



SLOVENSKÁ NUKLEÁRNA SPOLOČNOSŤ
SLOVAK NUCLEAR SOCIETY



EUROPEAN NUCLEAR SOCIETY



ROSATOM

ODBORNÁ KONFERENCIA sekcie WIN SNUS
Zborník abstraktov

ISBN 978 – 80 – 971498 – 9 – 5

ČASŤA PAPIERNIČKA, 27.4.2017

ZBORNÍK - ODBORNÁ KONFERENCIA sekcie WIN SNUS

OBSAH:

1. Ľubica Knoblochová : **Program spoľahlivosti ľudského činiteľa** , str.3.
2. Zuzana Andrlová: **Interná komunikácia posilňuje úroveň bezpečnosti v jadrových elektrárnach**, str.3.
3. Adriana Sokolíková: **Národné cvičenie „INEX 5“**, str.4.
4. Tatiana Ďuranová : **Projekty HORIZON 2020- projekt CONCERT a projekt CONFIDENCE**, str.4.
5. Anna Križanová : **Možnosti liečby karcinómu prostaty v súčasnosti**, str.5.
6. Marián Jakubek, Terézia Melicherová: **Oblačnosť a rádioaktivita ?**, str.6.
7. Helena Cabáneková , Matej Ďurčik : **Radiačná záťaž obyvateľstva SR z expozície radónu podľa nových odporúčaní EU**, str.6.
8. Terézia Eckertová : **Koncentrácie radónu vo vodách pohorí západného Slovenska**, str.7.
9. Dana Barátová, Vladimír Nečas : **Hodnotenie dlhodobej bezpečnosti hlbinného úložiska pre vyhoreté jadrové paliva**, str.8.
10. Dominika Holková, Jozef Sitek : **Modifikácia amorfných kovových zliatin a nanokryštálov pomocou žiarenia**, str.9.

Program spoľahlivosti ľudského činiteľa

Lubica Knoblochová

SE,a.s - Závod Atómové elektrárne Bohunice

lubica.knoblochova@seas.sk

Program spoľahlivosti ľudského činiteľa bol v jadrových elektrárnach SE,a.s. zavedený ako jedna zo súčastí Iniciatívy Excelentnej Výkonnosti v roku 2011. Cieľom iniciatívy bolo zvýšenie spoľahlivosti, ľudí i zariadení, ako odpoveď na 3 hlavné oblasti zlepšenia - Potreba zlepšenia výsledkov, Podpora riešenia problémov, Podpora dosiahnutia cieľov spoločnosti.

PSLČ je zameraný na prevenciu ľudskej chyby. V jadrových elektrárnach sa riadi podľa najlepšej praxe spracovanej v návodoch asociácie združujúcej jadrových prevádzkovateľov (WANO - Excellence in Human Performance, 2002).

Ľudia dosahujú len takú výkonnosť v akej ich podporuje organizácia. Na to, aby sme dosiahli minimalizáciu počtu chýb človeka a znižovanie ich následkov – prevádzkových udalostí potrebujeme, aby zamestnanci mali základné vedomosti o ľudskej spoľahlivosti a organizačných faktoroch a vedeli ich používať. Potrebujeme tiež, aby zamestnanci vykonávajúci analýzy príčin chýb človeka mali v tejto oblasti čo najhlbšie vedomosti.

Program spoľahlivosti ľudského činiteľa je v praxi obsiahnutý:

- Nástroje na prevenciu ľudských chýb
- Manažérske pozorovanie a koučing
- Analýza ľudského činiteľa
- Rýchla informácia o udalosti s ľudským činiteľom
- Časomiera ľudskej spoľahlivosti a ukazovatele výkonnosti
- Základný, periodický a mimoriadny výcvik v oblasti spoľahlivosti ľudského činiteľa

Interná komunikácia posilňuje úroveň bezpečnosti v jadrových elektrárnach.

Zuzana Andrlová

Slovenské elektrárne , a.s.

zuzana.andrlova@seas.sk

Efektívna komunikácia je nevyhnutnosťou pre napĺňanie cieľov spoločnosti, pre zlepšovanie fungovania procesov a v jadrovej firme je jedným z pilierov bezpečnej a spoľahlivej prevádzky jadrového zariadenia. Správne nastavená komunikácia, s využitím rozmanitých komunikačných nástrojov, výrazne napomáha vytvárať správne pracovné prostredie, plne podporuje tímového ducha, motivuje pracovníkov k efektívnemu profesionálnemu výkonu, pozitívnemu vzťahu ku firme, čím významne ovplyvňuje vnímanie zamestnanca, ktorý je hrdý, že je súčasťou tak veľkého tímu celej spoločnosti

Komunikácia je niečo, čo je jasné a zrejme väčšine ľudí, ale na druhej strane je to pomerne zložitý proces. Vyžaduje si vhodne nastavenú komunikačnú stratégiu a celého jednotlivca – od prípravy „zrozumiteľnej“ informácie cez jej podanie, prijatie a so spätnou väzbou porozumenia informačnej správy. Všetko v harmónii, aby komunikácia bola efektívna a priniesla pozitívne výsledky. Komunikácia v jadrových elektrárnach má svoje špecifickú, s využitím podporných foriem a metód, ktoré vedú k zlepšovaniu – pozorovanie pri práci, oceňovanie za bezpečné správanie, diskusné fóra s aktuálnou témou, benefity pre zamestnancov a aj ich rodiny, aby sme na záver všetkého snaženia mali spokojného zamestnanca.

Národné cvičenie „INEX 5“

Adriana Sokolíková

ÚJD SR, Bajkalská 27, Bratislava

Adriana.Sokolikova@ujd.gov.sk

Vláda Slovenskej republiky svojím Uznesením č. 312 z 10. júna 2015 schválila vykonanie cvičenia krízového manažmentu INEX 5 v Slovenskej republike.

Cvičenie sa konalo v dňoch 3. a 4.12.2015 a zúčastnilo sa ho 21 orgánov štátnej správy, SE, a. s. a 2 organizácie ako pozorovatelia. Celkovo sa cvičenia zúčastnilo 75 cvičiacich, moderátorov a hodnotiteľov a 3 pozorovatelia. Cieľom cvičenia bolo preveriť:

1. rozhodovanie o stratégiách vyznenia po vzniku mimoriadnej udalosti, následnej krízovej komunikácii, vrátane možných problémov, optimalizácia systému vyznenia s ohľadom na technické, ekonomické a sociálne faktory, ako aj medzinárodnú komunikáciu a koordináciu,
2. informovanie verejnosti a komunikácia s verejnosťou – previerka koordinácie na všetkých úrovniach riadenia,
3. národná a medzinárodná podpora (humanitárna pomoc, personál, vybavenie, atď.)

Z cvičenia bola spracovaná správa a dotazník, ktoré boli predložené na rokovanie vlády SR spolu so zoznamom nálezov a zistení z cvičenia. Celkovo bolo predložených 22 zistení a návrhov na zlepšenie súčasného stavu zabezpečenia havarijnej pripravenosti SR.

Projekty HORIZON 2020- projekt CONCERT a projekt CONFIDENCE

Tatiana Ďuranová

VUJE, a.s. Okružná 5, 918 64 Trnava

duranova@vuje.sk

"Spoločný program CONCERT pre integráciu výskumu ochrany pred žiarením" v rámci programu Horizont 2020 funguje ako zastrešujúca štruktúra pre výskumné iniciatívy spoločne spustené výskumnými platformami MELODI, ALLIANCE, NERIS a EURADOS. Na základe platformy SRA a spoločného programovania projekt CONCERT rozvíja priority výskumu, ich zosúladenie s prioritami zúčastnených členských štátov a hľadá ďalšie príspevky od spoločnosti a zainteresovaných strán. Projekt sa snaží o zapojenie širšej vedeckej komunity do svojich projektov s cieľom odpovedať na potreby ochrany pred žiarením pre verejnosť, ľudí vystavených pracovnému nasadeniu, pacientov v medicíne a životné prostredie.

Uvedený projekt je vyhlásený EÚ pre oblasť radiačnej ochrany a v rámci neho sú vypísané otvorené výzvy na podanie výskumných projektov na základe pripravených priorít výskumu. VUJE sa aktívne zapojilo do tejto výzvy. Návrh projektu CONFIDENCE bol vysoko ohodnotený a zaradený spolu s ďalšími dvomi projektmi do programu podpory Európskou komisiou. V rámci projektu CONFIDENCE VUJE je riešiteľom viacerých pracovných balíkov a súčasne koordinátorom pracovného balíku, zameraného na vzdelávanie, tréning a distribúciu výsledkov.

Názov Projektu CONFIDENCE v plnom znení je „COping with uNcertainties For Improving modeling and DEcision making in Nuclear emergenCiEs“ čo v preklade znamená „Zvládnutie neurčitostí pre zdokonalenie modelov a rozhodovania v prípade jadrových havárií“.

Týmito projektmi sa umožňuje navzájom zdieľať znalosti expertov, výsledky výskumov a pod. na medzinárodnej úrovni v daných oblastiach, ako aj používané aplikácie na podporu rozhodovania. Takým spôsobom sa vytvára vysoká vzájomná spolupráca za účelom zvyšovania efektívnosti procesov a prostriedkov na podporu rozhodovania v etape nehody, alebo havárie na JZ a v etape obnovy.

Možnosti liečby karcinómu prostaty v súčasnosti

Anna Križanová

Onkologický ústav sv. Alžbety, Bratislava

akrizano@ousa.sk

Karcinóm prostaty sa zaraďuje medzi najčastejšie onkologické ochorenia u mužskej populácie s celosvetovým nárastom výskytu o 3% ročne. Popri karcinóme pľúc a hrubého čreva je tretím najčastejším zhubným nádorom u mužov na Slovensku a výskyt tohto ochorenia sa zvyšuje. V súčasnosti sa diagnostikuje približne 1500 nových prípadov ročne, z toho približne 500 pacientov ročne na toto ochorenie zomrie. Slovensko sa zaraďuje k regiónom so stredným výskytom tohto ochorenia v Európe. Postihuje najmä mužov po päťdesiatom roku života, kedy sa začne zvyšovať riziko karcinómu prostaty. V súčasnosti sa kladie dôraz na prevenciu a včasné vyhľadanie odbornej lekárskej pomoci nielen pri vyskytujúcich sa ťažkostiach.

Moderná medicína poskytuje viaceré liečebné možnosti pre tento druh ochorenia (ako samostatná liečba alebo v kombinácii viacerých liečebných postupov). Rozhodnutie o spôsobe liečby karcinómu prostaty závisí od posúdenia závažnosti ochorenia podľa klasifikácie, veku pacienta, predpokladanej dĺžke života, celkového zdravotného stavu a životného štýlu pacienta.

V tomto príspevku by som chcela informovať o možnostiach liečby karcinómu prostaty na Slovensku so zameraním sa na liečbu žiarením (rádioterapiu). Cieľom rádioterapie je dosiahnuť v ožarovanej oblasti čo najvyššiu koncentráciu žiarenia pri súčasnom maximálnom šetrení okolitého zdravého tkaniva.

Technický rozvoj a rádiobiologické poznatky umožňujú zavedenie nových postupov a štandardov v liečbe, ktoré sú účinnejšie, šetrnejšie a znižujú postihnutie zdravých tkanív. V prednáške chcem priblížiť súčasné moderné ožarovacie techniky ako sú IMRT (Intensity Modulated Radiotherapy), IGRT (Image Guided Radiotherapy) vrámci externej rádioterapie. Zároveň upriamiť pozornosť aj na brachyterapiu, jej indikácie, proces aplikácie a úlohy v liečbe karcinómu prostaty, a to najmä LDR brachyterapie pomocou jódoých zŕn, ktorá je dostupná na Slovensku od roku 2007.

Oblačnosť a rádioaktivita ?

RNDr. Marián Jakubek, Ing. Terézia Melicherová

Odbor Meteorologické siete, SHMÚ

Terezia.Melicherova@shmu.sk

Odbor Meteorologické siete sa zaoberá pozorovaním meteorologických prvkov a javov a medzi jeho činnosti teda patrí aj pozorovanie oblakov. Oblačnosť je charakterizovaná tromi veličinami:

- množstvo oblačnosti
- druh oblakov
- výška základní oblakov

Morfologická klasifikácia oblakov vychádza z celkového vzhľadu oblaku. Oblaky zaraďujeme podľa druhu, tvaru, odrody a zvláštnosti.

Súčasťou odboru Meteorologické siete je aj radiačný monitoring, ktorý s oblakmi síce nesúvisí priamo, ale mnohé spojitosti je možné nájsť. Tie najnázornejšie sú známe oblaky zaznamenané pri skúškach jadrových zbraní alebo kontaminácia spôsobená presunom kontaminovaných oblakov pri haváriách jadrových elektrární. Ale sú aj iné, menej známe súvislosti medzi výškou dávkového príkonu a zrážkami alebo hrúbkou snehovej pokrývky. Či pobyt na palube lietadla nad vrstvou oblakov. Aj takto sa dá oblakom rozumieť.

Radiačná záťaž obyvateľstva SR z expozície radónu podľa nových odporúčaní EÚ

Helena Cabáneková¹, Matej Ďurčík²

¹Oddelenie radiačnej hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, SR

²University of Arizona, Tucson, USA

helena.cabaneкова@szu.sk

V príspevku je porovnaná v súčasnosti platná legislatíva SR s novými požiadavkami EÚ, záväznými pre členské štáty Európskej Únie. Ďalej sú prezentované výsledky skríningu kontaminácie stavebných materiálov a surovín prírodnými rádionuklidmi a odhadnutá radiačná záťaž obyvateľa SR z externého ožiarenia v pobytovej priestore typickom pre Slovensko. Sú prezentované aj výsledky skríninov koncentrácie radónu v pobytovej priestore SR od roku 1992, pričom posledný skrínin koncentrácie radónu v pobytovej priestore, uskutočnený po roku 2014 v siedmych územných celkoch (Topoľčany, Levice, Galanta, Lučenec, Trenčín, Dolný Kubín a Košice), je korigovaný výsledkami opakovaných meraní a doplnený ďalšími meraniami v týchto lokalitách. Pri hodnotení radónovej situácie v celom sledovanom súbore pobytovej objektov bol potom zohľadňovaný druh pobytovej priestoru, typ miestnosti, ako aj charakter stavby. V závere príspevku, na základe analýzy nameraných výsledkov, nových koeficientov odhadu zdravotného rizika a konverzných koeficientov pre výpočet efektívnej dávky z expozície radónom, je uvedený odhad efektívnej dávky obyvateľstva v jednotlivých okresoch a krajoch Slovenska.

Táto práca bola podporená aj realizáciou projektu „Centrum excelentnosti environmentálneho zdravia“ ITMSč.24240120033, na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj, financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Koncentrácie radónu vo vodách pohorí západného Slovenska

Terézia Eckertová

*Univerzita Komenského, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Mlynská dolina Bratislava*

eckertova3@uniba.sk

Práca sa zaoberá koncentráciou ^{222}Rn v prameňoch troch pohorí západného Slovenska. Ide o mapovanie jadrových pohorí ako Strážovské vrchy, Považský Inovec a Malé Karpaty. Ich geologickú štruktúru tvorí v prevažnej miere podložie kryštalinika tvoreného premenenými a magmatickými horninami. Tie sa podľa [Nazaroff, Nero, 1988] vyznačujú zvýšenými hodnotami OAR, všeobecne na základe meraní [Daniel a kol., 1996] im boli priradené priemerné až zvýšené (v prípade Považského Inovca) hodnoty prírodnej rádioaktivity v rámci SR. Okrem toho veľká časť Malých Karpát sa nachádza v oblasti so zvýšenou seizmickou aktivitou (od Bratislavy po Vŕbové), v Považskom Inovci zas oblasť so zvýšenou uránovou mineralizáciou (oblasť Kálnice). Navyše ide o pohoria, ktoré sa vyznačujú bohatou hydrologickou štruktúrou. V prevažnej časti územia týchto pohorí boli odoberané vzorky vôd, ktorým sa určovala objemová aktivita ^{222}Rn (OAR) a získané výsledky sa spracovali vytvárajúc mapu rozloženia aktivity radónu pomocou programu Surfer [Surfer 11, 2013] na podklade geologickej mapy podložia SR [GUDS]. Pramene s najvyššími hodnotami OAR sa porovnali prihliadajúc na aktuálny stav daného prameňa (výdatnosť, teplota) spolu s okolitými meteorologickými podmienkami.

Použitá literatúra

[Daniel a kol., 1996] Daniel, J., Lučivjanský, L., Stercz, M., Geochemický atlas Slovenska, časť IV: Prírodná rádioaktivita hornín. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava, 1996

[GUDS] -http://www.geology.sk/new/sk/sub/ms/zoz_apl (26.3.2017)

[Nazaroff, Nero, 1988] Nazaroff, W.W., Nero, Jr. V.A, Radon and its decay products in indoor air, A Wiley-Interscience Publication. New York, 1988

[Surfer 11, 2013] Golden Software, Inc. (2013). Surfer 11

Hodnotenie dlhodobej bezpečnosti hlbinného úložiska pre vyhoreté jadrové palivo

Dana Barátová, Vladimír Nečas

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava

dana_baratova@stuba.sk, vladimir.necas@stuba.sk

V rámci programu vývoja hlbinného úložiska (HÚ) v Slovenskej republike, ktorý prebiehal v rokoch 1996 až 2001 bolo v postupnom procese výberu vhodnej oblasti na výstavbu hlbinného úložiska určených päť perspektívnych lokalít v dvoch hostiteľských horninách (sedimentárne a kryštalicke horniny). V súčasnosti je preferovanou alternatívou konečného nakladania s vyhoretým jadrovým palivom (VJP) jeho priame ukladanie v hlbinnom úložisku spolu s rádioaktívnymi odpadmi, ktoré nie sú uložitelné v Republikovom úložisku v Mochovciach.

Bezpečnosť HÚ je zaistená kombináciou viacerých inžinierskych bariér (samotná forma odpadu, úložný kontajner, tesniaci a výplňový materiál) a vhodnej geologickej formácie, tzv. multibariérový koncept ukladania. Predtým, ako bude úložisko vybudované a prevádzkované musia byť vykonané komplexné bezpečnostné analýzy pre všetky etapy jeho vývoja. Jednou z najdôležitejších bezpečnostných analýz je hodnotenie dlhodobej bezpečnosti hlbinného úložného systému s ohľadom na možné uvoľňovanie rádiokontamintov z ukladaneého odpadu.

Dlhodobá bezpečnosť HÚ sa hodnotí na základe vytvoreného modelu, ktorý vychádza z určitého scenára. Pri jeho tvorbe je potrebné zväžiť, ktoré charakteristiky, udalosti a procesy sú významné z hľadiska posudzovania dlhodobej bezpečnosti. V tomto príspevku budú popísané významné procesy, ktoré ovplyvňujú uvoľňovanie rádionuklidov z VJP a ich následný transport systémom inžinierskych bariér a prírodnou formáciou. Tieto procesy boli zohľadnené aj v koncepčnom modeli migrácie rádionuklidov z hypotetického úložiska pre VJP. Na základe vytvoreného modelu a vykonaných simulácií bola urobená analýza časových priebehov aktivitných tokov dlhožijúcich rádionuklidov. Z týchto časových priebehov je možné vidieť, že aktinoidy sú výrazne sorbované na bentonitovej výplni a hostiteľskej hornine, preto ich príspevok nie je relevantný veľmi dlhé časové obdobie (viac ako milión rokov). Najvýznamnejšími prispievateľmi k celkovému aktivitnému toku sú najmä dlhožijúce aktivačné a štiepne produkty, ktoré majú slabé retenčné vlastnosti (napr. C-14, Cl-36, Cs-135, I-129, Se-79). Simulácie boli realizované simulačným softvérom GoldSim, ktorého Radionuclide Transport modul umožňuje dynamicky modelovať hmotnostný tok v rámci systému inžinierskych a prírodných bariér.

Modifikácia amorfných kovových zliatin a nanokryštálov pomocou žiarenia

Dominika Holková, Jozef Sitek

Ústav Jadrového a Fyzikálneho Inžinierstva, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky STU v Bratislave

dominika.holkova@stuba.sk

Nanokryštalické materiály majú široké spektrum aplikačných možností, ktoré sa nachádzajú na rozhraní medzi konštrukčnými a funkčnými materiálmi. Nanokryštalická štruktúra umožňuje vytvoriť materiály s plastickým jadrom a pevným povrchom, čo vytvára vhodné podmienky pre ďalší rozvoj technológií. Najvýznamnejšími sú zliatiny FINEMENT, NANOPERM, HITPERM (Inoue, 1998) a v poslednej dobe nový materiál NANOMET (Xiang 2014), ktoré boli často skúmané, pretože vykazujú vynikajúce mäkké magnetické vlastnosti. Bolo preukázané, že niektoré fyzikálne vlastnosti nanokryštalických materiálov môžu byť ovplyvnené neutrónovým žiarením. Zmeny v orientácii strednej hodnoty magnetického momentu boli pozorované pri neutrónovom ožiarení kovového skla s obsahom železa a nanokryštalickej fázy (Ptáček, 2003). Zmeny v blízkych atómoch ovplyvňujú priemerné hyperjemné magnetické pole ako aj tvar a distribúciu týchto polí. V prípade nanokryštalických zliatin, ktoré sa skladajú z kryštalických nanozrn rozptýlených v amorfnom zvyšku, povedie proces ožarovania neutrónmi k narušeniu pravidelného atómového usporiadania kryštalickej mriežky (Inoue, 1988) a k výmene atómov medzi amorfnou a kryštalickou zložkou. V súčasnosti sa sústreďuje pozornosť na interakciu elektrónových väzok a ťažkých iónov s nanokryštalickými zliatinami. Uvažuje sa o možnosti modifikovať niektoré nanokryštalické materiály práve ionizujúcim žiarením, aj keď jeho vplyvom nedochádza k tak výrazným zmenám ako pri vplyve neutrónového žiarenia (Skočovský, 1995). Táto práca je zameraná na využitie elektrónov, prípadne ťažkých iónov, na modifikáciu amorfných kovových zliatin a nanokryštálov. Ukazuje sa, že práve vplyvom ionizujúceho žiarenia a tepelným žiahaním by bolo možné modifikovať vlastnosti niektorých amorfných a nanokryštalických zliatin. Príspevok sa venuje radiačnému poškodeniu a modifikácii amorfných kovových zliatin neutrónovým žiarením a elektrónmi. Počiatočné experimenty boli zamerané na ožarovanie pomocou elektrónov, pričom za ožarované objekty boli zvolené rôzne amorfné prekursori ako aj nanokryštalické zliatiny: $\text{Fe}_{81}\text{Nb}_7\text{B}_{12}$, $(\text{Fe}_3\text{Ni})_{81}\text{Nb}_7\text{B}_{12}$, $(\text{Fe}_3\text{Ni})_{81}\text{Nb}_7\text{B}_{12}$ a NANOMET $\text{Fe}_{81.6}\text{B}_{9.6}\text{Si}_{4.8}\text{P}_3\text{Cu}_1$.

V experimentálnej časti sú zhrnuté doterajšie výsledky, ktoré sa dosiahli meraním pomocou Mössbauerovej spektroskopie ako aj XRD. Skúmali sme vplyv interakcie väzku elektrónov a čiastočne aj implantovaných iónov Cu na amorfné a nanokryštalické zliatiny. Naše meranie ukazuje, že po ožiarení sa zmení smer magnetického momentu v oboch zložkách prítomných vo vzorke. Podľa údajov môžeme konštatovať, že po ožiarení stúpa hodnota A_{23} , čo znamená, že sa magnetický moment natáča kolmo k rovine vzorky. Kryštalická zložka má diskretnú hodnotu magnetického poľa. Hodnoty indukcie predstavujú strednú hodnotu zodpovedajúcu amorfnej zložke, keďže vnútorné magnetické pole amorfnej zložky má charakter distribučnej funkcie. Po ožiarení dochádza nielen k malej zmene hodnoty vnútorného magnetického poľa, ale aj k zmene tvaru distribučných funkcií. Na základe doterajších meraní môžeme predpokladať, že na počiatku zmien vplyvom žiarenia dochádza k zmene parametra A_{23} , neskôr aj k zmenám vnútorného magnetického poľa, ale až pri vyšších dávkach elektrónov a vyšších fluenciách neutrónov nastávajú štrukturálne zmeny.

Použitá literatúra

- INOUE, A. *Prog. Matter Science, Academic Press* 43. 1998. 365.
XIANG, R., ZHOU, S., DONG, B., ZHANG, G., LI, Z., WANG, Y., CHANG, C. *Elsevier. Progres in Natural Sciene: Materials International* 24, 2014. 649-654.
PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu I, Akademické nakladateľstvo CERM, s. r. o., Brno.* 2003. ISBN 80-7204-283-1.
INOUE, A., OHTREA, K., ZHANG, T., MASUMOTO, T. *Japan Journal of Application Physics* 27, 1988. L1583
SKOČOVSKÝ, P. *Nové konštrukčné materiály. Vybrané kapitoly, Vysoká škola dopravy a spojov, Žilina.* 1995