

**Univerzita Hradec Králové**  
**Fakulta informatiky a managementu**  
**Katedra informačních technologií**

**Metodika řízení datových toků a hodnocení dat AMM**  
**ve Smart Grid sítích**

Bakalářská práce

Autor: Karel Hájek  
Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: Mgr. Josef Horálek, Ph.D.

Hradec Králové

duben 2019

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 30.4.2019

Karel Hájek

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Mgr. Josefu Horálkovi, Ph.D. za metodické vedení, cenné rady a připomínky v průběhu vypracování této práce.

## **Anotace**

Cílem práce je provést analýzu možností řízení datových toků a hodnocení dat v řešení AMM/SG s využitím prostředí vybudovaného v rámci projektů AMM/SG a dálkových odečtů průběhových elektroměrů v ČEZ Distribuce, a.s. Autor představí relevantní výsledky projektů AMM/SG a na základě jejich analýzy provede výběr vhodných analytických metod a algoritmů pro návrh metodiky a specifikace požadavků na vhodné automatizované řešení podpory vyhodnocování a zpracování dat tak aby se omezily nároky například na lidské zdroje nebo přenosovou kapacitu AMM/SG komunikace. Tyto algoritmy a metody budou zpracovány ve formě metodiky řízení projektu a jeho praktického ověření.

## **Annotation**

**Title: The methodology for managing data flows and data evaluation AMM in Smart Grid.**

The aim of the Bachelor thesis is to analyze the possibilities of data flow management and data evaluation in AMM / SG solutions using the environment built into the AMM / SG projects and long-distance meter readings at ČEZ Distribuce. The author will present the relevant results of the AMM / SG projects and, on the basis of their analysis, will select the appropriate analytical methods and algorithms for the design of the methodology and specification of requirements for a suitable automated solution for evaluation support and data processing to reduce demands, for example, on human resources or AMM / SG communication capacity. These algorithms and methods will be elaborated in the form of project management methodology and its practical verification.

## Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Koncept Smart grid.....	3
3.1	Motivace ke Smart Grid.....	3
3.2	Smart Grid .....	3
3.2.1	Inteligentní měření (Smart Metering).....	9
3.2.2	Smart Grid a Smart Metering v ČR.....	15
4	Pilotní projekty v ČEZd pro podporu zavedení Smart Grid .....	17
4.1	Projekty se zaměřením na nejvyšší míru automatizace.....	18
4.2	Pilotní projekty se zaměřením na integraci OZE.....	19
4.3	Pilotní projekty se zaměřením na komunikační technologie v DS.....	20
4.4	Pilotní projekty v rámci ověření stavu technologie pro Smart Metering...20	
5	Životní cyklus dat ve Smart Meteringu.....	23
5.1	Vytvoření dat.....	24
5.1.1	Metodika – vytvoření dat.....	25
5.2	Odečet dat – řízení datových toků .....	25
5.2.1	Metodika – odečet dat a řízení datových toků.....	25
5.3	Validace .....	26
5.3.1	Metodika – validace .....	27
5.4	Zpracování dat.....	28
5.4.1	Metodika – zpracování dat.....	29
5.5	Informace .....	30
5.5.1	Metodika – informace .....	31
6	Vyhodnocení řízení datových toků a hodnocení dat ve vybraných projektech v ČEZd.....	33

6.1	Pilotní projekt AMM 1 .....	33
6.2	WPP AMM.....	35
6.3	LODIS.....	37
6.4	KODA.....	39
7	Shrnutí výsledků a doporučení.....	41
8	Závěry .....	43
9	Přílohy .....	49

## Seznam zkratek

AMI	Advanced Metering Infrastruktura
AMM	Advanced Metering Management
AMM 1	první pilotní projekt AMM v ČEZd
AMR	Automated Meter Reading
ASEK	aktualizace státní energetické koncepce
BPL	širokopásmová komunikace po silovém vedení (Broadband Power Line Communication)
CIREN	International Conference on Electricity Distribution
COSEM	Companion Specification for Energy Metering
ČEPS	název společnosti ČEPS, a.s. - provozovatele přenosové soustavy v ČR
ČEZd	ČEZ Distribuce, a.s.
DECE	decentralizované zdroje
DER	Distributed Energy Resources
DLMS	Device language message specification
DS	distribuční soustava
DSO	Distribution system operator
DTS	distribuční trafostanice
E.DSO for Smart Grid	sektorové sdružení Evropských provozovatelů distribučních soustav
E.ON Distribuce	E.ON Distribuce, a.s.
EE	elektrická energie
ERÚ	Energetický regulační úřad
ES	elektrizační soustava
EU	Evropská unie
Eurelectric	The Union of the Electricity Industry
FVE	fotovoltaická elektrárna
FW	firmware
GDPR	The General Data Protection Regulation
GIS	geografický informační systém

GPRS	paketový přenos dat (General Packet Radio Service)
GRID+	projekt pod záštitou E. DSO for Smart Grid
GUI	Graphical User Interface
HDO	hromadné dálkové ovládání
ICT	Information and Communications Technology
IEC	The International Electrotechnical Commission
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEEE 1220 -2005	IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process
ITU	The International Telecommunication Union
JISC	The Japanese Industrial Standards Committee
KODA	pilotní projekt ČEZd - Řízení komunikace a zpracování dat AMM
kV	kilovolt
LODIS	pilotní projekt ČEZd - Lokální optimalizace distribuční soustavy
LTE	Long Term Evolution - vysokorychlostní internet v mobilní síti
M / 490	Smart Grid Mandate Standardization Mandate to European Standardisation Organisations (ESOs) to support European Smart Grid deployment
MDM	Meter Data Management
MDMS	Meter Data Management System
METI	The Ministry of Economy, Trade and Industry
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NAP SG	národní akční plán pro chytré sítě
NIST	National Institute of Standards and Technology
NN	nízké napětí
NT	nízký tarif
OTE	název společnosti OTE, a.s. - operátor trhu s elektřinou



OZE	obnovitelný zdroj energie
PDS	provozovatel distribuční soustavy
PLC	úzkopásmová komunikace po silovém vedení (Power Line Communication)
PNE	podnikové normy energetiky
PPDS	pravidla provozování distribuční soustavy
PPS	provozovatel přenosové soustavy
PREdistribuce	PREdistribuce, a. s.
recloser	dálkově ovládaný vypínač
SAIDI	System Average Interruption Duration Index
SAIFI	System Average Interruption Frequency Index
SEK	státní energetická koncepce
SG	Smart Grid
SGCC	The State Grid Corporation of China
SM	Smart Metering
SOA	Service Oriented Architecture
TOU	tabulka spínání VT /NT v elektroměru (Time /Table Of Use)
VN	vysoké napětí
VT	vysoký tarif
VVN	velmi vysoké napětí

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Smart Grid – energetická síť budoucnosti. Zdroj: [13] .....	5
Obrázek 2 – Koncepční model inteligentní sítě. Zdroj: [13].....	6
Obrázek 3 – Smart Metering – komponentové schéma AMI / AMR.....	10
Obrázek 4 – Komunikační a řídicí architektura AMM. Zdroj: [19 s. 310] .....	11
Obrázek 5 – Základní schéma odečtu centrály Gridstream MDMS Zdroj: [24] .....	14
Obrázek 6 – Životní cyklus dat.....	24
Obrázek 7 – Klasifikace událostí. Zdroj: [38 s. 3].....	28
Obrázek 8 – Pyramida DIZM. Zdroj: [37 s. 175] (upraveno autorem) .....	30
Obrázek 9 – Gartner Analytic Ascendancy Model. Zdroj: [42 s. 6] .....	31

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Historie zpracování dat, Zdroj:[39 s. 5] (upraveno autorem).....	29
Tabulka 2: Vyhodnocení pilotního projektu AMM1. ....	34
Tabulka 3: Vyhodnocení pilotního projektu WPP AMM.....	36
Tabulka 4: Vyhodnocení pilotního projektu LODIS.....	38
Tabulka 5: Vyhodnocení pilotního projektu KODA .....	40
Tabulka 6: Komplexní seznam komunikačních technologií používaných v inteligentní síti. Zdroj: [19].....	1

# 1 Úvod

Koncept Smart Grid není v energetickém průmyslu nový pojem. Mnoho profesních sdružení, týmy specialistů a tvůrců norem pracují na tvorbě a aktualizacích architektury, technologiích komunikace a definic komunikačních protokolů.

Prostor na zlepšení a „bílé místo na mapě“ je ve zpracování dat. Smart Grid už z podstaty sebou přináší velké množství dat a tak se otvírají zatím netušené možnosti na jejich využití. A nemluvíme zde o pohledu běžných technik zpracování dat měření, zjišťování neodečtených elektroměrů a chyb měření. Jedná se o komplexní pohled na data. Která z nich je potřeba odečíst, dát si do souvislosti výpadek odečtů dat s aktuálním stavem v distribuční soustavě a zaznamenaných chybových hlášení... Automatizace ve formě expertních systémů nad AMM (multi- agentový systém), zmapování činností vyškolené obsluhy - předcházení výpadku v odečtech či dodávkách elektrické energie, odhalení příčin selhání technologie, sofistikované validace, automatizované změny odečtových úloh dle aktuální situace v distribuční soustavě...

To jsou oblasti a výzvy pro současný stav poznání konceptu Smart Grid a Smart Metering. Jedná se o evoluční nástavbu a logický krok po dlouhých letech testování a ladění odečtenosti na ověřovacích instalacích inteligentních elektroměrů po celém světě.

## 2 Cíl práce

Práce se snaží zmapovat a identifikovat potenciální oblasti při práci s daty pro zavedení automatizace, strojového učení, chytrých validací a podpůrných procesů, tak aby bylo možné se v budoucnosti vypořádat s nárůstem objemu zpracovávaných dat v oblasti inteligentního měření. Limit na straně lidské obsluhy je dosažen již v tuto chvíli, je nemyslitelné očekávat, že při nárůstu potřeby zpracování dat z velké populace nově instalovaných elektroměrů, bude bez využití pokročilých technik, práce s daty zachovat stávající standardy i třeba jen v klíčových oblastech a aspektech jejich práce.

Práce předpokládá a snaží se dokázat, že lze možné najít metodiku, kterou by šlo ve zpracování dat z AMI/SG řešení zpracovávat naměřená data a případně řídit komunikaci pro jejich získání. Hledá tak odpověď na otázku: Lze najít zlepšení v současném stavu zpracování dat AMM?

## **3 Koncept Smart grid**

### **3.1 Motivace ke Smart Grid**

Energetika byla vždy chápána jako stabilní a poměrně neměnné průmyslového odvětví. Během posledních let se avšak tento trend mění a i v tomto oboru je třeba pružně reagovat na aktuální technologický vývoj. Prakticky ve všech oblastech tohoto oboru dochází k novým výzvám a změnám. Trendy ovlivňující současný stav jsou rychlý vývoj nových technologií, rozvoj elektromobility a nových spotřebičů (od úsporné žárovky počínaje po plně automatizované bateriové řešení), legislativní změny (redukce CO<sub>2</sub>, podpora obnovitelných zdrojů), unbundling, GDPR, situace s palivem ve formě nejistot dodávek plynu a ropy, omezování konvečních zdrojů a v neposlední řadě požadavek na energetickou nezávislost. Zároveň je stále potřeba obnovovat zastarávající infrastrukturu energetické sítě, podporovat integrace instalovaných obnovitelných zdrojů a reagovat na požadavky na energetickou integraci v Evropské unii. Na druhou stranu se otvírá prostor pro uplatnění nových technologií, výzkumu a inovativní firmy, které jsou schopny tyto poznatky a technologie do prostředí DS integrovat. Je jasné, že takové požadavky lze realizovat pouze v případě využití nových koncepcí energetické soustavytzv.: chytré/inteligentní sítě (Smart Grid) [1 s. 3, 2].

### **3.2 Smart Grid**

Dle [3 s. 1] lze říct, že Smart Grid je model provozu energetické soustavy, kdy se i uživatelé podílejí nejen na spotřebě ale i na výrobě energetické energie, přičemž informační systémy plně sledují a vyhodnocují poptávku po energii a reakce energetické sítě.

Evropský ústav pro telekomunikační normy, anglicky European Telecommunications Standards Institute (ETSI) definuje Smart grid jako elektrickou síť, která efektivně nákladově integruje chování a činnosti všech uživatelů, kteří jsou na ní připojeni a má za cíl zajistit ekonomicky účinný a udržitelný energetický systém s nízkými ztrátami a vysokou úrovní zabezpečení a kvalitou dodávek. Ačkoli prvky intelligence lze najít již ve stávající distribuční síti,

rozdíl mezi dnešní distribuční sítí a inteligentní distribuční sítí budoucnosti je především schopnost řešit efektivnějším způsobem složité úlohy v distribuční síti [4].

Je jasné, že tuto netriviální úlohu je nutné řešit komplexně a jedině za předpokladu jasně definované technologické základny. V rámci celého světa tedy vznikají aktivity a uskupení, které mají za cíl definovat a harmonizovat Smart Grid architekturu a popsat a vytvořit doporučené standardy. Ve zdroji [5] jsou uvedeny ty expertní uskupení s největším dopadem (řazeno abecedně)

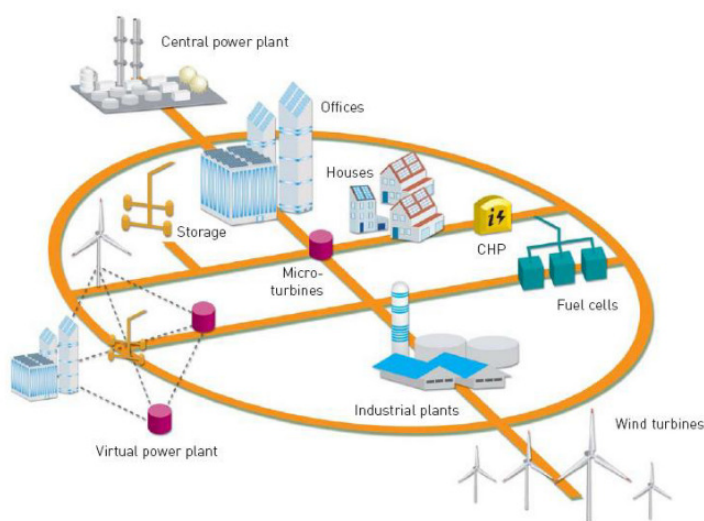
- Čína – SGCC (The State Grid Corporation of China) – Framework and Roadmap for Strong & Smart Grid Standards [6],
- Japonsko – METI (The Ministry of Economy, Trade and Industry) – JSCA (Japan Smart Community Alliance) [7],
- Švýcarsko – ITU (The International Telecommunication Union) – SG15 Smart Grid [8],
- Švýcarsko – IEC (The International Electrotechnical Commission) – Smart Grid Standards map [9],
- USA – NIST (National Institute of Standards and Technology) - Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards [10],
- USA - IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) – IEEE 2030 ® Smart Grid Interoperability Standards [11].

Velkou aktivitu v této problematice lze také vysledovat na popud Evropské unie. Byl vytvořen mandát pro Smart Grid M / 490 od Evropské komise a Evropského sdružení volného obchodu (EFTA). Cílem tohoto mandátu bylo vyvinout nebo aktualizovat soubor norem na úrovni společného evropského rámce. Zahrnuje a integruje celou řadu popisů a definic komunikačních technologií, architektur a souvisejících návazných i vnitřních procesů a služeb, které mají za cíl dosáhnout interoperability (vzájemné zaměnitelnosti) a umožnit nebo usnadnit realizaci různých funkcionalit inteligentních sítí. Dále mají zajistit flexibilitu pro budoucí vývoj.

V červenci 2011 byla, v reakci na udělený mandát, transformována společná pracovní skupina, která byla vytvořena ze členů Evropského výboru pro normalizaci (CEN), Evropského výboru pro normalizaci v elektrotechnice (CENELEC) a Evropského institutu pro normalizaci v telekomunikacích (ETSI) na koordinační skupinu CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group (SG-CG). Tímto krokem se toto uskupení stává hlavním zdrojem rozvoje norem pro naplnění mandátu M / 490. [4, 12].

Tato skupina úzce spolupracuje s pracovní skupinou zřízenou přímo evropskou komisí Smart Grids Task Force (SGTF). Ta se skládá z celkem 5 expertních skupin v jednotlivých funkcionálních oblastech [4].

- EG1 (Expertní skupina 1) – Standardy pro inteligentní sítě,
- EG2 (Expertní skupina 2) – Regulační doporučení pro ochranu soukromí, dat a kybernetickou bezpečnost v prostředí inteligentní sítě,
- EG3 (Expertní skupina 3) – Regulační doporučení pro zavádění inteligentních sítí,
- EG4 (Expertní skupina 4) – Rozvoj energetické a telekomunikační infrastruktury v inteligentních sítích,
- EG5 (Expertní skupina 5) – Provádění průmyslové politiky inteligentních sítí.



Obrázek 1 – Smart Grid – energetická síť budoucnosti. Zdroj: [13]

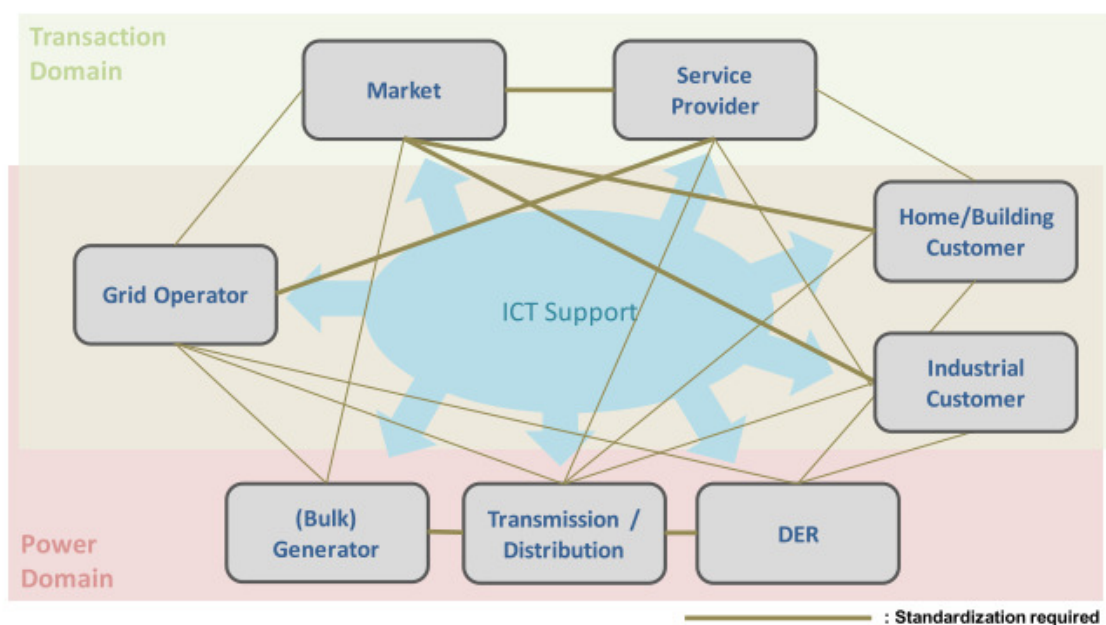
Cílem je definovat a popsat kompletní architekturu inteligentní sítě, která bude schopna reagovat na nové požadavky spojené s jejím provozováním. Vývoj a integraci nových monitorovacích, řídicích a analytických aplikací a integraci nejnovějších technologií. A to vše při dodržení vysoké bezpečnosti a spolehlivosti. Výsledkem bude nová distribuční infrastruktura s více přímými účastníky, kteří budou navzájem spolupracovat. Toho lze dosáhnout pouze tehdy, pokud ti, kteří budou rozvíjet inteligentní síť, při jejich implementaci budou dodržovat definované a dohodnuté standardy, soubory modelů a metodické předpisy. Tyto modely jsou označovány jako referenční architektura.

Referenční architektura je dekompozice komplexního systému Smart Grid do oddělených subsystémů vytvořených na základě společných charakteristik pro příslušný subsystém. To umožňuje popsat celý systém v rozpadu na jednotlivé objekty a definovat jejich vzájemné vztahy.

Referenční architekturu lze tedy rozpadnout na následující architektury/pohledy:

### Koncepční architektura

Koncepční architektura rozpadá Smart Grid na domény a jednotlivé subjekty/účastníky v nich obsažené.



Obrázek 2 – Koncepční model inteligentní sítě. Zdroj: [13]



Výčet hlavních účastníků je zobrazen na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** EG3 jim definuje jejich povinnosti a role. V modelu není z důvodu přehlednosti zobrazena identifikovaná skupina elektroinstalačních dodavatelských firem, která bude také hrát v implementaci Smart Grid svoji nezastupitelnou roli.

V koncepční architektuře jsou definovány dvě domény:

**Transakční doména.** V ní jsou zastoupeny účastníci spojení s trhem a poskytování obchodních služeb. **Doména výkonu.** Zde jsou naopak účastníci, kteří zastupují energetickou složku Smart Grid – řízení a optimalizace toků elektrické energie. Všichni účastníci a potažmo i domény spolu komunikují díky ICT technologiím a specializovaným aplikacím. [13].

Účastníci jsou v konceptuální architektuře stanoveni následovně:

**Trh.** Obsahuje jednak definici energetických trhů a obchodování s energií. Zpracováno ve formě Use Case scénářů a popisu jejich možného rozšíření v důsledku nových možností Smart Grid. V ČR by mělo dopad na operátora trhu OTE, a.s.

**Poskytovatele služeb.** Jedná se o velkou skupinu dodavatelských firem se zaměřením v celé škále souvisejících činností tj.: od komplexních či dílčích ICT řešení, elektro firem až po doplňkové služby. Pro představu v ČR je zastoupena tato skupina např.: ZPA Smart Energy a.s.

**Maloodběratelé a domácnosti.** Jedná se běžné domácnosti, nebo menší podniky. ČR by se jednalo o odběr ze sítě nízkého napětí do 1 kV včetně [14]. Bude mít také nezastupitelnou roli, jejich poptávka po energii se bude dramaticky a dynamicky měnit s rozvojem elektromobility a bateriových řešení.

**Velkoodběratelé.** Velcí spotřebitelé elektrické energie, průmysl, velké obchodní centra, atd. V ČR by se jednalo o velkoodběratele kategorie A = odběr ze sítě velmi vysokého napětí (VVN), tedy s napětím mezi fázemi vyšším než 52 kV a B = odběr ze sítě vysokého napětí (VN), tedy s napětím mezi fázemi od 1 kV do 52 kV včetně. [14]. Průmysl a jeho energetické nároku řeší lokální distribuční soustava již

dlouho. Novým prvkem jsou velká obchodní centra budoucnosti. Jejich dopad na napěťové charakteristiky a spotřebu energetické energie s různou časovou charakteristikou např.: dobíjecí parkoviště u obchodního centra a jejich špičkový odběr je něco s čím si lze poradit jen na předpokladu komplexního Smart Grid řešení.

**DER (Distributed Energy Resources).** Distribuované zdroje elektrické energie nebo pracují na principu řízení zátěže, provozované jako ostrovní provoz, nebo i napojením na distribuční soustavu. Může se jednat např.: o solární panely, malé generátory na zemní plyn, nebo bateriové systémy [15]. V ČR se tato kategorie nazývá OZE (obnovitelné zdroje energie).

**Přenos a distribuce.** Z pohledu standardizace a modelu je přenos a distribuce elektrické energie sjednocen a Use Case scénáře se nemusí specifikovat zvlášť. V ČR se bavíme o ČEPS a.s., který provozuje páteřní přenosovou soustavu a distribuční soustavy jednotlivých distributorů.

**Zdroje elektrické energie.** Velké elektrárny napájející DS. V ČR zastoupeny jadernými elektrárnami Temelín a Dukovany a mnoho dalších velkých např.: tepelné elektrárny Počerady.

**ICT.** ICT podpora je napříč celým modelem koncepční architektury. Zajišťuje nejen provoz (HW a SW), ale i zajištění komunikační infrastruktury a komunikace mezi všemi skupiny účastníky Smart Grid řešení. Z pohledu standardů je zde velká potřeba standardizovat o to víc, že se příchodem chytrých IT řešení zvyšuje riziko nedostatečné kyberbezpečnosti.

Stejným způsobem pracovní skupina rozpracovala i další architektury z různých doménových pohledů.

**Funkční architektura.** Popisuje Smart Grid na základě definování funkcí, které musí naplňovat a jejich vzájemného uspořádání a interakce, jejich návaznosti, řízení priorit dle požadavků na ni kladené. Ve svém popisu vychází

z IEEE 1220 - 2005 IEEE standardu pro aplikaci a řízení procesu systémového inženýrství.[16]

**Komunikační architektura, Bezpečnostní architektura a Informační architektura.** Tyto architektury popisují vše potřebné pro zajištění úspěšného a bezpečného přenosu požadovaných informací pro relevantní účastníky Smart Grid.

V neposlední řadě pracovní skupina pracuje a definuje i **Architekturou orientovanou na služby (SOA)**. Tato má výhodu, že není vázaná na žádné technické řešení, ale popisuje celý systém na základě služeb, které naplňují potřeby jednotlivých účastníků.

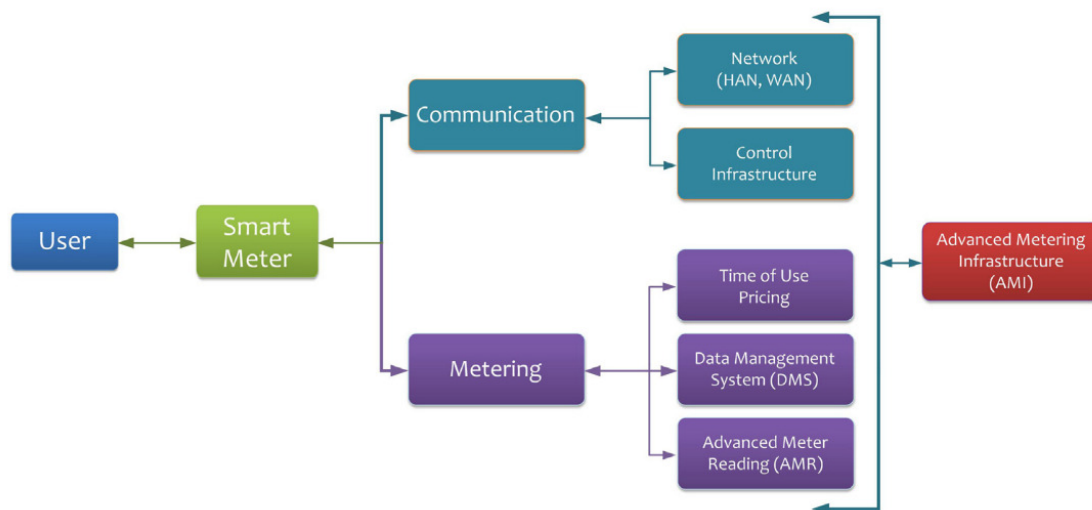
### **3.2.1 Inteligentní měření (Smart Metering)**

Koncept dálkové odečítání měřidel se začal vytvářet na přelomu osmdesátých a devadesátých let. S růstem měřidel narůstala potřeba automatizovaně shromažďovat a vzdáleně odečítat měřidla. Postupně narůstala komplexita takových systémů a tomu odpovídala i technologický posun měřidel. Kolem roku 2005 tak vzniká evoluční nástavba AMR a vzniká pokročilá měřicí infrastruktura (AMI). AMI systémy tedy obsahují a rozvíjení funkčnosti AMR systémů. [17]. Tyto koncepty způsobu správy a odečtu měřidel jsou již nějaký čas známy a v odborné literatuře se běžně setkáváme s výrazy AMR, AMI a v poslední době nejvíce používaným: AMM, bez většího vysvětlení. Někdy dokonce dochází k záměně, či chybné specifikaci.

Principiální rozdíly vysvětluje zdroj [18]

- Automated Meter Reading (AMR) umožňuje dálkově, prostřednictvím komunikační sítě a automatizovaně, v definovaných intervalech, odečítat měřidla např. elektroměry.
- Advanced Metering Infrastructure (AMI) rozšiřuje koncept AMR o oboustrannou komunikaci s měřidly. Mimo dálkový odečet a sledování lze tedy i měřidla ovládat. V případě elektroměru se tedy jedná např.: o dálkové nastavení limiteru, nebo odpojení od DS.

- Advanced Metering Management (AMM) zastřešuje předcházející dva systémy a přidává pokročilou správu dat z měření (MDM). Zde se data z měřidel pouze nevidují, ale setkáváme se zde již s variantními možnostmi nastavení odečtů, komunikace. Na úrovni dat zde již dochází nejen k jejich ukládání, ale i k tvorbě náhradních hodnot. Systém je již napojen i další systémy, kterým poskytuje data z měření za účelem např. fakturace.



Obrázek 3 – Smart Metering – komponentové schéma AMI / AMR.

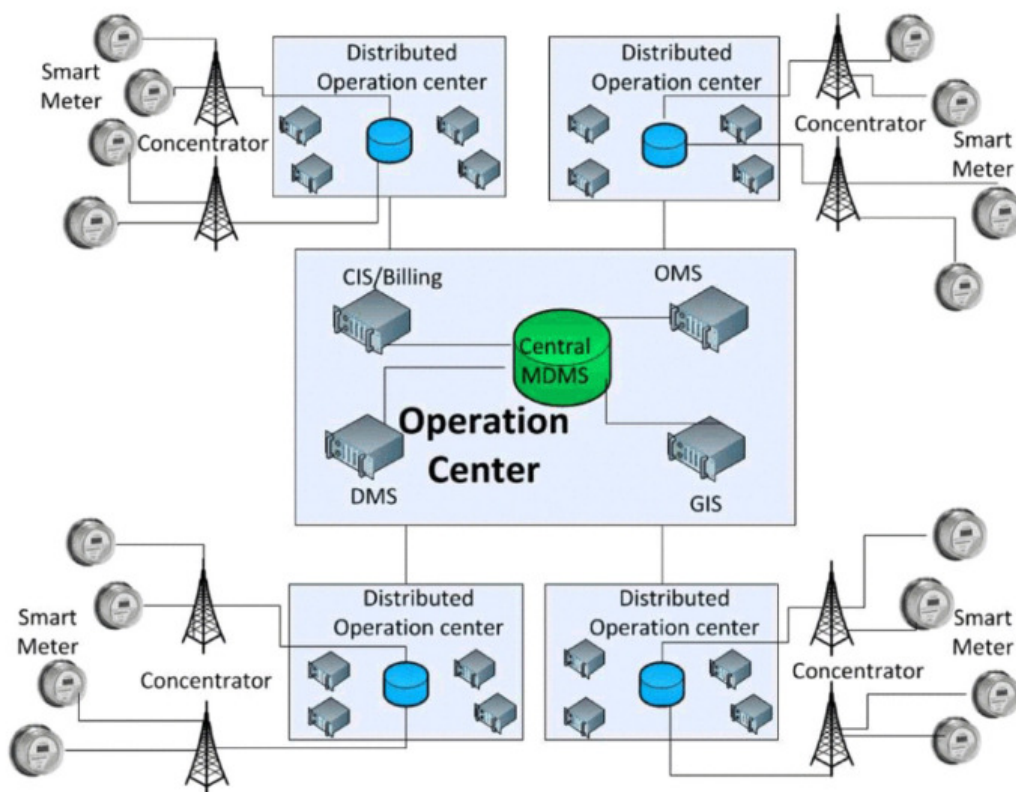
Zdroj: [19 s. 308]

Evropská unie spatřuje v inteligentních systémech řešení, jak zajistit účastníkům trhu s energií relevantní informace pro jejich potřebu. Z toho důvodu v rámci směrnice o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou a zemním plynem (2009/72 / ES a 2009/73 / ES) a směrnice EU o energetické účinnosti (2012/27 / EU) požaduje, aby byly implementovány tyto systémy ve všech členských zemích. V případě elektřiny musí být 80% domácností osazeno inteligentním elektroměrem do konce roku 2020. Pro podporu těchto směrnic uděluje v roce 2009 Evropská komise mandát M/441 pro vytvoření potřebných standardů včetně komunikačních, elektroměrů a celkové architektury pro realizaci takových AMM systémů. Je vytvořena koordinační skupina pro standardizaci inteligentních elektroměrů (SM-CG) složená ze zástupců evropských standardizačních organizací CEN, CENELEC a ETSI. Ta v první fázi mandátu vytváří technickou zprávu CEN-CLC-ETSI TR 50572: 2011 "Funkční referenční

architektura pro komunikaci inteligentních měřicích systémech". V druhé části se zaměřuje na principy interoperability a dále rozpracovává problematiku přístupu k ochraně soukromí a bezpečnosti [20, 21].

### 3.2.1.1 Měřicí řetězec Smart Grid – architektura

Měřicí řetězec AMM se skládá z elektroměru, který je instalován na odběrném místě. Elektroměr je odečítán dle typu komunikačního modulu buď přímo do datového centra, nebo do nadřazeného koncentrátoru, který je umístěn na distribuční trafostanici, ze které je dané odběrné místo napájeno. Koncentrátor zajišťuje následnou komunikaci a přenos dat do odečtové centrály.



Obrázek 4 – Komunikační a řídicí architektura AMM. Zdroj: [19 s. 310]

### **Inteligentní elektroměr (Smart Meter)**

Smart meter se od běžného elektroměru odlišuje schopností komunikovat s nadřazeným systémem. Je osazen komunikačním modemem, který zajišťuje komunikaci dle zvoleného typu. Implementace pokročilých komunikačních algoritmů zajišťují, že dokáže detekovat sílu signálu a v případě ztráty spojení s koncentrátorem hledá lepší komunikační cestu. Dokáže také sloužit jako opakovač a zesilovač signálu pro ostatní elektroměry. Je tedy běžné, že při sestavení komunikační cesty některé vzdálené elektroměry komunikují díky ostatním elektroměrům, které jim jejich komunikaci předávají dál do koncentrátoru. Samozřejmě se jedná o komunikaci po silovém vedení PLC. V případě komunikace bod–bod pomocí sítě mobilního operátora tato funkcionality není využita. Další rozdílem oproti běžnému elektroměru je, že je osazen odpojovačem, který dokáže na pokyn z datové centrály, nebo v závislosti překročení stanoveného limitu odběru odpojit odběrné místo od napájení z distribuční soustavy. Elektroměr tak může splňovat funkci softwarového jističe. Zákazník si dodávku opět obnoví po stisknutí tlačítka, kterým je elektroměr vybaven. Toto opatření je zde záměrně, aby se dodávka obnovila až po vědomém kroku a nebyla obnovena automaticky. Jistě lze domyslet, co by to mohlo způsobit v případě kotoučové pily a její opětovné spuštění. Další významnou funkcionalitou inteligentního elektroměru je schopnost nahradit přijímač signálu HDO. To je řešeno nahráním TOU tabulky – programu přepínání vysokého a nízkého tarifu v závislosti na přepnutí spínacích relé, kterým je elektroměr vybaven. TOU je možné nahrát vzdáleně, nebo lokálně technikem příslušného distributora.[21, 22]

### **Koncentrátor**

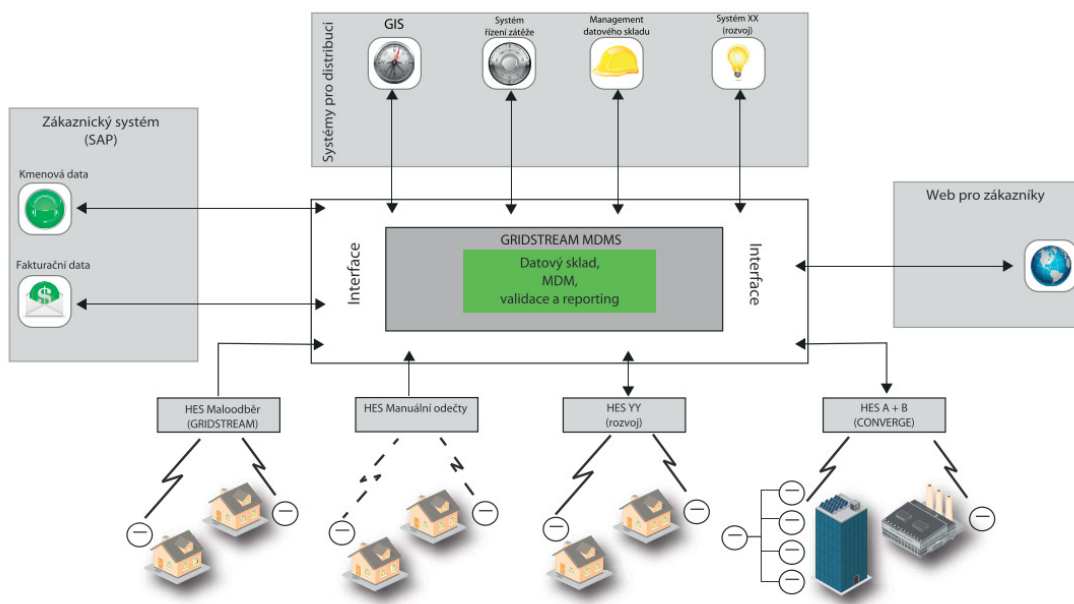
Na DTS je instalován datový koncentrátor, jehož úkolem je zajišťovat komunikaci s datovou centrálou a podřazenými elektroměry, které jsou instalovány u koncových zákazníků. Pro komunikaci koncentrátoru s elektroměry je využita PLC komunikace. Přenosové medium jsou tedy stávající nízkonapěťové silové vodiče pro distribuci elektrické energie a není potřeba budovat novou síť pro odečet například v podobě strukturované kabeláže. Datový koncentrátor buď přímo komunikuje s datovou centrálou, kdy využívá integrovaný komunikační

modul, nebo je připojen na samostatné zařízení, které spojení s nadřazeným systémem zajišťuje.

Sběr dat z elektroměrů je realizován v závislosti na použité technologii resp.: způsobu implementace jednotlivých dodavatelů. V některých případech koncentrátor průběžně oslovuje podřazené elektroměry a o data si žádá. V další využití variantě elektroměry sami odesílají data koncentrátoru ihned po jejich uložení do paměti elektroměru. V koncentrátoru jsou pak data připravena pro odeslání do datové centrály. V další variantě provedení slouží koncentrátor pouze jako gateway a data z elektroměrů jsou za jeho pomoci jen přeposílána do datové centrály. Dále je možné za pomoci koncentrátoru odeslat na podřazené elektroměry příkazy, nebo firmware pro změnu parametrů elektroměrů.[23]

### **Datové centrála**

Odečtová datová centrála je ústředním bodem celého AMM řešení. Jedná se o SW, který musí realizovat několik úloh. Komplexnější datové centrály jsou integrovány na zdrojový systém provozovatele, z kterého si integrací přebírají technická kmenová data tzn.: informace o odběrném místě a instalovaném elektroměru. Správa těchto kmenových dat zajišťuje korektní funkcionality výměny elektroměrů na stejném odběrném místě. Naměřená data jsou s kmenovými daty párovány dle identifikátoru elektroměru – nejčastěji jeho výrobního čísla. GUI datové centrály umožňuje naměřená data prohlížet a obsluha v něm může nastavovat parametry odečtových úloh. Nativní funkcionality datových centrál je práce s naměřenými daty, různě pokročilé validace a reporting. Dále jsou datové centrály integrovány na další systémy provozovatele. Typickým příkladem jsou fakturační systémy, kam datová centrála předává naměřené hodnoty odečtů pro fakturaci.[24, 25] Odečtové datové centrály jsou provozovány v současné době v ICT prostředí distributorů i když se již v literatuře můžeme setkávat s řešeními postavenými na cloudových technologiích jako je např.: ve zdroji[26]



Obrázek 5 – Základní schéma odečtu centrály Gridstream MDMS Zdroj: [24]

### Komunikace v AMI/AMM

Komunikovat (vzdáleně odečítat naměřená data a zaslání příkazů) s inteligentními elektroměry ve Smart Grid je možné buď formou komunikace bod – bod tj.: datová centrála komunikuje s konkrétním elektroměrem, nebo je řešena formou bod – multibod, kdy multibod je výše představený koncentrátor.

Rozdělení komunikace z pohledu přenosového média je vytvořen seznam všech variant přecházejících v úvahu pro AMM k nalezení ve zdroji [19 s. 311] a to včetně příslušných norem (viz Tabulka 6: Komplexní seznam komunikačních technologií používaných v inteligentní síti. V pilotních instalacích distributoru ČR ani zdaleka nebylo využito všech možností a i v instalacích ve světě se využívá většinou kombinace nejnázornějších dostupných. Pro komunikaci na DTS se využívá radiová GSM – GPRS, v současné době jsou pilotní instalace s modemem, který podporuje LTE. V případě, že má příslušný distributor na DTS nainstalovanou optiku, tak samozřejmě využije i ji. Úspěšné testy jsou provedeny i při využití BPL a v lokalitě Vrchlabí otestovala ČEZd v rámci pilotu WPP AMM i komunikovat s DTS pomocí technologie WiMAX. V případě komunikace s elektroměry je v případě komunikace bod – bod využíváno GPRS. S LTE na úrovni implementací na úrovni komunikačního modemu elektroměru zatím nejsou uspokojivé výsledky



a v případě využití koncentrátoru jednoznačně distributoři preferují využít silové vedení tedy komunikaci pomocí PLC případně BPL.[22]

### **3.2.2 Smart Grid a Smart Metering v ČR**

Česká republika v reakci na technologický rozvoj a změny v energetickém sektoru prostřednictvím schválení aktualizace státní energetické koncepce (ASEK) dne 18. května 2015 se jednoznačně přihlásila k problematice řešit chytré sítě a potřeby, které energetická skladba obsahující nárůst OZE a elektromobilitu přináší. Prioritně se soustředí na využití energetických zdrojů, rozvoj infrastruktury a podporu výzkumu a to vše za dodržení a zvýšení energetické bezpečnosti ČR.[27]

#### **Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG)**

Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) v reakci na pověření vlády ČR vypracovalo Národní akční plán pro chytré sítě. Pro jeho naplnění vznikla sada 45 akčních opatření, které se realizují v rámci expertních skupin sestavených ze zástupců MPO, ERÚ, OTE a PDS. V tomto roce (2019) došlo k aktualizaci na NAP SG 2019–2030 (aktualizace NAP SG) která konstatuje, že analytická část začíná přecházet do fáze realizační s horizontem do roku 2030 a definování implementačních projektů. Strategické cíle jsou stanoveny v souladu s výsledky předchozí fáze. Jsou to vytvoření podmínek pro bezproblémovou integraci OZE a elektromobility, zajištění spolehlivosti a rozšíření možností informovat zákazníka.[28, 29]

#### **Pravidla provozování distribuční soustavy (PPDS)**

Jednotlivé energetické subjekty v ČR stanovují pravidla a minimální technické a provozní požadavky pro připojení do distribuční soustavy. Ty jsou následně schvalovány Energetickým regulačním úřadem (ERÚ).[30] Dle zdroje [31] je ustanovena Komise pro zpracování Pravidel Provozování Distribuční soustavy, která rozpracovává témata s dopadem na SmartGrid.

- PS1 – Kvalita napětí v DS.
- PS3 – Standardy nepřetržité dodávky.

- PS4 – Rozptýlená výroba.
- PS5 – Jalová energie v DS.

### **České sdružení regulovaných elektroenergetických společností (ČSRES)**

Zájmové sdružení zastupující PPS - ČEPS a PDS - PREdistribuce, E. ON Distribuce, ČEZ Distribuce. Toto sdružení právnických osob si klade za cíl stanovovat a chránit společné zájmy, takže spolupracují nad oblastí legislativy a práva a provozování přenosových a distribučních soustav. [32] Důležitá aktivita tohoto sdružení je shromažďování a zveřejňování profesních norem pro elektroenergetiku tzv.: Oborových norem energetiky (PNE). Jejich působnost navazuje na národní normy ČSN a mezinárodní normy ISO,CENELEC, ... V nich jsou řešeny i vstupy pro nové technologie.

## 4 Pilotní projekty v ČEZd pro podporu zavedení Smart Grid

ČEZ Distribuce, a. s. (ČEZd) je jedním z provozovatelů distribuční soustavy v České republice, který provozuje elektrické vedení o celkové délce přesahující 163 tisíc kilometrů [33]. Při takovém rozsahu a při obsluze 3,6 mil. odběrných míst je pochopitelné, že vnímání trendů a vlivu Smart Grid hraje důležitou roli. Dle zdroje [31] se soustředí na rozvoj nových technologií ve třech hlavních oblastech:

V oblasti výroby, distribuce a spotřeby jsou hlavní trendy spatřovány v rozvoji distribuované výroby, elektromobility. Dostupností akumulace elektrické energie např.: v bateriových systémech a celkově vysoké míry elektroniky ve spotřebičích.

V oblasti informační a komunikační technologie je třeba se zaměřit na témata rozvoje informačních systémů a dispečerského řízení. Celkový trend automatizace distribuční soustavy a ochran v souběhu k potřebě rozvoje měření.

V oblasti bezpečnosti rozvíjejí trendy související s kybernetickou bezpečností, celkové bezpečnosti chodu distribuční soustavy a aktuálně i ochraně osobních údajů.

V ČEZd si uvědomují, že bude třeba nastupující trendy nejen sledovat, ale se jich aktivně účastnit. Nasadit komplexní systém, jakým je Smart Grid není možné bez získání příslušných zkušeností. Nehledě na to, že rozvoj technologie je i přes masivní zájem technické veřejnosti stále jen dílčí a stále ji nelze koupit „na klíč“. I z toho důvodu je běžnou praxí, že si určitou část technologie vyzkouší potenciální zájemce v pilotním provozu. Cílem je získat s danou technologií zkušeností tak, aby pak případná implementace do firemních procesů byla co nejefektivnější a komplexní a ekonomicky přijatelná.

Pilotní projekty, které v ČEZd běží v rámci tohoto nabývání zkušeností dle zdroje [31] rozdělují na tři skupiny:

- pilotní projekty se zaměřením na nejvyšší míru automatizace – dopad na zákazníka (spolehlivost – SAIDI, SAIFI),
- pilotní projekty se zaměřením na integraci OZE – dopad na kvalitu napětí a frekvence,
- pilotní projekty se zaměřením na komunikační technologie v DS.

Pracovníci ČEZd nejsou jen pasivními příjemci regulatorních a technologických změn. Jsou zapojení v pracovních skupinách v rámci evropských sdružení a projektech, kde dochází ke sdílení technických zkušeností a know-how. Jako příklad lze uvést účast v sektorových profesních sdruženích Euroelectric, EDSO for Smart Grid a projektech pod záštitou těchto sdružení např.: GRID +, nebo pravidelná účast na konferencích CIRED.

#### **4.1 Projekty se zaměřením na nejvyšší míru automatizace**

V konceptu Smart Grid hraje automatizace důležitou úlohu. V rámci pilotních ověření se ČEZd zaměřuje zejména na automatizované detekce poruch v sítích NN a VN.

##### **Smart region Vrchlabí**

V letech 2015–2016 byla v rámci projektu implementována ve městě Vrchlabí automatizace na síti NN a VN. Dále byla instalována technologie na řízení ostrovního provozu v rozsahu 7 DTS v lokalitě Liščí Kopec. Cílem projektu bylo ověřit nové funkcionality a funkce, které povedou ke zvýšení spolehlivosti a kvality dodávky elektrické energie, snížení ztrát v síti a zkrácení doby případného výpadků.

##### **Lokalizace poruchových míst na VN, dálkové nebo automatické odpojení míst s poruchou.**

V roce 2016 bylo osazeno 60 vývodů VN v DS dálkově ovládanými prvky, jednalo se o dálkově ovládané vypínače (reclosery) a odpínače. Cílem bylo zrychlení

vymezení poruchových míst a tím snížení počtu odběrných míst dotčených poruchou, což má také dopad na zlepšení ukazatelů SAIDI a SAIFI.

### **Detektor poruch izolovaných vodičů VN**

Poruchy izolovaných vodičů typu pádu vodičů na zem, nebo konzole a poškození důsledkem dotyků větví v lesních průsecích a obtížném terénu se pracovníkům distributora obtížně lokalizují. Proto bylo v roce 2016 testováno jedenáct aplikací na devíti VN linkách, které se automatickou detekcí zabývají. Při úspěšné funkcionalitě vede tato včasná detekce ke snížení nákladů na opravy, zvýšení bezpečnosti zařízení a hlavně osob.

## **4.2 Pilotní projekty se zaměřením na integraci OZE**

Předpoklady, že masivní integrace OZE do distribuční soustavy významně ovlivní její parametry a chování. Pro ověření této hypotézy a včasnou přípravu v případě její potvrzení se v rámci ČEZd probíhá několik ověřovacích projektů.

### **Měření na DTS**

V současné chvíli běží výběrové řízení na dodavatele a technologii pro osazení na všechny koncové DTS provozované v rámci distribuční soustavy ČEZd. Jedná se tak o implementační projekt, který navazuje na pilotní projekt Měření na DTS. Ten na 12 koncových DTS ve třech lokalitách (na Královéhradecké, Pardubické a Děčínské) nasadil technologii pro měření, sběr a hodnocení dat. V rámci projektu se ověřili hlavně prostorové nároky pro umístění komponent měřící a komunikační technologie.

### **Automatizované mřížové sítě**

V Šumperku se jako jedné z mála provozuje mřížové zapojení distribuční sítě. Část této sítě bylo v rámci projektu osazeno dálkovým měřením. Měření bylo osazeno na třiceti třech rozpojovacích skříních, patnácti DTS a dvou napájecích VN. Toto osazení umožnilo měřit a analyzovat provozní stavy sítě, směry toků a kvalitu dodávky elektrické energie. Dále bylo možné porovnáním s parametry běžné sítě připravit hypotézy pro změny chování sítě při větší integraci OZE a elektromobility.

### **LODIS (lokální optimalizace distribuční soustavy)**

Projekt LODIS se zaměřil na DTS s instalovanými obnovitelnými zdroji energie. Byly vybrány 3 DTS ve třech lokalitách osazené fotovoltaickou elektrárnou (FVE). Odběrná místa byla osazena v roce 2015 inteligentními elektroměry, které byly odečítány spolu s elektroměry instalovanými na DTS a na FVE. Cílem bylo ověřit hypotézu, zda je možné optimalizovat toky v NN síti zapínáním nízkého tarifu individuálně pro jednotlivá odběrná místa na základě očekávané spotřeby a výroby pod jednotlivými DTS dle aktuální předpovědi počasí a predikovaného chování průběhu spotřeby jednotlivých odběrných míst.

### **4.3 Pilotní projekty se zaměřením na komunikační technologie v DS**

Klíčovou součástí konceptu Smart Grid a Smart Meteringu je spolehlivá a dostatečně rychlá komunikace. Pro ověření nových možností technických implementací probíhá v ČEZd několik pilotních projektů.

#### **Komunikace BPL na venkovní vedení VN**

V roce 2015 byla otestována BPL komunikace na vrchním vedení 35 kV z Malé Skály do trafostanice Jeřmanice (délka 17 km). Cílem bylo ověřit, zda je tato komunikace vhodná pro přenos dat na větší vzdálenosti. Na tento projekt navazuje aktuálně probíhající testování BPL komunikace na kabelovém vedení. Projekt má za úkol ověřit technickou připravenost řešení na zajištění komunikačního spojení např.: koncentrátoru na DTS a odečtové datové centrály jako náhrada optiky nebo mobilní datové komunikace.

### **4.4 Pilotní projekty v rámci ověření stavu technologie pro Smart Metering**

V konceptu Smart Grid je Smart Metering důležitým zdrojem dat, který přináší informaci o stavu distribuční sítě na hladině nízkého napětí. Nasazení tohoto typu měření pro ČEZd znamená instalovat inteligentní elektroměry na víc jak 3,5 milionu odběrných míst. Z tohoto důvodu je zaměření se na tuto problematiku v pilotních projektech odpovídající významu a možného dopadu.

### **Pilotní projekt AMM 1**

První pilotní projekt za účelem získání zkušenosti a posouzení připravenosti technologie AMM proběhl v letech 2007–2008. Inteligentní elektroměry byly osazeny ve třech lokalitách v počtech od 400-800 ks. Každé instalace měla svou odečtovou centrálu, která odečítala a povalovala elektroměry v příslušné lokalitě. Projekt potvrdil, že technologie AMM ještě nebyla připravena pro masivní nasazení v distribuční soustavě.

### **WPP AMM – rozšířený pilotní projekt AMM**

V letech 2010–2013 byl realizován projekt WPP AMM, který navazuje na předchozí projekt. Vzhledem k předchozímu malému počtu osazených inteligentních elektroměrů, byl rozsah projektu navýšen na cca 1 % OM z celkového počtu OM, které obsluhuje ČEZd. Pro co největší informační přínos a vyzkoušení všech variant provozované DS jsou vybrány tři ucelené lokality s rozdílnou strukturou a stavem sítě. V rámci projektu jsou testovány inteligentní elektroměry od pěti výrobců. Opět jsou v pilotu instalovány tři datové centrály. V tomto případě jedna datová centrála odečítá technologii na instalovanou na DTS, zbývající dvě jsou připraveny pro odečet elektroměrů instalovaných na odběrných místech. Tyto jsou také integrovány na informační systémy v ČEZd. Díky této integraci jsou schopny např.: automatizovaně přijímat technická kmenová data identifikující odběrné místo kde byl elektroměr instalován a zapojit se do poskytování odečtených dat pro fakturaci na základě elektronického požadavku ze zákaznického systému distributora. Cílem projektu je získat zkušenosti a co nejdříve simulovat reálný provoz komplexního systému AMI/AMM ve skutečných podmínkách distribuční sítě ČR a aktuálních podmínkách v ČEZd. [34].

**KODA - Řízení komunikace a zpracování dat AMMV** letech 2016–2018 proběhl další, tentokrát rešeršní projekt tzn.: že jeho výstupem nejsou instalace v terénu, ale analytické práce a studie. Jeho úlohou bylo začít mapovat problematiku zpracování dat a dopady z toho plynoucí. V rámci projektu se analyzovala naměřená data z předchozích projektů, na kterých se ověřovali metody zpracování dat na hladině NN získaných v rámci reálné instalace AMM řešení a dopady, jaké to na ně bude mít v případě masivní instalace této technologie.

Do výčtu v této kategorii je potřeba doplnit ještě výše zmíněný projekt realizovaný ve Smart regionu Vrchlabí, kde instalované inteligentních elektroměrů doplňovaly testované automatiky a projekt LODIS, který byl realizován za pomoci inteligentní elektroměrů a nové generace AMM koncentrátorů.



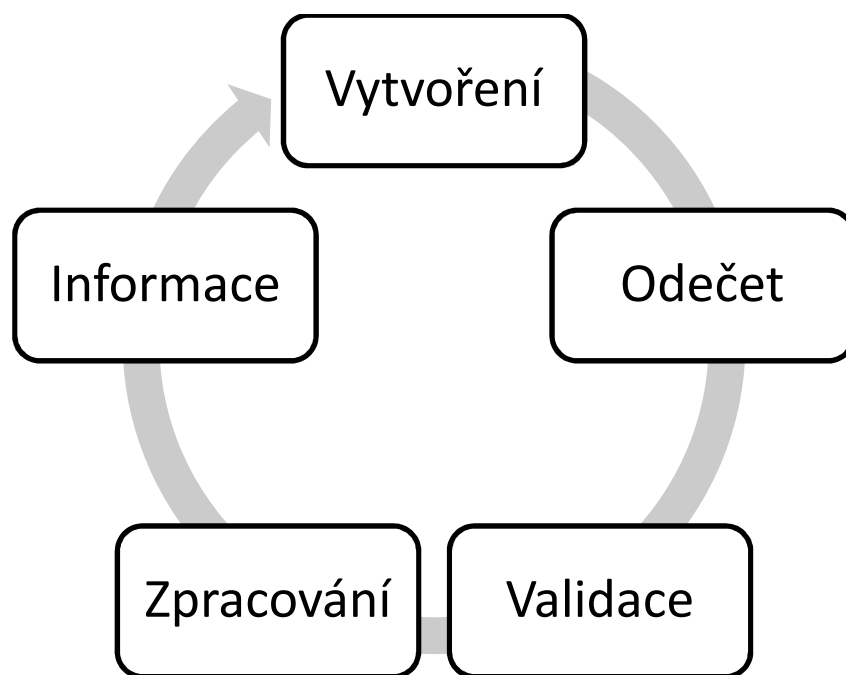
## 5 Životní cyklus dat ve Smart Meteringu

Smart Metering sebou přináší značné navýšení objemu zpracovávaných dat. Data jsou jeho přirozenou potřebou, ale zároveň toto zvyšuje nároky na jejich zpracování. Zároveň otvírá otázku, jestli lze množství a metody optimalizovat a tak aspoň trochu eliminovat zvýšené náklady, které navýšení přináší. Tato skutečnost je příležitostí se na jejich využití zaměřit podrobněji.

Na základě dat z projektu LODIS lze říct, že AMM elektroměr za jeden kalendářní rok zaznamená 1 191 360 registrů a v průměru 7 300 událostí. Pokud se k němu budeme chovat jako ke stávajícímu elektroměru měření typu C, znamená to, že pro fakturaci je potřeba dvou hodnot registrů – tedy spotřeba v nízkém a vysokém tarifu. Dále odečítač zkontroluje, zda elektroměr nejeví známky poškození, nebo napadení. Stejně tak zkontroluje, zda elektroměr na displeji neindikuje identifikovanou chybu vnitřním kontrolním mechanismem elektroměru. Pro AMM elektroměr tuto kontrolní funkci plní odečet registrů, kde elektroměr předává stejnou informaci, jako na displej elektroměru. Když přistoupíme ke zjednodušení, tyto informace stačí pro fakturaci za odebranou energii a tím pro naplnění primární funkce, kterou elektroměr instalovaný v elektroinstalaci u zákazníka má. Je jasné, že takový způsob využití nedává možnost realizovat plný potenciál konceptu Smart Grid a ani by neplnil požadavky na Smart Metering kladené. K čemu tedy jsou data z měření potřeba?

Není to jen o fakturaci. Data z elektroměrů se využijí pro výpočty bilancí, detekci neoprávněných odběrů. Vyhodnocování kvalitativních parametrů sítě – fázové nesymetrie, jalové složky, účinník,... Stejně tak z nich lze určit provozní problémy typu závady elektroměrů, selhání komunikace nebo kvalitu dodávek EE.

Na základě těchto skutečností lze navrhnout **životní cyklus dat**. Jedná se o uzavřený nekonečný cyklus, který lze popsat myšlenkovou úvahou: Je potřeba vědět, co je důležité → to odečíst → následně zpracovat → případně obohatit → vhodně reprezentovat → získat znalost.



Obrázek 6 – Životní cyklus dat

## 5.1 Vytvoření dat

Primárním zdrojem dat ve Smart Grid jsou různé senzory. V případě AMM jsou hlavním zdrojem inteligentní elektroměry instalované na odběrných místech a variantně kvalitoměry, nebo součtové elektroměry instalované na DTS. Nejedná se ale o výhradní zdroj dat, musíme započítat i množství dat generovaných v rámci provozu. Jedná se logy, záznamy komunikace a výsledky monitoringu infrastruktury.

Vzhledem k využitelnosti je důležité mít data co v nejlepší zpracovatelné podobě, ideálně ve standardizovaném formátu a bez rozdílu (ve smyslu informační hodnoty), z kterého zdroje pochází. Tato úloha nelze v současné chvíli vyřešit, i když se o to snaží mnoho standardizačních pracovních skupin, jak bylo popsáno v úvodu této práce. V rovině komunikace s inteligentním elektroměrem skýtá jistou možnost aktivity kolem komunikačního protokolu DLMS/COSEM. Jedná se o hojně využívanou sadu norem IEC 62056, která se specializuje na měření a výměnu dat obecně v utilitách. V odborné literatuře se běžně setkáváme s identifikací definic a popisu specifikace tzv.: knihách. Ty jsou celkem čtyři: zelená–pro popis protokolu, žlutá–testy shody implementace, modrá–popis objektového modelu COSEM a konečně bílá–kde je slovník pojmů.

### **5.1.1 Metodika – vytvoření dat**

První krok životního cyklu dat je jejich vytvoření. V tomto kroku metodika vyhodnotí, jakým způsobem data v AMM infrastruktuře vznikají a v jakém jsou formátu.

- Zdroj dat – Identifikace zdrojů dat v rámci metodiky. Do úvahy přicházejí inteligentní elektroměry, kvalitoměry, data z koncentrátorů.
- Formát dat – Byl využit nějaký standardizovaný formát vytvářených dat. Lze identifikovat nějaký standard?
- Typ dat – O jaká data se jedná (data měření, události z elektroměrů,...)? Jaká data budou v metodice vyhodnocována?

### **5.2 Odečet dat – řízení datových toků**

Pokročilá odečtová centrála umožňuje ve své základní funkcionalitě spravovat odečtové úlohy, plánovat je a zobrazovat jejich průběh a výsledky. To vše je v režimu nastavení obsluhy. Ukazuje se, že by bylo výhodné, aby tento proces bylo možné částečně automatizovat, jak popisuje zdroj [35 s. 2], kde se na základě událostí identifikovaných systémem měnilo chování odečtových úloh. Příklad je sice z utility teplo, ale způsob řešení je aplikovatelný i na energetiku.

Pro mluví i fakt, že aktuálně je trend odečítat vše, co elektroměry a koncentrátoři zaznamenávají. Dosavadní zkušenosti z pilotů dokazují, že tento přístup rychle narazí na aktuální komunikační propustnosti implementované technologie a obsluha musí volit kompromis vůči potřebám na data a komunikační infrastruktuře. Opět by bylo vhodné najít algoritmus, který zajistí, aby se odečetla nejhodnotnější data, kdy hodnota dat závisí na jejich dalším využití.

#### **5.2.1 Metodika – odečet dat a řízení datových toků**

V této části metodika vyhodnocuje způsob a možnosti datové centrály odečítat data. V první sadě otázek se soustředí na funkcionality odečtových úloh a v druhé části mapuje řízení datových toků a existenci integrací na okolní systémy.

- Odečet push – Je odečet inicializován elektroměrem na základě události, nebo časové periody?
- Odečet pull – Je elektroměr aktivně osloven koncentrátorem, nebo odečtovou centrálou?
- Odečtové úlohy lze uživatelsky sestavit – umožňuje datová centrála sestavit odečtovou úlohu pomocí uživatelského rozhraní, nebo je nastavena systémově při konfiguraci odečtovou centrály a není možné ji uživatelsky ovlivnit.
- Odečtové úlohy lze spouštět s nastavením času – umožňuje odečtová centrála nastavit čas odečtu?
- Odečtové úlohy lze prioritizovat – lze jednotlivé odečtové úlohy prioritizovat na základě definovaných parametru, typu dat, nebo typu úlohy?
- Odečtové úlohy lze nastavit na typ odečtu – umožňuje odečtová centrála personalizovat odečtovou úlohu v nastavení, co se bude odečítat?
- Lze sledovat stav odečtové úlohy – umožňuje GUI datové centrály sledovat průběh odečtové úlohy?
- Smart odečtovou funkce – umožňuje datová centrála využít vnitřní logiku např.: navázat odečet na předchozí výsledek, dočítání neodečtených,...
- Řízení datových toků – datová centrála umožňuje aktivně řídit datové toky tzn: reaguje na aktuální komunikační situaci, nebo se v řízení toků datová centrála chová pasivně tzn.: pracuje na základě nastavených parametrů.
  - Při odečtech dat.
  - Při komunikaci na okolní systémy.

### **5.3 Validace**

Cílem validací je mít jistotu, že máme relevantní data. Validaci dat zdroj [36] rozumí jejich zkvalitnění, kterého se dosáhne zejména odstraněním hrubých chyb, kompenzací systematických chyb a minimalizací vlivu náhodných chyb. Nejčastěji se při validaci dat využívá to, že data by měla vyhovovat exaktně platným matematickým modelům (přírodním zákonům).

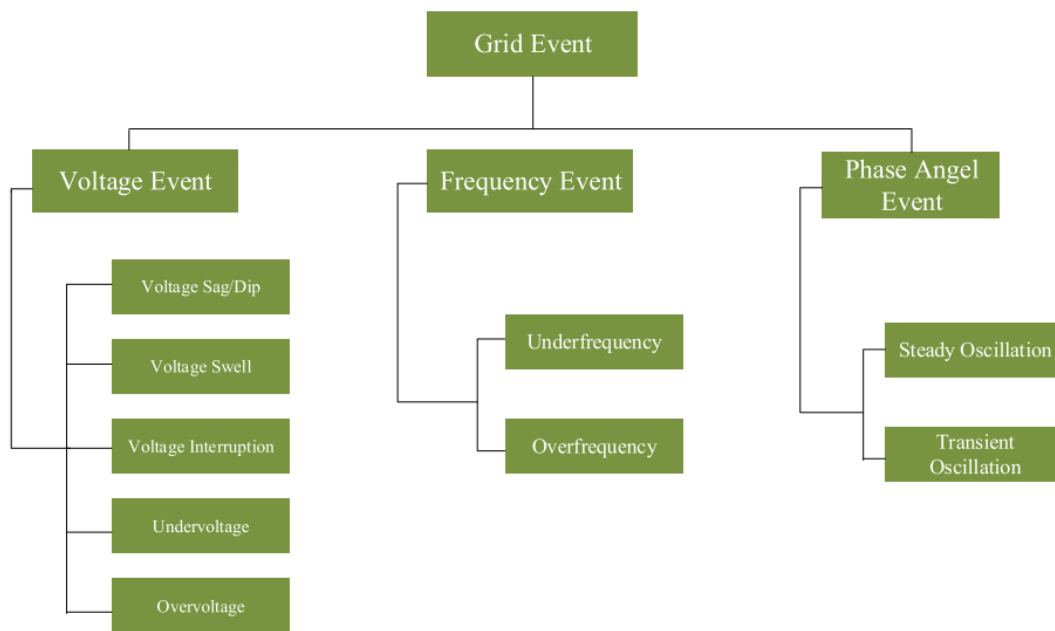
Z toho lze odvodit, že veškerá dat v systému měla být validována z důvodu jejich následného využití. Tento způsob by se šlo označit o tzv.: technickou validaci. Možné rozšíření vidím ve využití validací se souvislostí. Aktuálně se v drtivé většině validují pouze jednotlivé jevy separátně, ale šlo by nalézt spousta souvislostí, kdy by šlo o platnosti dat rozhodnout na základě jiné hodnoty, nebo řady.

Velice trefně proces validace popisuje zdroj [37 s. 88]: „*Co s tím můžeme udělat? Máte oddělit zrna od plev. Abyste dokázali rozlišit mezi užitečným a zbytečným datovým výstupem, musíte chápat, proč je spolehlivý a platný. Datový výstup musí být nejen spolehlivý a platný, ale taky použitelný.*“ Spolehlivostí míní míru, s jakou měřicí postup přináší stejné výsledky, tzn.: zda konkrétní metoda při opakovaném posouzení na stejný objekt či fenomén přinese pokaždé stejný výsledek. Platnost se však týká toho, zda měření zachycuje objekt či fenomén, jež se snažíme změřit, přesně [37 s. 89].

### **5.3.1 Metodika – validace**

V této části metodika vyhodnocuje, zda implementovaná datová centrála umožňuje nějakou formu validace. Metodika rozlišuje dva typy validace. Prvním typem je tzv.: technická validace – ta zjišťuje, zda naměřené hodnoty nejsou poznamenány nějakou technickou chybou např.: závadou elektroměru, nebo zda zaznamenaná hodnota odpovídá předpokládanému formátu. Uživatelskou validací je myšlena možnost uživatelsky specifikovat sadu validačních pravidel, které jsou nad zaznamenanými daty spuštěny myšlena data validována. Typickým příkladem je kontrola naměřených nenulových hodnot výrobních registrů EE na spotřebním odběrném místě. Posledním vyhodnocovaným parametrem je tzv.: kontextová validace. Tato validace dokáže pracovat s kontextem dalších souvisejících parametrů. Například naměřená hodnota výroby z elektroměru instalovaného na fotovoltaické elektrárně musí být označena za nevalidní v případě, že jsou naměřena v noci – takže data měření jsou doplněna o kontext času.

- Umožňuje validovat data – Datová centrála/systém pracuje s validací, kterou lze na zaznamenaná data spouštět, nebo se spouští automaticky?
- Technická validace – data jsou validována na smysluplnost a technickou korektnost?
- Uživatelská validace – lze nastavit business pravidla pro validace?
- Kontextová validace - validace berou v potaz další informace?



Obrázek 7 – Klasifikace událostí. Zdroj: [38 s. 3]

## 5.4 Zpracování dat

Zpracováním dat je široký pojem, který obsahuje komplexní sadu činností s daty. Lze popsat řetězcem činností od jejich vzniku a až po evolučně nejrozvinutější datově řízené společnosti a procesech. Přehledně zpracovanou historii zpracování dat je v tabulce 1.

Tabulka 1: Historie zpracování dat, Zdroj:[39 s. 5] (upraveno autorem)

Data Source	Data Collection	Data Storage	Data Analysis	Data Transfer	Data Management
Human experience	Manual collection	Human memory	Arbitrary	Verbal communications	N/A
Human and machines	Manual collection	Written documents	Systematic	Written documents	Human operators
Human, machines, information and computer systems	Semi-automated collection	Databases	Conventional algorithms	Digital files	Information systems
Machines, product, user, information systems, public data	Automated collection	Cloud services	Big data algorithms	Digital files	Cloud and AI

Demonstrace možností algoritmů predikce a problematiku v oblasti větrné energie popisuje zdroj [40 s. 1]. Tam vzhledem k nestabilitě tohoto zdroje, nelze plně přejímat predikce běžně založené na historických datech. Tento problém se nazývá problém s nerovnováhou třídy v oblasti strojového učení. Musí být implementovány různé metody výběru dat a hledání správného kontextu.

#### 5.4.1 Metodika – zpracování dat

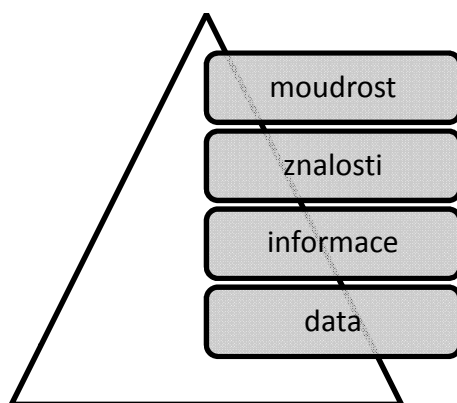
V rámci metodiky se komplexní pojem zpracování dat zužuje pouze na část celé problematiky. V rámci metodiky je tedy vyhodnoceno, zda implementovaný systém umožňuje predikovat data, zpracovávat náhradní hodnoty a jaké jsou možnosti v rámci agregací a přepočtů.

- Predikce dat – umožňuje datová centrála predikovat datové průběhy?
- Zpracování náhradních hodnot – pracuje datová centrála s náhradními hodnotami?
- Agregace, přepočty – umožňuje datová centrála zpracovávat odečtená data, agregovat je?

## 5.5 Informace

V přeneseném slova smyslu se jedná o rozklad datových výstupů. Odkud datový výstup pochází: co již díky validaci víme? Co se z něj můžeme naučit? Co s ním můžeme udělat?[37 s. 82]

Informace a poznatky jsou začátkem cesty. Pyramida DIZM (Data – Informace – Znalosti – Moudrost), kterou vidíme na Obrázku Obrázek 8, je rámcem v oblasti informační vědy. Pyramida klade důraz na hierarchické uspořádání porozumění, snižování objemu a růst hodnot, k němuž dochází při přechodu dat do moudrosti.[37 s. 175]



Obrázek 8 – Pyramida DIZM. Zdroj: [37 s. 175] (upraveno autorem)

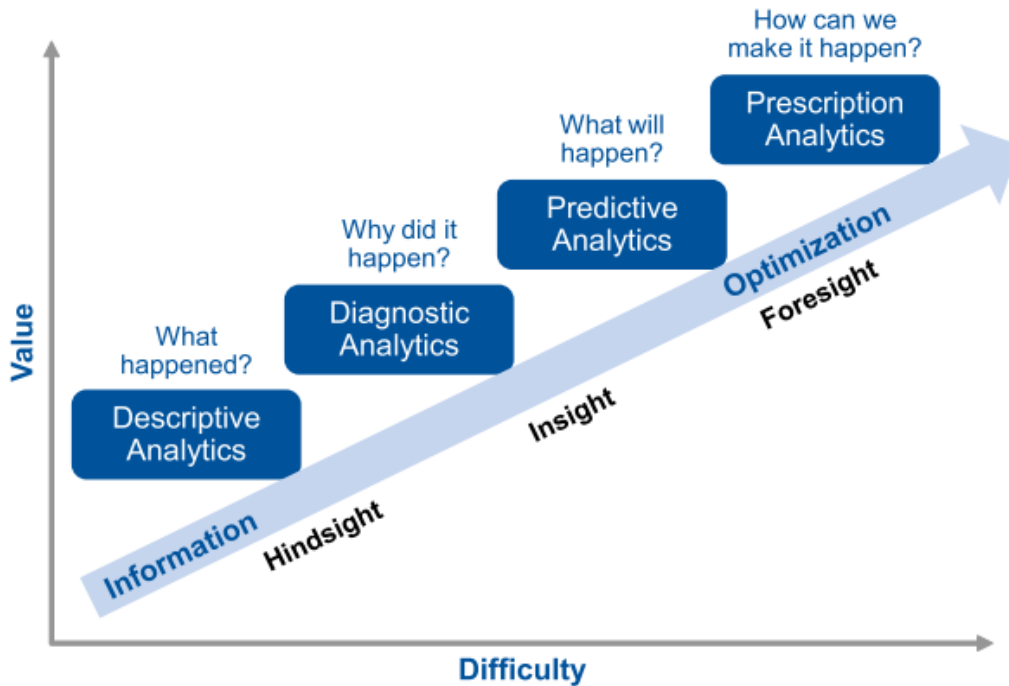
Získaná data jsou vstupními údaji pro rozpoznávání. Uspořádáme-li tato data do číselného vektoru, nazýváme tento vektor obraz. Prostor všech obrazů se nazývá obrazový prostor. Úloha rozpoznávání má obvykle dvě části: a) zpracování dat naměřených na objektu (zpracování obrazu) tak, aby byla maximalizovaná diskriminační schopnost při minimalizaci dat, b) přiřazení indikátorů třídy jednotlivým popisům získaným v bodu a), tj. vlastní klasifikace[41 s. 145]. Stroj, který klasifikaci provádí, nazýváme klasifikátor. Pojem „stroj“ chápeme v širším slova smyslu, tj. tímto pojmem označujeme algoritmus atd. Klasifikátor tedy zobrazuje množinu vektorů příznaků na množinu jmen (indikátorů) tříd – definuje rozhodovací pravidlo. Klasifikátor lze nastavit dvěma způsoby:

- Analýzou problému a definováním rozhodovacího pravidla před klasifikací.



- Sestavení rozhodovacího pravidla s použitím objektů, jejichž správná klasifikace je předem známa. [41 s. 146].

Je potřeba si uvědomit, že mít data ještě neznamená mít informaci a bez příslušného zpracování máme jen velké množství dat, které jen plní datový sklad.



Obrázek 9 – Gartner Analytic Ascendancy Model. Zdroj: [42 s. 6]

Gartner analytický přístupový model nám v „jednom obrázku“ popisuje postupnou evoluci ve vnímání získávání přidané hodnoty z dat. V této chvíli lze na základě vyhodnocení relevantních pilotů AMM říct, že se evolučně problematika zpracování dat z AMM v ČEZd na úrovni zjišťování důvodů, které událost způsobily. V rámci vyhodnocení naměřených dat je aktuálně těžiště na straně poučené a zkušené obsluhy datové centrále, než na sofistikovaných analytických metodách.

### 5.5.1 Metodika – informace

„Dolování dat je proces výběru, zkoumání a modelování velkých objemů dat pro odhalení dříve neznámých vzorů a souvislostí.“[43 s. 119]. V rámci metodiky jsou vyhodnoceny základní metody získávání vědomostí z dat. První je nejrozšířenější

způsob, který se využívá tj.: zda implementovaný systém podporuje tvorbu reportů na základě kterých je zprostředkována informace obsluze. Dále je v metodice hodnocena možnost využít pokročilejších matematických metod pro zpracování dat. Lze použít a identifikovat statistické charakteristiky, automatizovaně identifikovat anomálie. Lze získaná data zpracovat pomocí shlukování, nebo automaticky klasifikovat. Posledním bodem metodiky je vyhodnocení, zda instalovaný systém podporuje smart funkcionality získávání informace z dat. Pod tímto si lze představit např.: algoritmy, které reagují na nové informace ve formě zpětné vazby od Smart Grid infrastruktury nebo uživatele. Jedná se vlastně o vrcholnou formu adaptace algoritmů na základě práce s kontextem a zpětné vazby.

- Reporting – umožňuje systém tvorbu reportů?
- Statistické charakteristiky – podporuje datová centrála hledat statistické charakteristiky v datech např.: vyhodnocení průměrné odečtenosti odběrného místa?
- Identifikace anomálií – datová centrála podporu metody hledání anomálií tj.: výrazně odlišných hodnot měření od běžné hodnoty?
- Shlukování – datová centrála podporuje analyzovat data pomocí shlukování tj.: tvoření skupin na základě nějaké charakteristiky dat?
- Klasifikátory dat – podporuje datová centrála automatizovaně klasifikovat data tj.: označovat data na základě jejich vlastností, charakteristik?
- Smart funkcionality – podporuje datová centrála automatické změny analytických algoritmů na základě zpětné vazby od obsluhy, nebo prostředí?

## **6 Vyhodnocení řízení datových toků a hodnocení dat ve vybraných projektech v ČEZd.**

V této části je provedeno vyhodnocení relevantních projektů realizovaných v ČEZd v rámci příprav na koncept Smart Grid a Smart Metering.

### **6.1 Pilotní projekt AMM 1**

Z pohledu zpracování dat je projekt zanedbatelný, těžiště v projektu bylo zprovoznit komunikaci a stabilizovat odečtenost. Zpracování dat v datové centrále se lišilo dle implementovaných funkcionalit příslušného výrobce. Metodika byla aplikována na datovou centrálu, která byla provozována i po skončení projektu a z pohledu funkcionalit poskytovala největší výběr.

#### **Vytvoření dat**

Elektroměry nejsou interoperabilní. Komunikace a forma ukládání dat dle daného dodavatele. Elektroměry jsou odečítány pouze s podporou koncentrátoru od stejného výrobce.

#### **Odečet dat a řízení datových toků**

Odečet je realizován pouze na základě nastavených odečtových úloh, které může obsluha datové centrály parametrizovat z pohledu obsahu skupiny odečítaných elektroměrů a času spuštění. Informaci o běhu odečtové úlohy lze zobrazit v pohledu, kde jsou zobrazeny úlohy běžící v datové centrále. Odečtová centrála nebyla integrována na systémy distributora.

#### **Validace dat**

Odečtová centrála podporuje základní technickou validaci, kdy jsou příslušným statusem označeny nevěrohodné hodnoty měření.

#### **Zpracování dat**

Datová centrále neumožňuje predikci ani tvorbu náhradních hodnot. V datové centrále lze hodnoty profilů a registrů agregovat na jinou periodu, nebo přepočítat např.: v rámci přepočtu hodnot díky nepřímého zapojení elektroměru přístrojových transformátorů.

## Informace

Implementovaná odečtová centrála technologie nepodporovala pokročilou formu zpracování dat. Odečtenost se vyhodnocovala přímo v datové centrále.

Tabulka 2: Vyhodnocení pilotního projektu AMM1.

Životní etapa	Otázky	Pilotní projekt AMM 1
Vytvoření dat	zdroj dat	elektroměry
	formát dat	proprietární
	typ dat	data měření
Odečet dat	odečet metodou push	ne
	odečet metodou pull	ano
	odečtové úlohy lze uživatelsky sestavit	ano
	odečtové úlohy lze spouštět s nastavením času	ano
	odečtové úlohy lze prioritizovat	ne
	odečtové úlohy lze nastavit na typ odečtu	ne
	lze sledovat stav odečtové úlohy	ano
Řízení datových toků	smart odečtové funkce	ne
	při odečtech dat	pasivní
Validace dat	při komunikaci na okolní systémy	neimplementován
	umožňuje validovat data	ano
	technická validace	ano
	uživatelská validace	ne
Zpracování dat	kontextová validace	ne
	predikce dat	ne
	zpracování náhradních hodnot	ne
Informace	agregace, přepočty	ano
	reporting	ne
	statistické charakteristiky	ne
	identifikace anomálií	ne
	shlukování	ne
	klasifikátory dat	ne
	smart funkcionality	ne

## **6.2 WPP AMM**

Metodika byla použita na odečtovou centrálu, která po ukončení projektu odečítá elektroměry u všech zákazníků. Druhá centrála byla deaktivována, proto její funkcionality nejsou pro metodiku relevantní. Odečtová centrála pro odečet elektroměrů na DTS má podobný rozsah funkcionalit jako „vítězná“ centrála z projektu AMM1.

### **Vytvoření dat**

Elektroměry nejsou interoperabilní. Komunikace a forma ukládání dat dle daného dodavatele. V jednom případě, je možné obsluhovat jedním koncentrátorem elektroměry dvou výrobců díky schopnost integrovat do elektroměru komunikační modul třetího výrobce. Tento modul, ale není univerzální a nejsou napříč výrobci vzájemně záměnné.

### **Odečet dat a řízení datových toků**

Odečet realizován na základě nastavených odečtových úloh, které může obsluha parametrizovat z pohledu skupiny odečtených elektroměrů a času spuštění. Je možné uživatelsky nastavit automatické opakování. V rámci datové centrály je implementována funkcionalita inteligentních odečtových úloh, kdy je po skončení jedné sady odečtů automaticky vyhodnoceno, která data již datová centrála má a následující odečet je vytvořen jen na skupinu neodečtených. U každé odečtové úlohy je možné sledovat její průběh. Odečtová centrála byla integrována na systémy distributora. Integrace realizovány formou automatizovaných přenosů dat např.: na základě požadavku na odečet formou elektronického pracovního příkazu jsou předány data pro fakturaci do zákaznického systému distributora.

### **Validace dat**

Uživatelská validace naměřených dat v datové centrále. Validací kritéria lze uživatelsky nastavit. Technická validace je realizována na základě databázových podmínek, kdy se chybný formát dat neuloží. Uživatel nemá nad tímto procesem kontrolu ani o něm není informován.

## Zpracování dat

Datová centrále neumožňuje predikci a tvorbu náhradních hodnot resp.: Tvorba náhradních hodnot nebyla implementována, aby se v rámci projektu pracovalo jen s reálnou odečteností. Datová centrála podporuje agregace a přepočty dat. Integrace datové centrály na GIS umožnila otestovat automatizované výpočty bilance pod danou DTS.

## Informace

Datová centrála podporuje reporting v plném rozsahu. Pokročilý uživatel má možnost si tvořit SQL dotazy a na základě nich zobrazovat požadovaná data. Pokročilé analytické metody nejsou podporovány, ale byl implementován systém pokročilé korelace událostí na otevřený kryt elektroměru a pracovní příkaz vystavený na servisní zásah pracovníka ČEZd. V případě, že se čas události shoduje s údaji elektronického pracovního příkazu, je hlášení elektroměru o napadení automaticky uzavřeno.

Tabulka 3: Vyhodnocení pilotního projektu WPP AMM.

Životní etapa	Otázky	WPP AMM
Vytvoření dat	zdroj dat	elektroměry
	formát dat	proprietární
	typ dat	data měření data technická
Odečet dat	odečet metodou push	ano
	odečet metodou pull	ano
	odečtové úlohy lze uživatelsky sestavit	ano
	odečtové úlohy lze spouštět s nastavením času	ano
	odečtové úlohy lze prioritizovat	ano
	odečtové úlohy lze nastavit na typ odečtu	ano
	lze sledovat stav odečtové úlohy	ano
	smart odečtové funkce	ano
Řízení datových toků	při odečtech dat	částečně aktivní
	při komunikaci na okolní systémy	pasivní
Validace dat	umožňuje validovat data	ano
	technická validace	ne
	uživatelská validace	ano
	kontextová validace	ne

Zpracování dat	predikce dat	ne
	zpracování náhradních hodnot	neimplementován
	agregace, přepočty	ano
Informace	reporting	ano
	statistické charakteristiky	ne
	identifikace anomálií	ne
	shlukování	ne
	klasifikátory dat	ne
	smart funkcionality	částečně

### 6.3 LODIS

Cílem projektu LODIS bylo dokázat, že lze pomocí predikovanému řízení odběrů vyrovnávat přetoky způsobené forovoltaiickou elektrárnou instalovanou pod danou DTS. Díky tomu nebyla implementovaná odečtová centrála hlavním komponentou dodávaného řešení, takže funkcionality implementované do odečtové centrály nejsou zcela srovnatelné s řešením WPP AMM.

#### Vytvoření dat

Vyhodnocení není relevantní. Elektroměry a koncentrátory použité v projektu jsou od stejného výrobce. Dodané řešení opět není interoperabilní s jiným na trhu.

#### Odečet dat a řízení datových toků

Odečet realizován na základě interně nastavených odečtových úloh bez možnosti je obsluhou datové centrály měnit. Funkcionalita doodečtu je již implementována v jádru datové centrály. Paradoxně nemožnost ovlivnit odečtovou úlohu nezpůsobila problémy s odečteností. Na druhou stranu se vždy odečítala pouze jedna DTS v dané lokalitě, takže ke kolizi odečtů způsobeným jedním komunikačním kanálem nemohlo docházet. Odečtová centrála je integrována pro příjem TOU na Centrálu řízení výkonu (SW generátor HDO telegramů a TOU).

#### Validace dat

Základní technická validace implementována v jádru datové centrály. Obsluha datové centrály nemá možnost validaci ovlivnit. Uživatelskou validaci není možné nastavit. V rámci projektu je implementována do jádra systému uživatelská validace na korektnost definic TOU, které přijme z Centrály řízení výkonu.

## Zpracování dat

Na základě historické zkušenosti s chováním a průběhem spotřeby jsou v rámci projektu vypočteny modely chování pro jednotlivá OM a jejich skupinu. Na základě aktuálních odečtů a předpovědi počasí, je každý den sestavena predikce a na základě této predikce je automaticky vypočítána TOU tabulka, která je automaticky vzdáleně nahrána do příslušného elektroměru.

## Informace

Datová centrála podporuje nové formy vizualizace naměřených dat a událostí odečtených z elektroměru formou tzv.: head map. Touto formou jsou reportovány stavy odečtenosti. Rozhraní datové centrály neumožňuje vytvářet klasické reporty, pouze je v rámci projektu implementován jediný report, který zobrazuje stavy a časy spínání VT a NT tarifu pro případnou žádost zákazníka o jeho průběhu spínání.

Tabulka 4: Vyhodnocení pilotního projektu LODIS

Životní etapa	Otázky	LODIS
Vytvoření dat	zdroj dat	elektroměry, koncentrátory
	formát dat	proprietární
	typ dat	data měření, data technická
Odečet dat	odečet metodou push	ano
	odečet metodou pull	ne
	odečtové úlohy lze uživatelsky sestavit	ne
	odečtové úlohy lze spouštět s nastavením času	ne
	odečtové úlohy lze prioritizovat	ne
	odečtové úlohy lze nastavit na typ odečtu	ne
	lze sledovat stav odečtové úlohy	ne
smart odečtové funkce	ano	
Řízení datových toků	při odečtech dat	aktivní
	při komunikaci na okolní systémy	pasivní
Validace dat	umožňuje validovat data	ano
	technická validace	ano
	uživatelská validace	ano
	kontextová validace	ne
Zpracování dat	predikce dat	ano
	zpracování náhradních hodnot	neimplementován
	agregace, přepočty	neimplementován



Informace	reporting	ano
	statistické charakteristiky	ne
	identifikace anomálií	ne
	shlukování	ano
	klasifikátory dat	ne
	smart funkcionality	ne

---

## 6.4 KODA

Projekt KODA měl za úkol zpracovat data z předchozích projektů (LODIS a WPP AMM) a otestovat pokročilé analytické metody zpracování dat. Z tohoto důvodu v projektu nejsou implementovány funkce odečtů dat. Data byla projektu poskytnuta formou databázových dumpů z předchozích datových centrál.

### Vytvoření dat

Není relevantní. Projekt využíval odečtená data z předchozích projektů.

### Odečet dat a řízení datových toků

Odečet a řízení datových toků není relevantní. V rámci projektu nebyl odečet elektroměrů implementován.

### Validace dat

V rámci projektu byla ověřena technická i uživatelsky nastavitelná validace naměřených dat a událostí z elektroměrů.

### Zpracování dat

V rámci projektu bylo ověřeno 15 algoritmů pro zpracování a stanovení náhradních hodnot a predikci dat. Výsledky byly porovnány s procesní zvyklostí používanou ve stávajícím zpracování dat v ČEZd.

### Informace

V rámci projektu byla analyzována a ověřena pokročilá analýza naměřených dat. Z povahy projektu nebyl implementován automatický reporting, ale všechny dílčí výsledky v projektu byly reportovány a konzultovány s pracovníky ČEZd. Tento krok životního cyklu dat byl splněn zcela. Pouze u Smart funkcionalit je projekt KODA hodnocen jako částečně, protože analytické metody např.: klasifikátorů

nejdou implementovány do datové centrály a v době projektu nepodporovaly zpětnou vazbu. Samotná funkcionalita klasifikátorů byla v rámci projektu ověřena.

Tabulka 5: Vyhodnocení pilotního projektu KODA

Životní etapa	Otázky	KODA
Vytvoření dat	zdroj dat	elektroměry koncentrátory
	formát dat	proprietární
	typ dat	data měření data technická
Odečet dat	odečet metodou push	neimplementován
	odečet metodou pull	neimplementován
	odečtové úlohy lze uživatelsky sestavit	neimplementován
	odečtové úlohy lze spouštět s nastavením času	neimplementován
	odečtové úlohy lze prioritizovat	neimplementován
	odečtové úlohy lze nastavit na typ odečtu	neimplementován
	lze sledovat stav odečtové úlohy	neimplementován
Řízení datových toků	smart odečtové funkce	neimplementován
	při odečtech dat při komunikaci na okolní systémy	neimplementován neimplementován
Validace dat	umožňuje validovat data	ano
	technická validace	ano
	uživatelská validace	ano
	kontextová validace	ano
Zpracování dat	predikce dat	ano
	zpracování náhradních hodnot	ano
	agregace, přepočty	ano
Informace	reporting	neimplementován
	statistické charakteristiky	ano
	identifikace anomálií	ano
	shlukování	ano
	klasifikátory dat	ano
	smart funkcionalita	částečně

## 7 Shrnutí výsledků a doporučení

V práci byla navržena metodika řízení datových toků a hodnocení dat získaných v rámci provozování inteligentního měření v rámci Smart Grid infrastruktury. Metodika je založena na myšlenkovém konceptu popisující životní cyklus dat. Je potřeba: Vědět, co je důležité → to pak správně odečíst → korektně zpracovat → obohatit data o další informace a zdroje → výsledky správně reprezentovat → získat znalost, kterou můžeme využít ve finální formě, nebo jako vstup do dalšího kola životního cyklu dat, třeba formou zpřesnění, která data pro další zpracování potřebují.

Posouzení projektů doposud realizovaných v rámci testování a technických příprav AMM technologie uskutečněné v rámci ČEZd ukazují, že si důležitost správné práce s daty si distributor uvědomuje a snaží se na skokový nárůst množství zpracovávaných dat připravit. Vyhodnocení projektů pomocí navržené metodiky dále ukazuje, že je v rámci této problematiky velký prostor pro rozvoj a vylepšení stávající stavu. Posouzení pilotních projektů v rámci ČEZd ukazuje, že žádný projekt doposud nerealizoval navržený koncept v plné šíři a vždy byla otestována jen dílčí část navrženého životního cyklu dat. Zejména pokročilé analytické funkce a automatizované klasifikátory mohou v rámci provozování rozsáhlých instalací významně pomoci s jejich bezpečným provozem. Na druhou stranu zatím žádné implementované řešení nesplňovalo kompletní sadu testovaných funkcionalit. I dodavatelé SW řešení si tento fakt uvědomují a datové centrály nové generace začínají s požadavky na potřebu odečítat a zpracovávat velké objemy dat reagovat a integrovat do svých řešení.

Z pohledu autora, který se dlouhodobě profesně pohybuje ve zpracované problematice, je možné říct, že lze na základě vyhodnocení metodiky formulovat několik doporučení.

V oblastní vytváření dat je třeba se jednoznačně zaměřit na standardizaci a interoperabilitu jednotlivých technologií. Aktuální stav, že každý výrobce používá, proprietární implementace daných komunikačních protokolů způsobuje,

že elektroměry komunikují jen s koncentrátorem od daného výrobce a tím je daná technologie je v takovém množství neprovozovatelná.

V případě odečtů dat autor jednoznačně upřednostňuje pokročilé metody a funkcionality odečtových úloh, které reagují na průběh odečtu a její úspěšnost. S tím souvisí i řízení toku dat, kde datová centrála a instalovaná technologie musí podporovat prioritizaci odečtových a integračních úloh.

Aktuální trendy ve validaci dat, kdy validace pracuje na dvou úrovních tj.: provede se technická validace, kdy se pro další zpracování vyloučí technicky nekorektní hodnoty a následně se provede kontextová uživatelská validace, která vyřadí pro další zpracování údaje, které sice technicky vyhovují, ale jen do chvíle kdy jsou vyhodnoceny okrajové podmínky.

Doporučení pro zpracování dat je jednoznačně využití pokročilých matematických metod schopných v přijatelné míře nejistoty zpracovat velké objemy dat. Tlak autor spatřuje hlavně na oblast predikcí dat a tvorbu náhradních hodnot. V případě výpadku odečtů bude navazující systémy např.: operátora trhu potřebovat věrohodné údaje s velkou mírou přesnosti.

V oblasti získání informace autor spatřuje největší potenciál a míru pro zlepšení současného stavu. Stávající identifikace je postavena na expertní znalosti obsluhy a ta při masivní instalaci a velkém objemu dat nebude stačit. Otvírá se nový svět možností, pohledů a forem zpracování dat, které koncepty Smart Meteringu a Smart Grid přinášejí.

Je potřeba začít vytvořit jistoty v nejistotách světa dat Smart Meteringu.

## 8 Závěry

V rámci práce byl představen koncept Smart Grid a motivace pro jeho využití. V kapitole 3.2 byl představen standardizační proces v oblasti Smart Gridu a Smart Meteringu. Byla představena referenční architektura konceptu a její aktéři. Dále byla vysvětlena úloha inteligentního měření. V kapitole 3.2.2. bylo popsáno jaké aktivity a způsob řešení této problematiky probíhá v České republice. V kapitole 4 bylo autorem představeno relevantní portfolio pilotních projektů pro podporu konceptu Smart Grid realizovaných společnostmi ČEZ Distribuce, a.s. V kapitole 5 byla autorem navržena metodika vyhodnocení životního cyklu dat v rámci AMM infrastruktury a představeny jednotlivé životní fáze. V kapitole 6 provedl autor vyhodnocení vybraných pilotních projektů realizovaných v ČEZd dle navržené metodiky. Na základě vyhodnocení lze říci, že problematika zpracování dat v rámci Smart Grid ještě není zdaleka vyřešena. V závěru proto autor navrhl několik doporučení, jak v této problematice dál postupovat.

## Seznam použité literatury

- [1] PROCHÁZKA, Filip. Mycroft Mind Setkání průmyslových partnerů FI MU 2014 [online]. 2014 [vid. 2018-07-20]. Dostupné z: [www.mycroftmind.com](http://www.mycroftmind.com)
- [2] ČEZ A.S. *Skupina ČEZ Výroční zpráva 2017* [online]. 2018 [vid. 2018-08-03]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/investori/vz-2017/vz-2017-cz.pdf>
- [3] PAGANI, Giuliano Andrea a Marco AIELLO. From the grid to the smart grid, topologically. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* [online]. 2016, 449, 160–175 [vid. 2018-01-25]. ISSN 03784371. Dostupné z: [doi:10.1016/j.physa.2015.12.080](https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.12.080)
- [4] *ETSI - Smart Grids* [online]. [vid. 2018-08-06]. Dostupné z: <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/internet-of-things/smart-grids>
- [5] APEL, Rolf. *Smart Grid Architecture Model Methodology and Practical Application* [online]. 2013 [vid. 2018-08-07]. Dostupné z: <http://www.epcc-workshop.net/archive/2013/assets/downloads/apel-presentation-smart-grid-architecture-model.pdf>
- [6] STATE GRID CORPORATION OF CHINA. *Smart Grid Road Maps* [online]. 2012 [vid. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.escksp.org/archives/publication/sgcc-framework-and-roadmap-for-strong-smart-grid-standards>
- [7] TECHNOLOGY, Future Green. Development and Standardization of Smart Grid and Smart Community in Japan [online]. 2012 [vid. 2019-04-03]. Dostupné z: [https://www.jst.go.jp/sicp/ws2012\\_denmark/presentation/presentation\\_05.pdf](https://www.jst.go.jp/sicp/ws2012_denmark/presentation/presentation_05.pdf)
- [8] ITU. *SG15: Smart Grid* [online]. [vid. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.itu.int/en/ITU-T/studygroups/Pages/sg15-sg.aspx>
- [9] IEC. *IEC - Smart Grid Standards Map* [online]. [vid. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://smartgridstandardsmap.com/>

- [10] GREER, Christopher, David A. WOLLMAN, Dean E. PROCHASKA, Paul A. BOYNTON, Jeffrey A. MAZER, Cuong T. NGUYEN, Gerald J. FITZPATRICK, Thomas L. NELSON, Galen H. KOEPKE, Allen R. HEFNER JR, Victoria Y. PILLITTERI, Tanya L. BREWER, Nada T. GOLMIE, David H. SU, Allan C. EUSTIS, David G. HOLMBERG a Steven T. BUSHBY. *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 3.0* [online]. 2014 [vid. 2019-04-03]. Dostupné z: doi:10.6028/NIST.SP.1108r3
- [11] SCIACCA, Samuel C. IEEE 2030 @ Smart Grid Interoperability Standards What is Smart Grid ? [online]. 2012, 1–20 [vid. 2019-04-03]. Dostupné z: [http://www.ccsa.org.cn/ccsa\\_ieee/9--Sciacca--2030 Smart Grid Interoperability Standards.pdf](http://www.ccsa.org.cn/ccsa_ieee/9--Sciacca--2030 Smart Grid Interoperability Standards.pdf)
- [12] *Smart grids - CEN-CENELEC* [online]. [vid. 2018-08-05]. Dostupné z: <https://www.cencenelec.eu/standards/Sectors/SustainableEnergy/Smart Grids/Pages/default.aspx>
- [13] CEN/CENELEC/ETSI SMART GRID COORDINATION GROUP. Final report of the CEN/CENELEC/ETSI Joint Working Group on Standards for Smart Grids. *Etsi* [online]. 2011 [vid. 2018-04-01]. Dostupné z: [https://www.etsi.org/images/files/Report\\_CENCLCETSI\\_Standards\\_Smart\\_Grids.pdf](https://www.etsi.org/images/files/Report_CENCLCETSI_Standards_Smart_Grids.pdf)
- [14] *Velkoodběratelé, podnikatelský maloodběř, domácnosti: Kdo má nárok na nižší ceny energií? / Ceny energie* [online]. [vid. 2018-08-15]. Dostupné z: <https://www.cenyenergie.cz/velkoodberatele-podnikatelsky-maloodber-domacnosti-kdo-ma-narok-na-nizsi-ceny-energii/#/promo-gas-mini>
- [15] *Distributed Energy Resources* [online]. [vid. 2018-08-15]. Dostupné z: <http://www.ieso.ca/en/learn/ontario-power-system/a-smarter-grid/distributed-energy-resources>
- [16] IEEE STANDARDS ASSOCIATION. *IEEE 1220-2005 - IEEE Standard for Application and Management of the Systems Engineering Process* [online]. [vid. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://standards.ieee.org/standard/1220-2005.html>

- [17] JIM ROCHE. AMR vs AMI - Electric Light & Power. *Electric Light & Power* [online]. 2008, **13**(10) [vid. 2018-08-11]. Dostupné z: [https://www.elp.com/articles/powergrid\\_international/print/volume-13/issue-10/features/amr-vs-ami.html](https://www.elp.com/articles/powergrid_international/print/volume-13/issue-10/features/amr-vs-ami.html)
- [18] IT AUTOMATIC D.O.O. *AMR AMI Smart Meters Smart Grid* [online]. [vid. 2018-08-11]. Dostupné z: [http://www.itaautomatic.ba/amr\\_ami\\_amm.htm](http://www.itaautomatic.ba/amr_ami_amm.htm)
- [19] KABALCI, Yasin. A survey on smart metering and smart grid communication. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2016, **57**, 302–318 [vid. 2018-01-25]. ISSN 18790690. Dostupné z: [doi:10.1016/j.rser.2015.12.114](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.114)
- [20] CEN-CLC-ETSI. CEN/CLC/ETSI/TR 50572:2011 Functional architecture for communications in smart metering systems. *Cen-Cenelec-Etsi* [online]. 2011 [vid. 2018-08-06]. Dostupné z: [ftp://ftp.cen.eu/cen/Sectors/List/Measurement/Smartmeters/CENCLCETSI\\_TR50572.pdf](ftp://ftp.cen.eu/cen/Sectors/List/Measurement/Smartmeters/CENCLCETSI_TR50572.pdf)
- [21] ETSI. *ETSI - Smart Metering* [online]. [vid. 2018-08-08]. Dostupné z: <https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/internet-of-things/smart-metering>
- [22] ZPA. *ZPA / smart-meters* [online]. [vid. 2018-08-07]. Dostupné z: <https://www.zpa.cz/produkty-a-reseni/smart-meters:c4/>
- [23] MODEMTEC. *Datové koncentrátory - Modemtec* [online]. [vid. 2018-08-07]. Dostupné z: <http://www.modemtec.cz/cz/produkty/datove-koncentratory>
- [24] LANDIS+GYR. *Gridstream MDMS Nové řešení pro MDM (Meter Data Management) a datový sklad* [online]. nedatováno [vid. 2018-08-07]. Dostupné z: [https://www.landisgyr.cz/webfoo/wp-content/uploads/2013/07/C000043215\\_a\\_cz\\_Gridstream\\_MDMS.pdf](https://www.landisgyr.cz/webfoo/wp-content/uploads/2013/07/C000043215_a_cz_Gridstream_MDMS.pdf)
- [25] LANDIS+GYR. *Gridstream Meter Data Management System - Landis+Gyr* [online]. [vid. 2018-08-07]. Dostupné z: <https://www.landisgyr.com/product/gridstream-mdms/>



- [26] PAU, Marco, Edoardo PATTI, Luca BARBIERATO, Abouzar ESTEBSARI, Enrico PONS, Ferdinanda PONCI a Antonello MONTI. A cloud-based smart metering infrastructure for distribution grid services and automation. *Sustainable Energy, Grids and Networks* [online]. 2017 [vid. 2018-01-25]. ISSN 23524677. Dostupné z: doi:10.1016/j.segan.2017.08.001
- [27] ODBOR 32400. *Státní energetická koncepce | MPO* [online]. 2016 [vid. 2018-08-06]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/energetika/statni-energeticka-politika/statni-energeticka-koncepce--223620/>
- [28] MINISTRY OF INDUSTRY AND TRADE. *Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG)* [online]. 2015 [vid. 2018-08-06]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52353/60358/633373/priloha\\_003.pdf](https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52353/60358/633373/priloha_003.pdf)
- [29] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Národní akční plán pro chytré sítě 2019-2030, Aktualizace NAP SG* [online]. 2019 [vid. 2019-04-15]. Dostupné z: [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz)
- [30] ČEZ DISTRIBUCE, a. s. *PPDS 2019 | ČEZ Distribuce* [online]. 2019 [vid. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds-2019.html>
- [31] FILIPI, Pavel a Radim ČERNÝ. CO PRO DISTRIBUTORA ZNAMENÁ ROZVOJ CHYTRÝCH SÍTÍ [online]. 2016, 31 [vid. 2018-07-21]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file-other/distribucni-sluzby/konference-2016/04\\_dso\\_filipi\\_cerny.pdf](https://www.cez.cz/edee/content/file-other/distribucni-sluzby/konference-2016/04_dso_filipi_cerny.pdf)
- [32] ČSRES. *České sdružení regulovaných elektroenergetických společností* [online]. 2019 [vid. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.csres.cz/>
- [33] ČEZ DISTRIBUCE. *Základní informace | ČEZ Distribuce* [online]. 2019 [vid. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/cs/informace-o-spolecnosti/zakladni-informace.html>
- [34] NETOLIČKOVÁ, Soňa. Smart metering – nová koncepce měření! [online]. 2012 [vid. 2018-07-20]. Dostupné z: [https://europen.cz/Proceedings/41/Smart metering – nova koncepce měření\\_Euro.pdf](https://europen.cz/Proceedings/41/Smart%20metering%20-%20nova%20koncepce%20měření_Euro.pdf)

- [35] WANG, Junqi, Pei ZHOU, Gongsheng HUANG a Wei WANG. A Data Mining Approach to Discover Critical Events for Event-Driven Optimization in Building Air Conditioning Systems. *Energy Procedia* [online]. 2017, **143**, 251–257 [vid. 2018-01-25]. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2017.12.680
- [36] MADRON, František, Vladimír VEVERKA a Miloslav HOŠŤÁLEK. *Validace dat v chemickém průmyslu a energetice Balance hmoty a energie s vyrovnáním dat programem RECON* [online]. nedatováno [vid. 2018-08-12]. Dostupné z: [http://www.chemplant.cz/CPT-204-05-Validace dat v CHPaE.pdf](http://www.chemplant.cz/CPT-204-05-Validace%20dat%20v%20CHPaE.pdf)
- [37] GEMIGNANI, Zach, Chris GEMIGNANI, Richard GALENTINO a Patrick Jude SCHUERMANN. *Efektivní analýza a využití dat*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4571-5.
- [38] TU, Chunming, Xi HE, Zhikang SHUAI a Fei JIANG. Big data issues in smart grid – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2017, **79**, 1099–1107 [vid. 2018-01-25]. ISSN 18790690. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2017.05.134
- [39] TAO, Fei, Qinglin QI, Ang LIU a Andrew KUSIAK. Data-driven smart manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems* [online]. 2018 [vid. 2018-01-25]. ISSN 02786125. Dostupné z: doi:10.1016/j.jmsy.2018.01.006
- [40] TAKAHASHI, Yuka, Yu FUJIMOTO a Yasuhiro HAYASHI. Forecast of Infrequent Wind Power Ramps Based on Data Sampling Strategy. *Energy Procedia* [online]. 2017, **135**, 496–503 [vid. 2018-01-25]. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.egypro.2017.09.494
- [41] MAŘÍK, Vladimír, Olga ŠTĚPÁNKOVÁ a Jiří LAŽANSKÝ. *Umělá inteligence*. Vyd. 1. Praha: Academia, nedatováno. ISBN 80-200-0502-1.
- [42] LANNEY, Douglas, Andreas BITTERER, Rita L SALLAM a Lisa KART. *Predicts 2013: Information Innovation* [online]. 2012 [vid. 2018-08-07]. Dostupné z: [http://insight.datamaticstech.com/dtlsp/rna\\_Presales/knowledgeHub/Gartner/predicts\\_2013\\_information\\_in\\_246040.pdf](http://insight.datamaticstech.com/dtlsp/rna_Presales/knowledgeHub/Gartner/predicts_2013_information_in_246040.pdf)
- [43] BURIAN, Pavel. *Internet inteligentních aktivit*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5137-5.

## **9 Přílohy**

- 1) Komplexní seznam komunikačních technologií používaných v inteligentní síti.
- 2) Zadání práce

Tabulka 6: Komplexní seznam komunikačních technologií používaných v inteligentní síti. Zdroj: [19]

Tech.	Standards	Data rate	Distance	Network	Advantage	Disadvantage
<b>Wireline technologies</b>						
<b>PLC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NB-PLC: ISO/IEC 14908-3,14543-3-5, CEA-600.31, IEC61334-3-1, IEC 61334-5 (FSK)</li> <li>BB-PLC: TIA-1113 (HomePlug 1.0), IEEE 1901, ITU-T G.hn (G.9960/G.9961)</li> <li>BB-PLC: HomePlug AV/Ext., PHY, HD-PLC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NB-PLC: 1–10 kbps for low data rate PHYs, 10–500 kbps for high data-rate PHYs</li> <li>BB-PLC: 1–10 Mbps (up to 200 Mbps on very short distance)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NB-PLC: 150 km or more</li> <li>BB-PLC: about 1.5 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NB-PLC: NAN, FAN, WAN, large scale</li> <li>BB-PLC: HAN, BAN, IAN, small scale AMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Already constructed wide communication infrastructure</li> <li>Physical disconnection opportunity according to other networks</li> <li>Lower operation and maintenance costs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Higher signal losses and channel interference</li> <li>Disruptive effects caused by appliances and other electromagnetic interferences</li> <li>Hard to transmit higher bit rates</li> <li>Complex routing</li> </ul>
<b>Fiber optic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AON (IEEE 802.3ah)</li> <li>BPON (ITU-T G.983)</li> <li>GPON (ITU-T G.984)</li> <li>EPON (IEEE 802.3ah)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AON: 100 Mbps up/down</li> <li>BPON: 155–622 Mbps</li> <li>GPON: 155–2448 Mbps up, 1.244–2.448 Gbps down</li> <li>EPON: 1 Gbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AON: up to 10 km</li> <li>BPON: up to 20–60 km</li> <li>EPON: up to 20 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>WAN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Long-distance communications</li> <li>Ultra-high bandwidth</li> <li>Robustness against electromagnetic and radio interference</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Higher installing costs (PONs are lower than AONs)</li> <li>High cost of terminal equipment</li> <li>Not suitable for upgrading and metering applications</li> </ul>
<b>DSL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITU G.991.1 (HDSL)</li> <li>ITU G.992.1 (ADSL), ITU G.992.3 (ADSL2), ITU G.992.5 (ADSL2+)</li> <li>ITU G.993.1 (VDSL), ITU G.993.1 (VDSL2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ADSL: 8 Mbps down/1.3 Mbps up</li> <li>ADSL2: 12 Mbps down/3.5 Mbps up</li> <li>ADSL2+: 24 Mbps down/3.3 Mbps up</li> <li>VDSL: 52–85 Mbps down/16–85 Mbps up</li> <li>VDSL2: up to 200 Mbps down/up</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ADSL: up to 5 km</li> <li>ADSL2: up to 7 km</li> <li>ADSL2+: up to 7 km</li> <li>VDSL: up to 1.2 km</li> <li>VDSL2: 300 m–1.5 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AMI, NAN, FAN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Already constructed wide communication infrastructure</li> <li>Most widely distributed broadband</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Communication operators can charge utilities high prices to use their networks</li> <li>Not suitable for network backhaul (long distances)</li> </ul>
<b>Wireless technologies</b>						
<b>WPAN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.15.4</li> <li>ZigBee, ZigBee Pro, ISA 100.11a (IEEE 802.15.4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.15.4: 256 kbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ZigBee: Up to 100 m</li> <li>ZigBee Pro: Up to 1600 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HAN, BAN, IAN, NAN, FAN, AMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Very low power consumption, low cost deployment</li> <li>Fully compatible with IPv6-based networks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low bandwidth</li> <li>Limitations to build large networks</li> </ul>
<b>Wi-Fi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11e</li> <li>IEEE 802.11n</li> <li>IEEE 802.11s</li> <li>IEEE 802.11p (WAVE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11e/s: up to 54 Mbps</li> <li>IEEE 802.11n: up to 600 Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.11e/s/n: up to 300 m</li> <li>IEEE 802.11p: up to 1 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HAN, BAN, IAN, NAN, FAN, AMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Low-cost network deployments</li> <li>Cheaper equipment</li> <li>High flexibility, suitable for different use cases</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High interference spectrum</li> <li>Too high power consumption for many smart grid devices</li> <li>Simple QoS support</li> </ul>
<b>WiMAX</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.16 (fixed and mobile broadband wireless access)</li> <li>IEEE 802.16j (multi-hop relay)</li> <li>IEEE 802.16 m (air interface)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>802.16: 128 Mbps down/28 Mbps up</li> <li>802.16 m: 100 Mbps for mobile, 1 Gbps for fixed users</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IEEE 802.16: 0–10 km</li> <li>IEEE 802.16 m: 0–5 (opt.), 5–30 acceptable, 30–100 km low</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NAN, FAN, WAN, AMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supports huge groups of simultaneous users, longer distances than Wi-Fi</li> <li>A connection-oriented control of the channel bandwidth</li> <li>More sophisticated QoS than 802.11e.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complex network management is</li> <li>High cost of terminal equipment</li> <li>Licensed spectrum requirement</li> </ul>
<b>GSM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2G TDM, IS95</li> <li>2.5G HSCSD, GPRS</li> <li>3G UMTS (HSPA, HSPA+)</li> <li>3.5G HSPA, CDMA EVDO</li> <li>4G LTE, LTE-Advanced</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2G: 14.4 kbps</li> <li>2.5G: 144 kbps</li> <li>HSPA: 14.4 Mbps down/5.75 Mbps up</li> <li>HSPA+: 84 Mbps down/22 Mbps up</li> <li>LTE: 326 Mbps down/86 Mbps up</li> <li>LTE-Advanced: 1 Gbps /500 Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSPA+: 0–5 km</li> <li>LTE-Advanced: optimum 0–5 km, acceptable 5–30, 30–100 km (reduced performance)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HAN, BAN, IAN, NAN, FAN, AMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Supports millions of devices</li> <li>Low power consumption of terminal equipment</li> <li>High flexibility, suitable for different use cases,</li> <li>Open industry standards</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High prices to use service provider networks</li> <li>Increased costs since the licensed spectrum</li> </ul>
<b>Satellite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LEO: Iridium, Globalstar,</li> <li>MEO: New ICO</li> <li>GEO: Inmarsat, BGAN, Swift, MPDS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Iridium: 2.4–28 kbps</li> <li>Inmarsat-B: 9.6 up to 128 kbps</li> <li>BGAN: up to 1 Mbps</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>100–6000 km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>WAN, AMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Long distance</li> <li>Highly reliable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High cost of terminal equipment</li> <li>High latency</li> </ul>

## Zadání práce

Univerzita Hradec Králové  
Fakulta informatiky a managementu  
Akademický rok: 2017/2018

Studijní program: Systémové inženýrství a informatika  
Forma: Kombinovaná  
Obor/komb.: Informační management (im3-k)

## Podklad pro zadání BAKALÁŘSKÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Hájek Karel	Jana Masaryka 1354, Hradec Králové - Nový Hradec Králové	11700619

## TÉMA ČESKY:

Metodika řízení datových toků a hodnocení dat AMM ve Smart Grid sítích

## TÉMA ANGLICKY:

The methodology for managing data flows and data evaluation AMM in Smart Grid Networks.

## VEDOUCÍ PRÁCE:

Mgr. Josef Horálek, Ph.D. - KIT

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je provést analýzu možností řízení datových toků a hodnocení dat v řešení AMM/SG s využitím prostředí vybudovaného v rámci projektů AMM/SG a dálkových odečtů průběhových elektroměrů v ČEZ Distribuce. Autor představí relevantní výsledky projektů AMM/SG a na základě jejich analýzy provede výběr vhodných analytických metod a algoritmů pro návrh metodiky a specifikace požadavků na vhodné automatizované řešení podpory vyhodnocování a zpracování dat tak aby se omezily nároky například na lidské zdroje nebo přenosovou kapacitu AMM/SG komunikace. Tyto algoritmy a metody budou zpracovány ve formě metodiky řízení projektu a jeho praktického ověření.

Osnova práce:

Úvod

Rešerše problematiky

Aktuální stav řešení AMM v oblasti distribuce

Kritické zhodnocení aktuálního stavu projektů AMM/SG

Stanovení hypotéz pro ověření nových algoritmů

Návrh metodiky a požadavků

Zhodnocení navržených řešení za využití kvalifikovaného odhadu

Závěr

## SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

SATO, Takuro. Smart grid standards: specifications, requirements, and technologies. Singapore: John Wiley & Sons Inc., 2015. ISBN 978-1-118-65377-7.

BUDKA, Kenneth C., Jayant G. DESHPANDE a Marina THOTTAN. Communication networks for smart grids: making smart grid real. London: Springer, 2014. Computer communications and networks. ISBN 144716301X.

STIMMEL, Carol L. Big data analytics strategies for the smart grid. Boca Raton: CRC Press, 2015. ISBN 9781482218282.

