochranných jímek – příklady porušení jímky v Bergenu v Norsku

V Norsku jsou přehrady rozděleny do kategorií 0–4, přičemž 4 jsou přehrady největší, případně s největším rizikem ztrát na životech. U přehrad zařazených do kategorie 2–4 musí být tyto přehodnoceny z pohledu aktuálních požadavků a stav a konstrukční bezpečnost každých 15 let. V případě přehrady Munkebotnsvatn North (zděná z let 1843–40) o výšce 8,5 m bylo nutno přistoupit v roce 2018 k rekonstrukci. Přehrada byla nově přeřazena z kategorie 2 do 3. Součástí prací byla ochranná jímka, která po dobu výstavby hlavní hráže zajišťovala ochranu nejen staveniště, ale také území pod místem stavby. Vzhledem k malé velikosti povodí nad místem stavby (1,12 km²) nebyla realizace jímky v kontraktu povinná a byla provedena bez nákresu a řádných výpočtů. Vlivem 50 mm srážky došlo k přelití a následnému protržení jímky. Naštěstí došlo předem k evakuaci 133 osob pod místem stavby, avšak vznikly značné škody na majetku. Poučení: Jednalo se o dočasnou stavbu, která podle Norské komise pro bezpečnost přehrad nepodléhá posouzení a schválení. Přesto zde nebyly splněny doporučení Eurokodu, který pro stavby s délkou trvání do 1 roku uvádí ochranu na Q₁₀ a nad 1 rok pak Q₅₀. Obdobné doporučení dodržují ve Švédsku. V USA jsou podmínky v případě ohrožení životů shodné s podmínkami pro trvalou hráž.



Přehradý Munkebotnsvatn North s vyznačeným ohroženým územím v případě poruchy

R. 46 MAYARI BERNARD-GARCIA, TEW-FIK MAHDI (Canada)

Celosvětová databáze studií případů porušení přehrad

V příspěvku autor rozšiřuje aktuálně dostupná data (<https://doi.org/10.5683/SP2/E7Z09B>) o 3861 případech porušení přehrad po celém světě o podrobnější analýzu případů. Tuto databázi využil autor k vypracování tabulek a grafů, kde prezentuje data dle různých kritérií. Zobrazeny jsou například způsoby porušení přehrad podle konstrukčního typu. Zde u všech typů převládá přelítí hráze. Je prezentován také graf četnosti výskytu havárií v jednotlivých desetiletích za posledních 120 let. Zajímavostí je, že v databázi je uvedena také Bílá Desná.

R. 47 WANNY K. ADIDARMA, ANISSA MAYANGSARI, OKY SUBRATA (Indonesia)

Vyhodnocení povodňového plánu přehrady Batutegi v Indonésii

Přehradu Batutegi tvoří rockfilllová hráz s vnitřním jílovým jádrem. Výška hráze činí 120 m a objem nádrže 885 mil. m³. Ke stanovení návrhové povodně na přehradě Batutegi bylo použito srážkoodtokového modelu a celé povodí bylo rozděleno do 4 dílčích povodí. Návrh se skládal ze 3 dílčích modelů. Pro kalibraci byla použita data z povodně v 2018 a také 2019. Ze kalibrovaného modelu vychází při 3 denní návrhové PMP 650mm maximum PMF na přítoku do nádrže 3687m³/s a kapacita přelivu činí 949m³/s. Na základě těchto výsledků autor konstatuje, že není překročena maximální hladina a přehrada Batutegi je stále bezpečná.

R. 48 XINWANG, YUANJIANWANG, ENHUI JIANG, XIANG LI (China)**Využití teorie her k rozdělení vody a sedimentů mezi kaskádu nádrží a dolní kanál**

Analýza navrhuje integrovaný modelový rámec rozdělení průtoků a chodu sedimentů mezi třemi zúčastněnými stranami v povodí, jmenovitě Xiaolangdi, Xixiayuan a dolní kanál. Přehrada Xiaolangdi má plochu povodí neuvěřitelných 694 000 km², což zahrnuje přes 92 % plochy povodí Yellow River. Zásobní objem činí 12 650 mil. m³ vody. Oproti tomu Xixiayuan umístěná 16 km pod touto přehradou má objem nádrže pouhých 162 mil. m³. Dolní kanál Yellow River má délku 786 km, ale plochu povodí jen 23 000 km². Optimalizační model a kooperativní a nekooperativní metody teorie her se společně používají k analýze přínosů vody a sedimentů zúčastněných stran v různých scénářích.

R. 49 QIANGWANG, ENHUI JIANG, YUANJIANWANG, LIKE LI (China)**Problémy se sedimenty a strategie řízení nádrže Liujiaxia na Yellow River v Číně**

Přehrada Liujiaxia, která byla dokončena v roce 1968 se nachází na horním toku Yellow River v Číně, kvůli odkalovacímu tunelu vyhrazenému pouze pro počáteční fázi výstavby přehrady již nemůže vyřešit problém sedimentace, což má za následek výrazné snížení využitelné kapacity nádrže. Pro řešení problému byl navržen dodatečný odkalovací tunel. Jeho umístění vycházelo z modelu chodu sedimentů prostorem nádrže. Roční vnos sedimentů za roky 1968-1986 činil 42 940 000 tun a obsah sedimentů činil 1,9 kg/m³ vody. V pozdějších letech pak klesal až k 0,27 kg/m³. Přehrada do roku 2015 zachytila 1,7 × 10⁹ tun sedimentů a tím se zmenšil zásobní prostor téměř o 30%. Návrh umístění nového tunelu pro převod sedimentů podle matematického modelu by měl znamenat snížení usazování v nádrži o více než 70 %.

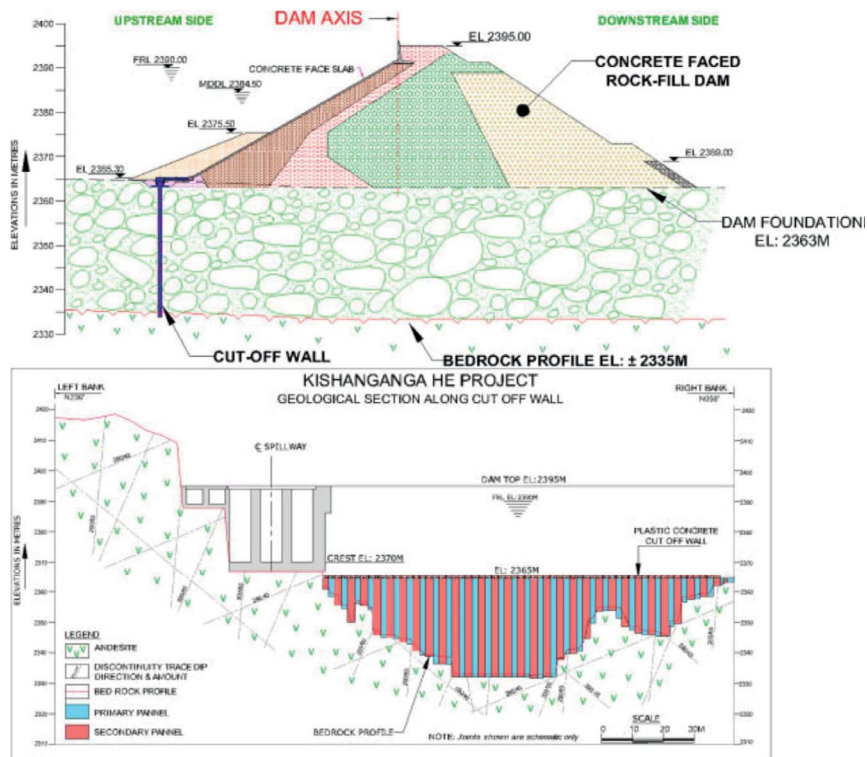
R. 50 A. NOMBRÉ, F. MILLOGO & M. KABORÉ (Burkina Faso)**(Ekonomické) důsledky selhání malých přehrad v Burkině Faso: případové studie**

V Burkina Fasu je z 1001 přehrad kolem 30 splňujících parametry „velkých přehrad“ dle standardu ICOLD. Každoročně však dochází k havárii nebo poruchám až deseti hlavně malých přehrad. Příspěvek uvádí, jakým způsobem lze snížit počet těchto poruch. Hlavní příčinou poruch je přelítí a vnitřní sufoze. Důvodem je nedostatek hydrologických údajů a nevhodný návrh bezpečnostního přelivu. Dále jsou uváděny nekvalitní geologický průzkum, nedodržení kvality prací a zanedbaná údržba. Jsou uvedeny konkrétní příklady. Homogenní přehrada Bampela výšky 5,8 m a objemu nádrže 4,5 mil. m³. V roce 2007 došlo k přelítí koruny a protřzení hráze. Stejný problém nastal na obdobné přehradě Gazandouré také v roce 2007. Kromě vyčíslení nákladů na opravu však v příspěvku nejsou uvedeny slibované návrhy na zlepšení.

R. 51 A. K. SINGH, SUNIL J. GANVIR (India)**Změna metodiky ve výstavbě plastbetonové těsnicí stěny v projektu Kishanganga He****Change in methodology in construction of plastic concrete cut-off wall adapted in Kishanganga He project**

Přehrada Kishanganga (CFRD) je 37 m vysoká a byla dokončena v roce 2018. Je zdrojem vody pro 3 soustrojí o výkonu 3 × 110 MW. Jedním z klíčových aspektů projektu bylo vybudování 134 m dlouhé, 1 m široké a 134 m dlouhé plastbetonové těsnicí stěny pod základovou sparou do

maximální hloubky 33 m. Zeď byla provedena metodou vrtní a odstřelů a následnému vybrání materiálu kvůli přítomnosti velkých balvanů. V příspěvku je detailně popsán postup návrtů, odstřelů, zajištění stěny vrtu proti zasypání i realizace podzemní stěny tvořené dvěma pořadími vrtů.



Přehrada Kishanganga, podzemní stěna

Otázka 106: Dohled, instrumentace, monitoring a získávání dat

Zpracovatelé výběru příspěvků:

Ing. Stanislav Kotaška (Ústav vodních staveb, Fakulta stavební VUT v Brně)
prof. Ing. Jaromír Říha, CSc. (Ústav vodních staveb, Fakulta stavební VUT v Brně)
Ing. Miroslav Špano, Ph.D. (Ústav vodních staveb, Fakulta stavební VUT v Brně)

Otázka 106 byla rozdělena do 4 podtémat:

1. Dlouhodobý výkon stávajících systémů monitoringu včetně spolehlivosti a přesnosti; důležitost vizuálních prohlídek.
2. Nové technologie v instrumentaci a monitorování hrází a základů.
3. Sběr a zpracování dat pro hodnocení chování přehrad, predikce a identifikace poruch.
4. Pochopení a zacházení s velkým množstvím dat, včetně využití umělých inteligencí.

Generálním zpravodajem této otázky byl pan Manuel G. De Membrillera Ortuño (Španělsko).

V této otázce bylo publikováno 41 příspěvků shrnutých v generální zprávě:

R. 1 MATTEO SBARIGIA, DAVIDE PAUSELLI, MATTIA PALMIERI, PAOLO CHECCARELLI, ROSELLA CARUANA (*Italy*) Performance of large dams under the 2016-2017 seismic sequence in central Italy

R. 2 MASSIMILIANO CARCIONE, ROSELLA CARUANA, MATTEO SBARIGIA, FABRIZIO FRASCA (*Italy*) Enel experience of latest years in central Italy dam monitoring through new technologies.

R. 3 MARCO BERSANO BEGEY, ROBERTO BERTERO (*Italy*) Stability of the rocky slopes facing large reservoirs. innovative verification and risk assessment approaches using 3d point cloud analysis – the case of La Penna dam (Arezzo, Tuscany, Italy).

R. 4 ARMANDO LANZI, MARIA CRISTINA BRAMATI, ROSELLA CARUANA (*Italy*) The Italian experience of post-earthquake inspection and safety evaluation of large dams.

R. 5 J.G. STENFERT, D. HONINGH, M. VAN HOEK, B. KOLEN, I. VAN DE KERK, H. JANSSEN, K. MIDDELJANS, C.H. OOSTINGA, E. BOERMA (*Netherlands*) Data science pilot study: identifying risk of dam failure using artificial intelligence.

R. 6 FERNANDO SALAZAR, ANDRÉ CONDE, CARLOS BARBERO (*Spain*) An open-source software for dam monitoring data analysis: exploration, curation and machine learning model fitting.

R. 7 STEFAN HOPPE, ÓSCAR PÉREZ ARROYO, JÜRGEN FLEITZ (*Spain*) Digital technologies to manage dam safety records.

R. 8 JUAN MATA, ANTÓNIO TAVARES DE CASTRO (*Portugal*) Surveillance of large concrete dams aided by automated monitoring systems and machine learning techniques. contribution from the Portuguese experience.

R. 11 THIERRY GUILLOTEAU, MATTHIEU DOUAT, OLIVIER RUSSO (*France*) Retour d'expérience EDF de l'auscultation des barrages.

R. 12 FRANÇOIS MARTINOT, GUILLAUME STOLTZ, CYRIL GUIDOUX, MAXIME BOUCHER, SYLVIE NICAISE, JEAN-ROBERT COURIVAUD, LAURENT PEYRAS

(France) Méthodes de surveillance des fuites par fibre optique, mise en oeuvre au sein d'une organisation de surveillance des barrages et nouvelle application aux ouvrages d'altitude.

R. 13 XAVIEN MOLIN, PATRICE ANTHINIAC, PAULINE BOFFETY, PHILIPPE KOLMAYER (France) Mesures in-situ : un atout pour juger de la représentativité des modélisations numériques.

R. 14 THÉO DEZERT, CHRISTOPHE PICAULT, BRUNO DAUMAS, OLIVIER MAGNIN, CHRISTOPHE VERGNIAULT, JEAN-ROBERT COURIVAUD (France) Caractérisation des fuites et de la lithologie des digues de canaux par méthodes géophysiques et fusion de données.

R. 15 GUILLAUME TERRASSE, PAUL-HENRI FAURE, ERIC VUILLERMET, YANN GAYET (France) Utilisation des données haute résolution par drones pour la surveillance des ouvrages hydrauliques: de l'acquisition au traitement.

R. 16 ALEXANDRE SIMON, JEAN-PAUL FABRE, MATHILDE DE GRANRUT (France) Nouvelles analyses du comportement des barrages (piézométrie et débits: comportements non linéaires).

R. 17 GUILLAUME VEYLON, NATHALIE ROSIN-CORRE, YIFENG LIN, CLAUDIO CARVAJAL, ANTOINE WAUTIER, FRANCK TAILLANDIER, LI-HUA LUU, LAURENT PEYRAS (France) Analyse des données d'auscultation de barrages par des méthodes d'apprentissage automatique.

R. 19 MATHIEU DESJARDINS, SEAN WHITAKER, ANTONY TROLLOPE, CAIUS PRISCU (Canada) Lessons learned from long term surveillance of two tailings storage facilities in the Canadian arctic.

R. 20 BILL SHERWOOD, RYAN BUCHOON, ROBIN HOULIK (Canada) "But where exactly are we?": Positioning and navigation accuracy in remote underwater surveys.

R. 21 ERIC TIEDJE, C. RICHARD DONNELLY, KAI-SING HO, PAUL TOTH, RICHARD A. DALE, RAMY SAADELDIN, LUIGI PERRA (Canada) Numerical analysis to support the rehabilitation and long-term monitoring of the Waba dam.

R. 22 SAM JOHANSSON, ARI DAVID, MICHAEL MONDANOS, ANNA STORK, AURÉLIEN MORDRET (Sweden) Distributed acoustic sensing for detection of changes in embankment dams related to seepage and internal erosion.

R. 23 JASMINA TOROMANOVIC, JAN LAUE, HANS MATTSSON, SVEN KNUTSSON, PETER VIKLANDER, CHRISTIAN BERNSTONE (Sweden) Observations from initial impoundment of an experimental embankment dam – field data and modelling.

R. 24 ROBERT TORNBERG AND CHRISTIAN BERNSTONE, PETER VIKLANDER, HEDWIG HAAS (Sweden) SAA measurement for positioning filter tips of standpipes in embankment dams.

R. 25 SAM JOHANSSON, CHRISTIAN BERNSTONE (Sweden) Temperature modelling and distributed temperature sensing using optical fibers in a test dam.

R. 26 KUNIHIRO TOMITA, TETSUYA SUMI, AKIRA SUZUKI, SHIGEHARU JIKAN, SHIGEYOSHI NOYORI, NOBUTERU SATO, CHIKAKO, ARAYA (Japan) Dam body behavior monitoring by GNSS in Hachisu dam and applicability.

R. 27 MEGUMI NAKASHIMA, SATOSHI HARUNA, YUJI IWAMATSU, SOTA UCHIDA, ATSUSHI GOTO, KEISUKE HATANO (Japan) Benefits of introducing an ICT-based staff support system for disaster response work along the lake Biwa shoreline and its extended uses.

R. 28 NARIOYASUDA, ZENGYAN CAO (*Japan*) Seismic performance verification of a rockfill dam against large doublet earthquakes.

R. 29 MASAYUKI KASHIWAYANAGI, ZENGYAN CAO (*Japan*) Investigation of damping characteristics of dams evaluated by DE/TFM method.

R. 30 HIROFUMI OKUMURA, TETSUYA SUMI (*Japan*) Characteristic evaluation and countermeasure planning of reservoir sedimentation utilizing the long-term survey data in hydropower dam.

R. 31 ABDELILAH BOUKAIDI LAGHZAOU, SIHAM BELHACHMI, MARIAM MAHDAOUI (*Morocco*) Diagnostic des témoins d'auscultation des tirants précontraints du barrage El Kansera.

R. 32 PEIWEI XIAO, BIAO LI, XINGGUOYANG, NUWEN XU, (*China*) Characteristics of micro seismic *b*-value associated with large deformation of rock mass in high geostress underground powerhouse caverns.

R. 33 SHUAIDONGYANG, ZHIHUI HUANG, XIAOLIANGWANG, MI ZHOU (*China*) Field text of soft soil preloading in the estuarine area of the Pearl River.

R. 34 FRANCK SCHMIDT, JONATHAN FAURIEL, JEAN-CLAUDE KOLLY, REYNALD BERTHOD, VINCENT BARRAS (*Switzerland*) Lasergrammétrie et vidéo-tachéométrie au service de la surveillance et de la sécurité des barrages.

R. 35 DANIELE INAUDI, RICCARDO BELLI, RÉGIS BLIN (*Switzerland*) Fiber optic distributed sensing system for monitoring of tailings storage facilities.

R. 36 MARIUS BÜHLMANN, DAVID F. VETSCH, GEORGES R. DARBRE, RICCARDO RADOGNA, ROBERT M. BOES (*Switzerland*) Multi-objective calibration of dam behavior analysis model for gravity dams: application to Robieci dam.

R. 37 RUSSELL MICHAEL GUNN (*Switzerland*) New concept for concrete swelling evaluations based on surveillance and monitoring data.

R. 38 FRANCESCO AMBERG (*Switzerland*) Advanced deterministic models to assess dam displacements application example at 3 large arch dams.

R. 40 ANDRI P.W, LOLOW.R, RIZAL N.H (*Indonesia*) Analysis and evaluation of short and long term Jatiluhur dam behavior between instrument data and seep/w application.

R. 42 ARIS RINALDI, NALVIAN, JOKO MULYONO (*Indonesia*) Hydrogeology study: sustainable groundwater monitoring of Banyu Urip dam.

R. 43 IRINEL DANIELA IACOB, CATALIN POPESCU (*Romania*) Data acquisition and processing to evaluate the behavior of dams, predict and identify incidents.

R. 44 JOAQUIM PIMENTA DE ÁVILA, GEAN LOPES TEIXEIRA (*Brazil*) Risk based monitoring planning.

R. 45 FLORIAN LANDSTORFER, ERICHWAGNER (*Austria*) Durlassboden – how old measurement data and new data processing methods improve the understanding of a 50-year-old embankment dam with underseepage.

R. 46 THÉO DEZERT, GANESH HIRIYANNA RAO RAVINDRA, FJÓLA GUÐRÚN SIGTRYGGSDOTTIR (*Norway*) Riprap and rockfill dam experimental models exposed to overtopping events.

R. 1 MATTEO SBARIGIA, DAVIDE PAUSELLI, MATTIA PALMIERI, PAOLO CHECCARELLI, ROSELLA CARUANA (Italy)

Provoz velkých přehrad při seismických sekvencích v období 2016–2017 ve střední Itálii

Ve střední Itálii se mezi srpnem 2016 a lednem 2017 vyskytla seismická sekvence, se čtyřmi velkými zemětřeseními s místní magnitudou (Richterova stupnice) M_w od 5,5 do 6,5, zasaženo bylo asi 40 velkých přehrad. Vlastníci každé přehrady po každém z více než 50 zemětřesení s magnitudou $M_w > 4$, provedli vizuální prohlídky a kontroly, aby měli okamžité informace o důsledcích otřesů. Stejně tak italská správa přehrad, ve spolupráci s inženýrem odpovědným za bezpečnost přehrady, provedla mimořádné audity za účelem ověření bezpečnostních podmínek.

Obecně nebyly zaznamenány žádné významné vlivy na tělesech hrází ani na březích. U všech přehrad bylo možné provést kladné mimořádné prohlášení o bezpečnostních podmínkách podle italské legislativy.

Během seismické sekvence vlastníci děl zvýšili četnost měření s cílem zachytit hlavní účinky zemětřesení a chování přehrady. U betonových přehrad nejbližší epicentřům byly pozorovány posuny a mírné sedání v řádu milimetrů. Odchytky vzhledem k normálnímu chování hrází byly pouze při prvních měřeních po velkých zemětřeseních. Kromě toho několik přehrad zaznamenalo dočasné zvýšení vztlaků a průsaků, které se obvykle v následujících dnech ustálily opět na normálu.

U některých přehrad vlastníci po dohodě s úřady rozhodli o provedení podrobných studií s cílem navrhnout program údržby, popř. úpravy na zvýšení bezpečnosti děl. Kromě toho byly na některých přehradách implementovány automatické a dynamické monitorovací systémy s cílem poskytnout kvalitnější údaje o chování přehrady, které by byly dispozici okamžitě po zemětřesení.

Co se týče funkčních zařízení, byla pozorována některá poškození budov, zejména z hlediska trhlin u zděných staveb. Seismické přehodnocení, které již začalo, bylo urychleno zemětřesením, odhaluje řadu nedostatků s ohledem na seismické zatížení. Souhrnně lze konstatovat, že seismická sekvence zdůraznila existující problémy přehrad a potřebu jejich řešení.

R. 2 MASSIMILIANO CARCIONE, ROSELLA CARUANA, MATTEO SBARIGIA, FABRIZIO FRASCA (Italy)

Nové zkušenosti Enelu při monitorování přehrad ve střední Itálii pomocí nových technologií.

Článek se zabývá zkušenostmi s monitorováním přehrad pomocí nových technologií, které provádí Enel Green Power Company během posledních let v řadě lokalit umístěných ve střední Itálii.

Tradiční monitorovací systém používaný na většině přehrad společnosti Enel je založen na analogických nebo digitálních zařízeních umožňujících získat data přímo na místě, velmi často provozovatelem podle Pokynů pro provoz a údržbu přehrady. Pomocí vysoce přesných mechanických a optických přístrojů, v některých případech robotizovaných, byly v průběhu let získány rozsáhlé databáze dat o chování přehrad.

Nicméně, zejména během seismických sekvencí, jsou pro rychlé vyhodnocení chování přehrady a její bezpečnosti nezbytná okamžitá a dálkově přenášená data. Proto mnoho přehrad střední Itálie postižených v posledních letech 2016 až 2017 seismickou sekvencí, je nyní

vybavena automatickými monitorovacími systémy s vyšší četností odečtu hlavních monitorovacích charakteristik, jako jsou posuny a průsaký.

Některé z přehrad v epicentrech byly také vybaveny dynamickými monitorovacími systémy skládajícími se z kabelových nebo Wi-Fi akcelerometrických senzorů. Důležité byly zejména registrace otřesů a data dynamického strukturálního chování, efektů odezvy v místě hráze a data o reálných vlnových parametrech.

Další specializované postupy a technologie vyvinuté v posledních letech Enelem představuje laserové skenování aplikované v hydraulických studiích nebo při monitorování nestability svahů, letecká fotogrammetrie aplikovaná na 3D stabilitní modelování a při podrobné lokální kontrole.

Automatická, okamžitá a podrobná informační data, kontrolovaná manuálně, analogickým nebo digitálním měřením, se jeví jako nejlepší způsob monitoringu chování přehrad v běžných i mimořádných podmínkách. Systémy správy dat a odborné dovednosti požadované pro jejich analýzu jsou zaváděny souběžně s technologickým pokrokem a umožňují provádět lepším způsobem monitoring chování velkých přehradních děl.

R. 3 MARCO BERSANO BEGEY, ROBERTO BERTERO (Italy)

Stabilita skalnatých svahů velkých nádrží. Inovativní přístupy při ověřování a posuzování rizik s využitím analýzy 3d bodových mraků – příklad na přehradě La Penna (Arezzo, Tuscany, Italy).

Stabilita skalních svahů je důležitým rizikovým faktorem přehrad a jejich nádrží. Nestabilita břehů může vyvolat zřícení velké masy horniny do nádrže a vyvolat vlnové jevy s následným poškozením konstrukce hráze a ostatních objektů. Na druhou stranu, bezpečnostní kontroly jsou složité, komplexní a často nespolehlivé, protože vyžadují podrobné posouzení diskontinuit ve skalním mase, což je na úrovni podrobných průzkumů obtížné mimo jiné z důvodu obtížného přístupu.

Současný vývoj průzkumných technologií pomocí laserového skenování a UAV fotogrammetrie pomocí dronů umožňuje získat velmi detailní 3D bodové mraky jako podporu analýz diskontinuitních systémů a trhlin (spár) predisponujících nestabilitu.

V článku je uvedena aplikace těchto metod na přehradě La Penna na řece Arno (Itálie), která je ve správě společnosti ENEL. Prezentovány jsou pokročilé technologie pro průzkum pomocí UAV a analýz jako filtrování a shlukování 3D bodových dat zaměřených na kontrolu a hodnocení možného zřícení horniny v souvislosti s generováním nebezpečných vln a možnou přímou expozicí díla.

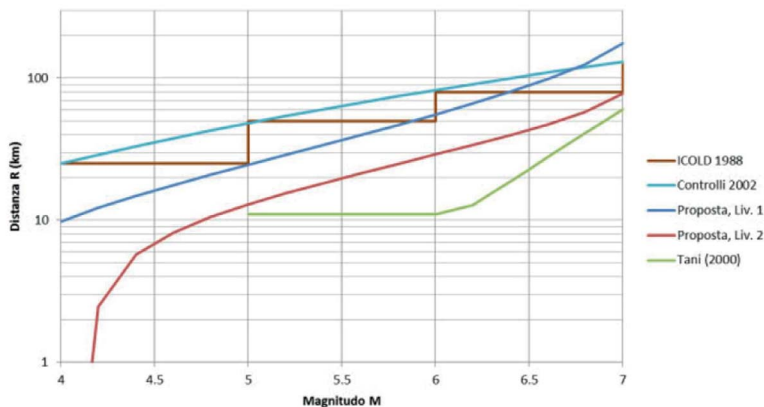
R. 4 ARMANDO LANZI, MARIA CRISTINA BRAMATI, ROSELLA CARUANA (Italy) Italské zkušenosti z inspekcí a hodnocení bezpečnosti velkých přehrad po zemětřesení.

Článek pojednává o praxi při inspekcích a kontrole velkých přehrad v Itálii po zemětřesení. V roce 2002 vydala Italská správa přehrad první metodické postupy pro inspekce přehrad po zemětřesení, kdy byla implementována doporučení Bulletinu ICOLD č. 62 „Inspekce velkých přehrad po zemětřesení“ pro identifikaci přehrad v postiženém území v závislosti na síle zemětřesení a vzdálenosti od zdroje k danému místu. Hráz umístěná uvnitř "detekčního" prostoru vyžaduje okamžitou inspekci a kontrolu. Implementovaný postup také poskytuje podrobné návody na druh a rozsah kontrol a o sestavování kontrolních zpráv.

Od roku 2002 byl tento postup použit již mnohokrát, výrazně se uplatnil zejména po seismických událostech ve střední Itálii v letech 2009, 2016 a 2017, kdy bylo zasaženo mnoho velkých přehrad. Poučení z více než patnácti let jeho využívání přiměly italskou přehradní správu k aktualizaci kritérií kontrol po zemětřesení. V roce 2018 byl proto vydán nový postup, který se používá v současné době. Nový postup zavedl tři hlavní změny:

- rozlišuje dva typy kontroly v závislosti na síle otřesů,
- definuje detekční kontrolu plochy na základě explicitně definovaných mezí zemětřesného zrychlení,
- umožňuje zohlednění údajů o zemětřeseních zaznamenaných seismickými monitorovacími systémy v reálném čase; není-li tento údaj k dispozici, odhaduje se zrychlení v úrovni povrchu terénu v místě přehrady na základě intenzity zemětřesení a vzdálenosti epicentra od vodního díla pomocí rovnice predikce pozemního pohybu.

Ve srovnání s postupem z roku 2002, vede nová metoda k menší ploše screeningu přehrad v případě nízkého až středního rozsahu zemětřesení. Srovnání kritérií pro odvození screeningového území je na následujícím obrázku.



Inspekce po zemětřesení jsou rozděleny na 1. a 2. stupeň. Inspekce se aktivuje, když otřesy v lokalitě dosáhnou hodnoty 0,04 g a 0,07 g. Postup uvádí seznam kontrol, které mají být provedeny u obou typů inspekce.

Firma ENEL provozuje řadu velkých přehrad a pro každou z nich je vypracován zvláštní dokument k provádění kontrol po zemětřesení. V článku je popsán dokument nazvaný Příloha 2 plánu kontroly přehrady.

R. 5 J.G. STENFERT, D. HONINGH, M. VAN HOEK, B. KOLEN, I. VAN DE KERK, H. JANSSEN, K. MIDDELJANS, C.H. OOSTINGA, E. BOERMA (Netherlands)

Pilotní studie v oblasti datových věd: identifikace rizika selhání přehrady pomocí umělé inteligence

Predikce rizika selhání přehrady je konvenčně zkoumána na základě fyzikálních přístupů. Přístup založený výhradně na datech však může poskytnout nové poznatky a formulovat nové otázky ohledně odhadu rizika selhání, porovnání přehrad na celém světě a identifikace zranitelnosti přehrad. Tato studie používá ICOLD World Register of Dams (Registr přehrad)

v kombinaci s databází ICOLD Incident (Bulletin 99). Cílem je vyjasnit rozdíly mezi neporušenými a protřazenými přehradami pomocí tzv. samoorganizujících se map (tzv. Kohonenova síť). Jedná se o pilotní studii, ve které je tato relativně nová technika použita k provedení výzkumu založeného čistě na datech. Klasy byly nalezeny v důsledku extrémně velkých hrází. Nebyly nalezeny žádné jasné vzory, které by mohly poskytnout nové poznatky o selhání přehrad. Omezením této studie byl výběr parametrů. Metodika vyžaduje zcela naplněnou databázi. Proto byl použit kompromis mezi počtem parametrů a množstvím zbývajících přehrad v databázi. I když to bylo nevyhnutelné, výběr parametrů vedl k významnému zmenšení použitelné databáze. Pro získání nových poznatků měla být tato metodika s ucelenější databází. Za účelem obohacení analýzy by navíc měly být doplněny externí zdroje dat. K dosažení tohoto cíle by bylo třeba získat více informací o přesné poloze přehrad v databázi. Tyto druhy studií obvykle nevedou přímo ke statisticky správnému výsledku. Použití samoorganizujících se map však může poskytnout objektivní a nezkreslený pohled na datovou sadu, který může zpětně vést k novým úvahám o fyzikálních stránkách selhání přehrad. Tímto způsobem by uvedená metoda mohla být užitečná v kombinaci s odbornými znalostmi o selhání přehrad.

R. 6 FERNANDO SALAZAR, ANDRÉ CONDE, CARLOS BARBERO (Spain)

Software s otevřeným zdrojovým kódem pro analýzu dat z monitorování přehrad: průzkum, náprava a sestavení modelů strojového učení.

Pokrok v měřicí technice umožňuje větší přesnost dat a vyšší frekvenci odečtů v monitorovacích systémech přehrad, ale také vyžadují pokročilé nástroje analýzy velkého množství zaznamenaných údajů. Přitom na řadě přehrad po celém světě jsou výsledkem monitoringu jednoduché, nízkočetné časové řady záznamů obsahující často chybějící data. V článku je prezentován softwarový nástroj s otevřeným zdrojovým kódem, který obsahuje funkcionality pro sběr dat, jejich "vyčištění" a analýzu. Lze jej použít pro různé druhy přehrad. Jakmile jsou data předzpracována, nástroj může být použit pro vytváření prediktivních modelů pomocí "Boosted Regression Trees", robustního a snadno použitelného strojového učení. V příspěvku jsou možnosti aplikace demonstrovány na analýze dat klenbové přehrady La Baells, s výškou 100 m nad základy. Výsledky ukazují schopnost nástroje doplnit chybějící data, generovat nové proměnné a vytvářet přesné prediktivní modely, kterými lze analyzovat odezvu přehrad na jakékoli zatížení.

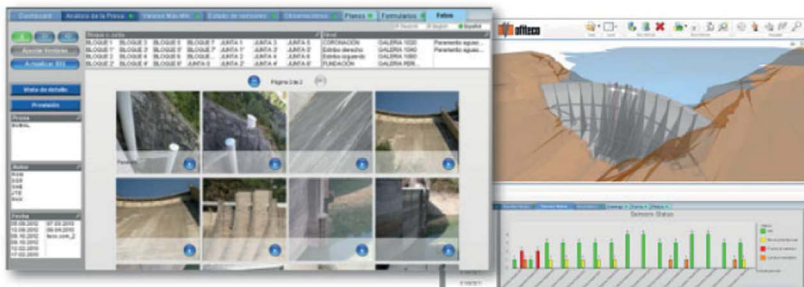
R. 7 STEFAN HOPPE, ÓSCAR PÉREZ ARROYO, JÜRGEN FLEITZ (Spain)

Digitální technologie pro řízení a zaznamenávání bezpečnosti přehrad při provozu.

Kompletní dokumentace hráze je životně důležitá pro spolehlivé hodnocení bezpečnosti přehrad a s nimi souvisejících rizik. Měly by se kombinovat aktualizované záznamy z monitoringu s další dokumentací o bezpečnosti přehrad. Za tímto účelem musí být pro oprávněné osoby zajištěn snadný přístup k potřebným datům. Pro rychlé vyhledávání informací je vhodné mít zavedené třídění a klasifikaci dokumentů a použít nástroje pro filtrování a vyhledávání informací. V každém případě je nezbytná průběžná aktualizace technických dat o vodním díle.

V současné době se čím dál více uplatňují moderní technologie jako digitalizace, systémy správy dat, zapojení správců webových dokumentů, BIM, nástroje virtuální a rozšířené reality apod. Zdůrazňuje se využití zobrazení založeného na 3D modelech (obr.), které usnadní moderní řízení přehrad. Vlastníci přehrad musí investovat do shromažďování a kategorizování

všech dokumentů, dat a záznamů a zajišťovat trvale aktualizaci systému správy dat. Zejména pro dlouhodobou infrastrukturu jako jsou přehrady jde o aspekt zásadní důležitosti, který umožní transformovat živou paměť na účinnou institucionální paměť umožňující přenos znalostí na nové generace.



Obr. Vyhodnocení vizuální inspekce a monitoringu propojeného s 3D modelem a databázi

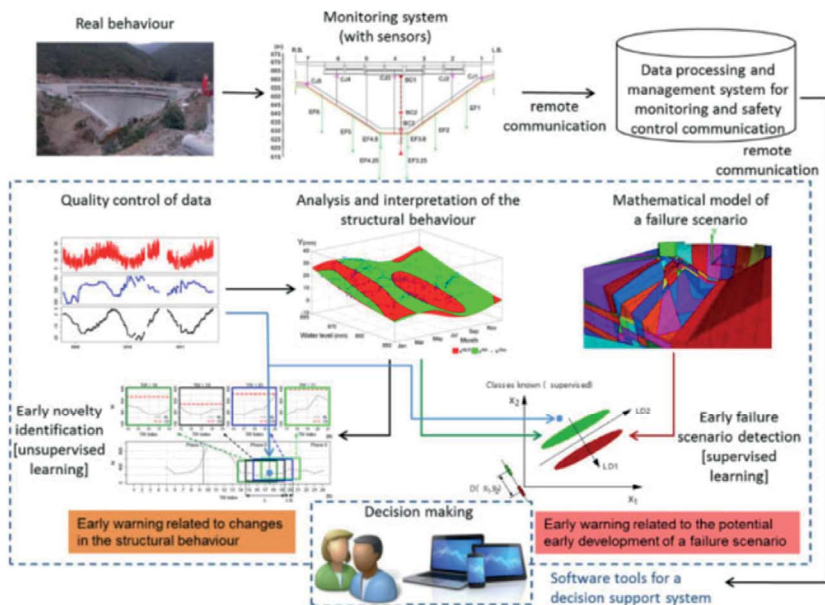
R. 8 JUAN MATA, ANTÓNIO TAVARES DE CASTRO (Portugal)

Dohled nad velkými betonovými přehradami za pomoci automatizovaných monitorovacích systémů a technik strojového učení. Příspěvek z Portugalských zkušeností.

Autoři uvádí příklady z řízení a vyhodnocování velkých betonových přehrad v Portugalsku. Uvádí nové přístupy pro řízení betonových přehrad automatizovaným monitorovacím systémem se strojovým učení (umělá inteligence). Článek popisuje vývoj informačních systémů řízení a několika metodik zaměřených na zlepšování bezpečnosti a kontroly bezpečnosti betonových přehrad v reálném čase, s využitím automatického sběru dat ze systémů, které umožňují:

- i) vyhodnocování kvality odečtů přístrojů s ohledem na redundanci měřících systémů a s využitím vhodných nástrojů pro identifikaci odlehklých hodnot,
- ii) analýzu a interpretaci chování konstrukce s využitím technik strojového učení, jako jsou neuronové sítě a krátkodobé Fourierovy transformační metody,
- iii) podpora rozhodnutí vyplývajících z posouzení bezpečnosti konstrukce, konkrétně vydávání zpráv včasného varování v důsledku klasifikace měření v reálném čase na základě předem definovaných prahových hodnot a včasné detekci vzorců souvisejících se scénáři selhání přehrady.

Je třeba poznamenat, že neustálé zdokonalování nových automatizovaných monitorovacích zařízení systémů v kombinaci s novými přístupy k analýze dat, jsou důležitá pro dosažení hlavního cíle posuzování bezpečnosti přehrad, pokud možno v reálném čase.



R. 11 THIERRY GUILLOTEAU, MATTHIEU DOUAT, OLIVIER RUSSO (France)

Zpětná vazba EDF k monitorování přehrad.

V roce 1982 zveřejnila společnost Électricité de France (EDF) na kongresu ICOLD v Riu de Janeiro zprávu shrnující 30 let monitorování jejích přehrad. Účelem tohoto článku je aktualizace této zprávy, která nyní obsahuje více než 70 let zkušeností v oblasti řízení bezpečnosti vodních děl. Článek rozvíjí dva základní aspekty řízení přehrad:

- kontrola kvality prováděných měření po dlouhou dobu na přehradách. To je založeno na různých činnostech, počínaje kvalifikací materiálů až po školení operátorů pověřených měřením,
- řízení dynamického procesu monitorování s využitím všech shromážděných údajů k tomu, aby se co nejrychlejšímu odhalení a ošetření předzvěstí anomálií v chování. Výsledky získané na úrovni portfolia, ilustrované na konkrétním případě, potvrzují efektivní účinnost přínosu monitorování k řízení bezpečnosti přehrad.

Neexistuje žádný definitivní závěr ohledně nejlepšího postupu pro testování přehrad, každý provozovatel uplatňuje postup, který nejlépe odpovídá jejím regulačním požadavkům, organizaci a potřebám. Na základě každodenních zkušeností s velkým počtem přehrad, autoři článku v závěru uvádí některá doporučení, jak zajistit, aby monitorování účinně plnilo svou úlohu kontroly bezpečnosti přehrad v dlouhodobém horizontu udržitelným způsobem. Níže jsou navrženy ve formě "10 pravidel":

- Pravidelně přezkoumávat relevanci systému s ohledem na možné způsoby selhání.

- Zajistit kvalitu a výkonnost měřících zařízení prostřednictvím řízeného výběru senzorů a dodavatelů, a to integrací technologického pokroku.
- Udržovat monitorovací zařízení v provozním stavu, aby byla zaručena kvalita a kontinuita monitorování.
- Dlouhodobě školit a motivovat zaměstnance.
- Řídit proces provádění měření a jejich průběžného zpracování, s jasně definovanými a kontrolovatelnými požadavky a jasně určenými odpovědnostmi.
- Provádět dvouúrovňovou validaci měření, aby se posílily výsledky měření, posílila robustnost procesu a schopnost odhalit abnormální události.
- Zabezpečit získávání, zpracování a uchovávání údajů v odpovídajícím informačním systému.
- Prošetřit jakýkoli neobvyklý nebo abnormální signál tím, že se obrátíte na všechny příslušné orgány (operátory, technické služby, provozovatele, technické útvary, projektanti, kontrolní útvary).
- Poskytnout monitorovacímu procesu potřebné zdroje a prostředky, přičemž náklady musí být přiměřené dané problematice.

R.12 FRANÇOIS MARTINOT, GUILLAUME STOLTZ, CYRIL GUIDOUX, MAXIME BOUCHER, SYLVIE NICAISE, JEAN-ROBERT COURIVAUD, LAURENT PEYRAS (France)

Metody monitorování průsaků pomocí optických kabelů, implementace v rámci organizace monitorující přehrady a nová aplikace na přehrady nacházející se v horách.

Distribuovaná technologie měření pomocí optických vláken, která umožňuje měření teploty na několikakilometrových lineárních úsecích s vysokým rozlišením měření, dosáhla v posledních letech technické vyspělosti.

Příspěvek popisuje metodický pokrok dosažený v souvislosti se dvěma oblastmi použití:

- i) EDF industrializace pasivních metod detekce průsaků potenciálně iniciujících vnitřní erozi v násypch
- ii) inovační experiment INRAE s metodou detekce poruch pomocí aktivní metody v systémech přehrad nacházející se v horách.

Obecně platí, že u vodních konstrukcí, které zadržují vodu, je detekce a lokalizace průsaků tělesem hráze či podložím zásadní, aby byla zaručena stabilita konstrukcí. Řešením této potřeby monitorování účinným způsobem slouží technologie měření pomocí optických vláken. K jejímu plnému využití je třeba nejprve definovat nejhodnější provozní metodu pro danou konstrukci a její problémy. S cílem odhalit a lokalizovat nejnebezpečnější průsaky v násypch těles hrází, integrovaly monitorovací služby společnosti EDF do svého systému nové provozní monitorovací procesy, pro detekci průsaků, jsou popsány v tomto příspěvku.

U nádrží nacházející se vysoko v horách, kde jsou průsaky jednak škodlivé pro provoz díla, ale také nebezpečné s ohledem na rizika vzniku nestabilit, bylo využito pro monitoring optických kabelů společnosti INRAE. Ukázalo se, že tato technika je schopna lokalizovat bez falešně pozitivních nebo negativních výsledků průsaky s průtokem větším nebo rovným 0,05 l/s umístěné před optickým vláknem. Protože však úroveň detekovatelnosti průsaku závisí na vzdálenosti mezi průsakem a optickým vláknem, je třeba stanovit velikost průsaku a optické sítě, která má být umístěna v konstrukci.

R. 13 XAVIEN MOLIN, PATRICE ANTHINIAC, PAULINE BOFFETY, PHILIPPE KOLMAYER (France)**Měření na místě: přínos pro posouzení reprezentativnosti digitálních modelů.**

Pochopení chování betonových přehrad a jejich chování při seizmickém zatížení se zlepšuje. V poslední době došlo k posunu v této oblasti, a to díky numerickému modelování. Pro ověření těchto složitých modelů je důležité porovnat výsledky z modelu s měřeními in-situ. Záznamy okolních vibrací se používají k úpravě dynamických tuhostí konstrukce v numerickém modelu.

V příspěvku jsou prezentovány výsledky pro dvě přehradu. Chyba mezi první naměřenou frekvencí a frekvencí odhadnutou v modelu může být velmi významná. U jedné přehradu tato chyba vedla k podhodnocení dynamické frekvence zesílení posunů přehradu. Napětí odhadnutá numerickým modelováním jsou spojena s deformací uvažovaného modulu betonu: validace numerického modelu pouze na základě posunů hráze z monitoringu může vést k významnému nadhodnocení deformace a napětí.

Měření napětí in-situ umožní posoudit skutečné napětí hráze a ověřit platnost numerického modelu. Zkušenosti EDF ukazují, že jednoduchý numerický model může být reprezentativní pro chování hráze s pomalou rychlostí bobtnání, pro přehradu s vysokou rychlostí bobtnání to neplatí. Měření napětí in-situ se proto doporučuje pro ověření analýzy chování přehradu.

R. 14 THÉO DEZERT, CHRISTOPHE PICAULT, BRUNO DAUMAS, OLIVIER MAGNIN, CHRISTOPHE VERGNIAULT, JEAN-ROBERT COURIVAUD (France)**Charakterizace těsnosti a litologie násypů kanálů pomocí geofyzikálních metod a fúze dat.**

Od roku 2007 jsou hráze Durance a Rhôny podrobovány pravidelnému komplexnímu průzkumu, který je nezbytný pro studium vzniku nebezpečí. V tomto článku je popsána nová metodika vypracována a navržena společností "Compagnie Nationale du Rhône" a "Électricité De France". Tato metodika je kromě běžného monitoringu založena na použití geofyzikálních metod. Jejich provádění, stejně jako výhody a nevýhody specifické pro jejich použití a interpretaci jsou podrobně popsány v tomto článku. Použité metody jsou následující: ERT s technikou roll-along, vlečené kapacitní kontaktní elektrody, nízké napětí, elektromagnetická metoda blízkého pole, radarová metoda, metoda MASW, spontánní polarizace ve vodě a na souši, akustická metoda.

Tento článek představuje zpětnou vazbu na kanálech Rhone a Durance s cílem identifikovat možné průsakové zóny, jakož i heterogenitu ve struktuře násypů nebo v podloží, ale také litologickou charakteristiku těchto hrází. Využití geofyzikálního průzkumu se jeví jako řešení do budoucna, protože umožňuje

- i) lepší poznání oslabených oblastí, včetně oblastí průsaků,
- ii) zabránit průsakům,
- iii) minimalizovat provozní ztráty.

Přestože na dílech na Rhoně byly zjištěny hlavní litologické struktury a průsaky byly zjištěny na dílech na Durance, je stále třeba zajistit zlepšení diagnostiky, zejména pokud jde o interpretaci. Z tohoto důvodu byla vypracována metodika pro sloučení geofyzikálních a geotechnických informací na základě využití teorie věrohodných hmot. Tento nový přístup nabízí zlepšení charakterizace litologických souborů, přičemž se bere v potaz komplementarita a specifika.

R. 15 GUILLAUME TERRASSE, PAUL-HENRI FAURE, ERIC VUILLERMET, YANN GAYET (France)**Využití dat z bezpilotních letounů s vysokým rozlišením pro monitorování vodních staveb: od pořízení po zpracování.**

Autoři článku popisují technologie rychlé povrchové kontroly konstrukcí pomocí metod 3D skenování s vysokým rozlišením pomocí bezpilotních letadel (dronů). Tyto metody umožňují přesnější sledování vývoje konstrukce než klasická bodová (geodetická) měření. Kromě toho doplňují kontroly v terénu o kvantitativní kontrolu pohybů a posunů konstrukcí. V článku jsou uvedeny dvě metody 3D digitalizace z bezpilotních letounů (dronů) pomocí LiDAR a fotogrammetrických měření a metodu kombinující LiDAR a fotogrammetrii. Autoři v závěru článku uvádí příklady využití dat s příkladem, že realizované metody nabízejí sledování centimetrových pohybů na konstrukcích. Nicméně tyto metody také mají svá omezení, které autoři uvádí na základě zpětné vazby z digitalizace. Zatímco technologické zdokonalení senzorů a algoritmů umožňuje sledovat struktury s větší jednoduchostí a přesností, digitalizace pomocí bezpilotních letounů podléhá povětrnostním vlivům podmínkám a předpisům pro povolování letů, které omezují jejich provozní využití apod.

R. 16 ALEXANDRE SIMON, JEAN-PAUL FABRE, MATHILDE DE GRANRUT (France)**Nové analýzy chování přehrad – piezometrické výšky a průsaky: nelineární chování**

Měření v základech betonových hrází (rozevření trhlin, vztlak, průsaky, ...) jsou ovlivněny několika vratnými jevy (jako je hydrostatické zatížení, tepelné účinky) a nevratnými (jako je založení základů, dotvarování se změnou napětí v základech atd.). Klasická analýza HST (Hydrostatic, Seasonal, Temporal) vyvinutá společností EDF je často příliš zjednodušující, protože bere v úvahu pouze přidání reakcí na vnější zatížení. Zpožděné účinky vnějších zatížení, jako je teplota, hydrostatický tlak nebo viskoelastická betonů, jsou zohledněny zpožděním odpovídajících vysvětlujících proměnných, tj. teploty a hladiny vody. Mnoho jevů, jako jsou piezometrické úrovně v kontaktu betonů s horninou, otevření kontaktu hráze a proudění, jsou nelineárními jevy způsobenými několika efekty, které interagují za určitými prahy. Tento práh odpovídá přechodu z lineární do nelineární oblasti. Například tlak vody na kontaktu mezi betonem a horninou závisí na kombinovaném (a nikoli pouze aditivním) vlivu hydrostatického zatížení a vzniku trhlin, které je samo o sobě omezeno otvorem trhliny a závisí na úrovni napětí vyvolaného sezónními, hydrostatickými a časovými vlivy. Model HST se proto vyvinul do nelineárních verzí, jako jsou NL-HST a Hylp, aby se lépe přiblížily fyzikálním jevům. Konečně, díky těmto analýzám lze lépe pochopit skutečné chování přehrad a lépe předvídat jejich vývoj v čase.

R. 17 GUILLAUME VEYLON, NATHALIE ROSIN-CORRE, YIFENG LIN, CLAUDIO CARVAJAL, ANTOINEWAUTIER, FRANCK TAILLANDIER, LI-HUA LUU, LAURENT PEYRAS (France)**Analýza dat monitoringu hráze pomocí metod hlubokého učení (deep learning method)**

Bezpečnost přehrad do značné míry závisí na sledování jejího chování po celou dobu její životnosti. Existuje mnoho metod pro sestavení statistického modelu tohoto chování, který spočívá ve vytvoření prediktivního modelu míry založeného na několika vysvětlujících proměnných. Nejrozšířenějším přístupem v této profesi je vícenásobná lineární regrese (MLR). MLR však ukazuje své limity, když populace není statisticky homogenní nebo když jsou

modelované jevy silně nelineární (např. prahové efekty). Článek představuje tři typy modelů strojového učení a porovnává jejich příslušné výkony na základě tří aplikací: modelování posunů gravitační přehrady, průsaků klenbové přehrady a piezometrických úrovní v jádru sypané hráze. Analýzy autorů ukazují, že metody strojového učení pravděpodobně poskytnou užitečné příspěvky ke statistickým analýzám, zvláště když klasické vícenásobné lineární regresní modely mají nízké koeficienty determinace. Nelineární regresní modely (SVR) prokázaly snadnost použití a robustnost. Modely umělých neuronových sítí (ANN) prokázaly svou účinnost při zvažování silných nelinearit. Modely náhodného lesa (random forest - RF) byly schopny identifikovat nespojitosti v průběhu času. Tyto metody zdaleka nepředstavují univerzální metody schopné vypořádat se se všemi otázkami analýzy dat z monitorování přehrad, ale vyžadují značné technické dovednosti a odborné znalosti a musí být používány s přesností a opatrností.

R. 19 MATHIEU DESJARDINS, SEAN WHITAKER, ANTONY TROLLOPE, CAIUS PRISCU (Canada)

Ponaučení z dlouhodobého sledování dvou odkališť v kanadské arktidě.

Dva z těžebních provozů De Beers Canada, které se nacházejí v severozápadním teritoriu a v severním Ontariu, se připravují na dlouhodobé uzavření, Snap Lake Mine a Victor Mine. Jsou v provozu od poloviny roku 2000 a nyní jsou v aktivní fázi provádění vyřazování z provozu a uzavírání, včetně jejich příslušných odkališť (také nazývaných depozita jemných zbytků nebo FRD). Tento dokument představuje monitorovací a dozorové programy implementované na těchto dvou místech v souladu s pokyny Canadian Dam Association, Mining Association of Canada a požadavky interní angloamerické technické normy. Vzhledem k arktické / subarktické poloze provozů, monitorování a přístrojové vybavení FRD byly četné a týmy provádějící dohled se musely přizpůsobit a experimentovat s mnoha typy vybavení, nástrojů a technologií. Tento dokument představuje ponaučení z některých úspěšných příběhů dlouhodobého monitorování a doporučení pro potenciální implementaci v arktických podmínkách, jakož i některé nedostatky používání určitých technologií sledování a monitorování, včetně dálkového průzkumu Země. Je rovněž zdůrazněn zásadní význam tohoto shromažďování dat po mnoho let, jejich kvality, analýzy a interpretace výsledků při přípravě plánů uzavření.

R. 20 BILL SHERWOOD, RYAN BUCHOON, ROBIN HOULIK (Canada)

„Ale kde přesně jsme?“: Přesnost určování polohy a navigace při dálkových podvodních průzkumech.

Tento článek se zabývá procesy vzdáleného získávání, ukládání a následného zpracování sonarových dat z podvodních průzkumů přehrad. To bude zahrnovat vazby na existující data, jako jsou předchozí inspekce (např. k určení míry eroze v průběhu času) a nad vodou LIDAR. Tento článek bude zajímavý pro majitele přehrad, provozovatele a konzultační inženýry, kteří chtějí porozumět:

- jaké sonarové technologie/techniky mají osvědčený záznam?
- jaké úrovně přesnosti a opakovatelnosti lze očekávat od podvodních průzkumů?
- jaká data jsou nakonec prezentována ve zprávách?
- jaké jsou kritické faktory ovlivňující kvalitu dat během operací v terénu?

- co se může pokazit a co lze udělat během fáze následného zpracování pro zmírnění chyb uložených v datech?
- co je nového v technologii sonaru a jak byla stávající technologie přizpůsobena novým účelům?

Jsou použity příklady z revizních a průzkumných zpráv přehrad a okolních staveb, včetně přelivů a obtokových tunelů. Ty ukáží, jak může být sonar účinným nástrojem pro metrologii, vytváření základních strukturálních podmínek, a především získávání kvantifikovatelných dat pro okamžité i dlouhodobé řízení rizik.

R. 21 ERIC TIEDJE, C. RICHARD DONNELLY, KAI-SING HO, PAUL TOTH, RICHARD A. DALE, RAMY SAADELDIN, LUIGI PERRA (Canada)

Numerická analýza na podporu dlouhodobého sledování přehrady Waba.

Tento článek nastiňuje případovou studii analýzy, návrhu a dlouhodobého monitorovacího programu pro rekonstrukci 18 m vysoké přehrady Waba, jedné z největších sypaných přehrad postavených na citlivém jílu Champlainského moře. Od výstavby v roce 1976 přehrada prošla rozsáhlým sedáním a bočními deformacemi, zatímco pórové tlaky vody v základové spáře zůstávají výrazně vyšší, než by naznačovaly hydrostatické podmínky. Nedávné geotechnické průzkumy naznačují, že části základů zaznamenaly pokles pevnosti ve smyku v důsledku narušení jílové soudržnosti. I když přehrada není považována za bezprostřední riziko, byl proveden program dohledu tak, aby byl zajištěn pokračující bezpečný provoz přehrady až do roku 2176. V rámci programu byla provedena podrobná numerická deformační analýza hráze a základů. Byla provedena dvourozměrná deformační analýza metodou konečných prvků za použití pokročilých materiálových modelů k popisu visko-plastické konsolidace a deformace změkčující se základové hlíny. Analýza poskytla předpovědi budoucího vypořádání a náhled na riziko dalšího narušení citlivého základu. Na základě těchto předpovědí byly vyvinuty vhodné metody monitorování přehrady.

R. 22 SAM JOHANSSON, ARI DAVID, MICHAEL MONDANOS, ANNA STORK, AURÉLIEN MORDRET (Sweden)

Distribuované akustické snímání pro detekci změn v sypaných hrázích souvisejících s průsaky a vnitřní erozí.

Ve Švédsku je již asi 100 přehrad vybaveno optickými vlákny pro detekci průsaků (na základě Distributed Temperature Sensing, DTS) nebo pohybu (na základě Distributed Strain Sensing, DSS). S doplňkovým měřením pomocí distribuovaného akustického snímání (DAS) může být možné detekovat anomální průsakové proudění v přehradách bez drenážního systému, detekovat toto proudění v určité vzdálenosti od kabelu, a navíc poskytovat informace o integritě hráze. Potenciální schopnosti technologie byly proto testovány dvěma výzkumnými projekty na dvou hrázích ve Švédsku. Pasivní seismická technika, známá jako interferometrie okolního hluku (ANI), je aplikována na data DAS k zobrazení hrází a získání absolutních seismických rychlostí v hrázi a základech, což poskytuje snímek struktury. Rozšíření metody na monitorování přehrady poskytuje relativní časové změny seismických rychlostí v hrázi vzhledem k předem definované základní linii. Časové změny seismických rychlostí mohou být důsledkem materiálových změn v hrázi, například způsobených novými místy průsaků nebo probíhající vnitřní erozí. Tato studie proveditelnosti, která kombinuje technologii DAS a techniky ANI, ukazuje významný potenciál této metody k zobrazování a monitorování přehrad a k plnému pochopení výhod a omezení těchto technik jsou zapotřebí další měření. Absolutní

seismické rychlosti byly určeny k zobrazení hráze a zvýraznění oblastí nehomogenity nebo průsaků v hrázi. Některé oblasti průsaků identifikované měřením teploty se shodují s oblastmi anomálních seismických rychlostí. Toto hodnocení seismických rychlostí umožňuje provádět základní měření pro srovnání s pozdějšími monitorovacími průzkumy. Monitorování na přehradě Luossajärvi ukazuje, že oblasti hráze s proměnnými seismickými rychlostmi korelují s oblastmi známého průsaku. K úplnému pochopení vztahu mezi průsakem a informacemi o seismické rychlosti jsou zapotřebí další studie.

R. 23 JASMINA TOROMANOVIC, JAN LAUE, HANS MATSSON, SVEN KNUTSSON, PETER VIKLANDER, CHRISTIAN BERNSTONE (Sweden)

Pozorování z počátečního napouštění experimentální hráze – data z měření in-situ a z modelování

V roce 2019 byla vybudována experimentální sypaná hráz ve spolupráci mezi největším švédským vlastníkem přehrad Vattenfall a několika skupinami výzkumníků. Účelem bylo studovat mechanické chování hráze v čase a odhalit vnitřní poškození, která souvisí s účinky stárnutí u skutečných přehrad. Výzkum spojený s experimentální přehradou na Luleå University of Technology se zaměřuje na mechanické chování. V tomto článku je přezkoumána odezva pórového tlaku a deformace v přehradě během napouštění, a to jak z fyzikálního, tak numerického hlediska. Prováděla se predikce pórového tlaku a deformací pro další provoz do června 2021, což je předpokládaný konec projektu experimentální přehrad. V terénu je pórový tlak sledován pomocí 12 vibračních drátěných piezometrů umístěných ve filtračních zónách a v jádře hráze. Tyto převodníky umožňují měření negativního i pozitivního tlaku v pórech. Deformace jsou sledovány třemi tvarovými poli akcelerometrů, které jsou umístěny v horní, střední a dolní části hráze. Všechna tato měření jsou průběžně zaznamenávána a prezentována online, což umožňuje přístup k chování hráze v reálném čase. Numerické modelování je prováděno v konečněprvkovém softwaru PLAXIS 2D.

R. 24 ROBERT TORNERG AND CHRISTIAN BERNSTONE, PETER VIKLANDER, HEDWIG HAAS (Sweden)

SAA měření pro umístění piezometrů v sypaných hrázích

Jako vlastník přehrad má Vattenfall nainstalovány stovky piezometrů v sypaných přehradách. Při jejich instalaci (vrtání) může existovat nejistota, zda je konec piezometru správně umístěn v zemi vzhledem k tomu, jak byl navržen. Při hodnocení bezpečnosti hráze je zásadní skutečná poloha piezometru a možná odchylka potrubí (např. umístění do nepropustného jádra místo propustného filtru). Tento článek popisuje, jak lze měření Shape Acceleration Array (SAA) použít k určení skutečné polohy podle hloubky otevřených piezometrů. Tato metoda se dosud v přehradách ve Švédsku nepoužívala. Přístroj se skládá ze souvislého pásu segmentů s polem tří mikroelektrických mechanických senzorů, které umožňují sledovat velikost a směr bočních odchylek podobně jako sklonoměr. Celkově výsledky z laboratorních a in-situ testování ukazují, že je možné získat polohu podle hloubky piezometru. Závěrem lze říci, že tato technika nabízí mimořádně užitečný nástroj pro kontrolu kvality při instalaci i monitorování již nainstalovaných piezometrů, i když některé omezující faktory je třeba zlepšit.

R. 25 SAM JOHANSSON, CHRISTIAN BERNSTONE (Sweden)**Teplotní modelování a distribuované snímání teploty pomocí optických vláken na zkušební hrázi**

Monitorování průsaků v sypaných hrázích na základě měření teploty je ve Švédsku dobře zavedená metoda. Měření se provádí ručně, bodovými senzory nebo distribuovaným měřením pomocí optických vláken. Posledně jmenované způsoby byly od roku 1998 dosud aplikovány na asi 100 vodních dílech. Významný vývoj byl zaznamenán jak v oblasti monitorování, tak i hodnocení. Experimentální zemní hráz v laboratorních zařízeních Vattenfall AB ve švédském Älvkarleby byla vybavena optickými vlákny. Testy na této hrázi nabízejí jedinečnou možnost vyhodnotit využití měření teploty k odhalení zabudovaných neznámých závad. Výsledek prvního plnění vykazuje osm míst soustředěného průsaku, tj. o dvě více než vestavěné defekty při výstavbě. Pro porovnání naměřené a simulované teploty bylo simulováno průsakové proudění vystupující v jednom z míst zjištěného koncentrovaného průsaku. Bylo zjištěno místo defektu, jeho rozměry a hydraulická vodivost. Další vyhodnocení s využitím všech teplotních dat a podrobnější simulace jsou plánovány v připravovaných zprávách, kdy budou použity i jiné metody vyhodnocení.

R. 26 KUNIHIRO TOMITA, TETSUYA SUMI, AKIRA SUZUKI, SHIGEHARU JIKAN, SHIGEYOSHI NOYORI, NOBUTERU SATO, CHIKAKO, ARAYA (Japan)**Monitorování chování tělesa hráze pomocí GNSS v přehradě Hachisu a jeho použitelnost**

Hachisu Dam je betonová gravitační hráz o výšce 78 m. Od dokončení hráze uplynulo téměř 30 let a byla provedena komplexní kontrola hráze. V rámci komplexní prohlídky hráze byl na přehradě Hachisu zaveden systém sledování deformace tělesa hráze pomocí GNSS za účelem objasnění faktorů deformace tělesa hráze měřených na kyvadle. Tento dokument nejprve zhodnotil systém řízení bezpečnosti přehrad v Japonsku a stav technického rozvoje v GNSS používaném ve stávajících přehradách. Poté autoři článku studovali hodnoty měření GNSS, který se používá pro měření v přehradě Hachisu, a stávajícího kyvadla pomocí vícenásobné regresní analýzy a ověřil použitelnost GNSS při měření deformace tělesa hráze přehrady Hachisu a uvedl problémy, které je třeba řešit v budoucnu týkající se GNSS.

R. 27 MEGUMI NAKASHIMA, SATOSHI HARUNA, YUJI IWAMATSU, SOTA UCHIDA, ATSUSHI GOTO, KEISUKE HATANO (Japan)**Výhody zavedení systému podpory zaměstnanců založeného na ICT pro práci při reakci na katastrofy podél pobřeží jezera Biwa a jeho rozšířené využití.**

Úřad pro integrovaný provoz a údržbu jezera Biwa Development Office (dále jen „Lake Biwa O&M Office“) Incorporated Administrative Agency JapanWater Agency čelil výzvě „zavést rychlý, bezpečný a spolehlivý provozní systém pro všechny zaměstnance bez ohledu na typ práce“ pro provoz odvodňovacích čerpacích stanic pro reakce na katastrofy v roce 2013 během mimořádných událostí, jako je úplné ochromení veřejné dopravy a uzavírky silnic způsobené povodněmi. Vzhledem k malému počtu specializovaného technického personálu existovalo omezení počtu zaměstnanců, kteří mohou reagovat na problémy s čerpadlem a dalším vybavením během reakce na katastrofy. Bylo tedy nutné umožnit, aby byli všichni zaměstnanci kompetentní řešit závady alespoň na minimální úrovni. K vyřešení těchto problémů vyvinula kancelář Lake Biwa O&M Office dva systémy, které využívají ICT (informační a komunikační technologie). Jedním systémem je „Systém podpory provozu drenážní čerpací stanice“. Umožňuje obsluhovat zařízení sledováním obrazových a automatických zvukových

navigačních kroků zobrazených na obrazovce tabletu, která ukazuje kroky potřebné k provozu stanice drenážního čerpadla ve formě „karty mise“. Druhým systémem je „Fault Response Support System“. Umožňuje řešit drobné závady. Využívá head-mounted display (HMD), který umožňuje uživateli komunikovat se zvukem a videem s podpůrným personálem pomocí PC ze vzdáleného místa a přijímat od nich pokyny. Zavedení těchto dvou systémů (dále společně jen „Systém podpory zaměstnanců“) umožnilo netechnickému personálu (tj. personálu, který se běžně nepodílí na provozu/údržbě zařízení), který není obeznámen s postupy, rychle, bezpečně a spolehlivě provozovat drenážní čerpací stanice v době skutečné reakce na katastrofu. Tyto systémy také umožnily obnovit stanici drenážního čerpadla zpět do normálního provozu tím, že operátor na místě zasílá informace, jako jsou obrázky, na vzdálené místo, které reaguje s pokyny, jaké kroky je třeba provést. Kromě toho bylo potvrzeno, že Staff Support System je nejen schopen řešit problémy v reakci na katastrofy, ale může být také využit ke zlepšení efektivity v široké škále aplikací. Přestože byl Staff Support System vyvinut a zaveden v důsledku problémů, které vyvstaly při operacích zvládnání katastrof, díky jeho širokému spektru aplikací, které přesahují práci reakce na katastrofy, můžeme očekávat jeho využití a aplikaci v široké škále oblastí jako prostředek k realizaci účinného a efektivního provozu a údržby s využitím omezeného počtu zaměstnanců.

R. 28 NARIOYASUDA, ZENGYAN CAO (Japan)

Ověření seismické výkonnosti rokfilové hráze proti velkým dubletovým zemětřesením

Účelem této studie je objasnit chování rockfillové hráze během velkých dubletových zemětřesení a navrhnout postup pro ověření seismické výkonnosti rockfillových hrází při takových zemětřeseních. Dynamické charakteristiky přehrady Aratozawa, zasažené silným zemětřesením, se dočasně výrazně změnily. Bylo předpovězeno chování přehrady vystavené dalšímu silnému zemětřesení, než se obnovily její dynamické charakteristiky. Na základě výsledků analýzy byla vyhodnocena seismická výkonnost hráze. Výsledky objasnily, že změna dynamických charakteristik hráze v reakci na první událost značně ovlivnila chování přehrady během druhé události. Kromě toho byla navržena metoda pro predikci konečného zbytkového poklesu hráze sečtením posunu způsobeného každým zemětřesením a poklesu souvisejícího s ořtosem a přeskupením půdních částic. Doporučuje se, aby poté, co přehrada zažije silné zemětřesení, byla hladina v nádrži snížena na bezpečnou úroveň a udržována na této kótě po dobu minimálně jednoho týdne jako opatření nouzové reakce.

R. 29 MASAYUKI KASHIWAYANAGI, ZENGYAN CAO (Japan)

Zkoumání útlumových charakteristik přehrad hodnocených metodou DE/TFM.

Autoři tohoto článku zkoumali charakteristiky tlumení při zemětřesení 100 m vysokých přehrad na základě sledovaného chování při zemětřesení pomocí metody DE/TFM, která je nově vynalezena autory a jedinečně využívá volné vibrace extrahované z chování přehrady při zemětřesení. Zkouška byla zaměřena na vnitřní tlumení a disipaci (vnější tlumení) v důsledku interakce mezi hrází, základem a nádrží betonové gravitační hráze, klenbové hráze a rockfillové hráze. Následující klíčové poznatky jsou zachyceny na charakteristikách útlumu na základě odhadovaných poměrů útlumu zkoumaných přehrad. Vnitřní tlumení betonových hrází, které je základním parametrem pro dynamickou analýzu, je identifikováno jako 3 % pro betonovou gravitační hráz a 1,5 % pro zkoumanou klenbovou hráz. Dodatečné vnitřní tlumení úměrné stupni zrychlení je pro klenbovou hráz nevyhnutelné, aby zahrnovalo neelastické chování, jako je posunutí příčných spojů. Pokud jde o vnější tlumení betonových hrází, tlumení způsobené interakcí s nádrží jsou identifikovány úměrně hloubce vody a tlumení způsobené interakcí se

základem je očekáváno stejně jako ostatní tlumení. Nelineární závislost na amplitudě zrychlení je vynikající charakteristikou tlumení rockfillové hráze. Interpretuje se, že se objevily nelineární vlastnosti materiálu hráze v závislosti na smykovém napětí hráze. Infiltrace vody do rockfillové hráze absorbují interakci s nádrží

R. 30 HIROFUMI OKUMURA, TETSUYA SUMI (Japan)

Charakteristické vyhodnocení a plánování protipatření sedimentace v nádrži s využitím dlouhodobých průzkumných dat ve vodní nádrži.

Řízení sedimentace ve vodní nádrži je jedním z hlavních problémů pro udržitelný provoz vodních elektráren v Japonsku. Vyhodnocení sedimentačních charakteristik a plánování sedimentačního managementu je studováno s využitím výsledků ročních dat sedimentačního průzkumu, který je prováděn již několik desetiletí, ale obsahuje chybu měření. Bylo zjištěno, že zprůměrování údajů z průzkumu je efektivní pro odstranění chyby a pochopení vztahu mezi ročním maximálním přítokem do nádrže a ročním objemem sedimentů. S využitím tohoto vztahu a numerické analýzy je provoz nádrže užitečný pro udržení její funkce.

R. 31 ABDELILAH BOUKAIDI LAGHZAOU, SIHAM BELHACHMI, MARIAM MAHDAOUI (Morocco)

Diagnostika předpjatých tyčí přehrady El Kansera.

Přehrada El Kansera postavená v letech 1926 až 1934 je nejstarší přehradní nádrž v Maroku, která se nachází na Oued Beht, přítoku Oued Sebou, asi 20 km jižně od města Sidi Slimane. Tato betonová hráz je založena na opukovo-vápencových půdách. V roce 1968 byla hráz zvýšena o 6 metrů, čímž se zvýšil objem nádrže ze 197 na 297 Mm³. Tím se kompenzoval pokles objemu v důsledku zanášení, ale také se zvýšila zatopená plocha o 3700 ha, zlepšila se protipovodňová funkce a zvýšila se roční výroba elektřiny na 33 milionů kWh. Kromě nutných úprav si navýšení hráze vyžádalo provedení 77 předpjatých táhel o počátečním napětí 240 t, které byly instalovány ve vrtech o průměru 130 mm v celkové délce 4300 m. Předepjatá táhla typu VSL jsou ukotvena 15 až 20 m v základové hornině a zajistila tak celkové předpětí konstrukce: síly při zvedání hráze jsou zcela převzaty předpínací silou. Délka skalních kotev byla definována po dvou vytahovacích zkouškách a stanovena na 5 m. Pro sledování chování skalních kotev byla instalována čtyři ovládací táhla s kónickými válci na hlavách. Dvě z těchto táhel jsou umístěna na levém křídle hráze a dvě jsou umístěna na přelivu. Od roku 1969 je prováděna periodická kontrola chování předpjatých táhel pomocí Lift-off zkoušek, které spočívají v měření tlaku působícího na zvedák, nutného pro zvednutí hlavy táhla o odpovídajících 12 mm. Limit relaxace stanovený výrobcem je definován na 12 %. Míry relaxace naměřené na regulačních tyčích od roku 1970 jsou celkově nižší než mezní hodnota 12%. Vyskytují se však problémy s přístupem ke spojovacím tyčím na přelivu, což brání realizaci relaxačních měření těchto spojovacích tyčí. Doporučuje se řešení pro automatizaci měřicího systému.

R. 32 PEIWEI XIAO, BIAO LI, XINGGUOYANG, NUWEN XU, (China)

Charakteristiky mikroseismické b-hodnoty spojené s velkou deformací horninového masívu v podzemních kavernách elektráren s vysokým geostresem.

Při rozsáhlém výkopu kaverny (štoly) v horninovém masívu, nejčastěji pro elektrárny, mohou vznikat deformace okolního masívu přesahující hodnotu 2,5 %. Nejčastěji se pro monitorování

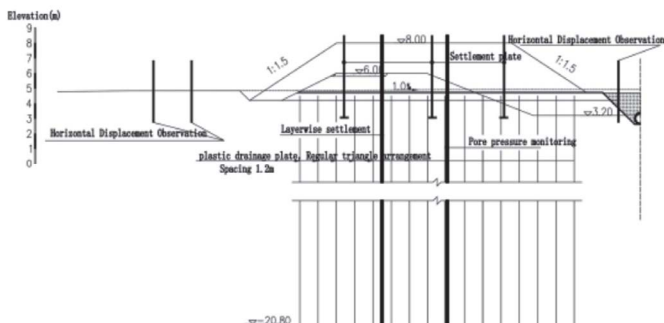
využívá mikroseismického monitorování (MS) ke zjištění vztahu mezi horninovými trhlinami vyvolanými výkopem (událostmi MS) a velkými skalními zlomy. Vztah mezi magnitudou a frekvencí událostí MS odráží vývoj měřítka porušování v procesu porušování horniny.

Autoři využili mikroseismické b-hodnoty, která popisuje vztah mezi magnitudou a frekvencí seismických jevů pro stanovení vzniku deformací v horninovém masivu Houziyan elektrárny na řece Dadu v Číně. Technika MS monitoringu byla použita v podzemí s vysokým geostresem v kavernách elektrárny při různých úrovních napětí. Klastry MS spojené s horninou s velkou deformací masivu byly vymezeny b-hodnotami těchto MS shluků. Srovnávací analýzou zjistili, že pokud byla b-hodnota menší než 1,0, jednalo se o vysoce namáhané horninové prostředí, což naznačovalo, že v kavernách s vysokým tlakem dochází k častým MS událostem. V průběhu vývoje velké deformace horninového masivu byly zkoumány procesy vývoje b-hodnoty, které se postupně snižovaly, což lze považovat za indikátor potenciální velké deformace horninového masivu. B-hodnota tedy může signalizovat včasné varování před velkými skalními deformacemi horninového masivu při výstavbě či provozování.

R. 33 SHUAIDONGYANG, ZHIHUI HUANG, XIAOLIANGWANG, MI ZHOU (China)

Terénní test předběžného zatížení měkkého (poddajného) podloží v ústí Pearl River.

Autoři testovali sedání a deformaci poddajného podloží po výstavbě přehrady v oblasti ústí řeky Pearl River na základě terénního testu předběžného zatížení podloží pro stanovení budoucího sedání a deformačních charakteristik podloží. Autoři se zaměřují na zpevnění poddajného podloží v ústí Perlové řeky. Vychází z údajů z terénního monitorování, kdy byly analyzovány účinky zpevnění měkkého zemního podloží. Bylo sledováno sedání, vodorovné posuny a rozptyl nadměrného pórového tlaku v zemině.



Na základě měření zjistili, že nejpřesnější pro stanovení sedání podloží v oblasti ústí řeky Pearl River je hyperbolická metoda. Pro použití hyperbolické metody je potřeba regresi křivky, proto autoři odvodili nový model pro stanovení sedání podloží po výstavbě pro složité půdní oblasti nejen pro jednu vrstvu zeminy, ale také pro vícevrstvé komplexní podloží. Výpočet již nevyžaduje regresi křivek.

R. 34 FRANCK SCHMIDT, JONATHAN FAURIEL, JEAN-CLAUDE KOLLY, REYNALD BERTHOD, VINCENT BARRAS (Switzerland)**Laserogrammetrie a videotachymetrie pro monitorování a bezpečnost přehrad.**

Autoři použili laserogrammetrii a video-tachymetrii pro zaměření a monitorování průběžných posunů, které stavebním inženýrům umožňují aktualizovat a ověřovat modely konečných prvků. Díky použité metodě jsou provozní omezení vodního díla minimalizována. Prozatím je tato technologie vhodná pro detekci sezónních pohybů nebo různých stavů zatížení, avšak nelze dostatečně zaznamenávat tangenciální posuny. Vzhledem k tomu, že je možné sledovat jakýkoli typ objektu, je tato metoda zejména vhodná pro monitorování svahů nádrže, abrazních srubů nebo podpůrných konstrukcí VD.

R. 35 DANIELE INAUDI, RICCARDO BELLI, RÉGIS BLIN (Switzerland)**Systém distribuovaného snímání pomocí optických kabelů pro monitorování bezpečnosti přehrad.**

Typy prováděných měření a umístění přístrojů je třeba zvolit podle typu a podmínek hráze. Deformace a vnitřní eroze hrázi se zjišťují v rané fázi pomocí distribuovaných systémů snímání pomocí optických kabelů. Projektanti stále častěji doporučují distribuované snímání pomocí optických kabelů jako klíčové řešení monitorování pro řízení bezpečnosti přehrad. Autoři v článku uvádí výhody použití optických kabelů, princip snímání, typy snímacích kabelů, monitorovací jednotku a grafické rozhraní SW pro správu monitorování spolu s příkladem použití.

R. 36 MARIUS BÜHLMANN, DAVID F. VETSCH, GEORGES R. DARBRE, RICCARDO RADOGNA, ROBERT M. BOES (Switzerland)**Víceúčelová kalibrace analýzy modelu chování gravitační přehrady: aplikace na přehradu Robiei.**

Modely chování přehrady se běžně sestavují a jsou kalibrovány tak, aby odpovídaly posunům pouze na jedné úrovni měření. Autoři použili nový přístup pro analýzu modelu chování betonové gravitační přehrady, který umožňuje víceúčelovou kalibraci na několika úrovních. Základem tohoto přístupu je deterministický model, který lze použít k výpočtu posunutí na každé úrovni. Kalibrace se provádí pomocí bayesovské věrohodnosti funkce, s níž lze zohlednit informace o parametrech materiálu. Markov chain Monte Carlo (MCMC – Monte Carlo pomocí Markovova řetězce) se používá jako optimalizační algoritmus. Tím se nejen poskytuje nejpravděpodobnější sada parametrů, ale také jejich rozdělení a korelace. Nově vyvinutý přístup byl aplikován na Robieiovu vylehčenou gravitační přehradu ve Švýcarsku. Výsledky jsou uvedeny pro kalibrační období 1999-2006. S výjimkou spodní hladiny lze zřetelně pozorovat vývoj v posunech na konci roku 2008. Příklad této studie ukazuje možnosti použití deterministického modelu nosníku v kombinaci s víceúčelovou kalibrací. Pro jeden blok gravitační hráze se kalibruje pouze jedna sada fyzikálně významných parametrů. To vede k jednoduchým modelům, které umožňují srozumitelné odvozování na základě inženýrského úsudku.

R. 37 RUSSELL MICHAEL GUNN (Switzerland)**Nový koncept pro hodnocení betonových přehrad na základě údajů z dohledu a monitorování.**

Vzorky betonového jádra jsou často odebírány z přehrad s primárním cílem zjistit (diagnostická fáze), zda konstrukce prochází jevem bobtnání betonu v důsledku alkalicko-agregátové/silikátové reakce AAR/ASR, aniž by se nutně jednalo o numerické metody a konstitutivní modely (kalibrační fáze), které lze použít k analýze a předpovědi účinků ASR (prognostická fáze) pro bezpečnost přehrady a případné sanační práce.

Hlavním cílem příspěvku je představit nový přístup k posouzení toho, jak, kde a kdy odebrat vzorky jádra z betonových přehrad in situ na základě vlhkosti, teploty, napětí a dalších podmínek, a za druhé, jak kombinovat terénní pozorování odvozená z údajů z dohledu a monitorování s výsledky laboratorních zkoušek. Tento přístup je prezentován ve formě snadno pochopitelného a sledovatelného vývojového diagramu, který se zaměřuje na metody dohledu a monitorování, testování materiálů, zpracování údajů a jednoduché numerické koncepty, které lze snadno použít ve standardních softwarových prostředcích.

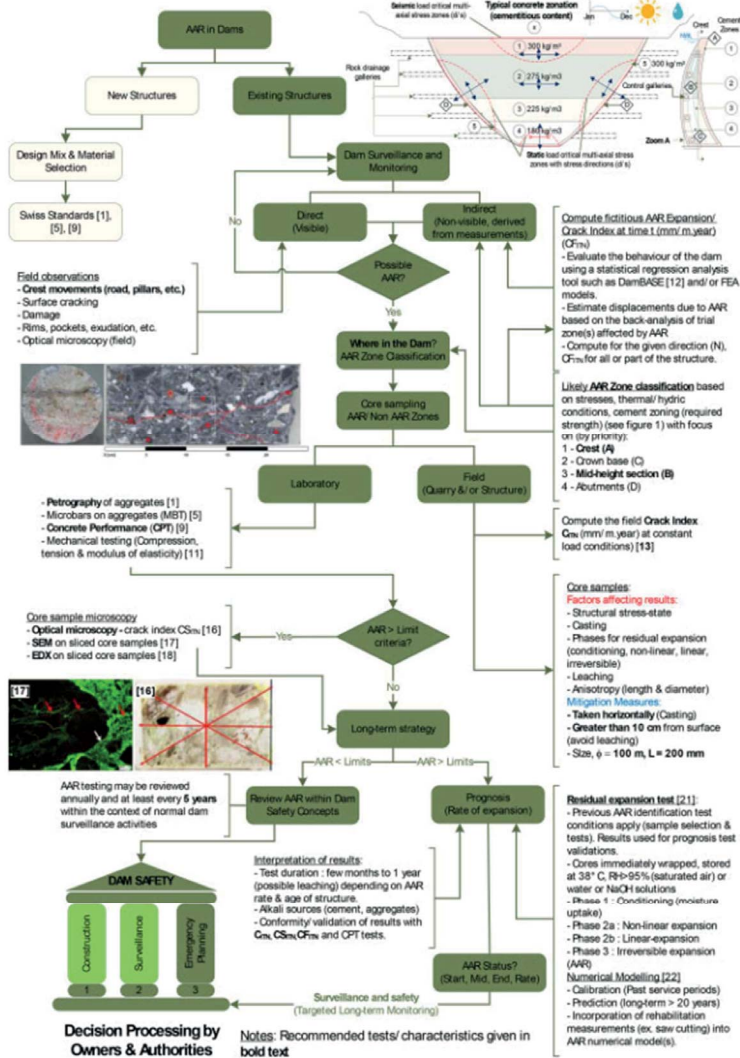


Fig. 2

Schematic view of elements affecting the selection of AAR core samples [20].

R. 38 FRANCESCO AMBERG (Switzerland)**Pokročilé deterministické modely pro posouzení posunů klenbových hrází. Příklad aplikace na 3 velkých klenbových přehradách.**

Posuny klenbových přehrad se mohou výrazně lišit v závislosti na hloubce vody a teplotních podmínkách, zejména v oblastech s významnými klimatickými výkyvy během roku. Pravidelné posuzování, aktuálně naměřených hodnot určující chování hráze proto není proto jednoduché. Je zapotřebí vhodných interpretačních modelů, které pomohou inženýrovi zodpovědnému za bezpečnost přehrady.

Interpretační modely mohou být založeny na statistických analýzách měření dostupných v minulosti nebo na strukturálních analýzách přehrady. Druhé jmenované modely se běžně označují jako deterministické modely a jsou mnohem komplexnější než statistické modely. U klenbových přehrad, které jsou v provozu již řadu let, může vytvoření deterministických modelů představovat příležitost k ověření určitých aspektů souvisejících s chováním a bezpečností přehrady, např. orientace kyvadlových měření, rozložení teploměrů v tělese hráze, základní elastické parametry tělesa hráze, podloží a posoudit, zda lze chování hráze předpovědět pomocí konstrukčního modelu. Článek představuje spolehlivý přístup k tomu, jak vytvořit přesné deterministické modely, přičemž důraz je kladen zejména na zpracování náročných tepelných částí. Postup je demonstrován na výsledcích získaných pro tři velké klenbové přehrady ve Švýcarsku: Contra, Zeuzier a Emosson.

R. 40 ANDRI P.W, LOLOW.R, RIZAL N.H (Indonesia)**Analýza a vyhodnocení krátkodobého a dlouhodobého chování přehrady Jatiluhur mezi naměřenými daty a aplikací SEEP/W.**

Autoři využili data zaznamenaná z piezometrů a ostrohanného V přepadu (průtok) na přehradě Jatiluhur a provedli krátkodobou a dlouhodobou analýzu zaznamenaných výsledků z měřicích zařízení v hrázi. Pro analýzy využívají metodu konečných prvků v aplikaci SEEP/W, kdy jsou výsledky porovnány s analýzou údajů z piezometrických přístrojů a ostrohanných V přepadů.

Výsledky krátkodobé analýzy ukázaly, že pórový tlak odečtený na piezometru 125L3 neodpovídal zatížení získanému z kolísání hladiny vody v nádrži, kdy při reálném odečtu z piezometru je hladina vody v nádrži vysoká, avšak pórový tlak v tělese hráze je nízký. Mezitím SEEP/W ukázal, že s rostoucí hladinou vody v nádrži dochází k nárůstu pórového tlaku.

Dlouhodobá analýza ukázala, že maximální průsak z analýzy s použitím SEEP/W je nižší než průsak, ke kterému došlo v období 2004-2005 ($15,28 \text{ l/s} < 35 \text{ l/s}$).

R. 42 ARIS RINALDI, NALVIAN, JOKO MULYONO (Indonesia)**Hydrogeologická studie: udržitelný monitoring podzemních vod přehrady Banyu Urip.**

Autoři analyzovali údaje, technickou dokumentaci a související zásady a výsledky technických diskusí vedených správci přehrady a geologickou studií a vrty. Následně provedli dlouhodobý monitoring vlivu průsaků tělesem a podložím hráze (4 vrty) a jejich vliv na podzemní vodu. Výsledkem studie na základě monitoringu podzemních vod přehrady Banyu Urip nebyl zjištěn vliv přehrady na podzemní vody ovlivněné kolísání hladiny vody v nádrži. Tento výsledek naznačuje, že v přehradě Banyu Urip nedochází k průsakům. Přínosem této studie je spolehlivé a přesné pozorování přehrady na základě údajů o průsaku a na základě přístrojového monitorování podzemní vody s vyhodnocení bezpečnosti přehrady.

R. 43 IRINEL DANIELA IACOB, CATALIN POPESCU (Romania)**Získávání a zpracování dat pro vyhodnocování chování přehrad, předpovídání a identifikaci havárií.**

Autoři příspěvku jsou správci vodních děl v Rumunsku. V budoucnu plánují realizaci systému pro vyhodnocení bezpečnosti přehrad systémem RIMS, který má poskytovat technickou podporu potřebnou k přijímání i realizaci rozhodnutí při mimořádných událostech a situacích. S ohledem na to byla vypracována studie, která definuje architekturu a hlavní komponenty budoucího systému. Realizace RIMS je založena na propojení stávajícího CBMS s WAS. Dispečer závodu (který spravuje systém WAS) bude prostřednictvím tohoto propojení přijímat údaje týkající se systému WAS při dosažení mezních hodnot chování stavby (se zvýrazněním varování a horní hranice nebezpečí). Tyto údaje budou doručeny dle měření, analýz a vyhodnocení prováděných v reálném čase. Zavedení integrovaného systému řízení rizik povede ke zmírnění rizika lidského faktoru, avšak jeho cílem není úplně nahradit riziko lidského faktoru a zúčastněných rozhodovacích orgánů.

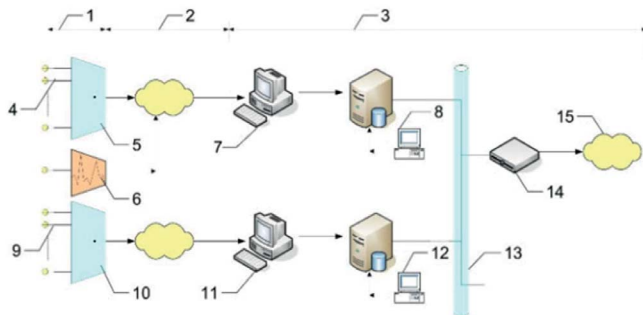


Fig. 3

Hydropower constructions behavior monitoring and risk data acquisition equipment architecture.

L'architecture des systèmes d'acquisition de surveillance de comportement et de des paramètres des risques pour les constructions hydrotechniques.

- | | |
|--|---|
| 1 Dam | 1 Barrage |
| 2 Optical fiber local communication network | 2 Réseau local de communications par fibre optique |
| 3 Dam maintenance building (dam attendant's house) | 3 Maison de responsable du barrage |
| 4 Network of constructions behavior monitoring sensors | 4 Réseaux de capteurs d'auscultation des paramètres des constructions |
| 5 Constructions behavior monitoring data logger | 5 Enregistreur de données (data logger) d'auscultation des constructions |
| 6 Seismic station | 6 Station sismique |
| 7 Automated station acquiring the constructions behavior monitoring data | 7 Station automatisée d'acquérir les mesures d'auscultation des constructions |
| 8 Read-out of constructions behavior data base | 8 Lecture de base de mesures d'auscultation des constructions |
| 9 Risk sensors network | 9 Réseau de capteurs pour mesures des paramètres des risques |
| 10 Risk data logger | 10 Enregistreur de données (data logger) des paramètres des risques |
| 11 Automated station acquiring the risk data | 11 Station automatisée d'acquérir les mesures des mesures des risques |
| 12 Read-out of risk data base | 12 Lecture de base de mesures d'auscultation des risques |
| 13 Ethernet local network | 13 Réseau local Ethernet |
| 14 Remote communication equipment | 14 Equipements de communication à distance |
| 15 Network transmitting data to the dispatcher | 15 Réseau de transmission de données vers dispatcher |

R. 44 JOAQUIM PIMENTA DE ÁVILA, GEAN LOPES TEIXEIRA (Brazil)**Plánování monitorování na základě rizik.**

V příspěvku je popsáno použití analýzy rizik, která je podkladem pro koncepční plán monitorování.

Článek se zabývá aplikací metodiky pro řízení bezpečnosti přehrad "Performance Based Risk Informed Safe Design"(management), která je založena na analýze rizik v kombinaci s FMEA analýzou rizik na podporu koncepčního plánu monitorování. Autoři stručně uvádí několik typů nástrojů pro monitorování a několika typů rizik. Tato metodika ("založená na rizicích") je vývojem metody pozorování zahrnující interakci mezi analýzou rizik, monitorováním, numerickými analýzami a sledováním úsudku k řízení bezpečnosti sypaných hrází.

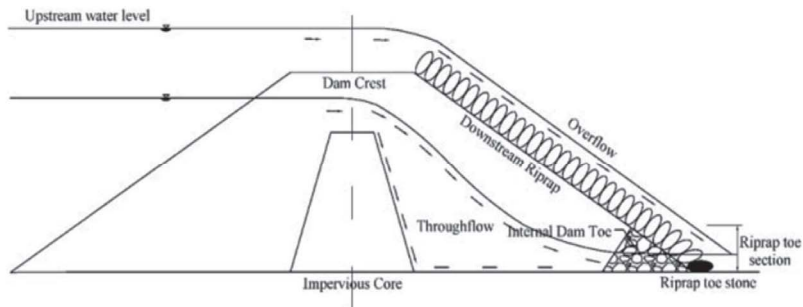
R. 45 FLORIAN LANDSTORFER, ERICHWAGNER (Austria)**Durlassboden – jak stará data z měření a nové metody zpracování dat zlepšují pochopení 50 let staré hráze s průsaky podloží.**

Článek se zabývá vyhodnocením starých a nových naměřených dat na případové studii přehrady Durlassboden. Výsledky jasně ukazují, že komplexní analýza přehrady, zejména pro druhou nebo třetí generaci inženýrů, vyžaduje všechny dostupné výsledky měření, a nikoliv pouze výsledky z posledních 10 až 15 let. V opačném případě budou vyvozeny nesprávné závěry. Kromě toho je třeba mít k dispozici všechny údaje od samého počátku v jedné databázi, aby bylo možné jednoduše pracovat s daty. Důležité je, aby nebyly k dispozici pouze údaje z měření, ale aby byly k dispozici také znalosti okrajových podmínek během měření. Bez těchto znalostí není možná správná interpretace chování přehrady. Nové nástroje pro zpracování dat umožňují nové pohledy při interpretaci výsledků měření, a proto mohou vést k lepšímu pochopení chování přehrady.

R. 46 THÉO DEZERT, GANESH HIRIYANNA RAO RAVINDRA, FJÓLA GUÐRÚN SIGTRYGGSDOTTIR (Norway)**Experimentální modely sypaných hrází (Riprap and rockfill) vystavených přelévání.**

Autoři provedli celkem 5 experimentů protřzení sypaných přehrad chráněných kamennou rovnaninou (Riprap) a přehrad z rockfillu, pro které stanovovali kritický průtok, při kterém dojde k postupnému pohybu rovnaniny a to:

- 1) RipRap z kamenného záhozu bez stabilizační paty
- 2) RipRap z kamenné rovnaniny bez stabilizační paty
- 3) Rockfillová hráz bez ochrany vzdušního svahu
- 4) Rockfillová hráz s kamenným záhozem bez stabilizační paty
- 5) Rockfillová hráz s kamennou rovnaninou bez stabilizační paty



Z experimentálních pokusů vyvodili následující závěry:

Modely RipRap z kamenného záhozu bez stabilizační paty jsou odolnější k významnému přelévání. V rámci těchto modelů je poměr hodnot kritického jednotkového průtoku pro RipRap z rovnaniny a záhozu 1,5. Dosavadní experimentální studie provedené na modelech RipRap z kamenné rovnaniny se stabilizačními patami prokázaly, že mají vyšší stabilitu ve srovnání se záhozem, zejména na strmých svazích.

V článku autoři dále uvádí hodnoty jednotkového průtoku pro jednotlivé pokusy, a přibližné vztahy a průtoky pro určení minimální velikosti kamenů použitých pro výstavbu RipRap z kamenného záhozu či rovnaniny.

Otázka 107: Přehrady a změna klimatu

Zpracovatelé výběru příspěvků otázky:

doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc. (Katedra hydrotechniky, Fakulta stavební ČVUT v Praze)
Ing. Milan Zukal, Ph.D. (Katedra hydrotechniky, Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Otázka 107 byla rozdělena do 4 podtémat:

1. Dopady klimatických změn na stávající přehrady a nádrže a nápravná opatření; případové studie a náklady.
2. Dopady klimatických změn na potřeby a návrhy přehrad, nádrží a hrází (akumulace vody, zmírňování povodní, zvyšování hladiny oceánů).
3. Příznivé dopady přehrad na klimatické změny, včetně snížení emisí skleníkových plynů optimalizací výroby elektrické energie ve vodních elektrárnách. Potřeby, potenciál a náklady přečerpávacích vodních elektráren.
4. Nepříznivé dopady přehrad a nádrží na klimatické změny: hodnocení emisí skleníkových plynů při výstavbě přehrad a nádrží.

Generálním zpravodajem této otázky byl pan Denis Aelbrecht (Francie).

V této otázce bylo publikováno 37 příspěvků shrnutých v generální zprávě:

R. 1 EZIO BALDOVIN, GIAN LUCA MORELLI, MIRKO MURA (*Italy*) Energy pumped storage: Italian experience.

R. 2 EVANGELOS (ANGELOS) RABIAS, KONSTANTINA TOLI, GEORGIOS XENOUDAKIS (*Greece*) Environmentally friendly water management for addressing the rising demand in water supply and the impacts of the climate change; the case of the city of Alexandroupolis, Greece.

R. 3 ADRIÁN MORALES-TORRES, JAVIER FLUIXÁ-SANMARTÍN, IGNACIO ESCUDER-BUENO (*Spain*) Benefits of incorporating climate change on dam safety risk analysis. The case of Santa Teresa dam.

R. 4 EMÍLIA BEDNÁROVÁ, JURAJ ŠKVARKA, PATRIK VÁCLAVÍK, JANA POÓROVÁ, ANDREJ KASANA (*Slovakia*) Importance of the water management system Liptovská Mara – Bešeňová in the context of climate change.

R. 5 CARMEN BERNEDO-SANCHEZ, VIK ISO-AHOLA (*USA*) Challenges in estimating inflow design floods in a changing climate.

R. 6 ARNAUD DE BONVILLER, STÉPHANIE DISS, JEAN-LUC RAHUEL, GEERT PRINSEN (*France*) Rôle des barrages “ structurants ” dans la perspective des changements climatiques en Afrique Sub-Saharienne.

R. 7 LUC BOUTONNIER, YASMINA BOUSSAFIR, RÉMY TOURMENT, JEAN-ROBERT COURIVAUD (*France*) Effet du changement climatique sur les mécanismes de retrait-gonflement et la stabilité des digues et barrages.

R. 8 MARINE RIFFARD-CHENET, KRISTIN GILROY, XAVIER BANCAL (*France*) Résilience au changement climatique du projet de Sahofika (Madagascar) - application du Climate Resilience Guide.

R. 9 LUCIE POUGET, PATRICK DURAND, JEAN-FRANÇOIS BALMITGERE, CHRISTIAN VILADRICH (*France*) So Flex'Hy, un démonstrateur de centrale virtuelle 100% enr.

R. 10 FRANÇOIS LEMPERIERE, BENJAMIN PELTIÉ, LUC DEROO, ADAMA NOMBRE, JEAN-JACQUES FRY (*France*) Besoins, solutions et coûts des STEPS en 2050.

R. 11 VINCENT CHANUDET, FREDERICK JACOB (*France*) Expérience d'EDF en matière d'estimation et de mesure des émissions de gaz à effet de serre en France et à travers le monde.

R. 12 MARIE-CLAUDE SIMARD, VALÉRIE FRÉCHETTE, GILLES RENÉ COMLAN ESSOU, FABIAN TITO ARANDIA MARTINEZ, ELAINE ROBICHAUD, JEAN-BAPTISTE TROTTIER, RUSSEL LAROUCHE (*Canada*) Démarche en adaptation aux changements climatiques d'Hydro-Québec production.

R. 13 M. DEMARTY, C. DEBLOIS, A. TREMBLAY, F. BILODEAU (*Canada*) Greenhouse gas emissions from boreal hydroelectric reservoirs of La Romaine complex in Quebec, Canada.

R. 14 M. DEMARTY, C. DEBLOIS, A. TREMBLAY (*Canada*) Relative impact of the Romaine hydropower complex on the river estuary in a changing climate: observations after 5 years of environmental follow-up, Qc, Canada.

R. 15 SIRAJ PERERA, TUSITHA KARUNARATNE (*Australia*) Climate change challenges in managing dams.

R. 16 JAMES YANG, PENGHUA TENG, FRÉDÉRIC LAUGIER, CHANG LIN (*Sweden*) Flood discharge of piano key weir, air-water flow features.

R. 17 HIROYUKI KOJIMA, GEN NAGATANI, MAKOTO KURAHASHI, IKUO KAWAMURA, TETSUYA SUMI (*Japan*) Evaluation of the flood control functions of existing dams in Japan in the context of climate change.

R. 18 SHOHEI TAKINO, YASUHIKO NAKADA, TOMOYUKI TSUKADA, TAKUMI HONDA, TAKEMASA MIYOSHI, MARIMO OHHIGASHI, SHUNJI KOTSUKI (*Japan*) Development of an advanced operation system for hydroelectric dam using machine learning.

R. 19 BEASON MWAKA, JOHN NDIRITU, RACHAEL MAKUNGO AND JOHN ODIYO (*South Africa*) Modelling and projecting effects of sedimentation on yield of dams.

R. 20 SHANG WEI (*China*) Releasing sturgeon at three gorges project: the importance of communications and raising public awareness of hydraulic and hydropower engineering.

R. 21 JUNYANG & ZHIHUI ZHANG & PEIYUAN ZHOU & WEI SHANG (*China*) Public awareness of reservoirs and dams in the social media area: a case study on the dissemination of the 'Three Gorges dam deformation' rumor.

R. 22 ZHANG ZHIHUI, WANG RUI (*China*) Historical review and philosophical reflection on ecological impact dispute of dam project.

R. 23 ROBERT M. BOES, ANDREA BAUMER, STEFAN PFEIFER, ISMAIL ALBAYRAK, DAVID FELIX (*Switzerland*) Techniques to reduce sedimentation in bed load and suspended load dominated reservoirs.

R. 24 DAVID FELIX, DANIEL EHRBAR, JONATHAN FAURIEL, LUKAS SCHMOCKER, DAVID F. VETSCH, DANIEL FARINOTTI, ROBERT M. BOES (*Switzerland*) Potentials for increasing the water and electricity storage in the Swiss Alps".

R. 25 HARIS ZULKARNAIN, RENI MAYASARI (*Indonesia*) Impact of climate change on three large reservoirs operation in Citarum river – Indonesia.

R. 26 VICKY ARIYANTI, ANDIE ARIF WICAKSON (*Indonesia*) Influence of climate change to sedimentation of dams in volcanic river basins. Case of Serayu and Brantas river basins, Indonesia.

R. 27 WALUYO HATMOKO, HARYA MULDIANT, HARIMUKTI ROSIT, RADHIKA, BRIGITA DIAZ PRIMADITA (*Indonesia*) Climate change impact on Jatigede reservoir operation.

R. 28 YUSMA ELFIT, ZUFRIMAR ZUFRIMA, RESKI WAHYUD, DANIEL B. SILITONG (*Indonesia*) Ombilin weir as a regulator for the intake water level fluctuation of the Singkarak lake hydropower plant.

R. 29 DIAN KAMILA, DANIEL SILITONGA, ZAHRUL UMAR, KUSWANDI (*Indonesia*) The urgency of Gunung Malintang dam construction to reduce flooding of Batang Mahat river".

R. 30 IULIAN DAN ASMAN, CONSTANTIN – CRISTIAN STOIAN, RAZVAN BOGZIANU (*Romania*) Stanca – Costesti dam - a typical dam reoperation case study in conditions of climate change.

R. 31 R K VISHNOI, GAJENDRA SINGH, AJAY KUMAR, N K OJHA, P VISHWAKARMA (*India*) Mid-course corrections in significant project parameters due to extreme event of flash flood in Vishnugad Pipalkoti hydro electric project (444mw), Uttarakhand, India.

R. 32 ATUL KUMAR SINGH, MUHAR MANI, RAJEEV VISHNOI (*India*) Tehri dam – a savior from climate change led extreme events.

R. 33 SAGAR ROHIDAS CHAVAN AND NEHA GUPTA (*India*) On investigation of magnitude and frequency of annual maximum daily precipitation in the catchment of Bhakra dam, India.

R. 34 VIVEK P. KAPADIA (*India*) Addressing climate change induced challenges: case study of Banas basin, Gujarat, India.

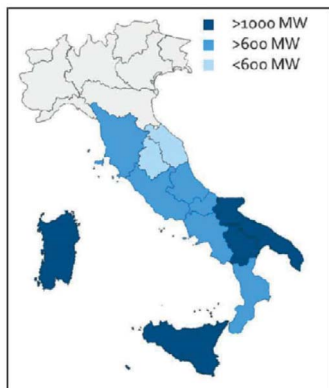
R. 35 D. K. SHARMA, DR R. K. GUPTA (*India*) Role of dams in mitigating the impacts of climate change.

R. 36 CAMILO MARULANDA ESCOBAR, OMAR VARGAS VARGAS, JOSE CASTAÑO GÓMEZ (*Colombia*) Design of the new spillway for the Panama Canal.

R. 37 NILS SOLHEIM SMITH, GEIR HELGE KIPLESUND, GANESH HIRIYANNA RAO RAVINDRA, MARIUS MØLLER ROKSTAD, FJÓLA GUÐRÚN SIGTRYGGSDÓTTIR (*Norway*) Physical and numerical research on rockfill dams subjected to through flow due to core overtopping.

R. 1 BALDOVIN, E., MORELLI, G.L., MURA, M. (Italy)**Energie z přečerpávání: Italské zkušenosti**

Autoři příspěvku představují vyhledávací studii vhodných lokalit pro přečerpávací zdroje energie s využitím nástrojů založeným na aplikaci GIS modelů. Aktivita souvisí se snahou o maximální využití obnovitelných zdrojů z důvodu nepříznivých vlivů klimatických změn.



Nové přečerpávací zdroje v Itálii

Záměr vychází z doporučení Evropské komise, které bylo v roce 2019 zapracováno do národního energetického a klimatického plánu. Podle tohoto plánu se má od roku 2020 do roku 2030 zvýšit podíl obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie z 36 na 55 % a zároveň vybudovat nové zásobní systémy pro výkon 1000 MW. Pro realizaci nových přečerpávacích zdrojů jsou uvažovány i současné víceúčelové nádrže (nyní zejména pro závlahy). V jižních oblastech a na velkých ostrovech jsou meteorologické podmínky vhodné i pro neprogramované fotovoltaické a větrné elektrárny. Také se uvažuje o propojování existujících dvou blízkých nádrží vybudovaných dříve v různých výškových úrovních. Závěrem příspěvek zdůrazňuje některé neřešené kritické aspekty a další možnosti.

R. 2 RABIAS, E., TOLI, K., XENOUDAKIS, G. (Greece)**Ekologicky šetrné hospodaření s vodou pro řešení rostoucí poptávky po zásobování vodou a dopadů změny klimatu; případ města Alexandroupolis v Řecku.**

Příspěvek popisuje program "Voda pro město", který byl pilotním projektem vytvořeným pro město Alexandroupolis s cílem podpořit integrovaný přístup k řízení vodních zdrojů. Hlavním nástrojem je tamější přehrada Dipotamos dokončena 2005 s účelem zajistit vodu pro rostoucí počet obyvatel i do odlehlých oblastí a zároveň snížit nebo eliminovat čerpání a chránit vodonosnou vrstvu před zasolením. Hlavním pilířem řešení byla optimalizace stávající infrastruktury přehrady a zvýšení kapacity nádrže. To bylo dosaženo instalací uzávěrů typu Fusegate (5 x 6 m, s výškou 1,6 m) na stávající přeliv. Kapacita nádrže tím vzrostla o 1,7 mil. m³ (tj. o 14 %). Současně s technickým řešením byly přijaty tři strategie v oblasti komunikace a vzdělávání široké veřejnosti a žáků škol: Vzdělávací aktivity pro 6 tis. studentů, Budování kapacit a zapojení zúčastněných stran, Zvyšování povědomí a komunikace.

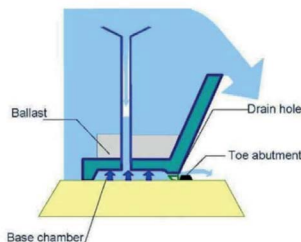


Schéma uzávěru typu "fusagate" a foto po dokončení realizace.

R. 3 MORALES-TORRES, A., FLUIXÁ-SANMARTÍN, J., ESCUDER-BUENO, I. (Spain)**Přínosy zahrnutí změny klimatu do analýzy rizik bezpečnosti přehrad. Příklad přehrady Santa Teresa.**

Přehrada Santa Teresa je betonová gravitační přehrada postavená v roce 1960 o výšce 60 m a délce 517 m. Nádrž má kapacitu 496 mil. m³. Autoři v článku provedli komplexní kvantitativní posouzení dopadů změny klimatu na rizika této přehrady podle hydrologických scénářů. Vzhledem k tomu, že změna klimatu pravděpodobně ovlivní různé složky rizika, byly její dopady hodnoceny prostřednictvím integrace různých účinků působících na jednotlivé aspekty, přičemž se zvažovala jejich vzájemná závislost, a nikoli pouze prostá kumulace jednotlivých dopadů. Autoři dále navrhli multidisciplinární přehled možných dopadů změny klimatu na rizikové složky přehrad. Přehled byl strukturován na základě různých složek rizika: Zatížení systému, Reakce systému a Důsledky. Analýza byla provedena na základě 21 klimatických scénářů získaných z projektu CORDEX. Po výpočtu pro současný a budoucí scénář byla rizika vyhodnocena, aby bylo možné určit, zda jsou nutná zmírňující opatření. Výsledky ukazují postupné zhoršování rizikových podmínek přehrad obecně pro většinu projekcí klimatických scénářů. Pro uvedené vodní dílo byly následně definovány zmírňující opatření včetně jejich nákladů na realizaci a údržbu v dalších letech.

R. 4 BEDNÁROVÁ, E., ŠKVARKA, J., VÁCLAVÍK, P., POÓROVÁ, J., KASANA, A. (Slovakia)**Význam vodohospodářské soustavy Liptovská Mara - Bešeňová v kontextu změny klimatu.**

Příspěvek stručně představuje vliv provozu vodohospodářské soustavy Liptovská Mara - Bešeňová na odtokové poměry na dolním toku pod přehradou. Z analýzy vyplynulo, že její přínos je zřejmý zejména v období extrémních hydrologických jevů. Autoři podrobněji dále konstatovali, že z analýzy průměrných měsíčních průtoků je patrné přerozdělování průtoků vlivem VH soustavy v průběhu roku. Zatímco v zimních měsících jsou průtoky pod přehradou výrazně nadlepšeny, v jarních měsících jsou vyšší průtoky sníženy. V letních a podzimních měsících je vliv nádrže na odtokové poměry pod přehradou méně významný. Soustava Liptovská Mara - Bešeňová musí kromě svých aktivit (využití hydroenergetického potenciálu, snížení povodňových průtoků, nadlepšování průtoků pro průmysl, zemědělství, zlepšování kvality vody, rekreace a sportu, plavby a rybolovu) celoročně zajišťovat minimální průtok 15 m³.s⁻¹ v řece Váh. Analýza však ukázala, že v nejzranitelnějším zimním období by bez akumulační nádrže Liptovská Mara, cca 62 mil. m³, po dobu téměř dvou měsíců v roce, nebyl v řece Váh zajištěn požadovaný minimální průtok 15 m³.s⁻¹. Přidanou hodnotou nádrží Liptovská Mara a Bešeňová je také dotvoření krajinného rázu.

R. 5 BERNEDO-SANCHEZ, C., ISO-AHOLA, V. (USA)**Problémy při odhadu návrhových povodní v měnícím se klimatu**

Příspěvek poukazuje na riziko spojené se stanovováním návrhových povodní pro jednotlivé prvky vodních děl s ohledem na měnící se klima. Odkazuje na nedávnou studii NASA, které předpokládá změnu vzdušných proudů téměř na celé planetě a tím i změnu hydrologických podmínek. Autoři podrobně analyzují tři dílčí povodní v Kalifornii se třemi přehradami, záznamy o povodních v minulých letech a vývoj těchto událostí v čase. Využívají přístupu Maximální povodňové srážky a Maximální pravděpodobné povodně. Na základě pozorovaných

dat doporučují přístupy, jak zohlednit vliv změny klimatu při dalších hledáních návrhových průtoků. V závěru příspěvku autoři prezentují konkrétní ponaučení a doporučení plynoucí z jejich analýz pro oblast Kalifornie.

R. 6 DE BONVILLER, A., DISS, S., RAHUEL, J.-L., PRINSEN, G. (France)

Úloha budování přehrad v kontextu změny klimatu v subsaharské Africe

Příspěvek, ve francouzštině, prezentuje výsledky dvou projektů, které se zaměřily na popis vývoje hydrologických podmínek v měnících se podmínkách klimatu v subsaharské Africe, konkrétně v povodí Senegalu a povodí horního Nigeru. Pro předpověď budoucího chování podnebí byly využity dva různé přístupy (29 globálních klimatických simulací pro povodí Senegalu, pro Niger pak pouze dva scénáře předpokládaného vývoje). Oba přístupy předpovídají zkrácení a posunutí období dešťů. Kombinace klimatických změn a populačního růstu by tak mohla mít vážné důsledky pro socioekonomickou rovnováhu v regionu a na krizové situace v suchých letech. V Senegalské oblasti by přidání čtyř dalších přehrad umožnilo lepší zvládnutí nízkých průtoků. Víceúčelové nádrže by tak mohly umožnit účinné zavlažování, rozvoj rybolovu a usnadnit plavbu. Hydrologické a hydraulické modelové simulace však ukazují, že je nezbytné, aby správa těchto struktur byla optimalizována a koordinována. V povodí Senegalu a v povodí horního Nigeru, by optimalizace samotné výroby vodní energie mohla být provedena na úkor zemědělských činností. Strategie zaměřená pouze na výrobu vodní energie však není žádoucí vzhledem k důležitosti dalších primárních cílů, jako je například cíl potravinové bezpečnosti. Proto je zapotřebí integrovaný přístup, který rozděluje přínosy. To vyžaduje zavedení integrovaného plánu hospodaření s vodními zdroji. Víceúčelová nádrž je hlavní součástí a základním prvkem mnoha strategií a správa těchto nádrží musí zahrnovat všechny priority sdílené zeměmi povodí a krizová období, o něž musí usilovat všichni uživatelé vody.

R. 7 BOUTONNIER, L., BOUSSAFIR, Y., TOURMENT, R., COURIVAUD, J.-R. (France)

Důsledky změny klimatu na chování přehrad a hrází a jejich stabilitu

Jak z názvu vyplývá, ve francouzštině psaný příspěvek se zabývá chováním zemních hrází v měnících se podmínkách klimatu z pohledu jejich stability. Zemní hráže často obsahují jemné částice (např. jílu), které jsou citlivé na interakci s okolním prostředím. S měnícím se klimatem by se konstrukce, které jsou v současnosti v klimatu s mírným nedostatkem vody, mohly změnit na konstrukce s vysokým deficitem, což by vedlo k nevratným smršťovacím trhlinám a vodní stavby, konstrukce zemních hrází s jemnými částicemi by se staly zranitelnějšími. Pro omezení rizika smršťování u nových konstrukcí z jemných zemin doporučují autoři zvýšit energii hutnění a snížit obsah hutnicí vody.

R. 8 RIFFARD-CHENET, M., GILROY, K., BANCAL, X. (France)

Analýza odolnosti projektu vodní elektrárny Sahofika (Madagaskar) vůči změně klimatu - Plné uplatnění průvodce odolností vůči klimatickým změnám (IHA) ve fázi návrhu.

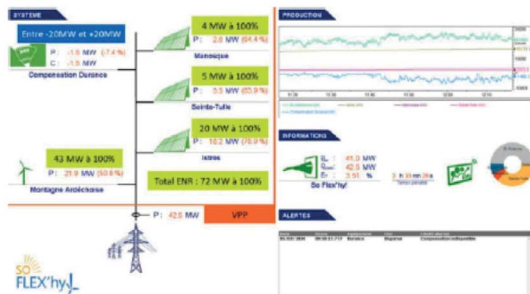
V rámci podrobných projektových studií provedla společnost Tractebel na žádost projektové společnosti Nouvelle Société de Projet Hydroélectrique de l'Onive (NEHO) analýzu dopadu změny klimatu a odolnosti hydroelektrárny Sahofika na Madagaskaru podle nedávného postupu navrženého IHA v jeho "Průvodci odolností vůči změně klimatu", nástroji na podporu

rozhodování zveřejněném v květnu 2019. Tento článek představuje výsledky této analýzy a různé zvažované možnosti a řešení pro zajištění odolnosti vůči klimatu v průběhu celého životního cyklu projektu. Jsou navrženy a analyzovány dvě kategorie možností odolnosti: (1) úpravy původního projektu, pokud je horizont provádění klimatických projekcí blízký nebo pokud má očekávaná změna významný dopad na výkonnost systému, a (2) adaptační řešení, která mají být realizována v delším časovém horizontu v závislosti na aktualizovaných pozorovaných a předpokládaných klimatických údajích. Je rovněž navržen plán monitorování a řízení klimatických rizik a doporučení pro pravidelnou aktualizaci s využitím shromážděných hydroklimatických údajů a nových modelových projekcí. *(Příspěvek je ve francouzském jazyce.)*

R. 9 POUGET, L., DURAND, P., BALMIGNERE, J.F., VILADRICH, CH. (France)

So Flex'Hy, virtuální model elektrárny vyvinutý EDF-HYDRO_PV

Příspěvek popisuje možnosti simulačního prostředí pro analýzu spolupráce vodních, solární a fotovoltaických zdrojů pro výrobu energie s využitím bateriového zásobníku. Jedná se o virtuální model elektrárny průmyslového rozsahu kombinující vodní elektrárnu o výkonu



Flex'Hy, virtuální model elektrárny

spolupráci s dalšími obnovitelnými zdroji.

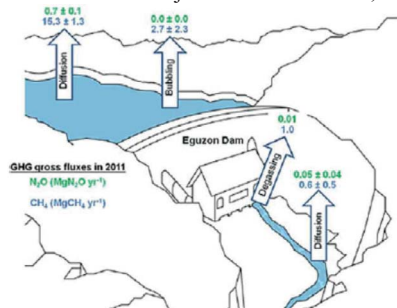
R. 10 LEMPERIERE, F., PELTIÉ, B., DEROO, L., NOMBRE, A., FRY, J.J. (France)

Potřeba, řešení a náklady na přečerpávací zdroje v roce 2050

Spotřeba elektrické energie se podle autorů do roku 2050 zvýší 3x. Většina dodávek energie má vycházet ze zdrojů větrných a fotovoltaických. Tyto zdroje budou vyžadovat jako jedinou rozumnou variantu ukládání přebytečné energie přečerpávací vodní elektrárny. Potřeba pro ukládání energie ze solárních zdrojů je v zemích s dostatkem slunečního záření vázána na časový interval 10 hodin denně. Celosvětová kapacita potřebná pro ukládání energie ze solárních zdrojů bude v roce 2100 přibližně 5000 GW. Mezi roky 2030 a 2080 je odhadována potřeba instalace nových zdrojů ve výši 100 GW ročně. To je přibližně pětinasobek současného stavu. V budoucnu se předpokládá ústup od klasických schémat přečerpávacích vodních elektráren se dvěma nádržemi ke schématům aplikace horních nádrží podél velkých vodních toků nebo s vazbou na moře (jako dolní nádrž). Přečerpávací zdroje jsou považovány za vhodnější řešení, než bateriové zásobníky energie.

R. 11 CHANUDET, V., JACOB, F. (France)**Zkušenosti EDF s měřením a vyhodnocením emisí skleníkových plynů ve Francii a ve světě**

Prostor vodních nádrží po prvním napuštění a v dalším období provozu produkuje skleníkové plyny. Autoři příspěvku popisují tato měření a jeho výsledky na přehradě Petit Saut ve Francouzské Guajaně od roku 1994, kdy byla nádrž napuštěna. Problematika emisí skleníkových plynů nádržími je sledována od začátku devadesátých let minulého století.



Data z přehrady Petit Saut a další studie byly použity při navrhování přehrady Nam Theun 2 v Laosu. Od napuštění nádrže v roce 2008 je v rámci monitorování sledován také výskyt skleníkových plynů. Další monitorování

vývoje skleníkových plynů v nádržích je prováděno v současné době také ve Francii, Kamerunu a Brazílii. Sledování skleníkových plynů na nádržích je zásadní pro návrh vhodných opatření pro předcházení tomuto jevu. EDF v této oblasti spolupracuje s dalšími

organizacemi v rámci pracovních skupin (IHA, IEA) a financuje a spolupracuje na řadě výzkumných projektů. Příspěvek shrnuje 25 let zkušeností EDF v této oblasti.

R. 12 SIMARD, M.C., FRÉCHETTE, V., ESSOU, G.R.C., MARTINEZ, F.T.A., ROBICHAUD, E., TROTTIER, J.B., LAROUCHE, R. (Canada)**Strategie adaptace Hydro-Québec na klimatickou změnu**

Adaptaci na klimatickou změnu jako významné obchodní riziko řeší společnost Hydro-Québec. Příspěvek popisuje přístup k analýze zranitelnosti ve vztahu mezi aktivitami Hydro-Québec a klimatickou změnou a možnosti potřebných přístupů k budoucím činnostem.

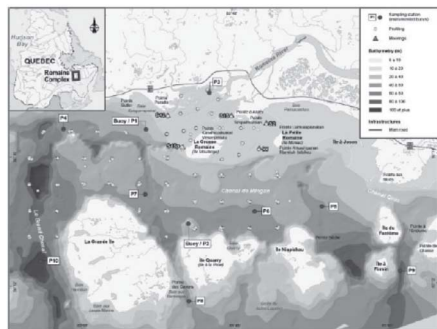
Hydro-Québec je s 99%-ním podílem největším producentem obnovitelné energie v severní Americe. 98% elektrické energie produkuje Hydro-Québec z vodních zdrojů. Sestava vodních zdrojů představuje 62 elektráren s instalovanou kapacitou 36.9 GW, 27 velkých nádrží se zásobní kapacitou 176 TWh, 668 přehrad a 99 řídicích center. Rozsáhlost společnosti Hydro-Québec představuje pro zpracování komplexní studie zranitelnosti ve vazbě na klimatickou změnu obtížný úkol. Jedná se zejména o začlenění všech obchodních jednotek s rozmanitými aktivitami do jedné studie. Úspěšné zpracování bylo zajištěno využitím postupu založeného na více úrovněm rozhodovacím procesu.

R. 13 DEMARTY, M., DEBLOIS, C., TREMBLAY, A., BILODEAU, F. (Canada)**Emise skleníkových plynů z hydroenergetické nádrže Boreal komplexu La Romaine v Qubeku v Kanadě**

Od začátku tisíciletí sleduje Hydro-Québec emise skleníkových plynů ze svých nádrží. Úspěšné sledování probíhá na komplexu Romaine. Od roku 2019 až 2020 je ke sledování využíván automatický systém. V prvních pěti letech po napuštění nádrže dochází ke snížení emisí CO₂ a k proměnlivé emisi metanu. Výsledky poukazují na nutnost dlouhodobého měření a hodnocení vlivů vodní energetiky na emise skleníkových plynů. I když v porovnání s ostatními stejně starými nádržími v Quebecu výzkum ukazuje v soustavě Romaine nízké emise skleníkových plynů, jsou tyto emise mírně vyšší, než je tomu v přírodních podmínkách v okolí.

R. 14 DEMARTY, M., DEBLOIS, C., TREMBLAY, A. (Canada)**Poměrný vliv hydroenergetického komplexu Romaine na říční ústí v měnícím se klimatu: zjištění a výsledky pětiletého sledování**

V podmínkách změny klimatu lze očekávat dynamické změny zejména v pobřežních oblastech na kontaktu sladké a slané vody. V příspěvku autoři popisují pozorování v letech 2013, 2015, 2017 a 2019 zaměřené na hodnocení řady fyzikálních, chemických a biologických parametrů v ústí řeky Romaine, na které je provozován významný hydroenergetický komplex Hydro-Québec. Pozorování probíhala vždy po dobu pěti měsíců v letních měsících roků uvedených



Mapa ústí řeky Romaine

výše. Pozorování byla založena na kontinuálním měření vybraných parametrů pomocí nainstalovaného monitorovacího systému. Několik vzorkovacích kampaní bylo dále provedeno v cyklech přílivu a odlivu za účelem analýzy planktonu. Výsledky pozorování byly porovnány s regionálními databázemi zohledňujícími teploty vzduchu a vody. To umožnilo rozlišit vliv provozu energetické soustavy od vlivu klimatických změn. Tento druh studie je možné považovat za zásadní pro zlepšení společenského povědomí o zařízeních pro využití vodní energie.

R. 15 PERERA, S., KARUNARATNE T. (Australia)**Výzvy spojené se změnou klimatu při správě přehrad**

Příspěvek popisuje pozorování zaznamenaná na přehradách a souvisejících objektech v období 1997–2009 ve státě Victoria v Austrálii. Tento region v uvedeném období prošel delšími obdobími sucha, silnými požáry buše a velkými povodněmi. Probíhá proto mnoho výzkumů a studií na téma, jak se nejlépe přizpůsobit a plánovat pro takto specifické podmínky. Příspěvek pojednává o změnách, které jsou nutné v programech inspekce a dozoru nad přehradami, v postupech a procesech provozu a údržby a řízení mimořádných událostí. Klíčovými faktory při řešení těchto výzev budou školení, rozvoj dovedností a budování kapacit v rámci organizací.



Poruchy na koruně hráze a těsnění v důsledku extrémního sucha (VD Eppalock a Merrimu)

R. 16 YANG, J., TENG, P., LAUGIER, F., LIN, Ch. (Sweden)**Povodňové průtoky na pianových přelivech – vlastnosti proudění vzduch-voda.**

Povodňový průtok přes pianový přeliv (PKW) vytváří dvoufázové proudění voda-vzduch. Jako podstatnou součást tohoto jevu je třeba pochopit pohyby vzduchu a tvorbu vzduchové dutiny spojené s jedinečným chováním při přelévání. Příspěvek představuje CFD simulace ve 3D na základě prototypu PKW s hypotetickým vzduchovým průduchem, aby se reprodukovalo jeho proudění vzduchu a vody. Zkoumány byly jak nízké, tak vysoké výšky vody. Z hlediska kapacity je modelování CFD v dobré shodě s fyzikálními modelovými zkouškami. Při nízkém převýšení se proud rozpadá, vodní clona není uzavřena v rozích přelivu a potřeba vzduchu proudem PKW je zanedbatelná. Při vysokém převýšení vody se dutina téměř uzavírá; výměna vzduchu mezi dutinou a atmosférou je omezená. V důsledku toho se zvyšuje potřeba vzduchu z průtoku PKW; průtok vzduchu je téměř dvojnásobný než při nízké výšce hladiny. Příspěvek prezentuje studii, která pomáhá pochopit charakteristiky proudění vzduchu v prototypu a vyhodnotit potřebu provzdušňování. Instalace rozdělovačů na koruně přelivu je levnou možností, pokud se objeví pochybnosti o tom, zda by dutina s odtlačeným vzduchem nezpůsobila oscilace proudu.

R. 17 KOJIMA, H., NAGATANI, G., KURAHASHI, M, KAWAMURA, I., SUMI, T. (Japan)**Hodnocení protipovodňových funkcí stávajících přehrad v Japonsku v kontextu změny klimatu**

V posledních letech má četnost povodní v Japonsku rostoucí tendenci a vývoj prostředků pro řešení vzrůstajících potřeb řešení živelních katastrof se stal naléhavou otázkou. Autoři představili studii, jejíž účelem bylo provést kvantitativní hodnocení současné protipovodňové kapacity stávajících přehrad vzhledem k "současným pravděpodobným maximálním srážkám" a prozkoumat potřebu budoucích opatření s ohledem na různé faktory. Výsledkem je zjištění rozdílů mezi jednotlivými říčními systémy v Japonsku, které se projevují v soustavách vybavených účinnými protipovodňovými funkcemi na bázi přehrad, a v systémech se stávajícími funkcemi nádrží, které jsou kapacitně nedostatečné. Studie prokázala, že pokud lze v soustavách vodních děl provádět předběžné vypouštění ze stávajících přehrad (i z přehrad s vodní elektrárnou), může to potenciálně zajistit zlepšení schopnosti regulace povodní rovnocenně s navýšením tělesa hráze přehrad.

R. 18 TAKINO, S., NAKADA, Y., TSUKA, T., HONDA, T., MIYOSHI, T., OHHIGASH, M., KOTSUKI, S. (Japan)**Vývoj pokročilého řídicího systému pro hydroenergetické vodní dílo založené na strojovém učení**

Provozování přehrad a vodních elektráren vyžaduje vysoce přesnou předpověď srážek v povodí a průtoků půl dne předem. Učící se optimalizační systém pro včasnou předpověď srážek a průtoků pro řízení vodního díla s vodní elektrárnou popisuje skupina autorů, a to včetně pilotní aplikace.

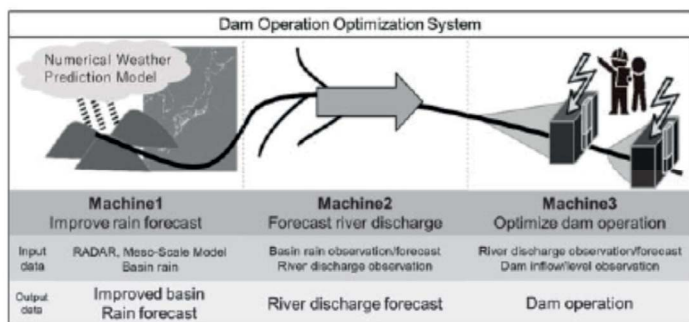


Schéma řídicího systému

R. 19 MWAKA, B., NDIRITU, J., MAKUNGO, R., ODIYO, J. (South Africa)**Modelování a předpověď vlivu sedimentace v nádrži na využití přehrad**

Autoři příspěvku konstatují, že existují důkazy o tom, že sedimentace v nádrži a s ní spojená ztráta objemu nádrže se bude s měnícími se klimatickými podmínkami zvyšovat. Rovněž se předpokládá, že v důsledku zvýšené hydrologické proměnlivosti související se změnou klimatu, se sníží spolehlivost dodávek vody, avšak standardní analýzy spolehlivosti účelů vodních děl tyto předpokládané ztráty nezahnují. Tento příspěvek představil výsledky modelového přístupu vyvinutého pro analýzu těchto ztrát. Začleněním modelování do analýzy spolehlivosti typické nádrže, její předpokládané ztráty objemu v důsledku sedimentace, lze očekávat snížení objemů nádrží až 30 %.

R. 20 WEI, S. (China)**Vypuštění jesetera na vodním díle Tři soutěsky: důležitost informovanosti a veřejného mínění o hydrotechnickém a hydroenergetickém inženýrství**

Projektanti a stavitelé vodního díla Tři soutěsky se s velkou vážností věnují rovnováze mezi technickými a sociálními aspekty projektu. Jednou z aktivit související s ekologickými aspekty a biologickou diverzitou ovlivněné oblasti je vypuštění Čínského jesetera na nádrži vodního díla Tři soutěsky. Formou mediálních kampaní je zajišťováno propojení projektu s veřejností a prezentace snah v oblasti ochrany životního prostředí a biologické rozmanitosti. Toto je považováno za novou cestu k podpoře veřejného mínění v oblasti nádrží a přehrad.

R. 21 YANG, J., ZHANG, Z., ZHOU, P., SHANG, W. (China)**Veřejné vnímání nádrží a přehrad v sociálních médiích: pilotní studie šíření fámy o deformacích na vodním díle Tři soutěsky**

Příspěvek se zabývá významem komunikace inženýrů na sociálních sítích pro informování veřejnosti. Je uveden příklad řešení komunikace inženýrů a veřejnosti v souvislosti fámy z roku 2019 o deformacích na vodním díle Tři soutěsky. Ukazuje se v praxi, že řada sociálních problémů je způsobena nedostatečnou znalostí obyvatel v oblasti nádrží a přehrad. Veřejnost si často vytváří nesprávné závěry na základě vlastní osobní zkušenosti vycházející z fám, které se snadno šíří. Příspěvek přináší rozbor komunikace na sociálních sítích a roli různých subjektů v komunikaci.

R. 22 ZHIHUI,Z., RUI,W. (China)**Historický souhrn a filosofický odraz ekologických rozporů přehradních projektů**

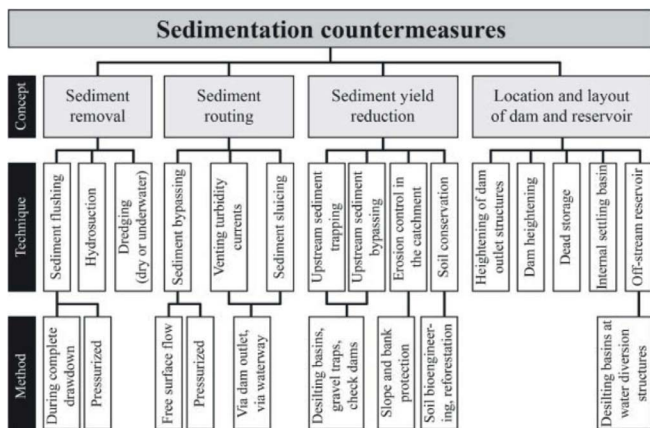
Autoři předkládají pohled na rozpory v ekologickém hodnocení přehrad, který je v tomto oboru inženýrství velmi zásadní zejména ve 20. století. V příspěvku autoři také navrhují, jak na rozpory a kontroverze v přehradním stavitelství pohlížet objektivně a rozumně. Je konstatován zásadní vliv přehrad jako bariér v povodí řeky a na druhou stranu významné pozitivní účinky v ochraně před povodněmi, výrobě elektrické energie, zásobování vodou, zajišťování zvlahové vody apod.

NO.		POSITIVE	NEGATIVE
1	Overall judgment	Hydropower is the only renewable clean energy that can be developed and utilized on a large scale.	Hydropower is not clean energy
2	Attitudes towards dams and hydropower	Supporting dams and hydropower. The opposition is actually anti hydropower.	Some people are against dams, but not against hydropower. Some people are against both dams and hydropower.
3	Ecological impacts of dams	Admitting that dams have ecological impacts, but it is believed that they can be solved by engineering and non engineering measures. Poverty is an important cause of environmental damage. The combination of project resettlement and ecological migration can alleviate poverty, eliminate the damage to the ecological environment of Nujiang River, and provide funds for ecological protection and protection.	The development of hydropower will cause 'catastrophic damage to the ecological environment'. To change the topography, aggravate and induce landslide, slope debris flow and other geological disasters; leading to soil erosion and damage of roads and buildings; damaging water quality, reducing flow, changing water environment; inducing earthquake.
4	Greenhouse gas emissions	Coal fired hydropower helps reduce emissions.	Intensifying the global greenhouse effect.
5	Scenery	Creating cultural landscape.	Dam damages the landscape.

Diskuse o čistotě elektrické energie

R. 23 BOES, R. M., BAUMER, A., PFEIFER, S., ALBAYRAK, I., FELIX, D. (Switzerland)**Techniky snižování sedimentace v nádržích s převažujícím zatížením suspendovanými částicemi**

Příspěvek se zaměřuje na problematiku zanášení nádrží, jakožto fenoménu, který každoročně dosáhne úrovně 1 % celkového objemu všech světových přehrad uvedených v registru ICOLD. To odpovídá přibližně 75 km³. Současným tempem se předpokládá, že do roku 2050 bude přibližně 25 % všech nádrží nefunkčních kvůli sedimentaci. Autoři předkládají přehlednou formou výčet možných zmírňujících opatření, které dokládají na několika konkrétních případových studiích ze Švýcarska či Rakouska.

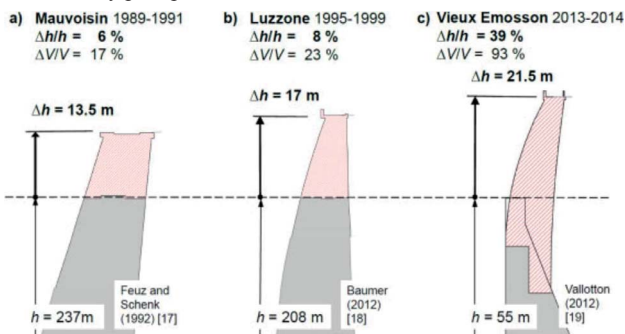


Klasifikace pojmů, typů a metod zmírňování sedimentace v nádržích

R. 24 FELIX,D., EHRBAR,D., FAURIEL,J., SCHMOCKE,L., VETSCH,D.F., FARINOTT,D., BOES,R.M. (Switzerland)

Možnost zvýšení zásobních objemů vody a energetických zásob ve švýcarských Alpách

Vyhledávací studie lokalit pro podporu využití obnovitelných zdrojů ve Švýcarských Alpách je v příspěvku prezentována výsledkem výzkumu 62 nových ledovcových lokalit a hodnocením možností zvýšení objemů existujících nádrží pro zvýšení objemu ukládané elektrické energie. Aktivita je motivována klimatickými změnami a politickým úsilím zaměřeným na zvýšení podílu obnovitelných zdrojů, zvýšení zásobních objemů vody a pro ukládání elektrické energie a zvýšení ročního objemu výroby elektrické energie z vody. Ve 13 lokalitách nových víceúčelových nádrží je možné vytvořit zásobní objem celkem 600 milionů m³ s možností uložení 1.5 TWh elektrické energie a novou výrobou celkem 1.2 TWh za rok. Jako příklad je rozpracováno víceúčelové vodní dílo Gornergletcher. Možnosti zvýšení existujících přehrad byly vyhodnoceny pro 38 stávajících švýcarských přehrad se zásobním objemem nad 20 milionů m³. V tomto případě lze zvýšit zásobní kapacitu celkem o 950 milionů m³ a zásobní objem pro 2.9 TWh elektrické energie. Celkem lze zásobní prostory pro zásobování vodou a ukládání elektrické energie těmito dvěma způsoby zvýšit ve švýcarských nádržích o 40 až 50 %. Zvýší se též míra ochrany před povodněmi.



Možnosti zvyšování klenbových přehrad

R. 25 ZULKARNAIN, H., MAYASARI, R. (Indonesia)**Dopad změny klimatu na provoz tří velkých nádrží na řece Citarum v Indonésii.**

Případová studie z Indonésie představuje režimová opatření na soustavě/kaskádě tří nádrží. Rostoucí povědomí o životním prostředí se proměnilo v celosvětový tlak na využívání ekologicky šetrné energie, která by nahradila nebo omezila používání energie emitující skleníkové plyny (GHG). Změny v principu fungování kaskády nádrží Citarum budou mít dopad na ekonomickou hodnotu potenciálu generovaného z výroby elektřiny. V současné fázi se přizpůsobení provozu kaskády nádrží Citarum za účelem snížení dopadů klimatických změn provádí optimalizací kapacity nádrže tak, aby v období dešťů zadržovala co nejvíce vody, ale aby v období sucha poskytovala prostor pro ochranu před povodněmi.

R. 26 ARIYANTI, V., WICAKSON, A. A. (Indonesia)**Vliv změny klimatu na sedimentaci v nádržích přehrad ve vulkanických povodích – případ povodí Serayu a Brantas, Indonésie**

Tento článek upozorňuje na zanášení nádrží přehrad v povodích vulkanických řek, které jsou postiženy zhoršující se erozí a stavem vodního toku. Je to způsobeno změnou klimatu a stavem povodí na horním toku. Cílem článku bylo zjistit, jaký management sedimentů by pomohl minimalizovat zanášení nádržních prostorů. Kvalitativní metodika byla provedena na případových studiích povodí řek Brantas a Serayu, které se nacházejí na ostrově Jáva, se sopkami na horním toku. Na ostrově se projeví také klimatické změny, které jsou patrné díky zintenzivněním srážek během kratšího období dešťů. Stav zanášení vodních nádrží byl analyzován pomocí klasifikace podle Schleisse, 2020, kde byly použity čtyři typy metod řízení chodu sedimentů (DSMM). Výsledky studie nepřekvapivě ukazují, že čím více mitigačních přístupů je použito, tím nižší je stav zanášení nádrže.

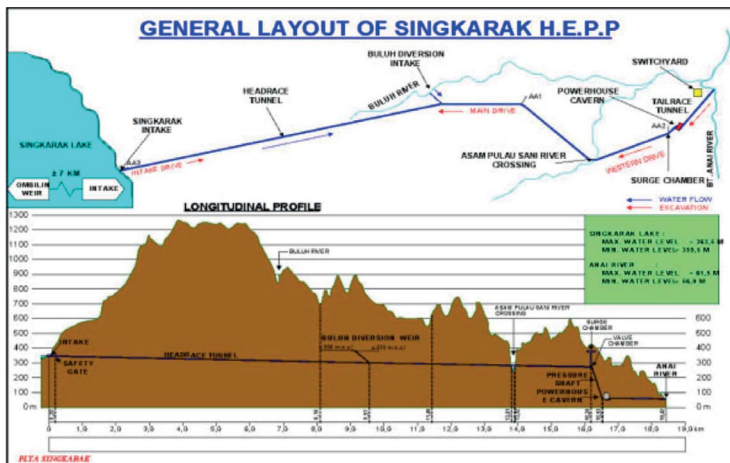
R. 27 HATMOKO, W., MULDIANT, H., ROSIT, H., RADHIKA, PRIMADITA, B. D. (Indonesia)**Vliv změny klimatu na provoz nádrže Jatigede**

V příspěvku jsou diskutovány dopady klimatické změny na vodní dílo Jatige, druhou největší nádrž v Indonésii s objemem téměř jedné miliardy metrů krychlových vody. Hlavními účely jsou: závlahy 90 tis. hektarů, odběr vody pro zásobování obyvatelstva ve výši $3,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, výroba elektrické energie v elektrárně s výkonem 110 MW a v neposlední řadě povodňová ochrana území o rozloze 14 tis. hektarů. Vliv změny klimatu na srážky v budoucnu byl odhadován na základě nejhoršího scénáře RCP 8.5. Měsíční srážky byly předpovídané do roku 2045 pomocí souboru sedmi modelů běžně používaných v Indonésii. Z uvedeného vyplynulo, že vliv změny klimatu na přítok do nádrže má způsobuje klesající tendenci a prodlužuje se tím i období sucha. Pro scénáře vlhkého a normálního roku nebyl zjištěn žádný významný dopad. Naopak simulace se scénářem suchého roku ukazuje nedostatek vody pro zavlažování a snižování hladiny v nádrži, což způsobí pokles ve výrobě energie.

R. 28 ELFIT, Y., ZUFIRMA, Z., WAHYUD, R., SILITONG, D. B. (Indonesia)**Jez Ombilin jako regulátor kolísání hladiny vody na nátoku do vodní elektrárny na jezeře Singkarak**

Auтори v příspěvku představují podrobnou studii, jejímž účelem bylo analyzovat povodňové řízení průtoků v jezeře Singkarak tak, aby se naplnily udržitelné aspekty využití vodní energie.

Do jezera (s rozlohou 11300 ha) přitéká 9 řek. Konstantní hladinu vody v jezeře pro efektivní využití elektrické energie ve vodní elektrárně zajišťuje jez Ombilin. Vodní elektrárna disponuje výkonem 175 MW. Regulační jez je od elektrárny vzdálen 7 km. Byla provedena analýza očekávatelných dopadů klimatické změny na množství vody v jezeře s výsledkem, že v nadcházejících letech nedojde k omezení výroby elektrické energie z důvodu nedostatku vody. Regulační jez je vhodným řešením a zajišťuje bezpečné průtoky ve VE až do 25leté povodně.



Uspořádání jez Ombilin a nátoku do vodní elektrárny

R. 29 KAMILA,D., SILITONGA,D., UMA,Z., KUSWAND,K. (Indonesia)

Naléhavost vybudování přehrady Gunung Malintang pro omezení záplav na řece Batang Mahat



Fig. 2

Inundation and the impact of the Batang Mahat river flood.

Záplavy na řece Batang Mahat

V posledních pěti letech bylo povodí řeky Batang Mahat (plocha povodí 773 km², délka toku 44 km) postiženo katastrofálními povodněmi. Dvourozměrná analýza záplavových území pomocí modelu HEC-RAS dokládá možnosti zásadního snížení rozsahu záplavového území při Q₁₀₀. Toto snížení vychází ze skutečnosti, že bylo prokázáno snížení záplavových hloubek v korytě toku na polovinu původních hloubek před vybudováním přehrady Gunung Malintang.

R. 30 ASMAN,D.I., STOIAN,C.C., BOGZIAN,R. (Romania)**Případová studie adaptace přehrady Stanca-Cosnesti na změny klimatických podmínek**

Přehrada Stanca-Cosnesti byla v posledních 12 letech vystavena třem extrémním povodním, které jsou přičítány změně klimatických podmínek. Zaznamenané atypické průběhy povodní vedly k zásadním změnám hydrologického modelu povodí a k nutnosti zvýšení bezpečnosti přehrady. Přehrada Stanca-Cosnesti je složena z několika různých částí – pilířová, betonová gravitační, sypaná, betonová předpjatá a sypaná. Přehrada se nachází na řece Prut, která tvoří přírodní hranici mezi Rumunskem a Moldávií. Zásadními povodněmi, které byly příčinou nutnosti přehodnocení manipulačních pravidel pro vodní dílo Stanca-Cosnesti byly povodně ve letech 2008, 2010 a 2020. Provedená změna manipulačních pravidel je adaptačním opatřením na dopady klimatické změny, které přináší environmentální i sociální výhody.



Přehrada Stanca-Cosnesti

R. 31 VISHNOI, R. K., SINGH, G., KUMAR, A., OJHA, N. K., VISHWAKARMA, P. (India)**Korekce významných parametrů projektu v průběhu realizace v důsledku extrémní události (bleskové povodně) v hydroelektrickém projektu Vishnugad Pipalkoti (444 MW), Uttarakhand, Indie**

Extrémní povodňová událost v červnu 2013 výrazně změnila profil koryta řeky v oblasti přehrady i elektrárny, což ovlivnilo projektované hladiny různých portálů/vtoků ve fázi přípravy projektu. Změny v profilu koryta řeky byly zohledněny omezením výšky hráze ochranné jímky, jak tomu bylo dříve, snížením úrovní vtoků a vpustí v odpadním tunelu a zvětšením velikosti odváděcího tunelu (konečný průměr byl upraven z 10 m na 10,5 m), aby se přizpůsobil hladinám vody za ochrannou hrází. Byl rovněž zvětšen sklon tunelu, aby byl zajištěn nadkritický průtok (podmínky volného proudění). Podobně byl přemístěn portál hlavního přístupového tunelu i kabelového větracího tunelu do vyšší nadmořské výšky, aby byly chráněny před událostmi podobnými těm z roku 2013. Tyto změny způsobené extrémními povodněmi také ovlivnily čas a náklady na tunel oproti tomu, co bylo plánováno ve fázi přípravy projektu a výběrového řízení.

R. 32 SINGH,A.K., MANI,M., VISHNOI,R. (India)**Přehrada Tehri – spása před extrémními jevy způsobenými klimatickou změnou**

Himálajský region je z důvodů topografie, geologie, tektoniky a ekologické citlivosti vystaven rychle se měnícímu počasí. V nedávných letech se v počasí vyskytly extrémní události, které byly způsobeny antropogenními faktory, jako je růst populace, odlesňování, změny využití území a emise způsobení urbanizací území. Jsou běžné extrémní jevy jako průtrže mračen, vytváření ledovcových jezer a jejich následné protržení, změny v rozložení deště v čase i prostoru. Za potřebné jsou považovány přehrady na všech himálajských povodích, které by regulovaly nerovnoměrný odtok pro zajištění životních podmínek osídlení. Přehrada Tehri je mega projektem v povodí řeky Gangy na jednom z největších přítoků – řece Bhagirathi. Víceúčelové vodní dílo je klíčovým zdrojem vody a energie (1000 MW) pro rozsáhlé související území a také významným prvkem zajišťujícím bezpečnost v obdobích sucha i povodní. V oblasti vodohospodářských funkcí nádrže probíhá trvalý vývoj metod a technologií řízení.

*Přehrada Tehri***R. 33 ROHIDAS CHAVAN, S., GUPTA, N. (India)****Zkoumání velikostí a četnosti ročních maximálních denních srážek v povodí přehrady Bhakra, Indie**

V tomto článku autoři analyzovali záznamy ročních maximálních srážek z 32 srážkoměrných stanic ležících v povodí přehrady Bhakra s délkou záznamu 110 let, a to na přítomnost monotónních trendů pomocí různých neparametrických testů trendů. Účinnost a testovací síla různých testů byla porovnána a až na několik málo odchylek byly získány téměř shodné výsledky. U záznamů ročních maximálních úhrnů srážek byl zjištěn konzistentní rostoucí trend, přičemž jen několik stanic vykazovalo negativní trend. Aplikace "Sen's slope methodology" rovněž ukázala na rostoucí velikost trendu u většiny stanic v průběhu let 1901–2010. Rostoucí trendy a přítomnost náhlých změn autory vedly k tomu, že velikost extrémních srážek v tomto povodí Bhakry se zvyšuje. Ve většině případů bylo pozorováno porušení předpokladu stacionarity ročních maximálních srážek v důsledku náhlých změn v průběhu průměru záznamu. Tyto náhlé změny jsou často spojeny s antropogenními úpravami povodí (např. kanalizování vodních toků, manipulace na vodních dílech, změny ve využití půdy/půdního pokryvu) nebo se změnou klimatického režimu.

R. 34 KAPADIA,V.P. (India)**Odezva na změny způsobené klimatickou změnou: případová studie povodí řeky Banas, Gujarat, Indie**

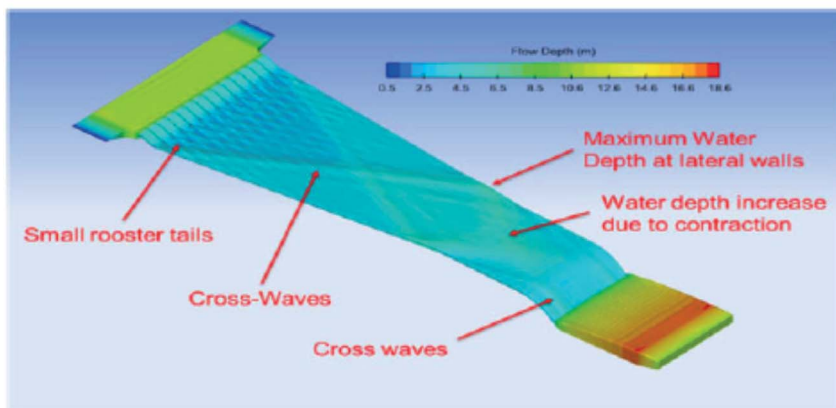
Klimatické změny způsobují vážné ohrožení ve formě extrémních povodní, a to včetně ohrožení přehrad. V provozu je mnoho přehrad, které byly v minulosti vyprojektovány a vybudovány na základě empirických zkušeností a pravidel bez odpovídajících pozorování a znalostí hydrologie toku. Potenciální nepříznivé dopady se týkají zejména těchto starších přehrad. Mnohé extrémní události s velkou vážností potvrdily omezení empirických pravidel pro návrhování bezpečnostních přelivů přehrad. V současné době se provádí přehodnocení návrhových povodní a související změny v konstrukcích přehrad. Přístupy a výsledky ukazuje případová studie v provincii Gujarat v Indii.

R. 35 SHARMA,D.K., GUPTA,R.K. (India)**Role přehrad zmírování dopadů klimatické změny**

Oblast Indie zahrnuje řadu rozmanitých klimatických regionů – pouštní oblasti na severozápadě, vlhké oblasti na jiho-západě, centrální a severo-východní oblast a himálajskou tundru na severu. Hlavním a klíčovým rysem regionálního klimatu je letní indický monzun. Tento monzun se vyznačuje bohatou přírodní variabilitou (sezónní, mezi sezónní, roční, víceletou, mnohaletou), což dokazují moderní měření i výsledky paleo klimatologie. Výsledky paleo klimatologie také potvrzují, že současné rychlé změny klimatu nelze vysvětlit přírodními příčinami. Za období 1901 až 2018 se průměrná teplota v Indii zvýšila o 0.7 °C a do konce 21. století se předpokládá další zvýšení průměrné teploty o 2.4 až 4.4 °C oproti teplotám v období 1976-2005. Trendy vývoje po roce 1950 jsou přičítány antropogenním změnám. Současně se zvyšuje vlhkost vzduchu. Toto se projevuje ve větších klimatických extrémech – větší meziroční variabilitě monzunových srážek. Tyto přírodní změny vyžadují formulaci nových plánů a strategií pro řízení existujících vodních zdrojů a pro budoucí projekty. Příspěvek popisuje scénář klimatické změny pro indický sub-kontinent a jeho vliv na bezpečnost zásobování vodou, vodní energetiku, zvládnání povodní a bezpečnost. Role přehrad je v těchto aspektech považována za klíčovou.

R. 36 ESCOBAR,C.M., VARGAS,O.V., GÓMEZ,J.C. (Colombia)**Návrh nového přelivu pro Panamský průplav**

Vedení Panamského průplavu rozhodlo o nutnosti zvýšení kapacity bezpečnostního přelivu mezi jezerem Gatun a Atlantikem na hodnotu PMF. Nový přeliv je navržen do prostoru mezi staré a nové plavební komory a skládá se z přívodního koryta, přelivu, skluzu a vývaru a odpadního kanálu. Plavební kanál mezi jezerem Gatun a komorami je dlouhý 3000 m a plavební kanál mezi komorami a Atlantickým oceánem (záliv Limon Bay) je dlouhý 6500 m. Na základě výsledků fyzikálního a matematického modelování byl navržen nový bezpečnostní přeliv o 14 polích hrazených segmenty o rozměrech 8.6 x 6.4 m s celkovou kapacitou 4505 m³/s. Velmi pozitivně bylo vyhodnoceno využití obou typů modelů, které společně poskytly komplexní informace o budoucím chování bezpečnostního přelivu. Numerický model byl využit hlavně pro úpravy teoretického návrhu v místech měnicího se proudění z charakteru 1D na složitější proudění a testování změn před stavbou fyzikálního modelu. Fyzikální model popsal komplexně charakter proudění ve skluzu včetně příčných vln od pilířů a zúžení.



Gatun, Panamský průplav – matematický model bezpečnostního přelivu

R. 37 SMITH,S.M., KIPLESUND,G.H., RAVINDRA,G.H.R., ROKSTAD,M.M., SIGRYGGSDÓTTIR,F.G. (Norway)

Fyzikální a numerická analýza kamenité přehrady vystavené proudění vody tělesem hráze jako následek přelítí vnitřního těsnícího jádra

V souvislosti s účinky klimatické změny je nutné odhadovat možné účinky vyšších kulminačních průtoků při povodních na chování sypaných přehrad. Jedná se o lepší porozumění chování přehrad při přelítí a při proudění vody tělesem hráze a následnému mechanismu případného protržení. Studie byla zahájena pomocí fyzikálních modelů typických uspořádání příčného řezu s respektováním norských norem. Velkorozměrné modely byly budovány v měřítku 1:10 v laboratoři v Trondheimu. Na základě dat z fyzikálních modelů byly sestaveny a kalibrovány numerické modely založené na metodě konečných prvků. I přes pozornost věnovanou numerickým modelům nebyly výsledky numerického modelování shledány jako přesné. Cílem výzkumu je ekonomická rekonstrukce stávající nebo návrh nové bezpečné kamenité přehrad v nejistých klimatických podmínkách.

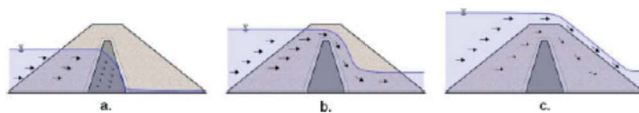


Fig. 1

Load scenarios for a rockfill dam.

- (a) Rockfill dam in regular operation
- (b) Rockfill dam in core overtopping situation
- (c) Rockfill dam in crest overtopping situation.

Zatěžovací stavy pro kamenité hráze