

# PILOTNÍ APLIKACE METODIK PRO OPTIMALIZACI DIAGNOSTIKY A ÚDRŽBY VÝROBNÍCH BLOKŮ

## PILOT APPLICATIONS OF METHODOLOGIES FOR OPTIMISATION OF DIAGNOSTICS AND MAINTENANCE OF POWER UNITS

Jana Marková <sup>a)</sup>, Klára Kotassková <sup>b)</sup>, Jan Mlčoch <sup>a)</sup>, Kamil Prešl <sup>c)</sup> a Miroslav Sýkora <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav

<sup>b)</sup> ÚAM Brno, s.r.o.

<sup>c)</sup> ČEZ, a. s.

### Abstrakt

Příspěvek popisuje pilotní aplikace čtyř certifikovaných metodik zpracovaných v rámci Národního centra pro energetiku v roce 2020. Metodiky poskytují nástroje pro podporu dosažení dlouhodobé dostupnosti výrobních bloků. Pilotní aplikace se zaměřuje na vybranou tepelnou elektrárnu. Nejprve se ověřuje kategorizace sledovaných zařízení z hlediska kritičnosti. Dále se rozhoduje, zda je potřebné některé z vybraných zařízení podrobit analýze poruchovosti a účinnosti, a ukazuje se způsob provedení této analýzy. Na závěr se diskutuje, zda je pro sledování zařízení potřebné upravit nastavení systému diagnostiky a údržby. Výsledky pilotních aplikací poskytují zpětnou vazbu ohledně aktuální kategorie zařízení na základě vyhodnocení provozních dat a doporučení týkající se změn údržby a diagnostiky pro dosažení dlouhodobé dostupnosti zařízení a výrobních bloků.

### Abstract

The contribution describes pilot applications of four certified methodologies developed within the National Centre for Energy in 2020. The methodologies are intended to support achieving long-term serviceability of production units. The pilot application focuses on a selected thermal power plant. First, the categorization of monitored devices is verified with respect to risks associated with their operation. It is further decided whether any of the selected devices should be subjected to a detailed failure mode and effects analysis, and the implementation of such analysis is demonstrated. It is further discussed whether or not the diagnostic and maintenance systems need to be adjusted for the devices under investigation. The pilot application then provides important feedback about selecting critical devices and whether or not the applied diagnostic and maintenance systems are optimal for achieving the long-term serviceability of power units.

### Úvod

Čtyři metodiky připravované v rámci Národního centra pro energetiku (NCE) a certifikované v roce 2020 reagují na aktuální potřebu provozovatelů bloků klasických elektráren (KE) a tepláren optimalizovat plánování preventivní a prediktivní údržby. Metodiky usnadňují:

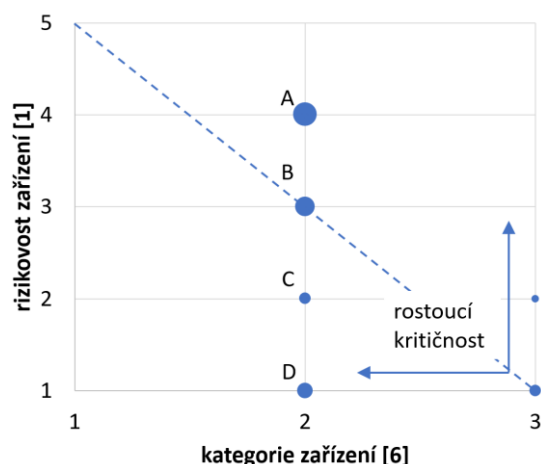
1. klasifikovat zařízení z hlediska kritičnosti (metodika [1] – *M1*),
2. identifikovat kritická zařízení konkrétního bloku – *M2* [2],
3. určit kritické degradační mechanismy – *M3* [3],
4. upravit nastavení systémů diagnostiky a údržby (programů údržby PÚ) – *M4* [4].

Poskytují analytické podklady pro hodnocení technického stavu experty na jednotlivá výrobní zařízení.

Řešení NCE v roce 2021 se zaměřuje na pilotní ověření a aplikace čtyř metodik s využitím provozních dat se zaměřením na blok KE. Cílem je prověřit aplikovatelnost postupů v metodikách, zpracovat doporučení pro sběr vstupních dat a připravit algoritmy pro softwarovou implementaci postupů podle metodik.

## Metodika analýzy rizik pro stanovení kritičnosti zařízení výrobních bloků (M1)

V rámci aplikace *MI* je cílem ověřit nastavení kategorizace zařízení podle zjednodušené klasifikace na základě dopadů a podle podrobnějšího hodnocení s uvažováním poruchovosti. U vybraného bloku KE se analyzuje kritičnost tlakového systému kotle (TSK – zařízení s nejvyšší kritičností ze sledovaných zařízení), nezálohovaného kouřového ventilátoru a skupiny nezálohovaných 6kV motorů (středně kritická zařízení) a dopravníků (zařízení s nízkou kritičností). Obrázek 1 ukazuje příklad porovnání hodnocení kritičnosti (rizikovosti) zařízení podle metodiky používané dlouhodobě v praxi [6] a podle nové metodiky *MI* [1]. Velikost bodů naznačuje, kolik zařízení spadá pod konkrétní hodnocení.



Obr. 1: Příklad porovnání hodnocení kritičnosti zařízení podle metodik [1, 6]

Ukazuje se, že kritičnost zařízení je možné zjednodušeně hodnotit na základě dopadů poruchy podle [6]. V podrobnějším postupu podle *MI* se pak přihlíží i k poruchovosti. Z obr. 1 vyplývá, že hodnocení vedou k obdobným závěrům – například pro zařízení klasifikována jako středně kritická podle [6]:

- pro skupinu zařízení B (motory OXI kompresoru a oběhového čerpadla absorbéru; ekonomizér a přehřívák TSK) vedou obě metodiky ke střední kritičnosti,
- pro skupinu A (motory ventilátorového mlýnu, chladícího čerpadla a elektronapáječky; přehřívák a výparník TSK) naznačuje podrobnější postup *MI* vyšší kritičnosti a pro skupinu C (kouřový ventilátor; motory kouřového, vzduchového a recirkulačního ventilátoru; gumový korečkový dopravník) naopak nižší.

Pouze pro zařízení D (dopravníky; napájení, převáděcí potrubí a regulace teploty páry TSK) indikuje podrobný postup *MI* významně nižší kritičnost. Toto je však způsobeno omezenými vstupními daty pro hodnocení *MI*; v tomto případě se uvažují za směrodatnou klasifikace podle [6].

## Metodika rozdělení zařízení výrobních bloků elektráren pro řízení životnosti a modifikaci (M2)

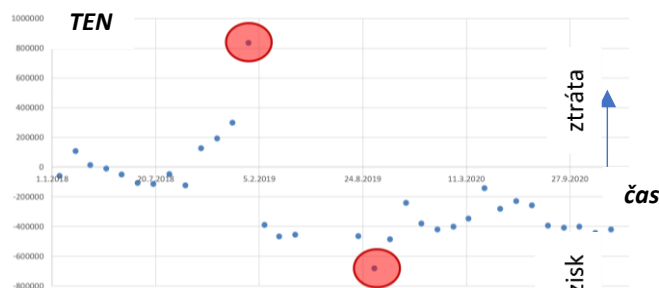
Zatímco *MI* slouží jako podklad pro hodnocení kritičnosti typů zařízení provozovatele (obecně, například pro všechny TSK), *M2* hodnotí kritičnost konkrétního zařízení na základě dostupnosti, poruchovosti a technickoekonomických normativů (TENů); viz také [5]. Analýza vazeb mezi těmito klíčovými indikátory pro údržbu (poruchovost a dostupnost) a řízení provozu (TENy) je jednou z klíčových součástí pilotního ověřování.

Podniková norma [7] uvádí přehled základních technických veličin s přímým vlivem do energetických ztrát – TENů (například obsah O<sub>2</sub> ve spalinách, střední teplota emisní páry, teploty přehřáté páry na kotli, spalin nebo napájecí vody, nedopaly). TENy se v provozu průběžně monitorují. Odchytky TENů mohou být způsobené:

- technickým stavem zařízení (opotřebením), a tedy v přímé souvislosti s nastavením PÚ,
- způsobem provozování zařízení,
- nedosažením projektových hodnot při uvedení zařízení do provozu,
- venkovními podmínkami (například teplota nebo vlhkost),
- změnou kvality palivové základny atd.

Například nepříznivé hodnoty  $O_2$  mohou být způsobeny provozně (vzduchovým režimem kotle) nebo zařízením (netěsný zadní tah kotle způsobující přísávání vzduchu). Mezi zařízení, jejichž stav a provoz nejvíce ovlivňují TENy, patří zařízení TSK včetně řídicího systému, mlýny, kondenzátor a vysokotlaký ohřívák.

Obrázek 2 ukazuje extrémní hodnoty TENu v zisku a ve ztrátě, které mohou vyvolat analýzu poruchovosti podle *M3*. Optimální hodnota normativu je stanovena na základě dlouhodobých zkušeností a z vypořizovaného chování zařízení např. pro určitý výkon nebo tlak páry. Pokud je zařízení provozováno dlouhodobě mimo normální provozní podmínky (tj. mimo optimální hodnotu TENu), může to mít negativní vliv na okamžitou disponibilitu zařízení nebo na jeho životnost.



Obr. 2: Ukázka extrémních hodnot TENů

Předpokládá se například, že netěsnost kondenzátoru je nejprve indikována nižší účinností (tj. projevuje se v hodnotě TENu). Následně ale vede k zanesení kotle a potřebě odstávky. Analýzou trendu TENů je tedy v tomto případě možné předejít poruše. V současné době se proto analyzuje, zda informace o TENech lze využít k plánování a hodnocení údržby.

Dalším důležitým indikátorem podle *M2* je disponibilita, kterou ovlivňují výpadky (korektivní opravy) a odstávky (preventivní opravy). V současné době probíhají analýzy, jak související informace zohlednit při optimalizaci programů údržby (PÚ).

Aplikace dvou alternativních postupů *M2* [5] s využitím provozních dat pro čtyři konkrétní TSK ukazuje, že tyto postupy vedou k obdobným výsledkům:

1. Z celkem hodnocených 28 komponent TSK indikoval *postup 1* sedm zařízení, jejichž chování je kritičtější oproti očekávanému stavu, tyto komponenty je zapotřebí podrobit další analýze popsané v metodice *M3*, zatímco zjednodušený *postup 2* ukazuje na základě neuspokojivých hodnot pro indikátory dvou bloků čtrnáct zařízení. Chybějící informace o disponibilitě zařízení (klíčové pro *postup 1*) tedy vedou k tomu, že je analýze poruchovosti potřebné podrobit více zařízení.
2. Nejkritičtější komponenty TSK jsou výparníky #3 a #4 – oba postupy shodně identifikovaly tyto za problematické, zatímco výparníky #1 a #2 nevyžadují detailní analýzu poruchovosti podle *M3*.
3. Na rozdíl od *postupu 2* opírajícího se především o blokové indikátory identifikoval *postup 1* také jeden přehřívák a jeden přihřívák – jedná se o zařízení, u kterých je možné zdokonalit PÚ, ačkoli jsou v blocích s uspokojivou blokovou disponibilitou.

4. V současné době jsou k dispozici pouze informace o dostupnosti bloků. Pro výstižnější stanovení kritičnosti zařízení a hodnocení PÚ se doporučuje začít systematicky sledovat dostupnost jednotlivých zařízení.

Zdůrazníme, že tyto závěry jsou zatím předběžné, protože pro hodnocení nebyly k dispozici klíčové vstupy – limitní hodnoty pro poruchovost a dostupnost zařízení.

### Hodnocení kritičnosti poruch zařízení výrobních bloků elektráren (M3)

M3 vychází z dvou indikátorů kritičnosti poruchy:

- rizika – očekávaná doba na korektivní opravy sledovaného typu poruchy během referenční doby,
- účinnosti současného programu údržby.

Na základě těchto dvou indikátorů se stanovuje potřeba změny PÚ sledovaného zařízení. Obrázek 3 ukazuje hodnocení kritičnosti poruch výparníků #1 až #4. Současný stupeň PÚ je druhý nejvyšší. Protože je však u výparníků #3 a #4 identifikována nejvyšší úroveň rizika R5, vede hodnocení podle M3 k doporučení, že u těchto výparníků je „vysoká potřeba změny PÚ“. Potvrzují se tedy výsledky z aplikace M2.

Výparník	Degradační mechanismus	Faktor ovlivňující rychlost degradace	Současný PÚ	Počet poruch / rok	Počet hodin na opravu	Počet hodin na opravu za rok	Riziko (R)	Potřeba změny PÚ podle tab. 3
#1	Netěsnost výparníku	Staří, TEN (teplota páry)	s rozšířenou diagnostikou a údržbou	0,33	89	29,7	R3	Z2
#2				0,00	89	0,0	R1	Z1
#3				3,00	89	267,0	R5	Z4
#4				4,67	89	415,3	R5	Z4

Z5 - okamžitá

Z4 - vysoká

Z3 - střední

Z2 - nízká

Z1 - beze změny

Potřeba změny

Obr. 3: Hodnocení kritičnosti poruch výparníků #1 až #4

### Metodika predikce technického stavu a optimalizace rozhodování o údržbě (M4)

V závěrečném hodnocení podle M4 se dále zohledňuje aktuální stav zařízení (a uvažuje se tedy možný rozvoj degradačních mechanismů). U kritických výparníků #3 a #4, které jsou na základě výsledků diagnostik v neuspokojivém stavu, vede aplikace metodiky k doporučení „okamžité změny PÚ s ohledem na stav zařízení“.

Předložený příspěvek popisuje pouze dílčí výsledky pilotních aplikací metodik M1-M4. Další rozbory se mj. zaměřují na analýzy dlouhodobého vývoje i okamžitých trendů dostupnosti výrobních bloků a porovnání dostupnosti pro bloky s dominantní preventivní údržbou a pro bloky, u kterých se provádějí především korektivní opravy.

### Shrnutí a předběžná doporučení pro využití metodik v praxi

Příspěvek popisuje pilotní aplikace čtyř certifikovaných metodik [1-4]. Metodiky reagují na aktuální potřebu identifikovat zařízení, u kterých by na základě analýzy dostupnosti, poruchovosti, TENů, současného nastavení PÚ a současného stavu zařízení mělo dojít ke změně PÚ. Poskytují nástroje pro podporu dosažení dlouhodobé dostupnosti výrobních bloků. Předběžné výsledky pilotních aplikací ukazují, že klíčovými indikátory pro řízení spolehlivosti jsou dostupnost, poruchovost a stav zařízení z hlediska úseku údržby a diagnostiky. V současné době se diskutuje o možnosti použití TENů (úsek řízení provozu) při hodnocení PÚ.

Na základě průběžných výsledků lze formulovat následující předběžná doporučení:

1. Aplikace metodik může identifikovat zařízení, u kterých má dojít k optimalizaci nastavení PÚ. Hodnocení podle metodik poskytuje obecné indikace, že PÚ není efektivní a je potřeba jej změnit.
2. Pro efektivní uplatnění metodik v praxi se doporučuje sbírat informace o dostupnosti zařízení a nikoli pouze o dostupnosti bloku. Dále se doporučuje systematicky sledovat stav zařízení (může být dostatečná alespoň přibližná klasifikace například na základě počtu provozních hodin zařízení).
3. V praxi se průběžně evidují poruchy s dopadem do dostupnosti. Z důvodu lepšího přehledu o dalších ekonomických nákladech (mimo dopad do dostupnosti) se doporučuje evidovat i poruchy zálohovaných zařízení; například porucha mlýnu může souviset s významnými náklady na opravu, ale neeviduje se, pokud je v době poruchy namleto.
4. Pro efektivní aplikace metodik je nezbytné stanovit mezní hodnoty pro poruchovost a dostupnost zařízení. Doporučuje se také stanovit mezní hodnoty pro TENy (pro potřeby hodnocení PÚ).

Očekává se, že aplikace metodik ve střednědobém horizontu napomůže k alespoň částečnému odstranění opakovaných (systematických) poruch (aplikace zřejmě nebudou mít vliv na mimořádné poruchy).

## Poděkování

Príspevek byl zpracován v rámci řešení Národního centra pro energetiku TN010000007, DP6 „Vývoj diagnostických metod pro charakterizaci klíčových komponent energetických celků“, PB6.3 „Pilotní ověření metodik pro hodnocení kritičnosti a rozhodování o údržbě na provozních datech“ podporovaného Technologickou agenturou České republiky.

## Literatura

- [1] Marková, J., Sýkora, M., Mlčoch, J., Prešl, K., Šťastná (Kotassková), K. (2020): *Metodika analýzy rizik pro stanovení kritičnosti zařízení výrobních bloků elektráren*. Certifikovaná metodika, České vysoké učení technické v Praze, ČEZ, a. s., ÚAM Brno, s.r.o.
- [2] Marková, J., Sýkora, M., Mlčoch, J., Prešl, K., Šťastná, K. (2020): *Metodika rozdělení zařízení výrobních bloků elektráren pro řízení životnosti a modifikaci*. Certifikovaná metodika, České vysoké učení technické v Praze, ČEZ, a. s., ÚAM Brno, s.r.o.
- [3] Marková, J., Sýkora, M., Mlčoch, J., Prešl, K., Šťastná, K. (2020): *Hodnocení kritičnosti poruch zařízení výrobních bloků elektráren*. Certifikovaná metodika, České vysoké učení technické v Praze, ČEZ, a. s., ÚAM Brno, s.r.o.
- [4] Marková, J., Sýkora, M., Mlčoch, J., Prešl, K., Šťastná, K. (2020): *Metodika predikce technického stavu a optimalizace rozhodování o údržbě*. Certifikovaná metodika, České vysoké učení technické v Praze, ČEZ, a. s., ÚAM Brno, s.r.o.
- [5] Marková, J., Mlčoch, J., Sýkora, M., Prešl, K., Šťastná, K. (2020): *Metodiky pro optimalizaci diagnostiky a údržby zařízení výrobních bloků*. All for Power, roč. 14(3/2020), str. 62-64. ISSN 1802-8535
- [6] ČEZ, a. s. (2019): *Řízení rizik v divizi klasická energetika*. Podniková norma, SKČ\_ME\_0235r00, ČEZ, a. s.
- [7] ČEZ, a. s. (2015): *Řízení účinnosti a emisí*. Podniková norma, ČEZ\_TST\_0044r02z2, ČEZ, a. s.

