

Příloha č. 1 – Závazné parametry řešení projektu

1. Název projektu v českém jazyce

Název projektu v českém jazyce

Inovativní posuzování bezpečnosti jaderných elektráren na základě nových technologií SHM a návazných procedur - NEMENUS (NEw MEthods for NUclear Safety)

2. Datum zahájení a ukončení projektu

Datum zahájení a ukončení projektu

07/2018 - 06/2022

3. Cíl projektu (účel podpory)

Cíl projektu (účel podpory)

(1) Vytvořit, fyzicky zkonstruovat a naprogramovat „Reprezentativní SHM Model“ (Model). SHM (Strural Health Monitoring) značí metody kontinuálního monitorování stavu poškození v kovových komponentách (Příl. 1). „Reprezentativní“ indikuje schopnost simulovat typické problémové situace, které se vyskytují na komponentách jaderných elektráren (JE).

(2) Na Modelu demonstrovat možnosti SHM pro: (a) kontinuální monitorování poškození, (b) včasnou indikaci zvoleného kritického mezního stavu.

(3) Stát se asociovaným členem R6 Panelu (viz profil řešitele a příloha R6 procedures ...) a dlouhodobě rozvíjet metody SHM pro JE v kontextu mezinárodní spolupráce.

(4) Vytvořit pro SÚJB metodiku na stanoviska k výrokům provozovatelů JE o indikaci a bezpečnosti defektů podle nového atomového zákona.

4. Klíčová osoba řešitelského týmu

Klíčová osoba řešitelského týmu

Ing. Jaroslav Joch CSc. MBA

5. Harmonogram a výstupy/výsledky projektu

Výstupy/výsledky - TK01030108-V1

Identifikační číslo TK01030108-V1	Název výstupu/výsledku V1:VÝZKUMNÁ ZPRÁVA - reprezentativní SHM model
Popis výstupu/výsledku Bude vytvořen reprezentativní model SHM, popsáný zprávou, určený k fyzické realizaci v následujících aktivitách projektu. Nový reprezentativní model SHM bude reprezentovat novou metodu a nový postup v celosvětovém rámci SHM řešení v jaderné energetice.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. V – Výzkumná zpráva	Termín dosažení výstupu/výsledku 2019

Činnosti a aktivity - TK01030108-V1

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A1: VÝVOJ reprezentativního SHM modelu	2018	2019	Budou definovány druhy a příznaky degradace v důsledku stárnutí, únavy, koroze, creepu, opotřebení apod., vymežující požadavky na typy a počet sledovaných veličin a měřících metod (deformace, vibrace, teploty a nedestruktivní diagnostika) k zajištění integrity modelové konstrukce (potrubí s defekty). Budou implementovány nejnovější metody (HW, SW) jak počítačového modelování a simulací (vývoj digitálního dvojčete), tak nedestruktivní diagnostiky (AE, lineární a nelineární UZ) a metody predikce vývoje stavu a řízeného stárnutí s využitím databází a principů umělé inteligence. Novost spočívá v komplexnosti SHM s využitím kombinace lineárních a nelineárních NDT metod a simulací s přenosem signálů na digitální dvojče. Výsledkem bude fyzické zhotovení (A4) a funkční vzorek systému (A6).

Milníky - TK01030108-V1

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M1: ODSOUHLASENÍ SHM modelu s SÚJB	2019	Reprezentativní SHM model bude prezentován SÚJB, které odsouhlasí, jestli model splňuje potřeby a požadavky SÚJB. Připomínky budou v reprezentativním SHM modelu respektovány a zohledněny. Milník je naplněn okamžikem souhlasu SÚJB.

Výstupy/výsledky – TK01030108-V2

Identifikační číslo TK01030108-V2	Název výstupu/výsledku V2: ZPRÁVA o stanovisku R6 panel a zahraničních dozorů k modelu
Popis výstupu/výsledku Výzkumná zpráva popíše srovnání modelové řešení projektu NEMENUS ve srovnání s řešeními v rámci R6 Panelu a jaderných dozorů (britského a švédského). Do jednání a porovnávání bude zapojen též SÚJB a naváže tak na předběžná jednání z roku 2016. Výstup V2 bude zahrnovat zkušenosti a stanoviska zmíněných zahraničních entit.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. V – Výzkumná zpráva	Termín dosažení výstupu/výsledku 2019

Činnosti a aktivity – TK01030108-V2

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A2: ANALÝZA modelu s R6 Panel a zahraničními dozory	2018	2019	Nedestruktivní monitorování stavu poškození na JE je prioritou ve vývojovém programu procedury R6, kterou vyvíjí multilaterální mezinárodní panel R6 Panel (viz příloha s programovým dokumentem: The R6 procedures: Assessment of the integrity of structures containing defects. Development programme 2016–2020.) Podobně je problematika SHM předmětem zájmu jaderných dozorů, např. Švédského (viz přílohu Structural Health Monitoring of Piping in Nuclear Power Plants). S těmito institucemi je konsorcium v dlouhodobém kontaktu. V rámci této aktivity porovnáme naše poznatky, na základě kterých bude náš model případně upraven.

Milníky – TK01030108-V2

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M2: ODSOUHLESENÍ modelu s R6 Panel a zahraničními dozory	2019	Milník nastane ve chvíli, kdy budou do našeho modelu zahrnuty poznatky a zkušenosti R6 Panel a zahraničních dozorů. Naším cílem je, aby tato aktivita a tento milník byly iniciátorem pro další spolupráci a asociované členství ve vývojovém týmu R6 (R6 Panel).

Výstupy/výsledky - TK01030108-V3

Identifikační číslo TK01030108-V3	Název výstupu/výsledku V3: HNELEG METODIKA pro SÚJB: Nová koncepce bezpečnostní revize s respektováním nového atomového zákona
Popis výstupu/výsledku V rámci aktivity A3 budou zhodnoceny výstupy aktivit A1 a A2 formou metodiky pro SÚJB. Metodika bude pouze interní, a proto není potřeba Nmeth certifikace. Aktivita A3 zároveň přinese podněty od SÚJB pro aktivity A4 at A7.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. O - Ostatní výsledky	Termín dosažení výstupu/výsledku 2020

Činnosti a aktivity - TK01030108-V3

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A3: APLIKACE MODELU na konkrétní potřeby SÚJB	2019	2020	Model vyvinutý v aktivitě A1 bude aplikován na konkrétní situaci, se kterou se SÚJB setkává. SÚJB dostává od provozovatelů JE podklady o bezpečnosti defektů ve svarech na provozovaných JE a má zaujmout nezávislé stanovisko jak k použitým metodám, tak i vyhodnocovacím postupům. Náš projekt vypracuje metodiku, jak v takových případech postupovat. Součástí té metodiky bude vysvětlení, jakou novou kapacitu reprezentují SHM metody a jaká kritéria má pro jejich akceptování používat. Metodika zohlední především požadavky nového atomového zákona a jeho vyhlášek.

Milníky - TK01030108-V3

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M3: OSDSOUHLASENÍ obsahu a rozsahu metodiky s SÚJB	2020	Na metodice bude konsorcium pracovat do úrovně návrhu. Potom bude prezentace metodiky pro SÚJB, na které bude specifikováno, jestli obsah a rozsah splňuje potřeby SÚJB. Po odouhlasení ze strany SÚJB je milník naplněn, metodika bude v tom tvaru finalizována a certifikována jako Hneleg.

Výstupy/výsledky – TK01030108-V4

Identifikační číslo TK01030108-V4	Název výstupu/výsledku V4: SOFTWARE a REPREZENTATIVNÍ MODEL
Popis výstupu/výsledku Program na bázi metody konečných prvků pro simulaci nelineární dynamické odezvy sledované konstrukce umožňující: (a) simulaci šíření elastických vln v konstrukci, včetně simulace lokální nelinearity v okolí trhlin/defektů; (b) simulaci elasto-plastického chování trhliny při zatěžování v reálných podmínkách (c) lokalizaci emisních zdrojů na základě časové reverzace snímaných AE signálů; (d) pseudo-tomografické zobrazování defektů;	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. R – Software	Termín dosažení výstupu/výsledku 2021

Činnosti a aktivity – TK01030108-V4

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A4: FYZICKÉ ZHOTOVENÍ reprezentativního SHM modelu	2019	2021	Na základě výstupů V1 a V2 bude fyzicky zhotoven reprezentativní SHM model, který bude zahrnovat: 1. Modulární kombinaci optických a akusto-ultrazvukových technik, využívajících piezoelektrické měniče a optická vlákna (akustická emise, nelineární spektroskopie elastických vln NEWS, CWI interferometrie, analýza disperzních vln, FBG sensory pro snímání teploty, deformací a vibrací); Tyto techniky spolu s řídicím a vyhodnocovacím SW budou instalovány na zvoleném reprezentativním modelu konstrukce (potrubí). 2. Počítačový model (digitální dvojče) konstrukce, sloužící k simulacím zatížení a šíření vln, lokalizaci, zobrazení a hodnocení stavu defektů na základě snímaných signálů a predikci jejich chování při změně podmínek.

Milníky – TK01030108-V4

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M4: DOKONČENÍ MODELU před jeho testy	2021	Milníkem je fyzické dokončení modelu a software, po kterém bude následovat rozsáhlý testovací program, zahrnující jak reálné statické a únavové zatěžování zvolené konstrukce s defekty a instalovaným modelem SHM systému na dynamickém zatěžovacím stroji v laboratoři, tak simulované mechanické a tepelné zatěžování digitálního dvojčete konstrukce (simulace extrémních podmínek, které nelze realizovat v laboratoři). Testovací program bude zahrnovat také kalibraci a verifikaci počítačového modelu porovnáváním s výsledky fyzických testů a přenosem snímaných signálů z reálné konstrukce na model.

Výstupy/výsledky – TK01030108-V5

Identifikační číslo TK01030108-V5	Název výstupu/výsledku V5: ZPRÁVA o další programové spolupráci s R6 Panel
Popis výstupu/výsledku Ve zprávě bude popsán program další spolupráce s R6 Panel a se zahraničními jadernými dozory, který vznikl na základě spolupráce v rámci projektu. SÚJB bude integrální součástí plánu této spolupráce.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. V – Výzkumná zpráva	Termín dosažení výstupu/výsledku 2022

Činnosti a aktivity – TK01030108-V5

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A5: TESTY MODELU v rámci vývojového programu R6 panel	2020	2022	Fyzický model nám umožní provádět další texty v kontextu členů skupiny R6 Panel a srovnávat výsledky.

Milníky – TK01030108-V5

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M5: ŽÁDOST o Asociované členství v R6 Panelu	2022	ÚT již dříve vyjádřilo k vedoucímu R6 Panel zájem o podílení se na vývojovém programu R6 v statutu Associate Member of R6 Panel. Asociovanému členství a aktivní účasti na vývoji a sdílení výsledků bránil nedostatek přínosu ze strany ÚT. Projektový záměr předkládaného projektu dává předpoklad, že přínos projektu bude k tomuto účelu dostatečně velký. Milník nastane tehdy, kdy bude podána žádost o Associate Membership v R6 Panel.

Výstupy/výsledky - TK01030108-V6

Identifikační číslo TK01030108-V6	Název výstupu/výsledku V6: FUNKČNÍ VZOREK
Popis výstupu/výsledku HW funkčního vzorku SHM bude zahrnovat: optická vlákna s FBG senzory, zdrojem a vyhodnocovací jednotkou; piezoelektrické měniče na vlnovodech a modulární sestavu přístrojů (multiplexor, generátor, signálový analyzátor a záznamovou jednotku); řídicí, diagnostický a komunikační modul napojený na vyhodnocovací jednotku s SW pro zpracování, analýzu a přenos a vyhodnocování signálů a PC s digitálním dvojčetem pro lokalizaci defektů a hodnocení okamžitého stavu resp. tvorbu srovnávací databáze.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. Gfunk – Funkční vzorek	Termín dosažení výstupu/výsledku 2022

Činnosti a aktivity - TK01030108-V6

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A6: VÝROBA a TESTY funkčního vzorku	2021	2022	Na základě zkušeností s fyzickým modelem a jeho testy bude sestaven a zkalibrován funkční vzorek, obsahující: a) Soubor piezoelektrických měničů (budičů a snímačů umístěných na izolačních zvukovodech připevněných ke konstrukci) a optických čidel (optická vlákna s FBG mřížkami). Tento soubor je napojen na řídicí a komunikační moduly s vyhodnocovacím počítačovým systémem, vybaveným SW pro generování, záznam, zpracování a analýzu signálů a hodnocení resp. online signalizaci a vizualizaci stavu konstrukce; b) digitální dvojče konstrukce propojené s generovanými a snímanými signály, s databází předchozích stavů, simulačním modelem vývoje a dalšími provozními a diagnostickými údaji. Novost řešení je dána především komplexností systému, novými NDT metodami a použitím digitálního dvojčete.

Milníky - TK01030108-V6

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M6: UKONČENÍ testů funkčního vzorku	2022	Milník bude dosažen v okamžiku, kdy bude funkční vzorek fyzicky hotov pro jeho testy.

Výstupy/výsledky – TK01030108-V7

Identifikační číslo TK01030108-V7	Název výstupu/výsledku V7: SOUHRNNÁ ZPRÁVA pro SÚJB
Popis výstupu/výsledku Shrnutí výsledků projektu pro SÚJB a formulace platformy pro další spolupráci se členy Konsorcia.	
Druh výsledku dle platné Metodiky hodnocení výsledků etc. V – Výzkumná zpráva	Termín dosažení výstupu/výsledku 2022

Činnosti a aktivity – TK01030108-V7

Název aktivity	Rok zahájení aktivity	Rok ukončení aktivity	Popis aktivity včetně použitých metod
A7: PRÁCE na souhrnné zprávě pro SÚJB	2022	2022	Celý projekt je vědecký – na rozhraní základního a aplikovaného výzkumu. Kritériem je však okamžitá, střednědobá a dlouhodobá užitečnost pro SÚJB. To zahrnuje koncepci dlouhodobé spolupráce SÚJB se členy konsorcia a jejich společných projektů se zahraničními partnery. Koncepce této středně a dlouhodobé spolupráce, včetně spolupráce s R6 Panelem a zahraničními jadernými dozory bude popsána v této zprávě.

Milníky – TK01030108-V7

Název milníku	Rok dosažení milníku	Popis milníku
M7: ODSOUHLASENÍ obsahu a rozsahu zprávy pro SÚJB	2022	Koncepce bude prezentována SÚJB a zoponována. Do souhrnné zprávy pak bude sepsána konsensuální koncepce. Okamžik souhlasu SÚJB s obsahem a rozsahem zprávy je milníkem.

6. Identifikační údaje uchazeče

Hlavní příjemce – [P] ÚSTAV TERMOMECHANIKY AV ČR, v.v.i

IČ 61388998	DIČ CZ61388998	Obchodní jméno ÚSTAV TERMOMECHANIKY AV ČR, v.v.i
Organizační jednotka		Kód organizační jednotky
Právní forma VVI – Veřejná výzkumná instituce (zákon č. 341/2005 Sb., o veřejných výzkumných institucích) – Veřejná výzkumná instituce		
Rodné číslo	Typ organizace VO - Výzkumná organizace	Typ VO AV ČR - Akademie věd ČR

Další účastník – [D] A T G s.r.o.(ADVANCED TECHNOLOGY GROUP, spol.s r.o.)

IČ 45314772	DIČ CZ45314772	Obchodní jméno A T G s.r.o.(ADVANCED TECHNOLOGY GROUP, spol.s r.o.)
Organizační jednotka		Kód organizační jednotky
Právní forma POO – Právnícká osoba zapsaná v obchodním rejstříku (zákon č. 304/2013 Sb., o veřejných rejstřících právnických a fyzických osob) – Společnost s ručením omezeným		
Rodné číslo	Typ organizace SP - Střední podnik	

Další účastník – [D] České vysoké učení technické v Praze

IČ 68407700	DIČ CZ68407700	Obchodní jméno České vysoké učení technické v Praze
Organizační jednotka Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská		Kód organizační jednotky 21340
Právní forma VVS – Veřejná nebo státní vysoká škola (zákon č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů) – Vysoká škola (veřejná, státní)		
Rodné číslo	Typ organizace VO - Výzkumná organizace	Typ VO VVS - veřejná vysoká škola

Hlavní příjemce – [P] ÚSTAV TERMOMECHANIKY AV ČR, v.v.i

7. Náklady

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Osobní náklady	Kč	1 130 976	2 543 472	2 543 472	2 543 472	1 215 024	9 976 416
Náklady na subdodávky	Kč	56 549	127 174	127 174	127 174	60 751	498 822
Ostatní přímé náklady	Kč	424 116	953 802	953 802	953 802	455 634	3 741 156
Nepřímé náklady	Kč	311 017	699 454	699 454	699 454	334 131	2 743 510
Náklady celkem	Kč	1 922 658	4 323 902	4 323 902	4 323 902	2 065 540	16 959 904
Podíl nákladů na nepřímé náklady	%	20	20	20	20	20	20

8. Zdroje

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Podpora	Kč	1 730 392	3 891 511	3 891 511	3 891 511	1 858 986	15 263 911
Ostatní veřejné zdroje	Kč	192 266	432 391	432 391	432 391	206 554	1 695 993
Neveřejné zdroje	Kč	0	0	0	0	0	0
Zdroje celkem	Kč	1 922 658	4 323 902	4 323 902	4 323 902	2 065 540	16 959 904
Míra podpory	%	90	90	90	90	90	90

Kategorie	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022
Aplikovaný výzkum	%	100	100	100	100	100
Experimentální vývoj	%	0	0	0	0	0

Další účastník – [D] A T G s.r.o.(ADVANCED TECHNOLOGY GROUP, spol.s r.o.)

7. Náklady

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Osobní náklady	Kč	507 000	1 014 000	1 014 000	1 014 000	515 000	4 064 000
Náklady na subdodávky	Kč	28 000	110 000	110 000	110 000	95 000	453 000
Ostatní přímé náklady	Kč	78 500	130 000	130 000	130 000	105 000	573 500
Nepřímé náklady	Kč	415 800	831 600	831 600	831 600	415 800	3 326 400
Náklady celkem	Kč	1 029 300	2 085 600	2 085 600	2 085 600	1 130 800	8 416 900
Podíl nákladů na nepřímé náklady	%	71,02	72,69	72,69	72,69	67,06	71,73

8. Zdroje

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Podpora	Kč	669 045	1 355 640	1 303 500	1 303 500	706 750	5 338 435
Ostatní veřejné zdroje	Kč	0	0	0	0	0	0
Neveřejné zdroje	Kč	360 255	729 960	782 100	782 100	424 050	3 078 465
Zdroje celkem	Kč	1 029 300	2 085 600	2 085 600	2 085 600	1 130 800	8 416 900
Míra podpory	%	65	65	62,5	62,5	62,5	63,43

Kategorie	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022
Aplikovaný výzkum	%	60	60	50	50	50
Experimentální vývoj	%	40	40	50	50	50

Další účastník – [D] České vysoké učení technické v Praze

7. Náklady

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Osobní náklady	Kč	425 952	851 904	851 904	851 904	425 952	3 407 616
Náklady na subdodávky	Kč	21 298	42 595	42 595	42 595	21 298	170 381
Ostatní přímé náklady	Kč	76 671	153 343	153 343	153 343	76 671	613 371
Nepřímé náklady	Kč	100 524	201 049	201 048	201 048	100 524	804 193
Náklady celkem	Kč	624 445	1 248 891	1 248 890	1 248 890	624 445	4 995 561
Podíl nákladů na nepřímé náklady	%	20	20	20	20	20	20

8. Zdroje

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Podpora	Kč	562 000	1 124 002	1 124 001	1 124 001	562 000	4 496 004
Ostatní veřejné zdroje	Kč	62 445	124 889	124 889	124 889	62 445	499 557
Neveřejné zdroje	Kč	0	0	0	0	0	0
Zdroje celkem	Kč	624 445	1 248 891	1 248 890	1 248 890	624 445	4 995 561
Míra podpory	%	90	90	90	90	90	90

Kategorie	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022
Aplikovaný výzkum	%	90	70	70	70	70
Experimentální vývoj	%	10	30	30	30	30

9. Finance za projekt

Náklady za projekt

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Osobní náklady	Kč	2 063 928	4 409 376	4 409 376	4 409 376	2 155 976	17 448 032
Náklady na subdodávky	Kč	105 847	279 769	279 769	279 769	177 049	1 122 203
Ostatní přímé náklady	Kč	579 287	1 237 145	1 237 145	1 237 145	637 305	4 928 027
Nepřímé náklady	Kč	827 341	1 732 103	1 732 102	1 732 102	850 455	6 874 103
Náklady celkem	Kč	3 576 403	7 658 393	7 658 392	7 658 392	3 820 785	30 372 365
Podíl nákladů na subdodávky	%	2,96	3,65	3,65	3,65	4,63	3,69

Zdroje za projekt

Ukazatel	Jednotka	2018	2019	2020	2021	2022	Celkem
Podpora	Kč	2 961 437	6 371 153	6 319 012	6 319 012	3 127 736	25 098 350
Ostatní veřejné zdroje	Kč	254 711	557 280	557 280	557 280	268 999	2 195 550
Neveřejné zdroje	Kč	360 255	729 960	782 100	782 100	424 050	3 078 465
Zdroje celkem	Kč	3 576 403	7 658 393	7 658 392	7 658 392	3 820 785	30 372 365
Míra podpory	%	82,8	83,19	82,51	82,51	81,86	82,64