

TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI

Projekt:

Ověření podmínek sdílení energie v energetickém společenství na jihu Moravy

Číslo projektu:

5230700031

NPŽP 07/2023 – Zakládání energetických společenství

Objednatel:

Hnutí DUHA – Friends of the Earth Czech Republic

Údolní 567/33, 602 00 Brno

IČ: 155 47 779

Zpracovatel studie:

eSanitas s.r.o.

Rybná 716/24, 110 00 Praha 1

IČ: 197 56 372

Zpracovatelé:

██████████

██████████████████

Datum zpracování: srpen 2025

Místo zpracování: Praha

TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI

Obsah

1. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Tepelná soustava a distribuční soustava elektřiny ve vlastnictví ES7	
<i>Zadání</i>	7
<i>Úvod: Expertní technicko-ekonomická zpráva</i>	7
1.1 Analýza potřeby teplé vody a dimenzování kapacity zásobníku	8
1.1.1 Normativní vs. reálná spotřeba teplé vody (TV) v České republice	8
1.1.2 Určení maximální kapacity 500l zásobníku pro bytový dům	8
1.1.3 Vliv odběrových špiček a využitelný objem	9
1.2 Volba optimálního výkonu topného tělesa a požadavky na instalaci	9
1.2.1 Fyzikální výpočet doby ohřevu	10
1.2.2 Strategie ohřevu v kontextu sazby D25d (nízký tarif)	10
1.2.3 Požadavky na elektroinstalaci	11
1.3 Komplexní výpočet denní energetické spotřeby a provozních nákladů	12
1.3.1 Krok 1: Výpočet čisté energie pro ohřev spotřebované vody	12
1.3.2 Krok 2: Kvantifikace a započtení tepelných ztrát	12
1.3.3 Krok 3: Celková denní spotřeba energie	13
1.3.4 Krok 4: Výpočet denních a ročních nákladů (ceny 2025)	13
1.4 Provozní aspekty, bezpečnost a životnost systému	14
1.4.1 Hygienické zabezpečení: Prevence růstu bakterií Legionella	14
1.4.2 Bezpečnost a komfort: Nezbytnost termostatického směšovacího ventilu	14
1.4.3 Plán údržby a očekávaná životnost komponent	15
1.5 Analýza pokročilých hybridních systémů a dotačních možností	15
1.5.1 Integrace se solárním termickým systémem	15
1.5.2 Integrace s tepelným čerpadlem (TČ) pro ohřev TV	16
1.5.3 Přehled dotačních programů pro bytové domy (Nová zelená úsporám 2025)	16
1.6 Závěrečné shrnutí a expertní doporučení	17
2. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Nové (plánované) výroby	19
3. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Potenciál dalších zdrojů energie	25
3.1 Fáze 1: Identifikace, oslovení a sběr dat (Horizont: 12 měsíců)	25
3.1.1 Definice a oslovení cílové skupiny	25
3.1.2 Nabídka nízkorizikového zapojení	25
3.1.3 Proces zapojení a sběr dat	25
3.2 Fáze 2: Vyhodnocení a nabídka strategického partnerství (Po 12 měsících)	26

3.2.1	Analýza a výběr vhodných profilů	26
3.2.2	Nabídka výstavby FVE dle "modelu Farma Hostěrádky"	26
3.2.3	Vzájemné výhody modelu.....	26
4.	TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Akumulace	27
4.1	Akumulace – technicko-ekonomický pohled	28
4.1.1	Finanční mechanismy sdílení: Dekonstrukce ceny.....	28
4.1.2	Charakteristika spotřebních profilů a výroby FVE.....	28
4.2	Rytmus spotřeby: Analýza specifických zátěžových křivek	28
4.2.1	Podnikatelský sektor	28
4.2.2	Veřejný sektor (obecní úřady, administrativní budovy)	29
4.2.3	Školská zařízení	29
4.2.4	Bytové domy	29
4.2.5	Rodinné domy	29
4.3	Rytmus výroby: Produkce FVE v českém klimatu	29
4.3.1	Roční křivka.....	29
4.3.2	Denní křivka	30
4.3.3	Geografické rozdíly	30
4.4	Synchronizační výzva: Sladění výroby a spotřeby	30
4.5	Srovnávací investiční analýza	31
4.5.1	Podnikatelský sektor	31
4.6	Strategická role a ekonomika bateriového úložiště	33
4.6.1	Technická funkce: Baterie jako nástroj ekonomické arbitráže	34
4.6.2	Samostatné ekonomické hodnocení: Inkrementální analýza návratnosti.....	34
4.6.3	Strategie optimálního dimenzování baterie	35
4.7	Navigace v investičních nákladech a dotačních programech	36
4.7.1	Rozpad kapitálových výdajů (CAPEX) v roce 2025	36
4.7.2	Maximalizace podpory: Strategický průvodce dotacemi	36
4.8	Strategická doporučení a výhled trhu	37
4.8.1	Syntéza zjištění: Matice investiční atraktivity	38
4.8.2	Klíčové rizikové faktory a strategie jejich zmírnění.....	38
4.8.3	Budoucí trendy: Příprava na trh po roce 2026 nebo spíše 2028	38
Analýza bateriových systémů pro ukládání energie (BESS): Technologie, trh a ekonomická návratnost v České republice		39
4.9	Úvod do bateriových systémů pro ukládání energie (BESS)	39
4.9.1	Definice a základní princip funkce BESS.....	39
4.9.2	Architektura systému: Klíčové komponenty a jejich interakce.....	40
4.10	Klíčové technologie bateriových článků: Hlubkové srovnání LFP a NMC.....	41
4.10.1	Lithium-železo-fosfát (LFP - LiFePO ₄)	41
4.10.2	Nikl-Mangan-Kobalt (NMC).....	42
4.11	Analýza trhu BESS: Komerční a průmyslová řešení.....	43

4.11.1	Přehled trhu a klíčoví dodavatelé	43
4.11.2	Detailní analýza vybraných produktů.....	43
4.12	<i>Analýza trhu BESS: Rezidenční a malá komerční řešení</i>	45
4.12.1	Přehled trhu a klíčoví hráči	45
4.12.2	Podrobná produktová analýza	46
4.13	<i>Aplikační strategie a ekonomická návratnost BESS</i>	49
4.13.1	Optimalizace místní spotřeby a časový posun nebo z pohledu investora ekonomická arbitráž.....	49
4.13.2	Omezování výkonových špiček (Peak Shaving)	50
4.13.3	Poskytování podpůrných služeb (SVR) a agregace flexibility	50
4.13.4	Ekonomická návratnost a dotační podpora v ČR	51
4.14	<i>Budoucnost ukládání energie a legislativní rámec</i>	51
4.14.1	Vývoj cen a budoucí technologie baterií.....	51
4.14.2	Legislativní prostředí v ČR a EU	52
4.15	<i>Závěrečné shrnutí a strategická doporučení</i>	53
4.15.1	Syntéza klíčových zjištění	53
4.15.2	Doporučení pro výběr BESS.....	54
4.15.3	Strategické úvahy pro maximalizaci hodnoty investice	54
5.	TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Budoucí systém řízení, regulace a komunikace	57
KONCEPČNÍ A LEGISLATIVNÍ RÁMEC PROVOZNÍHO MODELU		Chyba! Záložka není definována.
5.1	<i>Principy a požadavky komunitní energetiky dle LEX OZE II</i>	57
5.2	<i>Role elektroenergetického datového centra (EDC) a datové toky</i>	58
5.3	<i>Analýza a strategie volby alokačního klíče</i>	59
5.4	<i>Implikace pro návrh a provoz řídicího systému</i>	60
Architektura a řídicí logika systému (EMS)		Chyba! Záložka není definována.
5.5	<i>Celková architektura systému</i>	61
5.6	<i>Definice provozních stavů a řídicích algoritmů</i>	61
5.7	<i>Prediktivní modely pro optimalizaci</i>	64
Technická specifikace a schéma zapojení		Chyba! Záložka není definována.
5.8	<i>Specifikace klíčových technologických prvků</i>	65
5.9	<i>Požadavky na systém řízení energie (EMS)</i>	66
5.10	<i>Typové jednopólové schéma zapojení</i>	67
Ekonomická studie proveditelnosti		Chyba! Záložka není definována.
5.11	<i>Investiční a Provozní Náklady (CAPEX & OPEX)</i>	68
Závěrečná doporučení a implementační kroky.....		Chyba! Záložka není definována.

5.12	<i>Syntéza technických a ekonomických zjištění</i>	69
5.13	<i>Doporučení optimální konfigurace systému</i>	69
5.14	<i>Návrh klíčových kroků pro realizaci projektu</i>	70
6.	TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Budoucí systém řízení, regulace a komunikace. Chyba! Záložka není definována.	
6.1	<i>LDS pro městskou část Brno Lískovec</i>	55
6.1.1	Legislativní a administrativní rizika	55
6.1.2	Ekonomická rizika	55
6.1.3	Technická a provozní rizika	56
6.1.4	Závěr	57
7.	TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Budoucí systém řízení, regulace a komunikace	72
7.1	<i>Executive Summary</i>	Chyba! Záložka není definována.
7.2	<i>SWOT Analýza</i>	72
7.2.1	Silné stránky (Strengths)	72
7.2.2	Slabé stránky (Weaknesses)	73
7.2.3	Příležitosti (Opportunities)	73
7.2.4	Hrozby (Threats)	74
7.3	<i>Strategická doporučení</i>	74
8.	TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Doporučení k realizaci	76
8.1	<i>Popis doporučeného řešení</i>	76
8.2	<i>Spotřeba, výroba a prodej energie</i>	76
8.3	<i>Měření a regulace</i>	76
8.4	<i>Popis systému sdílení energie přes distribuční síť</i>	76
8.5	<i>Stanovení technických parametrů pro provoz ES</i>	77
8.6	<i>Harmonogram</i>	78
8.7	<i>Zhodnocení technické realizovatelnosti, limitů a rizik</i>	78
8.7.1	Technická realizovatelnost	78
8.7.2	Limity	78
8.7.3	Rizika	78
9.	TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Návrh rozvoje ES	79
9.1	<i>Fáze 1: Pilotáž, sběr dat a optimalizace (Střednědobý horizont: 2025–2028)</i>	79
9.1.1	Strategické cíle	79
9.1.2	Klíčové kroky a doporučení	80
9.2	<i>Fáze 2: Expanze, diverzifikace a tržní integrace (Dlouhodobý horizont: 2028 a dále)</i>	81
9.2.1	Strategické cíle	81
9.2.2	Klíčové kroky a doporučení	81

1. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Stávající spotřeba a náklady

Tato část studie je vypracována tabulkovou formou jako příloha studie.

2. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Stávající výroby

Tato část studie je vypracována tabulkovou formou jako příloha studie.

3. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Tepelná soustava a distribuční soustava elektřiny ve vlastnictví ES

Zadání pro ověření ohřevu TUV pomocí sdílení energie

Návrh způsobu využití sdílené elektřiny pro ohřev TUV, který obsahuje návrh nutných technických prvků a změn na relevantních předávacích místech tepelné soustavy, způsobu a zařízení řízení výkonu.

Expertní analýza a optimalizace systému ohřevu teplé vody s 500l (tento objem jsme zvolili za zkušeností s instalacemi, menší objem je méně ekonomicky výhodný, větší je obvykle složitý na instalaci) akumulární nádrží pro bytový dům

Úvod: Expertní technicko-ekonomická zpráva

Předmětem této zprávy je stanovení klíčových technických a provozních parametrů pro systém přípravy teplé vody (TV) využívající 500litrovou akumulární nádrž s elektrickým ohřevem, určený pro instalaci v běžném bytovém nebo nebytovém domě. Cílem je poskytnout vyčerpávající a daty podložené odpovědi na otázky týkající se optimálního výkonu topného tělesa, reálně využitelného denního objemu teplé vody a související denní energetické spotřeby. Zpráva dále podrobně analyzuje provozní náklady, klíčové bezpečnostní a hygienické aspekty a strategické alternativy pro zajištění efektivního, hospodárného a legislativním požadavkům vyhovujícího řešení.

Analýza vychází z platných českých technických norem (zejména ČSN 06 0320), relevantních legislativních předpisů (vyhlášky Ministerstva zdravotnictví), technických dat předních výrobců akumulčních nádrží (Dražice, Regulus a Reflex) a topných těles a standardizovaných výpočtových postupů v oboru technických zařízení budov (TZB).

3.1 Analýza potřeby teplé vody a dimenzování kapacity zásobníku

3.1.1 Normativní vs. reálná spotřeba teplé vody (TV) v České republice

Při návrhu systému přípravy TV je zásadní rozlišovat mezi průměrnou reálnou spotřebou a normativní hodnotou používanou pro dimenzování. Data z reálných měření v českých domácnostech ukazují, že průměrná denní spotřeba teplé vody se pohybuje v rozmezí 40 až 47,4 litrů na osobu. Detailní studie (vycházíme z historických dat bytových domů na kterých jsme tvořili energetické studie) provedená na bytovém domě specifikuje průměrnou hodnotu 47,4 l/os./den, přičemž spotřeba kolísá v průběhu týdne – od 43,7 l v pracovní dny až po vrchol 52,7 l v neděli.

Naproti tomu technické normy a podklady pro projektování, jako je ČSN EN 12831-3, pracují s výrazně vyššími hodnotami, které mohou dosahovat až 82 l/os./den. Tento zdánlivý rozpor není chybou, ale klíčovým principem bezpečného a funkčního návrhu TZB systémů. Zatímco reálná spotřeba představuje dlouhodobý průměr, normativní hodnota v sobě zahrnuje bezpečnostní koeficienty a koeficienty soudobosti. Tyto koeficienty zohledňují koncentraci spotřeby do krátkých časových úseků, tzv. odběrových špiček (typicky ráno a večer), kdy více obyvatel odebírá vodu současně. Dimenzování systému pouze na základě průměrné spotřeby by vedlo k jeho poddimenzování, nedostatku teplé vody ve špičkách a následné nespokojenosti uživatelů. Pro účely této zprávy budou proto využity obě hodnoty: reálná spotřeba pro výpočet průměrné energetické náročnosti a normativní hodnota pro stanovení maximální spolehlivé kapacity systému.

3.1.2 Určení maximální kapacity 500l zásobníku pro bytový dům

Na základě výše uvedených hodnot lze stanovit, pro kolik osob je 500litrový zásobník vhodný:

- **Konzervativní scénář (garance komfortu ve špičce):** Při použití normativní hodnoty 82 l/os./den může zásobník spolehlivě pokrýt potřebu pro přibližně 6 osob ($500 \text{ l} / 82 \text{ l/os.} \approx 6,1$). Tento scénář zaručuje dostatek vody i při vysoké a souběžné spotřebě.
- **Průměrný scénář (běžný provoz):** Při použití reálné průměrné spotřeby 47,4 l/os./den může zásobník teoreticky obsloužit až 10–11 osob ($500 \text{ l} / 47,4 \text{ l/os.} \approx 10,5$). Tento model však nemusí plně pokrýt extrémní odběrové špičky bez nutnosti dohřevu v průběhu dne.

Pro bytový dům, kde je klíčové zajistit komfort pro všechny obyvatele i v době špiček, je nutné se přiklonit ke konzervativnějšímu dimenzování. **500litrová akumulční nádrž je tedy vhodná pro přibližně 3 až 4 bytové jednotky s celkovým počtem 6 až 12 obyvatel.** Pro vyšší počet osob by bylo nezbytné zvážit buď nádrž o větším objemu, nebo kaskádové zapojení několika menších nádrží. S ohledem na využitelnost zařízení a případné aktivní změny spotřebního chování doporučujeme kaskádu nádrží o kapacitě 500 litrů.

3.1.3 Vliv odběrových špiček a využitelný objem

Denní profil spotřeby v bytových domech vykazuje zřetelná maxima ráno a především večer, s vrcholem kolem 22:00. Je důležité si uvědomit, že denní dostupnost teplé vody není dána pouze objemem nádrže. Klíčovým faktorem je rychlost její regenerace, tedy schopnost systému dohřát spotřebovaný objem vody před následující odběrovou špičkou. Doba mezi ranní a večerní špičkou, která činí přibližně 8 hodin, představuje hlavní časové okno pro dohřev.

Pokud systém po ranním odběru (např. 250 litrů) nestihne tento objem dohřát, nebude pro večerní špičku k dispozici plná kapacita 500 litrů. Schopnost regenerace je přímo závislá na výkonu topného tělesa. Otázka "kolik litrů teplé vody denně" je tak neoddělitelně spjata s otázkou "jaký výkon topné spirály". Nízký výkon může v praxi znamenat, že reálně využitelný denní objem bude nižší než jmenovitý objem nádrže.

Tabulka 1: Scénáře pokrytí potřeby TV 500l zásobníkem

Scénář	Spotřeba na osobu (l/den)	Počet obslužených osob	Celková denní spotřeba (l)	Poznámka
Konzervativní	82	6	492	Vysoká garance komfortu, systém pokrývá i extrémní špičky.
Průměrný	47,4	10	474	Odpovídá reálné průměrné spotřebě, riziko nedostatku TV při souběhu odběrů.
Úsporný	40	12	480	Vhodné pro domácnosti s prokazatelně úsporným chováním a bez nároků na vysoký komfort.

3.2 Volba optimálního výkonu topného tělesa a požadavky na instalaci

3.2.1 Fyzikální výpočet doby ohřevu

Dobu potřebnou k ohřátí vody v zásobníku lze přesně vypočítat pomocí základního fyzikálního vztahu:

$$t = P \cdot \eta \cdot m \cdot c \cdot \Delta T$$

kde:

- t je doba ohřevu (h)
- m je hmotnost vody (pro 500 l je to cca 500 kg)
- c je měrná tepelná kapacita vody (cca 1,16 Wh/kg·K)
- ΔT je požadovaný teplotní rozdíl (K nebo °C), např. ohřev ze vstupní teploty 10 °C na cílovou teplotu 60 °C znamená $\Delta T = 50$ K
- P je příkon (výkon) topného tělesa (W)
- η je účinnost přeměny elektrické energie na teplo (u ponorných těles se blíží 100 %, tedy $\eta \approx 1$)

Nejprve vypočítáme celkové množství energie potřebné k ohřátí 500 litrů vody o 50 °C:

Následně můžeme vypočítat dobu ohřevu pro různé standardně dostupné výkony topných těles:

- **Pro 3,0 kW:** 29 kWh/3 kW=9,67 hodiny
- **Pro 4,5 kW:** 29 kWh/4,5 kW=6,44 hodiny
- **Pro 6,0 kW:** 29 kWh/6,0 kW=4,83 hodiny
- **Pro 9,0 kW:** 29 kWh/9,0 kW=3,22 hodiny

3.2.2 Strategie ohřevu v kontextu sazby D25d (nízký tarif)

Pro elektrický ohřev vody v akumulacích zásobnících je určena dvoutarifní distribuční sazba D25d, která poskytuje 8 hodin denně levnější elektřinu v tzv. nízkém tarifu (NT). Ekonomicky optimální strategie spočívá v plném nabití zásobníku výhradně během tohoto 8hodinového okna, aby se minimalizovaly provozní náklady, v našem případě by se však zásobník tepla a jeho nahřívání řídilo velikostí přetoků v rámci společenství.

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že optimální výkon není nutně ten nejvyšší, ale ten, který se s dostatečnou rezervou vejde do 8hodinového intervalu NT případně 12 hodin sluneční aktivity v létě, aniž by kladl nepřiměřené nároky na elektroinstalaci.

- Výkon **3 kW** je pro plné nabití v NT nedostatečný (doba ohřevu > 8 h), což by znamenalo nutnost dohřevu v dražším vysokém tarifu (VT).
- Výkony **4,5 kW** (doba ohřevu 6,4 h) a **6 kW** (doba ohřevu 4,8 h) jsou ideální. Poskytují dostatečnou rezervu pro plné nabití během 8 hodin NT.
- Výkon **9 kW** je sice velmi rychlý, ale pro standardní noční ohřev je jeho rychlost nadbytečná a klade výrazně vyšší nároky na jištění a přírodní vedení. Jeho výhoda by se projevila pouze při potřebě rychlého dohřevu po mimořádném odběru během dne.

Na základě této analýzy se jako **optimální kompromis mezi rychlostí ohřevu, schopností plně využít nízký tarif i využívání přebytečné energie ve společenství a nároky na instalaci jeví výkon 4,5 kW nebo 6 kW.**

3.2.3 Požadavky na elektroinstalaci

Instalace elektrického topného tělesa, zejména o vyšším výkonu, podléhá přísným normám a musí být provedena osobou s odpovídající elektrotechnickou kvalifikací.

- **Napěťová soustava:** Topná tělesa s výkonem nad 2,2–3 kW jsou standardně konstruována pro třífázové připojení (400 V). Pro doporučené výkony 4,5 kW a 6 kW je třífázové připojení nezbytností.
- **Jištění a vodiče:** Je nutné zřídit samostatný elektrický okruh. Pro výkon 6 kW ($I \approx 8,7$ A na fázi) je vyžadován přívodní kabel o průřezu minimálně 2,5 mm² (např. CYKY-J 5x2,5) a jištění jističem 3x16 A.
- **Bezpečnostní upozornění:** U těles s výkonem 7,5 kW a více je nutné dbát na zvýšenou tepelnou odolnost (minimálně 100 °C) výstupního potrubí z nádrže, jelikož běžné plastové potrubí by mohlo vlivem vysoké teploty při poruše termostatu selhat.

Tabulka 2: Srovnání výkonů topných těles pro 500l nádrž (ohřev o 50 °C)

Výkon (kW)	Doba ohřevu (h)	Vhodnost pro NT (8h)	Napětí (V)	Doporučené jištění	Klady	Zápory
3,0	9,7	Nevhodné	400	3x10 A	Nižší nároky na jištění	Nestihne nahřát v NT, vyšší provozní náklady
4,5	6,4	Optimální	400	3x16 A	Ideální kompromis, dostatečná rezerva v NT	Standardní nároky na 3f instalaci
6,0	4,8	Optimální	400	3x16 A	Rychlý ohřev, velká rezerva v NT	Standardní nároky na 3f instalaci

9,0	3,2	Vhodné	400	3x20 A	Velmi rychlý dohřev	Vyšší nároky na jištění, vyšší pořizovací cena
-----	-----	--------	-----	--------	---------------------	--

3.3 Komplexní výpočet denní energetické spotřeby a provozních nákladů

Výpočet celkové denní spotřeby energie se skládá z několika klíčových složek. Pouhé vynásobení objemu spotřebované vody a jejího ohřátí by vedlo k hrubě podhodnocenému a zavádějícímu výsledku.

3.3.1 Krok 1: Výpočet čisté energie pro ohřev spotřebované vody

Tato složka představuje energii, která je skutečně "spotřebována" v odebrané teplé vodě. Pro modelový příklad 10 osob s průměrnou denní spotřebou 47,4 litru na osobu je celkový denní odběr 474 litrů. Při ohřevu o 50 K (z 10 °C na 60 °C) je potřebná čistá energie:

3.3.2 Krok 2: Kvantifikace a započtení tepelných ztrát

Tepelné ztráty představují energii, která uniká do okolí bez užitku a musí být neustále doplňována. V bytových domech tvoří významnou, často dominantní část celkové spotřeby.

- **Statická ztráta akumulční nádrže:** Jedná se o teplo, které uniká přes izolaci pláště nádrže. Moderní 500litrové nádrže s izolací o tloušťce 80–100 mm spadají typicky do energetické třídy C. Jejich statická ztráta se dle technických listů výrobců (např. Dražice, Regulus) pohybuje mezi 83 W a 106 W. Pro výpočet použijeme průměrnou hodnotu 93 W.

Denní ztráta nádrže: 2,2 kWh/den.

- **Ztráty cirkulačního okruhu TV:** V bytových domech je pro zajištění okamžité dostupnosti teplé vody u vzdálených odběrných míst nezbytný cirkulační okruh. Tento systém potrubí však funguje jako permanentně vytápěný radiátor, který neustále odevzdává teplo do konstrukce budovy (stoupačky, podhledy). Jedná se o nejčastěji podceňovanou, avšak nejvýznamnější složku ztrát. Přesný výpočet je komplexní, ale pro modelový příklad čtyřpodlažního domu s celkovou délkou potrubí (přívod + cirkulace) 50 metrů a standardní izolací lze odhadnout měrnou tepelnou ztrátu na 15 W na metr potrubí.

Denní ztráta cirkulace: 18,0 kWh/den.

- **Spotřeba energie cirkulačního čerpadla:** Moderní elektronicky řízená oběhová čerpadla mají nízkou spotřebu, typicky v rozmezí 5–45 W. Při uvažování průměrné spotřeby 25 W v nepřetržitém provozu je denní spotřeba:

Denní spotřeba čerpadla: 0,6 kWh/den.

3.3.3 Krok 3: Celková denní spotřeba energie

Celková denní spotřeba je součtem všech výše uvedených složek: 48,3 kWh/den

3.3.4 Krok 4: Výpočet denních a ročních nákladů (ceny 2025)

Pro výpočet nákladů je předpokládáno, že veškerá energie pro ohřev a krytí ztrát je dodána v nízkém tarifu (NT) sazby D25d. Ceny elektřiny pro rok 2025 se skládají z ceny za silovou elektřinu a regulovaných poplatků. Pro modelový výpočet je použita průměrná celková cena v NT včetně DPH ve výši **3,95 Kč/kWh (cena z důvodů porovnatelnosti se sdílením je uvedena bez regulované složky ceny)**. K tomu je nutné připočítat stálý měsíční plat za jistič a dodavateli, který pro jistič 3x25 A činí přibližně 417 Kč.

- **Denní náklady na spotřebu:** $48,3 \text{ kWh/den} \cdot 3,95 \text{ Kč/kWh} = 190,79 \text{ Kč/den}$
- **Roční náklady:** $(190,79 \text{ Kč/den} \cdot 365 \text{ dní}) + (417 \text{ Kč/měsíc} \cdot 12 \text{ měsíců}) = 69638 \text{ Kč} + 5004 \text{ Kč} \approx 74\,642 \text{ Kč/rok}$

Tabulka 3: Rozpad denní energetické bilance a provozních nákladů

Položka	Spotřeba (kWh/den)	Podíl na celku (%)	Náklady (Kč/den)	Náklady (Kč/rok)
Energie na ohřev spotřebované vody	27,5	57,0 %	108,63	39 649
Statická ztráta nádrže	2,2	4,6 %	8,69	3 172
Ztráta cirkulačního okruhu	18,0	37,3 %	71,10	25 952
Spotřeba cirkulačního čerpadla	0,6	1,2 %	2,37	865
Celkem (spotřeba)	48,3	100 %	190,79	69 638

Stálé měsíční platby	-	-	13,71	5 004
CELKOVÉ NÁKLADY	-	-	204,50	74 642

Z tabulky je zřejmé, že tepelné ztráty, zejména v cirkulačním potrubí, tvoří více než 40 % celkové spotřeby energie a nákladů. Jakákoliv optimalizace (kvalitnější izolace potrubí, inteligentní řízení cirkulace) může přinést významné úspory.

Oproti tomu využití akumulční nádrže pro potřeby zužitkování nadbytečné energie musí vycházet z faktu, že musí být vypočtené ceně plně konkurenční. Ve výpočtech počítáme s cenou pro spotřebitele ve výši 2 Kč / kWh, což je plně konkurenční s tržní cenou elektřiny. Je však nutné k ceně připočíst rozdíl mezi NT a VT (většina slunečných hodin bude ve VT), který činí v síti ED.G 1,48 Kč / kWh. Pokud tak bude cena silové složky nižší než 3,48 Kč, tak se stává cena sdílení dražší. Jelikož v jiných případech využití je srovnáván VT proti VT a také NT oproti NT jde o významný prvek při srovnání takového řešení.

3.4 Provozní aspekty, bezpečnost a životnost systému

3.4.1 Hygienické zabezpečení: Prevence růstu bakterií *Legionella*

Zajištění hygienické nezávadnosti teplé vody je klíčovým provozním požadavkem. Největší riziko představuje bakterie *Legionella pneumophila*, která se množí ve vodním prostředí při teplotách 25 °C až 50 °C. Infekce může nastat vdechnutím kontaminovaného aerosolu, například při sprchování.

Prevence spočívá v udržování teploty vody v celém systému mimo toto rizikové pásmo. Legislativní a normativní požadavky jsou následující:

- **Vyhláška č. 252/2004 Sb.** stanovuje obecné hygienické požadavky na teplou vodu.
- **ČSN 06 0320** doporučuje udržovat teplotu vody v akumulční nádrži v rozmezí **55 °C až 60 °C**.
- Na nejvzdálenějším odběrném místě musí voda dosáhnout teploty 50–55 °C nejpozději do 30 sekund po plném otevření výtokové armatury.
- Pokles teploty v cirkulačním okruhu mezi výstupem z ohřívače a vstupem zpět do něj by neměl překročit 5 °C.

Jako doplňkové opatření lze provádět periodickou termickou dezinfekci, která spočívá v prohřátí celého systému včetně potrubí na teplotu přesahující 70 °C po dobu několika minut.

3.4.2 Bezpečnost a komfort: Nezbytnost termostatického směšovacího ventilu

Požadavek na udržování vysoké teploty vody v zásobníku (60 °C) z hygienických důvodů vytváří přímý konflikt s bezpečností uživatelů. Voda o této teplotě může způsobit vážné opaření během několika sekund, což představuje riziko zejména pro děti a seniory.

Tento zásadní rozpor mezi hygienou a bezpečností elegantně řeší termostatický směšovací ventil. Tento prvek se instaluje na výstup teplé vody z akumulární nádrže a automaticky přimíchává potřebné množství studené vody tak, aby do rozvodného potrubí v domě odcházela voda o konstantní, bezpečné a předem nastavené teplotě (např. 55 °C).

Instalace termostatického směšovacího ventilu přináší další výhody:

- **Úspora energie:** Zabraňuje plýtvání energií, jelikož se do potrubí nedodává zbytečně horká voda, která by se následně musela složitě ředit studenou vodou přímo ve směšovací baterii.
- **Zvýšení kapacity:** Efektivně zvyšuje využitelný objem teplé vody. Z 500 litrů 60°C vody se smícháním se studenou vodou získá větší objem 55°C vody dostupné pro spotřebitele.

Z těchto důvodů není termostatický směšovací ventil pouhým volitelným doplňkem, ale **naprosto zásadní a nezbytnou součástí každého moderního, bezpečného a efektivního systému přípravy TV.**

3.4.3 Plán údržby a očekávaná životnost komponent

Pro zajištění dlouhodobé spolehlivosti a efektivity systému je nezbytná pravidelná údržba.

- **Akumulační nádrž:** Životnost kvalitní ocelové smaltované nádrže se pohybuje mezi 10 a 15 lety, avšak je silně závislá na kvalitě vody a pravidelnosti údržby.
- **Hořčíková anoda:** Jedná se o klíčový prvek aktivní ochrany nádrže proti korozi. Anoda se postupně rozpouští a "obětuje se" místo ocelového pláště nádrže. Její stav je nutné kontrolovat minimálně jednou ročně a v závislosti na míře opotřebení ji měnit (typicky jednou za 2–3 roky). Zanedbání této povinnosti vede k rapidnímu zkrácení životnosti celé nádrže.
- **Topné těleso:** V oblastech s tvrdou vodou dochází k usazování vodního kamene na povrchu tělesa. Tato vrstva působí jako izolant, snižuje účinnost přenosu tepla do vody a může vést k přehřívání a zničení tělesa. Doporučuje se provádět čištění (odvápnění) v intervalu 2–3 let.

3.5 Analýza pokročilých hybridních systémů a dotačních možností

Čistě elektrický ohřev je investičně nejméně náročný, ale má nejvyšší provozní náklady. Pro bytové domy je strategicky výhodné zvážit hybridní systémy, které kombinují elektrický dohřev s obnovitelnými zdroji energie (OZE) s využitím principů sdílení. Jako ekonomicky nejvýhodnější varianta je sdílení bez využití distribuční sítě (lokální FVE). Jako alternativu je nutné zvážit využití solárních termických systémů.

3.5.1 Integrace se solárním termickým systémem

Solární termický systém využívá sluneční kolektory k přímému ohřevu teplonosné kapaliny, která následně předává teplo vodě v akumulární nádrži prostřednictvím vestavěného výměníku. Elektrické topné těleso pak slouží pouze jako doplňkový zdroj pro dohřev v noci, v zimním období nebo při nízkém slunečním svitu.

- **Výhody:** Tento systém dokáže pokrýt 50–70 % roční potřeby energie na ohřev TV, což vede k výraznému snížení provozních nákladů.

- **Náklady a životnost:** Orientační cena instalace pro bytový dům se pohybuje od 35 000 Kč na bytovou jednotku. Životnost kvalitních kolektorů přesahuje 25 let při minimální údržbě (kontrola tlaku a kvality solární kapaliny jednou za 2–3 roky).
- **Požadavky:** Instalace vyžaduje dostatečnou, nezastíněnou plochu na střeše s ideálně jižní orientací, statický posudek nosnosti střechy a u bytových domů zpravidla stavební povolení.

3.5.2 Integrace s tepelným čerpadlem (TČ) pro ohřev TV

Tepelné čerpadlo typu vzduch-voda odebírá nízko-potenciální teplo z venkovního vzduchu a pomocí kompresorového cyklu jej "přečerpává" na vyšší teplotní hladinu potřebnou pro ohřev vody v zásobníku. Tento proces je vysoce efektivní, s topným faktorem (COP) dosahujícím hodnot 3 až 4, což znamená, že z 1 kWh dodané elektrické energie vyrobí 3 až 4 kWh tepla.

- **Výhody:** Až 4x nižší spotřeba elektřiny ve srovnání s přímotopným tělesem. Provoz je stabilní a nezávislý na slunečním svitu.
- **Náklady a životnost:** Pořizovací cena je vyšší než u solárního systému. Kompletní instalace pro bytový dům se může pohybovat v rozmezí 250 000 až 400 000 Kč. Životnost zařízení je 15–20 let a vyžaduje pravidelnou roční servisní prohlídku.
- **Požadavky:** Klíčové je správné umístění venkovní jednotky s ohledem na hlukové limity (max. 50 dB ve dne a 40 dB v noci na hranici pozemku nebo u oken sousedních budov) a zajištění odvodu kondenzátu.

3.5.3 Přehled dotačních programů pro bytové domy (Nová zelená úsporám 2025)

Státní program Nová zelená úsporám nabízí významnou finanční podporu pro instalaci OZE v bytových domech, což zásadně zlepšuje ekonomickou návratnost těchto investic.

- **Solární termické systémy:** Podpora pro bytové domy činí až **13 000 Kč na 1 kW** instalovaného tepelného výkonu kolektorů.
- **Tepelná čerpadla:** Pro společenství vlastníků jednotek (SVJ) a bytová družstva je podpora odstupňována podle počtu bytových jednotek. Pro TČ vzduch-voda určené pro vytápění i přípravu TV činí podpora **50 000 Kč na bytovou jednotku**. Pokud TČ slouží výhradně pro ohřev vody, podpora činí **20 000 Kč za každou kW** instalovaného výkonu.

Rozhodování o investici by nemělo být založeno pouze na počátečních nákladech. Je nutné zvážit celkové náklady na životní cyklus (LCC - Life Cycle Cost), které zahrnují pořizovací cenu, provozní náklady a náklady na údržbu po celou dobu životnosti systému. Pro bytový dům, kde se investice rozpočítává mezi více vlastníků, je pořízení hybridního systému s využitím dotace často ekonomicky nejrationálnější a dlouhodobě nejvýhodnější volbou.

Srovnání s dodávkou teplé vody od teplárny

Cena teplé vody dodávané z Tepláren Brno se skládá z několika složek a konečná částka na faktuře závisí na způsobu rozúčtování v daném bytovém domě. Pro rok 2025 jsou klíčové následující ceny:

1. **Cena tepelné energie:** Teplárny Brno stanovily pro rok 2025 cenu tepelné energie pro drtivou většinu domácností (tzv. sekundární síť) na **1 154 Kč za gigajoule (GJ)** včetně DPH. Toto je cena za samotné teplo.

2. **Cena studené vody (vodné a stočné):** K ohřevu se používá studená pitná voda, jejíž cena musí být do konečné ceny teplé vody také započítána. Pro rok 2025 stanovily Brněnské vodárny a kanalizace celkovou cenu za vodné a stočné na **107,73 Kč za metr krychlový (m³)** včetně DPH.

Výpočet orientační ceny za 1 m³ teplé vody

Pro výpočet celkové ceny za 1 m³ (1000 litrů) teplé vody je nutné zkombinovat cenu tepla a cenu studené vody. Používá se k tomu tzv. měrná spotřeba tepla na ohřev, která dle vyhlášky činí přibližně **0,3 GJ na ohřátí 1 m³ vody**. Tato hodnota zahrnuje nejen samotný ohřev, ale i tepelné ztráty v rozvodech a cirkulaci.

Orientační výpočet:

- **Složka za teplo:** $0,3 \text{ GJ/m}^3 \times 1\,154 \text{ Kč/GJ} = \mathbf{346,20 \text{ Kč/m}^3}$
- **Složka za vodu (vodné a stočné):** **107,73 Kč/m³**
- **Celková orientační cena:** $346,20 \text{ Kč} + 107,73 \text{ Kč} = \mathbf{453,93 \text{ Kč/m}^3}$

Odhadovaná cena za jeden metr krychlový teplé vody z Tepláren Brno pro rok 2025 je tedy přibližně **454 Kč včetně DPH**. Takže cena 500 litrů je cca 227 Kč. Oproti tomu je cena 500 litrů vody s využitím sdílení $48,3 \text{ kWh} \cdot (2 \text{ Kč (sdílení)} + 2,35 \text{ Kč (regulovaná část platby)}) + 53,90 \text{ Kč (voda)} = 264 \text{ Kč}$ na 500 litrů vody. Takže z toho vychází, že v prostředí Brna je ohřev vody s využitím sdílení s využitím distribuční sítě méně výhodný než dodávka teplé vody z teplárny.

K samotné ceně za 500 litrů teplé vody by bylo nutné připočíst odpis investice do akumulčních nádrží s příslušenstvím. Celkové přímé investiční náklady na jednu nádrž s ventily a základním vedením se pohybují v přibližném rozmezí 21 000 Kč až 42 000 Kč. Cena na kWh by se tak při návratnosti 5 let od 11 do 23 Kč za 500 litrů. To ještě zhoršuje bilanci ve srovnání s dodávkou teplé vody.

Důležité upozornění k rozúčtování

Je třeba mít na paměti, že konečné vyúčtování v bytových domech se řídí specifickými pravidly. Náklady na teplou vodu se dělí na dvě složky :

- **Základní složka (30 % nákladů):** Pokrývá fixní náklady a tepelné ztráty v cirkulaci. Rozpočítává se mezi všechny byty, obvykle podle podlahové plochy.
- **Spotřební složka (70 % nákladů):** Odvíjí se od skutečné spotřeby naměřené na bytových vodoměrech.

Vaše finální cena se tak může mírně lišit v závislosti na celkové spotřebě domu a vaší individuální spotřebě.

3.6 Závěrečné shrnutí a expertní doporučení

Analýza technických a ekonomických aspektů ohřevu vody v 500litrové akumulční nádrži pro bytový dům odhalila několik klíčových skutečností. Správné dimenzování systému musí zohlednit nejen průměrnou spotřebu, ale především schopnost pokrýt odběrové špičky. V celkové energetické bilanci

hrají dominantní a často podceňovanou roli tepelné ztráty cirkulačního okruhu. Zajištění hygienické nezávadnosti vody a bezpečnosti uživatelů je naprosto zásadní a vyžaduje specifická technická řešení.

Na základě provedené analýzy lze poskytnout následující přímé odpovědi na zadané otázky:

1. **Doporučený výkon topné spirály:** Pro 500l nádrž v bytovém domě je optimální volbou topné těleso o výkonu **6 kW**. Tento výkon zaručuje rychlý ohřev s dostatečnou rezervou pro plné nabití v rámci 8hodinového nízkého tarifu (sazba D25d) a má standardní, zvládnutelné požadavky na třífázovou elektroinstalaci.
2. **Využitelné množství teplé vody:** Při správném dimenzování topného tělesa (6 kW) je systém schopen plné regenerace mezi odběrovými špičkami. 500litrový zásobník tak může spolehlivě pokrýt denní potřebu pro **cca 10–12 osob** (odpovídá 4–5 bytovým jednotkám), což představuje celkovou denní spotřebu přibližně **500 litrů** teplé vody.
3. **Denní spotřeba v kWh:** V modelovém příkladu pro 10 osob v bytovém domě s cirkulačním okruhem je celková denní spotřeba energie odhadována na **přibližně 48 kWh**. Z této hodnoty tvoří cca 57 % energie na ohřev skutečně spotřebované vody, avšak až **43 % připadá na nevyhnutelné tepelné ztráty** (nádrž, cirkulace) a spotřebu čerpadla. Samozřejmě náklady na cirkulaci by mohli být s využitím teplé vody od Teplárny Brno, ale tímto bychom pouze opticky pozměnili reálný výsledek.

Finální doporučení

Bohužel ohřev teplé vody s využitím sdílení je při ceně tepla v Brně méně výhodné než využití dodávky teplé vody od Teplárny Brno. Musí se tak najít jiný spotřební profil, který by efektivně využil nepotřebnou elektřinu ve skupinách sdílení. Pokud by se totiž ukázalo, že ohřev vody pomocí sdílení obyvatelů teplou vodu zdražuje, tak by mohlo dojít k podstatnému snížení důvěryhodnosti energetického společenství. Ohřev teplé vody pomocí sdílení je konkurenceschopný oproti ohřevu vody s využitím NT.

4. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Nové (plánované) výroby

Vyhodnocení investičních příležitostí FVE pro energetické společenství

Shrnutí pro rozhodování

Tento dokument porovnává tři potenciální projekty instalace fotovoltaických elektráren (FVE) na různých typech budov v Brně. Cílem je identifikovat nejvýhodnější investiční strategii pro energetické společenství.

Analýza jednoznačně ukazuje, že projekty na **Základní škole Kamínky** a **Komunitním centru Oblá** jsou ekonomicky vysoce atraktivní, s rychlou návratností investice kolem **5 let**. Naopak projekt na **rodinném domě** je kvůli vyšším specifickým nákladům a menšímu rozsahu výrazně méně rentabilní, s návratností téměř **8 let**.

Doporučení: Pro maximální efektivitu a rychlý růst společenství doporučujeme prioritně realizovat projekty na Základní škole a Komunitním centru. Tyto dvě investice zajistí nejrychlejší zhodnocení kapitálu a vytvoří stabilní tok příjmů pro další rozvoj.

Východiska a společné parametry modelu

Všechny projekty jsou hodnoceny za stejných obchodních podmínek, kdy energetické společenství EDHD je 100% investorem a provozovatelem FVE. Vzhledem k návratnosti byl zvolen model bez baterií. Pro výpočet byla brána plná cena bez odečtení 0,50 Kč na administraci, jelikož příjemcem je v obou případech EDHD. Podmínkou je, že bude možné na projekty využít dotaci RES+4 nebo KOMUNERG.

- **Dotace:** 40 % z celkových nákladů (programy RES+ / KOMUNERG), v textu použijeme konkrétní výpočet dotace z RES+, očekává se, že podmínky KOMUNERG budou obdobné.
- **Cena prodeje (lokální spotřeba):** 2,90 Kč/kWh + 0,50 Kč/kWh za správu (cena pro majitele budovy)
- **Cena prodeje (sdílené přetoky):** 1,50 Kč/kWh + 0,50 Kč/kWh za správu (cena pro ostatní členy společenství)
- **Cena elektřiny ze sítě (pro srovnání úspor):** 4,50 Kč/kWh

Detailní analýza jednotlivých projektů

Projekt 1: Základní škola (Kamínky 5, Brno)

kola s vysokou spotřebou energie a ideálními střešními plochami představuje typický "kotevní" projekt pro komunitní energetiku. Poměr spotřeb z FVE v ročním úhrnu je 34 100 kWh místní spotřeba a 18 400 kWh nasdíleno do ostatních budov.

Parametr	Hodnota
Roční spotřeba budovy	100 MWh
Navržený výkon FVE	50 kWp
Cena za instalaci	30 250 Kč/kWp s DPH
Celková investice	1 250 000 Kč plus 250 000 Kč příprava bez DPH, celkem 1 815 000 s DPH
Dotace (40 %)	637 500 Kč viz tabulka
Vlastní investice společenství	862 500 Kč
Celkový roční příjem	126 460 Kč (98 860 Kč místní spotřeba a 27 600 Kč sdíleno mimo budovu)
Návratnost investice (ROI)	6,8 roku

ROZPOČET			
	Doplňte předpokládané CELKOVÉ VÝDAJE v Kč	Doplňte předpokládané ZPŮSOBILE VÝDAJE v Kč	MAXIMÁLNÍ VÝŠE DOTACE (v Kč)
FVE	1 250 000,00 Kč	1 250 000,00 Kč	562 500,00 Kč
výdaje na vývojové investice (inovace konstrukcí střech a modernizace elektroinstalací) zahrňte do výdajů na FVE			
Bateriová úložiště	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Elektrolýzéry			0,00 Kč
Energetický management, řídicí technika, PP, propagace, TDI, AD a BOZP	250 000,00 Kč	250 000,00 Kč	75 000,00 Kč
Souhrnná maximální výše dotace na celý projekt (zohledňující velikost podniku) [Kč]			637 500,00 Kč

Hodnocení z pohledu společenství:

Jedná se o největší a nejvýnosnější projekt. I přes nejvyšší absolutní investici nabízí nejrychlejší návratnost a největší roční příjem. Tento projekt má potenciál generovat významný kapitál pro další investice. Navíc touto investicí získá společenství cca 26 250 Kč ročně na provoz společenství (poplatek na správu 0,50 Kč)

Projekt 2: Komunitní centrum (Oblá 505, Brno)

Středně velký projekt s příznivou cenou instalace, který představuje ideální kompromis mezi velikostí investice a její rentabilitou. Poměr spotřeb z FVE v ročním úhrnu je 9 450 kWh místní spotřeba a 6 300 kWh nasdíleno do ostatních budov.

Parametr	Hodnota
Roční spotřeba budovy	28,8 MWh
Navržený výkon FVE	15 kWp
Cena za instalaci	25 000 Kč/kWp
Celková investice	375 000 Kč + 75 000 Kč příprava
Dotace (40 %)	191 250 Kč
Vlastní investice společenství	258 750 Kč
Celkový roční příjem	36 855 Kč (27 405 Kč místní spotřeba a 9 450 Kč sdíleno mimo budovu)
Návratnost investice (ROI)	7,0 roku

ROZPOČET			
	Doplňte předpokládané CELKOVÉ VÝDAJE v Kč	Doplňte předpokládané ZPŮSOBITÉ VÝDAJE v Kč	MAXIMÁLNÍ VÝŠE DOTACE (v Kč)
FVE	375 000,00 Kč	375 000,00 Kč	168 750,00 Kč
výdaje na výkonnost investice (renovace konstrukcí střech a modernizace elektroinstalace) zahrnuté do výdajů na FVE			
Bateriová úložná	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Elektrolýzery			0,00 Kč
Energetický management, řídicí technika, PP, propagace, TDI, AD a BOZP	73 000,00 Kč	73 000,00 Kč	22 500,00 Kč
Souhrnná maximální výše dotace na celý projekt (zohledňující velikost podniku) [Kč]			191 250,00 Kč

Hodnocení z pohledu společenství:

Tzv. "zlatá střední cesta". S návratností téměř identickou jako u školy, ale s výrazně nižší počáteční investicí, je tento projekt vysoce efektivní. Je to ideální druhý projekt k realizaci. Dosáhnout ceny 25000 Kč na 1 kWp vyžaduje velmi optimalizovanou formu FVE. Při vyšší ceně se prodlouží prostá návratnost. I zde získá společenství prostředky na správu, ale budou jen velmi malé (cca 7 875 Kč ročně)

Projekt 3: Rodinný dům [REDACTED]

Malá instalace, která naráží na ekonomické limity kvůli vyšším fixním nákladům v poměru k celkovému výkonu. Poměr spotřeb v ročním úhrnu je 2 205 kWh místní spotřeba a 945 kWh nasdíleno do ostatních budov.

Parametr	Hodnota
Roční spotřeba budovy	4,8 MWh
Navržený výkon FVE	3 kWp
Cena za instalaci	40 000 Kč/kWp
Celková investice	120 000 Kč
Dotace (40 %)	49 757 Kč
Vlastní investice společenství	70 243 Kč

Celkový roční příjem	7 811 Kč (6 394 Kč místní spotřeba a 1 417 Kč sdíleno mimo budovu)
Návratnost investice (ROI)	9,0 roku

	Doplňte předpokládané CELKOVÉ VÝDAJE v Kč	Doplňte předpokládané ZPŮSOBILE VÝDAJE v Kč	MAXIMÁLNÍ VÝŠE DOTACE (v Kč)
FVE	100 000,00 Kč	100 000,00 Kč	43 757,06 Kč
výdaje na kypování investice (přeměny konstrukcí sítí a modernizace elektroinstalací) zahrňte do výdajů na FVE			
Bateriová úložná	0,00 Kč	0,00 Kč	0,00 Kč
Elektrolyzéry			0,00 Kč
Energetický management, řídicí technika, PP, propagace, TDI, AD a BOZP	20 000,00 Kč	20 000,00 Kč	6 000,00 Kč
Souhrnná maximální výše dotace na celý projekt (zohledňující velikost podniku) [Kč]			49 757,06 Kč

Hodnocení z pohledu společenství:

Ačkoliv je projekt pro majitele domu stále přínosný, pro společenství je jeho ekonomická efektivita výrazně nižší. Kapitál je zde vázán na podstatně delší dobu. Realizace takových projektů je vhodná spíše v situaci, kdy společenství disponuje volným kapitálem a chce rozšířit členskou základnu.

Finální srovnání a strategické doporučení

Následující tabulka přímo porovnává klíčové ukazatele všech tří projektů z pohledu investora.

Objekt	Investice společenství	Roční příjem	Návratnost investice (ROI)	Priorita
Základní škola	862 500 Kč	126 460 Kč	6,8 roku	1 (Nejvyšší)
Komunitní centrum	258 750 Kč	36 855 Kč	7,0 roku	2 (Vysoká)
Rodinný dům	70 243 Kč	7 811 Kč	9,0 roku	3 (Nízká)

Závěr

Analýza jasně ukazuje, že **klíčem k efektivnímu a rychlému rozvoji energetického společenství je zaměření na větší instalace (nad 10 kWp)**, kde se pozitivně projevují úspory z rozsahu a nižší cena za instalovaný kWp.

Doporučujeme postupovat ve dvou fázích:

1. **Fáze 1:** Realizovat projekty **ZŠ Kamínky** a **Komunitní centrum Oblá**. Tím společenství investuje celkem 1 121 250 Kč a zajistí si roční příjem téměř 165 000 Kč s návratností kolem 7 let. Zároveň tím získá dodatečný příjem na správu 34 000 Kč ročně.
2. **Fáze 2:** Z příjmů generovaných v první fázi a s novým kapitálem zvážit realizaci menších projektů typu rodinných domů, případně jejich "seskupení" do jednoho balíku pro snížení administrativních nákladů.

Finální rozhodnutí o velikosti FVE by bylo vhodné dopřesnit po zapojení objektů do sdílení a získání jejich přesného profilu spotřeby v horizontu 12 měsíců.

5. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Potenciál dalších zdrojů energie

Strategie je postavena na dvoufázovém, data-driven přístupu, který minimalizuje počáteční riziko pro nové členy a maximalizuje hodnotu pro celé energetické společenství.

5.1 Fáze 1: Identifikace, oslovení a sběr dat (Horizont: 12 měsíců)

Cílem této fáze je aktivně rozšířit členskou základnu o subjekty s vysokým potenciálem a shromáždit nezbytná data pro kvalifikované rozhodnutí o budoucích investicích do výrobních zdrojů.

5.1.1 Definice a oslovení cílové skupiny

- **Primární cíl:** Podnikatelské subjekty, zejména ty s **jednosměnným provozem** (lehká výroba, komerční prostory, kanceláře, maloobchod) s vhodnou střechou, ale bez FVE.
- **Proč tato skupina?** Tyto profily vykazují **vysokou přirozenou synergii s výrobou FVE**. Jejich hlavní spotřeba probíhá během pracovních dnů (typicky 7:00–17:00), což se téměř dokonale kryje s výrobou fotovoltaické elektrárny. Z hlediska investice je tento sektor vysoce atraktivní.

5.1.2 Nabídka nízkorizikového zapojení

- **Počáteční nabídka:** Novým potenciálním členům z podnikatelského sektoru nebude primárně nabízena investice do FVE, ale **zapojení do již existující skupiny pro sdílení elektřiny**.
- **Hodnotová propozice:** Podnikatel získá možnost odebírat levnější, lokálně vyrobenou energii a snížit si tak náklady, aniž by musel nést jakékoliv počáteční investiční náklady (CAPEX) nebo rizika spojená s výstavbou a provozem vlastního zdroje.

5.1.3 Proces zapojení a sběr dat

- **Administrativní kroky:** Společenství poskytne novému členovi plnou podporu při administrativních krocích. To zahrnuje zejména zajištění instalace **průběhového měření (elektroměr typu B)**, což je povinností provozovatele distribuční soustavy (PDS) provést do jednoho měsíce od založení požadavku v EDC. Následně bude jeho spotřební místo (EANO) zaregistrováno do skupiny sdílení v systému EDC.
- **Cíl fáze:** Hlavním cílem tohoto 12měsíčního období je **sběr reálných dat o spotřebě v 15minutové granulitě**. Tato data jsou naprosto klíčová pro další fázi.

5.2 Fáze 2: Vyhodnocení a nabídka strategického partnerství (Po 12 měsících)

Po získání dostatečného množství dat přejde společenství do fáze aktivní nabídky, která bude směřována pouze na nejvhodnější profily identifikované v první fázi.

5.2.1 Analýza a výběr vhodných profilů

- **Vyhodnocení dat:** Na základě nasbíraných 15minutových dat bude provedena detailní analýza spotřebního profilu každého zapojeného podnikatele.
- **Identifikace ideálního partnera:** Jako nejvhodnější partner pro výstavbu nové FVE bude vybrán subjekt, jehož spotřební křivka nejlépe odpovídá výrobní křivce FVE. Cílem je maximalizace **synchronizované spotřeby**, nikoli pouhá maximalizace výroby.

5.2.2 Nabídka výstavby FVE dle "modelu Farma Hostěrádky"

Vybraným subjektům bude nabídnut model spolupráce, který je oboustranně výhodný a minimalizuje bariéry pro zapojení:

- **Princip modelu:**
 1. **Podnikatel poskytne nevyužitý majetek:** Nabídne vhodnou střechu nebo pozemek pro instalaci FVE.
 2. **Společenství financuje a realizuje FVE:** Energetické společenství na sebe vezme veškeré investiční náklady (CAPEX) a zajistí výstavbu a zprovoznění elektrárny na klíč.
 3. **Podnikatel se stává prémiovým odběratelem:** Podnikatel se smluvně zaváže k dlouhodobému odběru vyrobené elektřiny za předem dohodnutou, fixní a výhodnou cenu. Dle modelových příkladů ve studii je cena pro lokální sdílení stanovena na **2,90 Kč/kWh¹**, což může sloužit jako základ pro cenotvorbu (pozn.: cena 3,4 Kč/kWh je plně v souladu s tímto principem, 0,5 Kč je na provoz společenství).

5.2.3 Vzájemné výhody modelu

Tento přístup vytváří skutečné partnerství s jasně definovanými přínosy pro obě strany:

- **Výhody pro podnikatele:**
 - **Nulová počáteční investice:** Nemusí financovat FVE v řádu stovek tisíc až milionů korun.
 - **Okamžitá a dlouhodobá úspora:** Získává přístup k levnější elektřině a fixuje si její cenu, čímž se chrání proti budoucí volatilitě na trhu.
 - **Zhodnocení nevyužitých prostor:** Efektivně využije vlastní střechu bez jakýchkoliv nákladů.
 - **Bezstarostný provoz:** Veškerou zodpovědnost za údržbu, servis a legislativu nese energetické společenství.
- **Výhody pro energetické společenství:**
 - **Zajištění stabilního odběratele:** Získá velkého a predikovatelného spotřebitele, který maximalizuje využití vyrobené energie v místě výroby.

- **Maximalizace hodnoty vyrobené energie:** Energie spotřebovaná v místě je finančně nejvýhodnější, protože nahrazuje nejdražší složku ceny ze sítě a neplatí se za ni distribuční poplatky.
- **Udržitelný růst:** Tento model umožňuje společenství efektivně reinvestovat prostředky a rozšiřovat své výrobní kapacity, což přináší prospěch všem jeho členům. Investice je s minimálním rizikem, pokud podnikatel nezkrachuje, nebo zásadně nezmění profil výroby.

Nedoporučujeme stavět elektrárny bez znalosti profilů. Návratnost investic je významně navázána na množství elektřiny spotřebované lokálně bez využití distribuční sítě.

6. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Akumulace

6.1 Akumulace – technicko-ekonomický pohled

6.1.1 Finanční mechanismy sdílení: Dekonstrukce ceny

Ekonomika sdílení je založena na nahrazení drahé elektřiny ze sítě levnější, lokálně vyrobenou energií.

Svoboda v cenotvorbě: Cena samotné sdílené elektřiny, tedy její tzv. silové složky, není státem regulována. Je předmětem smluvní dohody mezi členy skupiny. To umožňuje flexibilní nastavení od nulové ceny (např. v rámci rodiny) až po tržní ceny, jako jsou 2,90 Kč/kWh pro lokální sdílení nebo 1,50 Kč/kWh pro sdílení mimo lokalitu, jak je specifikováno v předpokladech této studie.

Regulovaná složka: V případech, kdy je elektřina sdílena přes veřejnou distribuční síť (tj. u modelů Aktivní zákazník a Energetické společenství), musí příjemce stále hradit plnou výši regulované složky ceny svému distributorovi. Tato složka zahrnuje poplatky za distribuci, systémové služby a příspěvek na podporované zdroje energie (POZE). Tvoří přibližně polovinu celkové ceny elektřiny ze sítě, což znamená, že sdílená elektřina při využití sítě není nikdy zcela zdarma.

Skutečná hodnota: Finanční přínos pro investora plyne z nahrazení drahé, neregulované silové složky elektřiny ze sítě levnější energií z vlastního zdroje. Čím vyšší je tržní cena silové elektřiny, tím větší je výnos investora a společenství a atraktivita investice. Výjimka pro sdílení "za HDS" je zde klíčová – jelikož se neplatí ani regulovaná složka, úspora se vztahuje na celou cenu elektřiny, což dramaticky mění ekonomiku projektu pro bytové domy.

6.1.2 Charakteristika spotřebních profilů a výroby FVE

Úspěch investice do FVE se sdílením závisí na co nejlepší synchronizaci mezi výrobou a spotřebou elektřiny. Tato kapitola analyzuje obě strany této rovnice: typické průběhy spotřeby v cílových sektorech a charakteristický profil výroby FVE v klimatických podmínkách České republiky.

6.2 Rytmus spotřeby: Analýza specifických zátěžových křivek

Pro modelování byly vytvořeny archetypální 24hodinové a roční profily spotřeby pro každý z pěti zkoumaných sektorů. Jako základ posloužily principy Typových diagramů dodávky (TDD), doplněné o specifická data pro jednotlivé segmenty.

6.2.1 Podnikatelský sektor

Tento sektor je vysoce heterogenní. Pro účely analýzy byly vytvořeny dva klíčové archetypy:

1. *Jednosměnný provoz (výroba/komerční prostory):* Charakterizuje ho vysoká spotřeba během pracovních dnů, typicky od 7:00 do 17:00, s minimální spotřebou o víkendech a v noci. Tento profil vykazuje vysokou přirozenou synergii s výrobou FVE.
2. *Vícesměnný/nepřetržitý provoz (např. datová centra, chladírny):* Vyznačuje se plochou a vysokou základní spotřebou 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. FVE dokáže pokrýt pouze část denní spotřeby, zatímco v noci přetrvává značný deficit. Přestože je zde přirozená míra okamžité vlastní spotřeby vysoká, investiční logika se méně zaměřuje na dosažení 80% cíle a více na prostou návratnost FVE jako nástroje na snížení nákladů na elektřinu odebranou ze sítě.

6.2.2 Veřejný sektor (obecní úřady, administrativní budovy)

Profil je velmi podobný komerčním kancelářským budovám. Dominantní je denní spotřeba během pracovní doby v pracovní dny (osvětlení, výpočetní technika, klimatizace), s velmi nízkou spotřebou v noci a o víkendech. Přirozená synergie s výrobou FVE je vysoká.

6.2.3 Školská zařízení

Z hlediska synchronizace výroby a spotřeby představují ideální profil. Spotřeba je masivní a koncentrovaná do vyučovacích hodin (typicky 8:00–16:00), což se téměř dokonale kryje s vrcholem výroby FVE. Během víkendů a zejména během letních prázdnin spotřeba dramaticky klesá. Právě toto období se shoduje s maximální produkcí FVE, což generuje obrovské a predikovatelné přebytky energie, ideální pro sdílení v rámci lokální komunity. Škola tak není pouhým spotřebitelem, ale stává se ideálním "kotevním výrobcem" pro ziskové lokální energetické společenství, které může v létě zásobovat například obecní koupaliště nebo klimatizované komerční provozy.

6.2.4 Bytové domy

Tento segment je charakteristický tzv. "kachní křivkou" (duck curve). Spotřeba má dvě výrazné špičky: menší ranní (6:00–9:00) a výrazně větší večerní (17:00–22:00). Uprostřed dne, kdy je výroba FVE nejvyšší, je spotřeba obyvatel typicky nejnižší, protože jsou v práci nebo ve škole. Tento profil má nejhorší přirozenou synergii s výrobou FVE, což činí bateriové úložiště prakticky nezbytnou součástí systému pro dosažení vysoké míry vlastní spotřeby. Z druhé strany domy nad 4 podlaží mají většinou tak velkou střechu, že se při správném alokačním klíči rozdělí veškerá vyrobená elektřina. Lze zde využít principu sdílení bez distribuční sítě v maximální možné podobě.

6.2.5 Rodinné domy

Jedná se o zmenšenou verzi profilu bytového domu. Ranní a večerní špičky jsou výrazné. Spotřeba uprostřed dne se může lišit v závislosti na přítomnosti osob (např. práce z domova), ale obecně je nižší než večerní špička. Přirozená synergie s výrobou FVE je nízká. Vzhledem k fixním nákladům investice do FVE se navíc jedná o malé zdroje, kde investiční náročnost na 1 kWp je většinou až o 50% vyšší než u větších instalací u předešlých profilů.

6.3 Rytmus výroby: Produkce FVE v českém klimatu

Výroba elektřiny z fotovoltaických panelů je determinována přírodními cykly.

6.3.1 Roční křivka

Výroba FVE je vysoce sezónní. Drtivá většina roční produkce je generována v období od března do října. Naopak, produkce v zimních měsících (listopad až únor) je minimální a často nedosahuje ani třetiny letních hodnot. Tento fakt vytváří strukturální energetický deficit v zimním období pro všechny typy spotřebitelů.

6.3.2 Denní křivka

Během dne výroba opisuje předvídatelnou zvonovou křivku. Začíná po východu slunce, vrcholí kolem poledne (mezi 12:00 a 13:00) a končí před západem slunce. Přítomnost oblačnosti může způsobit výrazné a rychlé výkyvy ve výkonu.

6.3.3 Geografické rozdíly

Potenciál výroby se v rámci České republiky liší. Jižní Morava má vyšší úroveň slunečního záření (přibližně 1 150 kWh/kWp/rok) ve srovnání se severními oblastmi (přibližně 950 kWh/kWp/rok). Pro účely této studie je pro základní výpočty použita konzervativní průměrná hodnota 1 000 kWh na 1 kWp instalovaného výkonu za rok což zohledňuje i případné odstávky, poruchy apod..

6.4 Synchronizační výzva: Sladění výroby a spotřeby

Jádro problému pro dosažení vysoké míry lokální spotřeby spočívá v časovém nesouladu mezi výrobou a spotřebou. Překrytím výrobní křivky FVE na spotřební profily jednotlivých sektorů lze vizualizovat období energetických přebytků (výroba > spotřeba) a deficitů (spotřeba > výroba). Díky sdílení má každé odběrné místo zákonné právo na výměnu elektroměru, díky tomu bude vždy při rozhodování o investici k dispozici skutečný profil v granule 15 minut a bude možné zcela přesně definovat ideální velikost FVE.

Tato vizualizace jasně ukazuje, proč je dosažení cíle 80% lokální spotřeby bez akumulace relativně snadné pro školská zařízení, ale prakticky nemožné pro bytové a rodinné domy. Velikost poledního přebytku a večerního deficitu přímo určuje potřebnou kapacitu bateriového úložiště, která bude analyzována v kapitole 4. S ohledem na rozdíl cen sdílení jsme stanovili modelový cíl 80% lokální spotřeby, a tak není jen technickým parametrem, ale strategickým omezením, které nutí investora internalizovat problém energetického nesouladu. Namísto jednoduché maximalizace výroby a prodeje přebytků za nízkou cenu se investiční kalkulace posouvá k maximalizaci *synchronizované spotřeby*. Tím se bateriové úložiště stává z volitelného doplňku centrálním prvkem obchodního modelu pro profily s nízkou přirozenou synergií.

Tabulka 2: Charakteristiky archetypálních spotřebních profilů

Kategorie spotřebitele	Špička spotřeby (všední den)	Špička spotřeby (víkend)	Klíčové sezónní faktory	Přirozená synergie s FVE
Podnik (1 směna)	07:00–17:00	Nízká	Stabilní	Vysoká
Podnik (24/7)	Plochý profil	Plochý profil	Stabilní (může růst v létě kvůli chlazení)	Střední
Veřejný sektor	08:00–17:00	Nízká	Stabilní	Vysoká

Školské zařízení	08:00–16:00	Velmi nízká	Velké snížení spotřeby v létě	Velmi vysoká
Bytový dům	06:00–09:00, 17:00–22:00	Rozložená, odpolední špička	Vyšší v zimě (osvětlení)	Nízká
Rodinný dům	06:00–09:00, 17:00–22:00	Rozložená, odpolední špička	Vyšší v zimě (osvětlení)	Nízká

6.5 Srovnávací investiční analýza

Tato kapitola představuje jádro této části studie. Všechny modely jsou založeny na FVE dimenzované tak, aby ideálně dosáhla cíle 80% lokálního využití vyrobené elektřiny, což si u jednotlivých profilů vyžádá odlišný poměr mezi výkonem FVE a kapacitou bateriového úložiště. V základním modelu porovnáváme podnikatelský objekt s baterií a bez. U konkrétních staveb je tento model využit dle spotřebních profilů.

6.5.1 Podnikatelský sektor

6.5.1.1 Profil spotřeby a dimenzování systému

Pro modelaci byl zvolen archetyp jednosměnného komerčního provozu (např. lehká výroba, kanceláře, maloobchod) s vysokou přirozenou synergií s výrobou FVE.

- **Roční spotřeba:** Modelový podnik má roční spotřebu elektřiny 50 MWh.
- **Dimenzování FVE:** Pro pokrytí významné části této spotřeby a s ohledem na cíl 80% lokálního využití je navržen systém o výkonu 40 kWp. Roční výroba takového systému je odhadována na 40 MWh.
- **Dosažení 80% lokální spotřeby:** Díky vysokému souběhu denní spotřeby a výroby se předpokládá míra okamžité vlastní spotřeby na úrovni 65 %. Pro dosažení cíle 80 % je tedy nutné uložit a následně spotřebovat dalších 15 % výroby (6 MWh/rok). To vyžaduje bateriové úložiště s kapacitou přibližně 30 kWh, schopné pokrýt pozdně odpolední a případné víkendové směny.

6.5.1.2 Finanční modelování a návratnost investice - vzor - podnikatelský objekt

Varianta s baterií:

- **Investiční náklady (CAPEX):** Celkové náklady na FVE 40 kWp a baterii 30 kWh jsou odhadovány na 1 900 000 Kč. Po odečtení dotace z Modernizačního fondu (program RES+4 pro podniky, míra podpory až 50 %) činí čistá investice přibližně 1 175 000 Kč.
- **Výpočet ročního finančního přínosu:**
 - **Bez distribuční sítě:** 80 % výroby (32 MWh) nahradí nákup ze sítě. Při ceně 2,90 Kč/kWh to představuje roční výnos 92 800 Kč.
 - **Příjmy ze sdílení:** Zbývajících 20 % výroby (8 MWh) je sdíleno.
 - *Mimolokalitní model:* 8 000 kWh * 1,50 Kč/kWh = 12 000 Kč.

- **Návratnost investice:** Výsledky jsou shrnuty v tabulce níže.

Varianta bez baterií:

- **Investiční náklady (CAPEX):** Celkové náklady na FVE 40 kWp jsou odhadovány na 1 450 000 Kč. Po odečtení dotace z Modernizačního fondu (program RES+4 pro podniky, míra podpory až 50 %) činí čistá investice přibližně 856 000 Kč.
- **Výpočet ročního finančního přínosu:**
 - **Bez distribuční sítě:** 68 % výroby (27 MWh) nahradí nákup ze sítě. Při ceně 2,90 Kč/kWh to představuje roční výnos 78 300 Kč.
 - **Příjmy ze sdílení:** Zbývajících 32 % výroby (13 MWh) je sdíleno.
 - *Mimolokalitní model:* 13 000 kWh * 1,50 Kč/kWh = 19 500 Kč.
- **Návratnost investice:** Výsledky jsou shrnuty v tabulce níže.

6.5.1.3 Strategická interpretace a ideální sub-profil

Investice je pro podnikatelský sektor vysoce atraktivní, zejména v modelu lokálního sdílení. Ideálními kandidáty jsou podniky v průmyslových parcích nebo obchodních zónách, kde je snadné vytvořit energetické společenství s dalšími firmami a realizovat tak vyšší výkupní cenu. Pro podniky s 24/7 provozem je investice rovněž rentabilní, ale návratnost je delší, protože FVE pokrývá menší procento celkové spotřeby a vyžaduje větší baterii pro dosažení 80% cíle. V první fázi na modelových příkladech ověříme, zda je vhodné uvažovat o instalaci baterie nebo instalaci bez baterie.

Tabulka 3: Souhrn investiční analýzy – Podnikatelský sektor

Parametr	Lokální model sdílení	Poznámky
Předpokládaná roční spotřeba	50 MWh	
Požadovaný výkon FVE	40 kWp	Investice cca 1,1 mio. Kč
Požadovaná kapacita baterie	30 kWh	Investice cca 450 tis. Kč plus dokumentace a EM cca 350 tis. Kč
Čistá investice (po dotaci)	1 175 000 Kč	Po odečtení dotace
Roční výnos lokální	92 800 Kč	2,9 Kč / kWh
Roční příjmy ze sdílení mimo lokalitu	12 000 Kč	1,5 Kč / kWh
Celkový roční přínos	104 800 Kč	

Jednoduchá doba návratnosti	11,21 roku	Bez započtení ceny peněz a inflace

Parametr	Lokální model sdílení	Poznámky
Předpokládaná roční spotřeba	50 MWh	
Požadovaný výkon FVE	40 kWp	Investice cca 1,1 mio. Kč
Požadovaná kapacita baterie	0 kWh	dokumentace a EM cca 350 tis. Kč
Čistá investice (po dotaci)	856 000 Kč	Po odečtení dotace
Roční výnos lokální	78 300 Kč	2,9 Kč / kWh
Roční příjmy ze sdílení mimo lokalitu	19 500 Kč	1,5 Kč / kWh
Celkový roční přínos	97 800 Kč	
Jednoduchá doba návratnosti	8,75 roku	Bez započtení ceny peněz a inflace

Dle výpočtů je zřejmé, že i při snížení lokální spotřeby může být výhodnější instalace bez baterie. Vždy tak počítáme inkrementální analýzu použití baterie.

Na výpočet takové analýzy budeme potřebovat 2 základní parametry. Prvním je rozdělení lokální spotřeby a sdílení přes distribuční síť dle výpočtu profilů. V našem profilu se jednalo 80% s baterií vs. 68% bez baterie.

Pro základní rozvahu jsme připravili výpočetní tabulku, která je přílohou studie.

6.6 Strategická role a ekonomika bateriového úložiště

Zatímco předchozí kapitola hodnotila FVE a baterii jako integrovaný systém, tato část se zaměřuje na specifický požadavek odděleného posouzení návratnosti samotného bateriového úložiště. Toto

hodnocení je klíčové pro pochopení, zda a za jakých podmínek je akumulace ekonomicky racionálním rozhodnutím.

6.6.1 Technická funkce: Baterie jako nástroj ekonomické arbitráže

V kontextu sdílení energie a tržních cen není primární funkcí baterie pouhé skladování energie, ale spíše **ekonomická arbitráž**.

Baterie umožňuje zachytit energii v době, kdy je její hodnota pro majitele nízká (např. polední přebytek, který by se jinak prodal za hodnoty okolo 0 Kč/kWh), a využít ji v době, kdy je její hodnota vysoká (např. večer, kdy by se musela nakupovat ze sítě za 5,00 Kč/kWh). Ziskovost baterie je tedy přímo úměrná tomuto cenovému rozpětí (spreadu). Investice do baterie je tak implicitně sázkou na pokračující nebo rostoucí volatilitu cen elektřiny a na udržení výrazného rozdílu mezi cenou špičkové a mimošpičkové energie.

Další příležitostí je využití baterie jako součást služeb výkonové rovnováhy nově také flexibility. Bohužel trh s flexibilitou je prozatím omezen na dodavatele elektřiny, který do daného přípojného místa dodává elektrickou energii.

U samotné ekonomické arbitráže je nutné do kalkulací zahrnout dva zásadní fakty, první je při nákupu zahrnout do kalkulace regulované složky dodávky el. energie a dále cenu jednoho cyklu. Cena jednoho cyklu je počítána jako vložená investice / počet garantovaných cyklů. Pokud by dotace na samostatně stojící baterie měli stejné parametry jako RES+4, pak v našem případě kdy investiční náklady na baterii o kapacitě 30 kWh po odečtení dotace je 319 tis. Kč a při běžné garanci 5000 cyklů je cena cyklu 63,80 Kč, což vychází na 2,12 Kč / kWh. Na trhu jsou k dispozici i baterie s garancí 8000 cyklů a zde by cena cyklu byla 39,88 Kč, což vychází na 1,33 Kč na kWh. Pokud k tomu přidám průměrnou hodnotu regulovaných složek ceny 2,25 Kč, musí být rozdíl cen v ekonomické arbitráži minimálně 3,60 Kč / kWh i v případě lepších cen na straně investice lze tuto hodnotu posunout o zhruba 0,30 Kč / kWh.

Ačkoliv LEX OZE III zajistilo možnost stavby bateriového úložiště bez zdroje je její využití na pouhou cenovou arbitráž méně výhodné, než baterii postavit v místě výroby. Zde výpočet zohledňuje cenu na prodej v místě a na prodej přes distribuční síť. Rozdíl cen zde je zvažován na úrovni 1,4 Kč (2,90 Kč vs. 1,50 Kč) což výrazně zlepšuje ekonomiku provozu baterie.

Při aktuálních podmínkách je ročně takových arbitráží (jen 80% cyklu) cca 350 a rozdíl jen na těchto cyklech činí 18 500 Kč za rok ve prospěch baterie spojené s výrobou.

6.6.2 Samostatné ekonomické hodnocení: Inkrementální analýza návratnosti

Pro izolaci finančního přínosu baterie byla použita metoda inkrementální analýzy návratnosti. Tento přístup porovnává dva scénáře: systém pouze s FVE a systém s FVE a baterií.

1. **Základní scénář (pouze FVE):** V tomto scénáři je veškerá energie, která není okamžitě spotřebována, sdílena do sítě za nižší cenu. Míra vlastní spotřeby je nízká (např. 30 % u rodinného domu nebo 60 až 70% u podnikatelský a veřejných budov).
2. **Rozšířený scénář (FVE + baterie):** Tento scénář odpovídá modelu z kapitoly 3, kde systém dosahuje 80% lokální spotřeby.
3. **Inkrementální analýza:**

- *Inkrementální náklad*: Čisté náklady na pořízení bateriového systému (cena po odečtení příslušné části dotace).
- *Inkrementální přínos*: Rozdíl mezi celkovým ročním přínosem rozšířeného a základního scénáře.
- *Doba návratnosti baterie*: Inkrementální náklad / Inkrementální přínos.

Tento přístup transparentně ukazuje, jaký dodatečný finanční přínos baterie generuje a za jak dlouho se její specifická část investice vrátí.

Tabulka 8: Inkrementální analýza návratnosti baterie (Příklad: dle bodu 3)

Parametr	Scénář pouze s FVE	Scénář FVE + 10 kWh baterie	Inkrementální rozdíl (přínos baterie)
Čistá investice	856 000 Kč	1 175 000 Kč	319 000 Kč (náklad na baterii)
Míra lokální spotřeby	68 %	80 %	+12 %
Roční výnos z lokálního sdílení	78 300 Kč	92 800 Kč	+14 500 Kč
Roční příjmy ze sdílení	19 500 Kč	12 000 Kč	-7 500 Kč
Celkový roční přínos	104 800 Kč	104 800 Kč	+7 000 Kč (přínos baterie)
Doba návratnosti baterie	-	-	45,6 let

Analýza ukazuje, že ačkoliv je baterie nezbytná pro splnění 80% cíle a zvyšuje celkovou soběstačnost, její samostatná návratnost je při současných cenách a dotacích velmi dlouhá. Toto zjištění poukazuje na napětí mezi strategickým cílem (vysoká soběstačnost) a čistě ekonomickou optimalizací.

6.6.3 Strategie optimálního dimenzování baterie

Princip klesajících výnosů je u baterií obzvláště patrný. Prvních několik kWh kapacity přináší nejvyšší hodnotu, protože pokrývá pravidelnou večerní špičku spotřeby. Každá další přidaná kWh kapacity je využívána méně často (pouze v dnech s největšími přebytky) a generuje tak nižší návratnost.

Z čistě ekonomického hlediska je optimální kapacita baterie taková, která dokáže pokrýt průměrnou denní spotřebu mimo hodiny slunečního svitu, nikoli kapacita potřebná k uložení maximálních letních přebytků.

Zadaný cíl 80% lokální spotřeby může v některých případech (zejména u rezidenčních profilů) nutit investora k dimenzování baterie nad tento ekonomický optim, což je potřeba zohlednit v investičním rozhodování.

Budoucí vývoj trhu však může ekonomiku baterií zásadně změnit. Novela Lex OZE III zavádí koncept **agregace flexibility**, který v budoucnu umožní majitelům baterií nabízet služby pro stabilizaci sítě a získat tak další zdroj příjmů, zcela nezávislý na arbitráži cen elektřiny.²

Investor, který dnes pořídí bateriový systém s pokročilým řízením a schopností komunikovat s agregátorem, si tak kupuje opci na budoucí zisky, které současné modely návratnosti ještě nezohledňují.

6.7 Navigace v investičních nákladech a dotačních programech

Tato kapitola poskytuje konkrétní data o nákladech a dotačních možnostech, která jsou základem pro finanční modely uvedené v předchozích částech.

6.7.1 Rozpad kapitálových výdajů (CAPEX) v roce 2025

Fotovoltaické systémy: Analýza trhu ukazuje, že celkové náklady na instalaci FVE na klíč se v roce 2025 pohybují v rozmezí 18 000 až 40 000 Kč za kWp, v závislosti na velikosti systému, použitých komponentech a složitosti instalace.

Pro modelové výpočty v této studii je použita průměrná hodnota 32 000 Kč/kWp pro menší systémy a 27 500 Kč/kWp pro větší instalace (to je optimální hodnota s ohledem na podmínky RES+4).

Bateriová úložiště: Standardem na trhu jsou baterie technologie LiFePO₄ (Lithium-železo-fosfát), které nabízejí dobrý poměr mezi cenou, životností a bezpečností.⁴⁹

Ceny kompletních bateriových systémů včetně BMS a instalace se pohybují mezi 8 000 a 15 000 Kč za kWh využitelné kapacity. Globální trendy naznačují pokračující pokles cen baterií, což představuje potenciální příležitost pro investory, kteří mohou s realizací projektu vyčkat.

U volby bateriového úložiště je vhodné jako parametr výhodnosti vypočítat náklady na jeden cyklus ne pouze investiční náklady na celek.

6.7.2 Maximalizace podpory: Strategický průvodce dotacemi

Dotační programy jsou klíčovým faktorem, který ovlivňuje ekonomickou návratnost projektů FVE. Jejich struktura zároveň odráží strategické cíle státu.

Nová zelená úsporám (NZÚ): Jedná se o primární dotační program pro rezidenční sektor.

- *Rodinné domy:* Podpora je poskytována formou jednotkových sazeb za instalovaný výkon FVE (10 000 Kč/kWp) a kapacitu baterie (10 000 Kč/kWh). Klíčový je bonus ve výši 40 000 Kč pro systémy s chytrým řízením, které jsou zapojeny do komunitního sdílení energie. Tato struktura přímo podporuje modely analyzované v této studii. Podmínkou pro získání dotace je povinná instalace bateriového úložiště.
- *Bytové domy:* Program nabízí vyšší sazby podpory (15 000 Kč/kWp) a navíc bonus 10 000 Kč za každou bytovou jednotku, která se do sdílení zapojí.

Modernizační fond: Je hlavním zdrojem financování pro veřejný a komerční sektor.

- *Veřejný sektor a komunity:* Specifické výzvy, jako je RES+ č. 4/2025, podporují komunální a komunitní projekty FVE s mírou podpory až 45 % na FVE a 30 % na baterie. Pro subjekty zřizované obcemi může podpora dosáhnout až 70 %.
- *Podniky:* Různé výzvy v rámci programu RES+ podporují instalace FVE pro vlastní spotřebu, často s mírou podpory až 50 % způsobilých výdajů.

Struktura dotačních programů jasně ukazuje, že státní podpora není pouhou slevou, ale aktivním politickým nástrojem. Povinná akumulace a bonusy za sdílení v programu NZÚ motivují domácnosti k přijetí technologických řešení (FVE + baterie) a tržních modelů (komunitní energetika), které přispívají ke stabilitě distribuční sítě a urychlují přechod k decentralizované energetice.⁴⁴ Investoři jsou tak v podstatě finančně odměňováni za implementaci řešení, které je prospěšné pro celou energetickou soustavu.

Tabulka 9: Přehled klíčových dotačních programů pro FVE v roce 2025

Program	Cílový žadatel	Podpora FVE (Kč/kWp)	Podpora baterie (Kč/kWh)	Klíčové podmínky a poznámky
Nová zelená úsporám	Rodinné domy	10 000	10 000	Max. 140 000 Kč, povinná baterie, bonus 40 000 Kč za sdílení.
Nová zelená úsporám	Bytové domy (SVJ)	15 000	10 000	Bonus 10 000 Kč za zapojený byt.
Modernizační fond (RES+)	Obce, kraje, církve	Až 70 % nákladů	Až 70 % nákladů	Podpora komunitních projektů, sdružené instalace.
Modernizační fond (RES+)	Podniky	Až 50 % nákladů	Až 50 % nákladů	Podmínkou je vlastní spotřeba vyrobené elektřiny.

6.8 Strategická doporučení a výhled trhu

Tato závěrečná kapitola syntetizuje zjištění celé studie do konkrétních doporučení a poskytuje výhled na budoucí vývoj trhu s komunitní energetikou v České republice.

6.8.1 Syntéza zjištění: Matice investiční atraktivity

Na základě provedené analýzy lze jednotlivé sektory seřadit podle jejich investiční atraktivity.

- **Nejvyšší atraktivita:**
 - **Školská zařízení:** Téměř dokonalá synergie spotřeby a výroby, minimální potřeba drahé akumulace a vysoké dotace vedou k nejkratší době návratnosti. Jsou ideálními kotevními body pro lokální energetická společenství.
 - **Bytové domy (model "za HDS"):** Osvobození od distribučních poplatků činí tento model zdaleka nejvýnosnějším v rezidenčním sektoru.
 - **Podniky (jednosměnný provoz):** Vysoká přirozená spotřeba během dne a přístup k vysokým dotacím zajišťují rychlou návratnost, zejména v rámci lokálního sdílení v podnikatelských parcích.
- **Střední atraktivita:**
 - **Veřejný sektor (administrativní budovy):** Dobrá synergie a přístup k dotacím zajišťují solidní návratnost, i když je delší než u škol.
 - **Podniky (24/7 provoz):** Vysoká celková spotřeba zaručuje využití veškeré vyrobené elektřiny, ale FVE pokrývá menší procento celkové potřeby, což prodlužuje návratnost investice v poměru k celkovým nákladům na energie.
- **Nejvyšší komplexita:**
 - **Rodinné domy:** Návratnost je nejdelší a je silně závislá na dotacích a efektivním využití baterie. Ziskovost lokálního modelu je podmíněna úspěšným vytvořením mikro-komunity v sousedství.

6.8.2 Klíčové rizikové faktory a strategie jejich zmírnění

- **Legislativní riziko:** Pravidla pro sdílení, zejména výše regulovaných poplatků, se mohou v budoucnu změnit.
 - *Zmírnění:* Zaměřit se na maximalizaci přímé vlastní spotřeby, která je vůči změnám pravidel pro sdílení imunní.
- **Cenové riziko:** Prudký pokles tržních cen elektřiny by prodloužil dobu návratnosti.
 - *Zmírnění:* Uzavírat v rámci energetických společenství dlouhodobější dohody o sdílení s fixní cenou, které stabilizují příjmy. Dlouhodobé snižování cen pod aktuální hodnoty se nedá předpokládat, jelikož základní cenu lze odvodit od jaderných elektráren v EU a zde jsou dlouhodobé hodnoty na úrovni 80 EUR za MWh.
- **Komunitní riziko:** Pro lokální model je klíčovým rizikem neschopnost vytvořit nebo udržet stabilní komunitu odběratelů.
 - *Zmírnění:* Zakotvit společenství kolem stabilních partnerů, jako jsou obecní budovy nebo komerční provozy s predikovatelnou spotřebou.

6.8.3 Budoucí trendy: Příprava na trh po roce 2026 nebo spíše 2028

Trh s komunitní energetikou se bude dále vyvíjet. Investoři by se měli připravit na následující změny:

- **Dynamická alokace:** Po červenci 2026 bude zavedena dynamická metoda alokace, která bude odměňovat flexibilitu. Systémy vybavené inteligentním řízením energie a bateriemi budou schopny automaticky optimalizovat sdílení a maximalizovat zisky v tomto novém prostředí. Bohužel vzhledem ke zdržení nového EDC lze předpokládat posun na leden 2028.
- **Agregace a služby výkonové rovnováhy:** Možnost zapojit se do poskytování služeb pro stabilizaci sítě se stane třetím zdrojem příjmů pro majitele FVE s bateriemi. To dále posílí dlouhodobou ekonomickou výhodnost investic do chytrých a říditelných systémů.

Závěrem lze konstatovat, že současné legislativní a dotační prostředí v České republice vytváří významné investiční příležitosti v oblasti fotovoltaiky a sdílení elektřiny. Nejúspěšnější dlouhodobé investice však nebudou ty, které jsou pouze dimenzovány podle dnešních pravidel, ale ty, které jsou technologicky připraveny na dynamičtější, flexibilnější a propojenější energetický trh blízké budoucnosti.

Pokud je baterie instalována v souladu s manuálem výrobce (zejména jsou dodrženy teplotní podmínky) pak provozní náklady jsou zcela minimální. Profesionální baterie dle našich zkušeností fungují téměř 10 let bez servisních zásahů.

U jednotlivých příležitostí pro instalace FVE v rámci technicko-ekonomické studii je vždy namodelován model s baterií i bez.

Pro konkrétní výpočet před instalací doporučujeme mít k dispozici minimálně 12 měsíců reálné spotřeby v 15minutové granulitě. U takového modelu lze spočítat poměr lokálně sdílené energie a energii sdílené přes distribuční síť. Samostatné baterie doporučujeme stavět primárně u zdroje elektřiny. Zároveň jelikož se jedná o investici na velmi dlouhou dobu je vhodné vyčkat s investicí do vzniku trhu s flexibilitou.

Baterie, která je využívána jen na cenovou arbitráž má velmi spornou návratnost.

Vzhledem k tomu, že od flexibility se očekává zmenšení rozdílů cen v rámci dne, tak může v čase nastat situaci, že příležitosti na cenovou arbitráž zcela zmizí.

V případě bateriového úložiště v podnikatelském areálu naopak může vzniknout další příležitost na ekonomické využití baterie jako je například ořezávání špiček a tím snížení rezervované kapacity. Blok na flexibilitu je minimálně 1 MW, takže úložiště se pro tyto potřeby staví ve velikostech minimálně 0,5 MWh a větší. Aktuální dotační tituly zatím nejsou optimalizovány pro taková bateriová úložiště.

Analýza bateriových systémů pro ukládání energie (BESS): Technologie, trh a ekonomická návratnost v České republice

6.9 Úvod do bateriových systémů pro ukládání energie (BESS)

6.9.1 Definice a základní princip funkce BESS

Bateriový systém pro ukládání energie, běžně označovaný zkratkou BESS (Battery Energy Storage System), představuje technologické řešení, které funguje jako velkokapacitní, dobíjecí baterie. Jeho primárním účelem je ukládat elektrickou energii v době, kdy je její produkce hojná a levná, a následně ji dodávat v období špičkové poptávky, kdy je cena elektřiny vysoká, nebo během výpadků elektrické sítě. Tímto způsobem BESS efektivně překlenuje časový nesoulad mezi výrobou a spotřebou energie.

Zásadní význam BESS spočívá v jeho schopnosti integrovat a stabilizovat obnovitelné zdroje energie (OZE), jako jsou fotovoltaické (FVE) a větrné elektrárny, do energetické soustavy. Tyto zdroje se vyznačují intermitentní (proměnlivou) výrobou, která je závislá na aktuálních povětrnostních podmínkách – slunečním svitu a síle větru. BESS tuto proměnlivost efektivně "vyhlazuje" tím, že ukládá přebytečnou energii vyrobenou za slunečného či větrného dne a uvolňuje ji v noci nebo v bezvětrí. Tím transformuje nestabilní OZE na spolehlivý, předvídatelný a dispečersky říditelný zdroj energie, což je klíčové pro stabilitu celé přenosové soustavy.

Základní operační cyklus BESS lze popsat následovně:

1. **Fáze nabíjení:** Systém akumuluje energii. To se děje buď ukládáním přebytků z vlastní FVE, které by jinak byly bez užitku dodány do sítě, nebo aktivním nákupem elektřiny z distribuční sítě v době, kdy jsou ceny nízké (typicky v noci).
2. **Fáze vybíjení:** Uložená energie je využita. Může být dodána pro pokrytí vlastní spotřeby objektu (domácnosti, firmy), čímž se snižuje nákup drahé energie v době špičky, nebo může být prodána zpět do sítě za vyšší cenu, což generuje dodatečný příjem. V případě výpadku sítě slouží BESS jako spolehlivý záložní zdroj.

6.9.2 Architektura systému: Klíčové komponenty a jejich interakce

Pochopení BESS vyžaduje vhléd za samotné bateriové články. Moderní systém pro ukládání energie není pouhou baterií, ale komplexním a sofistikovaným ekosystémem hardwarových a softwarových komponent, které musí bezchybně spolupracovat. Kvalita a inteligence těchto komponent, zejména řídicích systémů, rozhodují o celkové efektivitě, bezpečnosti a v konečném důsledku i o ekonomické návratnosti celé investice. Při výběru BESS tedy nejde jen o investici do skladovací kapacity (vyjádřené v kilowatthodinách, kWh), ale do celého výkonového a řídicího aparátu.

Klíčové komponenty BESS zahrnují:

- **Bateriové Moduly (Battery Modules):** Jedná se o fyzické jádro systému, kde je energie chemicky uložena. Každý modul je sestaven z velkého počtu jednotlivých bateriových článků, které jsou propojeny a zapouzdřeny. V současnosti na trhu dominují lithium-iontové technologie. Tyto moduly se následně skládají do větších celků, tzv. "racků", aby bylo dosaženo požadované kapacity a napětí.⁵ Suroviny pro jejich výrobu zahrnují lithium, grafit a v závislosti na konkrétní chemii také kobalt, nikl, mangan nebo železo.
- **Bateriový Management Systém (BMS - Battery Management System):** BMS lze označit za "mozek" každého bateriového modulu a racku. Jedná se o kritickou elektronickou komponentu, která nepřetržitě monitoruje stav každého článku – jeho napětí, teplotu a stav nabití (SoC). Jeho hlavní funkcí je zajistit, aby všechny články pracovaly v bezpečných a optimálních mezích. Aktivně vyrovnává (balancuje) napětí mezi články, chrání je před nebezpečnými stavy, jako je přehřívání, hluboké vybití, zkrat nebo přehřátí, a tím maximalizuje jejich životnost a bezpečnost.
- **Systém Konverze Energie (PCS - Power Conversion System) / Obousměrný Střídač:** Tato výkonová komponenta je nezbytná pro interakci BESS s okolním světem. Baterie ukládají a dodávají energii ve formě stejnosměrného proudu (DC), zatímco elektrická síť a většina spotřebičů pracují se střídavým

proudem (AC). PCS funguje jako obousměrný střídač, který při vybíjení převádí DC z baterií na AC a při nabíjení naopak převádí AC ze sítě nebo FVE na DC pro uložení do baterií. Pro efektivní dodávku do sítě je klíčová jeho schopnost fázové synchronizace s frekvencí sítě.

- **Energetický Management Systém (EMS - Energy Management System):** EMS je nadřazený řídicí software, který optimalizuje celkovou strategii provozu BESS. Zatímco BMS se stará o "zdraví" baterií, EMS rozhoduje o tom, *kdy* a *proč* se má systém nabíjet či vybíjet, aby bylo dosaženo maximálního ekonomického přínosu. EMS zpracovává širokou škálu vstupních dat, jako jsou aktuální a predikované ceny energií na spotovém trhu, předpověď počasí pro odhad výroby z FVE, profil spotřeby objektu a požadavky ze sítě. Na základě těchto dat pak dává pokyny PCS. Moderní EMS často využívají pokročilé algoritmy, strojové učení a umělou inteligenci k prediktivnímu řízení toků energie. Sofistikovanost EMS je hlavním faktorem, který odlišuje "chytré" bateriové úložiště od pasivního a přímo ovlivňuje jeho schopnost generovat příjmy.
- **Pomocné Systémy (Auxiliary Systems):** Jedná se o soubor technologií zajišťujících bezpečný a stabilní provoz celého systému. Patří sem především:
 - **Tepelný management:** Systémy aktivního chlazení (kapalinové nebo vzduchové) a případně topení, které udržují bateriové články v optimálním teplotním rozsahu (typicky kolem 25 °C). Tím se maximalizuje jejich životnost a výkon.
 - **Bezpečnostní systémy:** Zahrnují detektory kouře a plynů, systémy pro potlačení požáru (např. aerosolové hasicí přístroje) a robustní mechanické krytí (kabinet nebo kontejner), které chrání technologii před vnějšími vlivy, jako jsou povětrnostní podmínky nebo mechanické poškození.

6.10 Klíčové technologie bateriových článků: Hlubkové srovnání LFP a NMC

Výběr správné chemie bateriových článků je jedním z nejzásadnějších rozhodnutí při návrhu a investici do BESS. Ačkoliv existuje více typů lithium-iontových baterií, trh se pro stacionární ukládání energie zúžil na dva hlavní konkurenty: lithium-železo-fosfát (LFP) a nikl-mangan-kobalt (NMC). Jejich vlastnosti se zásadně liší a volba mezi nimi není kompromisem, ale strategickou optimalizací pro konkrétní účel použití. Pro stacionární BESS, kde jsou prioritou bezpečnost, dlouhá životnost a celkové náklady na vlastnictví (TCO), se technologie LFP ukazuje jako jednoznačně dominantní a technicky nejvhodnější volba.

6.10.1 Lithium-železo-fosfát (LFP - LiFePO₄)

Baterie typu LFP využívají jako katodový materiál fosforečnan železnatý (LiFePO₄). Jejich klíčovou charakteristikou je absence kobaltu a niklu, což jsou suroviny spojené s vysokou cenou a etickými problémy při těžbě.

Výhody:

- **Vysoká bezpečnost a stabilita:** Krystalová struktura LiFePO₄ je mimořádně stabilní a odolná vůči tepelnému namáhání. To vede k výrazně vyšší tepelné stabilitě a podstatně nižšímu riziku tzv.

tepelného úniku (thermal runaway) – nekontrolovatelné řetězové reakce vedoucí k přehřátí a požáru. LFP je obecně považována za nejbezpečnější komerčně dostupnou lithium-iontovou chemii, což je pro velké stacionární instalace kritická vlastnost.

- **Dlouhá životnost:** Baterie LFP vynikají mimořádnou cyklickou životností. Běžně dosahují více než 6 000 plných nabíjecích a vybíjecích cyklů, přičemž si stále zachovávají vysokou kapacitu.⁹ Tato odolnost je činí ideálními pro aplikace vyžadující každodenní, intenzivní cyklování, jako je ukládání solární energie nebo poskytování služeb výkonové rovnováhy. Delší životnost přímo snižuje celkové náklady na vlastnictví (TCO) a oddaluje nutnost výměny.
- **Cenová dostupnost:** Díky použití hojně dostupných a levných surovin, jako je železo a fosfát, a absenci drahého kobaltu, jsou výrobní náklady LFP článků nižší než u NMC. Tato nákladová výhoda je klíčovým faktorem pro jejich masové nasazení ve velkokapacitních BESS.

Nevýhody:

- **Nižší hustota energie:** LFP články mají nižší specifickou energii a energetickou hustotu, což znamená, že pro uložení stejného množství energie potřebují větší objem a mají vyšší hmotnost ve srovnání s NMC. Pro stacionární aplikace, kde prostor a hmotnost nejsou primárními omezujícími faktory, je však tato nevýhoda zanedbatelná.
- **Slabší výkon při nízkých teplotách:** Při teplotách blížících se bodu mrazu a pod ním dochází u LFP baterií k citelnému poklesu výkonu a dostupné kapacity. Provoz v chladném klimatu vyžaduje efektivní systém tepelného managementu.

6.10.2 Nikl-Mangan-Kobalt (NMC)

Baterie typu NMC používají jako katodový materiál oxid lithno-níkl-mangan-kobaltnatý ($\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$). Poměr jednotlivých kovů (např. NMC 111, 532, 811) určuje specifické vlastnosti baterie, přičemž trend směřuje k vyššímu obsahu niklu pro zvýšení hustoty energie.

Výhody:

- **Vysoká hustota energie:** NMC baterie jsou schopny uložit výrazně více energie na jednotku hmotnosti a objemu. Tato vlastnost je činí dominantní technologií v aplikacích, kde jsou rozměry a váha kritické, především v elektromobilech a přenosné spotřební elektronice.
- **Vysoký výkon:** Nabízejí vyšší rychlosti nabíjení a vybíjení (vyšší C-rate) a jsou schopny dodávat vysoký pulzní výkon. To je výhodné pro aplikace vyžadující rychlé dodání velkého množství energie, jako je akcelerace elektromobilů nebo provoz elektrického nářadí.
- **Lepší výkon při nízkých teplotách:** Ve srovnání s LFP si NMC baterie zachovávají lepší výkonnost v chladných podmínkách.

Nevýhody:

- **Nižší bezpečnost:** Vyšší obsah niklu a energetická hustota činí NMC chemii méně stabilní a náchylnější k tepelnému úniku, zejména při poškození, přehřátí nebo vysokých teplotách. Vyžadují proto robustnější a složitější systémy BMS a tepelného managementu pro zajištění bezpečného provozu.

- **Kratší životnost:** Cyklická životnost NMC baterií je výrazně nižší než u LFP, typicky se pohybuje v rozmezí 1 000 až 4 000 cyklů v závislosti na konkrétním složení a provozních podmínkách.⁹ Pro aplikace s denním cyklováním to znamená rychlejší degradaci a kratší celkovou životnost systému.
- **Vyšší cena a etická zátěž:** Použití drahých a cenově volatilních kovů, zejména kobaltu, výrazně zvyšuje výrobní náklady. Těžba kobaltu je navíc často spojena s problematickými sociálními a environmentálními podmínkami.

Zatímco NMC technologie je díky své vysoké hustotě energie nepostradatelná pro elektromobilitu, pro stacionární BESS představuje LFP jasně výhodnější volbu.

Klíčové parametry pro investici do stacionárního úložiště jsou bezpečnost, dlouhodobá spolehlivost (životnost v cyklech) a celkové náklady na uloženou kilowatthodinu v průběhu životnosti systému. Ve všech těchto oblastech LFP překonává NMC.

Nižší energetická hustota je v tomto segmentu snadno kompenzovatelná mírně větším prostorem, který je pro instalaci potřeba. Prakticky všichni významní výrobci stacionárních BESS, od rezidenčních po průmyslové, proto dnes standardně využívají technologii LFP.

6.11 Analýza trhu BESS: Komerční a průmyslová řešení

Trh s komerčními a průmyslovými (C&I) bateriovými úložišti zažívá dynamický růst, poháněný potřebou firem optimalizovat náklady na energie, zvyšovat svou energetickou nezávislost a otevírat nové zdroje příjmů prostřednictvím účasti na energetických trzích. Řešení v tomto segmentu se typicky dělí na dvě hlavní kategorie: kabinetové systémy pro menší a střední podniky a kontejnerová řešení pro velké průmyslové areály, developery a poskytovatele síťových služeb.

6.11.1 Přehled trhu a klíčoví dodavatelé

Na globální úrovni dominují trhu s velkokapacitními BESS specializovaní výrobci a systémoví integrátoři jako CATL, BYD, Fluence a Powin, kteří neustále posouvají hranice kapacity a efektivity svých řešení. Na českém a evropském trhu působí řada silných dodavatelů a integrátorů, kteří nabízejí jak vlastní produkty, tak řešení postavená na komponentech od globálních lídrů. Mezi klíčové hráče dostupné v České republice patří:

- **Pylontech:** Významný výrobce bateriových modulů a kompletních kontejnerových řešení, distribuovaných například společností Excelente.cz.
- **KEHUA Tech:** Globální poskytovatel energetických řešení, jehož kabinetové systémy s články CATL nabízí v ČR společnost Schmachtl CZ.
- **Další integrátoři a dodavatelé:** Firmy jako Wattstor, Photon Energy a česká EVC Group nabízejí návrh, dodávku a integraci BESS na míru, často s využitím technologií od různých prémiových výrobců.

6.11.2 Detailní analýza vybraných produktů

Následující analýza představuje konkrétní komerční a průmyslové BESS dostupné na českém trhu, včetně klíčových parametrů, jako jsou garantované cykly a cena, pokud jsou tyto údaje k dispozici.

- Pylontech (Kontejnerová řešení "All-in-One")
Pylontech nabízí řadu kompletních kontejnerových řešení, která obsahují bateriové racky, BMS, PCS, tepelný management a bezpečnostní systémy. Tyto systémy jsou navrženy pro rychlou instalaci a škálovatelnost.
 - **Modely a Ceny:**
 - **A1000-OMNI:** Kapacita 1 MWh, výkon 500 kW. Cena: 8 200 000 Kč (bez DPH).
 - **A2000-OMNI:** Kapacita 2 MWh, výkon 1 MW. Cena: 14 900 000 Kč (bez DPH).
 - **A2900-BAT:** Kapacita 2,9 MWh, výkon 1,5 MW. Cena: 16 595 000 Kč (bez DPH).
 - **L5000-BAT:** Kapacita 5 MWh, výkon 1,725 MW. Cena: 24 950 000 Kč (bez DPH).
 - **Garantované cykly a záruka:** Ačkoliv pro tyto velkokapacitní systémy nejsou cykly explicitně uvedeny v produktových listech, Pylontech pro své LFP baterie obecně garantuje životnost **přesahující 6 000 cyklů** při hloubce vybití (DoD) 90–95 %. ¹¹ Standardní záruka je 10 let, přičemž je garantována zbytková kapacita minimálně 60 % na konci záruční doby.
 - KEHUA EStore (Kabinetové řešení)
Jedná se o modulární systém "vše v jednom" vhodný pro komerční a menší průmyslové aplikace, který využívá prémiové LFP články od světového lídra CATL.
 - **Model:** EStore 100K-B215. Základní jednotka má kapacitu **215 kWh** a výkon **100 kW**. Systém je flexibilně rozšiřitelný paralelním spojením až 5 jednotek, čímž lze dosáhnout celkové kapacity 1075 kWh a výkonu 500 kW.
 - **Technologie:** Využívá kapalinové chlazení pro efektivní tepelný management, což přispívá k delší životnosti baterií.
 - **Garantované cykly:** Výrobce garantuje **6 000 cyklů** při vysoké hloubce vybití 95 % DoD.
 - **Cena:** Cena není veřejně dostupná a je nutné ji poptat u lokálního distributora, společnosti Schmachtl CZ.

Při analýze nákladů na velkokapacitní BESS je zřejmý výrazný vliv úspor z rozsahu. Zatímco fixní náklady na komponenty jako PCS, EMS, kontejner a chladicí systémy tvoří významnou část celkové ceny, jejich podíl klesá s rostoucí instalovanou kapacitou. Tento jev je patrný na cenách kontejnerových řešení Pylontech. Výpočet ceny za 1 kWh skladovací kapacity ukazuje, že u 1 MWh systému se pohybuje kolem 8 200 Kč, zatímco u 5 MWh systému klesá až na 4 990 Kč, což představuje snížení jednotkových nákladů o téměř 40 %. Pro investory to znamená, že mírné předimenzování systému nad rámec aktuálních potřeb může vést k výrazně lepší jednotkové ceně a otevřít dveře k dalším zdrojům příjmů, jako je poskytování služeb výkonové rovnováhy, což v konečném důsledku může zkrátit celkovou dobu návratnosti investice. Zároveň však musí být k dispozici služba, které kapacitu BESS využijí ekonomicky efektivně.

Následující tabulka shrnuje klíčové parametry analyzovaných komerčních a průmyslových systémů.

Výrobce	Model	Kapacita (MWh)	Výkon (MW)	Technologie	Garantované cykly / Záruka	Cena (Kč, bez DPH)	Cena za kWh (Kč)

Pylontech	A1000-OMNI	1,0	0,5	LFP	>6000 cyklů / 10 let	8 200 000	8 200
Pylontech	A2000-OMNI	2,0	1,0	LFP	>6000 cyklů / 10 let	14 900 000	7 450
Pylontech	A2900-BAT	2,9	1,5	LFP	>6000 cyklů / 10 let	16 595 000	5 722
Pylontech	L5000-BAT	5,0	1,725	LFP	>6000 cyklů / 10 let	24 950 000	4 990
KEHUA	EStore 100K-B215	0,215	0,1	LFP (CATL)	6000 cyklů @ 95% DoD	Na vyžádání	Na vyžádání

6.12 Analýza trhu BESS: Rezidenční a malá komerční řešení

Segment rezidenčních a malých komerčních bateriových úložišť je charakteristický vysokou konkurencí a širokou nabídkou produktů od mnoha zavedených výrobců. Tyto systémy jsou navrženy tak, aby se snadno integrovaly s domácími nebo firemními fotovoltaickými elektrárnami a umožnily maximalizovat vlastní spotřebu vyrobené energie. Klíčovými parametry pro výběr jsou zde kromě kapacity a ceny především životnost vyjádřená v garantovaných cyklech, kompatibilita s hybridními střídači a spolehlivost záručních podmínek.

6.12.1 Přehled trhu a klíčoví hráči

Na českém trhu je dostupná široká paleta rezidenčních BESS od globálních lídrů. Mezi nejvýznamnější značky patří Tesla, BYD, Pylontech, Sonnen, Victron Energy, GoodWe, Solax a Fronius. Důležitým aspektem je úzká spolupráce mezi výrobcí baterií a střídačů. Mnoho systémů je optimalizováno pro konkrétní modely střídačů, což zajišťuje bezproblémovou komunikaci a maximální efektivitu. Příkladem je často doporučovaná kombinace střídačů Fronius GEN24 Plus s bateriemi BYD Battery-Box Premium, která dosahuje vysoké systémové účinnosti.

6.12.2 Podrobná produktová analýza

Následující přehled detailně analyzuje nejrozšířenější rezidenční bateriové systémy, se zvláštním důrazem na garantované cykly a záruční podmínky, což jsou pro dlouhodobou investici klíčové faktory.

- **Tesla Powerwall 3**
 - **Kapacita:** 13,5 kWh využitelná.
 - **Technologie:** LFP (Lithium-železo-fosfát).
 - **Záruka a cykly:** Tesla nabízí jednu z nejrobustnějších záruk na trhu: **10 let s neomezeným počtem nabíjecích cyklů**. Garantována je zbytková kapacita minimálně 70 % po 10 letech provozu. Tato záruka je ideální pro uživatele, kteří plánují intenzivní využívání baterie, například pro obchodování s elektřinou. Zásadní podmínkou pro plnou 10letou záruku je trvalé připojení zařízení k internetu, které umožňuje dálkové aktualizace firmwaru. V případě dlouhodobého odpojení se může záruka zkrátit na 4 roky.
 - **Cena:** Není veřejně dostupná, stanovuje se individuálně v rámci nabídky od certifikovaného instalačního partnera.
- **BYD Battery-Box Premium HVS/HVM**
 - **Kapacita:** Modulární systém umožňující flexibilní škálování. Řada HVS nabízí kapacity od 5,1 kWh do 12,8 kWh, řada HVM od 8,3 kWh do 22,1 kWh.
 - **Technologie:** LFP.
 - **Záruka a cykly:** Záruka je **10 let**. Na rozdíl od garance pevného počtu cyklů, BYD garantuje, že baterie si po 10 letech udrží minimálně 70 % své využitelné kapacity, **nebo** dosáhne stanoveného "**Minimum Throughput Energy**" (minimální přenesené energie), podle toho, co nastane dříve. Tato hodnota je definována pro každý model v MWh a představuje celkové množství energie, které baterie za svou garantovanou životnost "odpracuje". Například pro model HVS 10.2 (10,24 kWh) je garantovaný throughput 31,21 MWh.
 - **Cena:** Orientační cena (bez DPH) za jeden modul HVS o kapacitě 2,56 kWh je přibližně 25 500 Kč. K tomu je třeba připočítat řídicí jednotku (BCU) za cca 13 700 Kč. Kompletní systém HVS 10.2 (4 moduly + BCU) by tak vyšel na zhruba 115 700 Kč.
- **Pylontech US5000**
 - **Kapacita:** Modulární systém s kapacitou 4,8 kWh na jeden modul. Lze paralelně propojit až 16 modulů a dosáhnout tak celkové kapacity 76,8 kWh.²⁴
 - **Technologie:** LFP.
 - **Záruka a cykly:** Pylontech garantuje životnost **≥6000 cyklů** při hloubce vybití 90 %. Standardní záruka je 7 let, kterou lze bezplatně prodloužit na **10 let** po registraci produktu na webu výrobce. Po 10 letech je garantována zbytková kapacita minimálně 60 %.
 - **Cena:** Cena jednoho 4,8 kWh modulu US5000 se pohybuje kolem **25 281 Kč** (bez DPH), což představuje jednu z nejlepších cen na trhu v přepočtu na kWh (cca 5 267 Kč/kWh).
- **SonnenBatterie 10**
 - **Kapacita:** Využitelná kapacita 10 kWh.
 - **Technologie:** LFP.
 - **Záruka a cykly:** Sonnen garantuje mimořádně vysokou životnost **10 000 cyklů** a poskytuje záruku **10 let**.

- **Cena:** Orientační cena za systém s kapacitou 11 kWh (10 kWh využitelných) je 4 999 EUR, tedy přibližně **125 000 Kč**.
- **Victron Energy Lithium Smart / NG**
 - **Kapacita:** Široké portfolio nízkonapěťových baterií, např. 12,8 V s kapacitami od 0,64 kWh do 4,22 kWh.
 - **Technologie:** LFP.
 - **Záruka a cykly:** Záruka je definována podle hloubky vybití: **2500 cyklů** při 80% DoD, **3000 cyklů** při 70% DoD a **5000 cyklů** při 50% DoD.
 - **Cena:** Nutno poptat u distributorů Victron Energy.
- **GoodWe Lynx Home F Series**
 - **Kapacita:** Modulární vysokonapěťový systém škálovatelný od 6,6 kWh do 16,4 kWh.¹⁶
 - **Technologie:** LFP.
 - **Záruka a cykly:** Podobně jako BYD, GoodWe poskytuje **10letou záruku** s garancí 70 % zbytkové kapacity nebo dosažení "**Minimum Throughput Energy**". Pro model s kapacitou 9,83 kWh je tato hodnota 25,16 MWh.
 - **Cena:** Není veřejně dostupná.
- **Solax Triple Power T58**
 - **Kapacita:** Modulární vysokonapěťový systém, základní modul má kapacitu 5,8 kWh (5,1 kWh využitelná).
 - **Technologie:** LFP.
 - **Záruka a cykly:** Garantovaná životnost je **>6000 cyklů** se zárukou **10 let**.
 - **Cena:** Není veřejně dostupná.
- **Fronius Reserva**
 - **Kapacita:** Modulární systém škálovatelný od 6,3 kWh do 15,8 kWh.
 - **Technologie:** LFP.¹⁸
 - **Záruka a cykly:** Fronius poskytuje **10letou záruku** s garancí mimořádně vysoké zbytkové kapacity **80 %**. Počet cyklů není explicitně specifikován, záruka je postavena na časovém horizontu a minimální degradaci.
 - **Cena:** Není veřejně dostupná.

Analýza trhu ukazuje, že "10letá záruka" není standardizovaný pojem a skrývá podstatné rozdíly. Zatímco téměř všichni výrobci nabízejí desetileté krytí, podmínky se liší. Tesla s neomezenými cykly nabízí největší flexibilitu pro jakkoli intenzivní využití.

Výrobci jako Pylontech, Solax nebo Sonnen s garancí pevného počtu cyklů (6 000–10 000) poskytují transparentní a pro běžné domácí využití (jeden cyklus denně) více než dostatečnou životnost přesahující 15 let.

Technicky nejpokročilejší záruku nabízejí BYD a GoodWe, které garantují celkový energetický průtok (throughput). Tento model nejlépe odráží skutečné opotřebení baterie, jelikož zohledňuje hloubku každého cyklu.

Pro investora je klíčové, aby si vybral záruční model, který odpovídá jeho plánovanému způsobu využití baterie.

Následující tabulka poskytuje souhrnné srovnání klíčových rezidenčních BESS.

Výrobce	Model	Využitelná kapacita (kWh)	Technologie	Garantované cykly / Záruka (detailní popis)	Orientační cena (Kč, bez DPH)	Orientační cena za kWh (Kč)
Tesla	Powerwall 3	13,5	LFP	10 let, neomezený počet cyklů , 70% zbytková kapacita	Na vyžádání	Na vyžádání
BYD	Battery-Box HVS 10.2	10,24	LFP	10 let nebo 31,21 MWh throughput , 70% zbytková kapacita	~ 115 700	~ 11 300
Pylontech	US5000	4,8	LFP	>6000 cyklů @ 90% DoD / 10 let po registraci , 60% zbytková kapacita	~ 25 281	~ 5 267
Sonnen	SonnenBatterie 10	10,0	LFP	10 000 cyklů / 10 let	~ 125 000	~ 12 500
Victron	Lithium Smart/NG	Modulární	LFP	2500 cyklů @ 80% DoD / 5000 cyklů	Na vyžádání	Na vyžádání

				@ 50% DoD		
GoodWe	Lynx Home F 9.8	9,83	LFP	10 let nebo 25,16 MWh throughput , 70% zbytková kapacita	Na vyžádání	Na vyžádání
Solax	Triple Power T58	5,1	LFP	>6000 cyklů / 10 let	Na vyžádání	Na vyžádání
Fronius	Reserva	Modulární (6,3-15,8)	LFP	10 let, 80% zbytková kapacita (cykly nespecifik ovány)	Na vyžádání	Na vyžádání

6.13 Aplikační strategie a ekonomická návratnost BESS

Investice do bateriového úložiště již dávno není jen o zajištění záložního napájení. Moderní BESS, řízené inteligentním softwarem, se stává aktivním prvkem energetického managementu, který dokáže generovat významné úspory a nové zdroje příjmů. Skutečná hodnota a rychlost návratnosti investice se odemyká až kombinací několika aplikačních strategií, tzv. "revenue stacking" (vrstvení příjmů). Zatímco jednoduché ukládání solární energie pro vlastní spotřebu má omezenou a často pomalou návratnost, aktivní zapojení do energetického trhu dokáže ekonomiku projektu dramaticky vylepšit. Klíčem k úspěchu není jen samotný hardware, ale především sofistikovaný energetický management systém (EMS) a případná spolupráce s agregátorem flexibility.

6.13.1 Optimalizace místní spotřeby a časový posun nebo z pohledu investora ekonomická arbitráž

Toto je nejzákladnější a nejrozšířenější využití BESS, zejména v rezidenčním sektoru.

- **Optimalizace místní spotřeby:** BESS ukládá přebytečnou energii vyrobenou fotovoltaickou elektrárnou během dne, kdy je spotřeba v objektu nízká. Tuto energii pak dodává večer a v noci, kdy

FVE nevyrábí, ale spotřeba domácnosti či firmy vrcholí. Tím se maximalizuje podíl spotřebované vlastní energie a minimalizuje se nutnost nákupu elektřiny z distribuční sítě

- **Ekonomická arbitráž (Time-Shifting):** Tato strategie využívá proměnlivých cen elektřiny na trhu. BESS se programově nabíjí ze sítě v době, kdy je cena elektřiny nejnižší (typicky v nočních hodinách). Uloženou levnou energii pak využívá pro pokrytí spotřeby v době denních cenových špiček, kdy je elektřina ze sítě nejdražší. Rozdíl v ceně představuje přímou úsporu.

6.13.2 Omezování výkonových špiček (Peak Shaving)

Pro komerční a průmyslové odběratele je "peak shaving" jednou z nejdůležitějších a nejvýnosnějších aplikací BESS. Tito zákazníci platí dodavateli energie nejen za spotřebovanou energii (v kWh), ale také vysoké poplatky za rezervovaný příkon (v kW), který je stanoven na základě nejvyššího naměřeného čtvrt hodinového odběru.

- **Princip:** EMS neustále monitoruje okamžitou spotřebu podniku. Pokud detekuje, že se odběr blíží k hranici rezervovaného příkonu, okamžitě dá pokyn baterii, aby se začala vybijet a pokryla část spotřeby. Tím se efektivně "ořízne" špička v odběrovém diagramu a zabrání se překročení sjednaného maxima.
- **Ekonomický přínos:** Úspory na poplatcích za rezervovaný příkon a za jeho překročení mohou dosahovat desítek až stovek tisíc korun ročně a často tvoří hlavní pilíř ekonomické návratnosti investice do BESS ve firemním sektoru. BESS tak firmám umožňuje vyhnout se nákladným investicím do posílení přípojky k síti.

6.13.3 Poskytování podpůrných služeb (SVR) a agregace flexibility

Toto je nejpokročilejší forma využití BESS, která transformuje baterii z nástroje pro úspory na aktivní prvek generující přímé příjmy. Provozovatel přenosové soustavy (v ČR společnost ČEPS, a.s.) je zodpovědný za udržování stability sítě, zejména za udržování konstantní frekvence (50 Hz). K tomu nakupuje od poskytovatelů tzv. služby výkonové rovnováhy (SVR).

- **Role BESS:** Díky své schopnosti téměř okamžité reakce (velmi rychlé nabití i vybití) jsou bateriové systémy ideálním zdrojem pro poskytování těchto služeb, zejména pro rychlou regulaci frekvence.
- **Agregace flexibility:** Jednotlivé, i menší, BESS se mohou sdružovat do tzv. agregčního bloku, který řídí subjekt zvaný agregátor. Agregátor nabízí spojenou kapacitu těchto zdrojů společnosti ČEPS a v případě potřeby vydá pokyn k aktivaci (nabití/vybití). Majitel baterie je pak odměňován za to, že svou kapacitu drží v pohotovosti a poskytuje ji pro stabilizaci sítě.
- **Trh v ČR:** ČEPS postupně otevírá trh s SVR pro nové technologie, včetně bateriových systémů a agregátorů, aby nahradil ubývajícím regulačním výkonem z konvenčních uhelných zdrojů.⁵⁴ Účast na tomto trhu představuje pro majitele BESS významný a stabilní zdroj příjmů, který může dobu návratnosti investice zkrátit na jednotky let.

6.13.4 Ekonomická návratnost a dotační podpora v ČR

Doba návratnosti investice do BESS je komplexní veličina závislá na mnoha faktorech, včetně pořizovací ceny, životnosti, provozních nákladů, vývoje cen energií a především na zvoleném způsobu využití.

- **Modelové výpočty:**
 - U starších projektů zaměřených primárně na peak shaving a optimalizaci spotřeby se návratnost pohybovala kolem 7 let (při tehdejších cenách energií).
 - Moderní přístup, který kombinuje optimalizaci spotřeby, peak shaving, aktivní účast na trhu s SVR a využití dotační podpory, může stlačit dobu návratnosti u komerčních a průmyslových projektů na **2 až 4 roky**.
 - Při správném návrhu a aktivním řízení může 1 kWh instalované bateriové kapacity generovat měsíční příjem kolem 20 EUR, což pro 100 kWh systém představuje potenciální zisk přibližně 2 000 EUR měsíčně.
- **Dotační programy pro rok 2025 v ČR:**

Pro snížení počáteční investice je možné využít několik dotačních programů, zejména z Modernizačního fondu.

 - **Modernizační fond – Výzva RES+ č. 1/2025:** Cílí na instalace FVE o výkonu 50 kWp až 5 MWp (v Praze od 10 kWp) určených primárně pro vlastní spotřebu. Podporována je i instalace bateriových úložišť. Míra podpory je **až 30 %** způsobilých výdajů. Celková alokace činí 3 miliardy Kč a příjem žádostí probíhá od 1. července 2025 do 30. ledna 2026.
 - **Modernizační fond – Výzva RES+ č. 5/2025:** Tato výzva je přímo zaměřena na podporu zařízení pro ukládání energie, včetně bateriových úložišť, výroby vodíku nebo přečerpávacích vodních elektráren. Míra podpory je **až 20 %** způsobilých výdajů. Alokace činí 2 miliardy Kč a příjem žádostí probíhal od 28. dubna 2025 do 2. června 2025. Lze očekávat opakování výzvy
 - **Národní plán obnovy – Výzva NPO č. 8/2025:** Podporuje energeticky úsporné renovace veřejných budov, což zahrnuje i instalaci OZE a souvisejících technologií. Míra podpory může dosáhnout **až 60 %**. Příjem žádostí je od 14. března 2025 do 31. října 2025.⁶³

6.14 Budoucnost ukládání energie a legislativní rámec

Sektor ukládání energie se nachází na prahu zásadní transformace, poháněné jak rychlým technologickým pokrokem a klesajícími cenami, tak i naléhavou potřebou modernizovat energetickou legislativu. Pro investory je klíčové sledovat oba tyto trendy, aby mohli správně načasovat své investice a plně využít potenciál budoucích technologií a tržních mechanismů.

6.14.1 Vývoj cen a budoucí technologie baterií

- **Vývoj cen:** Analýzy renomované agentury BloombergNEF (BNEF) konzistentně předpovídají pokračující pokles nákladů na klíčové čisté technologie. Očekává se, že průměrná cena lithium-iontových bateriových packů v roce 2025 prolomí psychologickou hranici **100 USD/kWh**. Z dlouhodobého hlediska je prognóza ještě optimističtější – do roku 2035 by měly náklady na bateriová úložiště klesnout o téměř 50 % oproti dnešním hodnotám. Tento trend je hnán masivním

nárůstem výrobních kapacit, inovacemi ve výrobních procesech a postupným snižováním cen surovin.

- **Budoucí technologie:**

- **Solid-State Baterie (Baterie s pevným elektrolytem):** Představují svatý grál bateriového výzkumu. Nahrazením hořlavého kapalného elektrolytu pevným materiálem (keramika, polymer) slibují revoluční zlepšení:
 - **Vyšší bezpečnost:** Eliminace rizika požáru a úniku elektrolytu.
 - **Vyšší hustota energie:** Potenciál pro výrazné prodloužení dojezdu elektromobilů a zmenšení rozměrů úložišť.
 - **Delší životnost:** Omezení tvorby dendritů by mohlo prodloužit životnost až na 10 000 cyklů.
 - Rychlejší nabíjení: Pevný elektrolyt může umožnit rychlejší transport iontů. Přestože firmy jako Toyota, Samsung a QuantumScape investují do vývoje miliardy dolarů, stále přetrvávají významné technické výzvy spojené s výrobou a stabilitou. Komerční nasazení ve větším měřítku se očekává v horizontu 5 až 10 let.
- **Sodík-iontové Baterie (Na-ion):** Tato technologie představuje pragmatictější a bližší alternativu k lithium-iontovým bateriím, zejména pro stacionární ukládání. Místo lithia využívá sodík, který je jedním z nejrozšířenějších prvků na Zemi, což přináší klíčové výhody:
 - **Nízká cena a dostupnost surovin:** Sodík je výrazně levnější a jeho zdroje nejsou geograficky koncentrované jako u lithia, což zajišťuje stabilní a levný dodavatelský řetězec.⁷⁰
 - Srovnatelný výkon pro BESS: Ačkoliv je energetická hustota nižší než u prémiových NMC článků, již nyní dosahuje úrovně LFP (kolem 160 Wh/kg) a pro stacionární aplikace je více než dostatečná. Přední výrobci jako CATL a BYD již budují gigatovárny na sodík-iontové články a první komerční nasazení v energetických úložištích a menších vozidlech se očekává již kolem roku 2025.

6.14.2 Legislativní prostředí v ČR a EU

Zatímco technologie a trh se rychle vyvíjejí, legislativní rámec v České republice zaostává. Tento nesoulad představuje hlavní překážku pro rychlejší rozvoj moderní energetiky a plné využití potenciálu BESS.

- **Stav implementace evropských směrnic:** Česká republika má více než **tříleté zpoždění** v transpozici klíčových evropských směrnic z tzv. Zimního energetického balíčku, konkrétně směrnice o vnitřním trhu s elektřinou (IEMD) a směrnice o obnovitelných zdrojích energie (RED II). Tyto směrnice zavádějí a definují základní pojmy moderní energetiky, jako jsou **ukládání energie, agregace flexibility a energetická společenství**.⁷²
- **Novela energetického zákona (LEX OZE III):** Toto právní vakuum má konečně zaplnit připravovaná velká novela energetického zákona. Návrh zákona definuje ukládání elektřiny jako samostatnou činnost, zavádí roli nezávislého agregátora, který může sdružovat flexibilitu od různých spotřebitelů a výrobců, a stanovuje technické požadavky pro účast těchto nových prvků na trhu s elektřinou.

- **Očekávaná účinnost a kritika:** Ačkoliv Ministerstvo průmyslu a obchodu zahájilo zkrácený legislativní proces, účinnost novely je od **ledna 2025, ale fakticky bude plnohodnotně fungovat až v lednu 2028**. Odborné asociace a investoři tento termín kritizují jako příliš pozdní, jelikož desítky projektů jsou již připraveny k realizaci a čekají pouze na jasná pravidla hry.
- **Důsledky zpoždění:** Právní nejistota brzdí investice, znemožňuje vznik energetických komunit a efektivní sdílení energie. České republice navíc hrozí ze strany Evropské komise vysoké finanční sankce a potenciální pozastavení čerpání evropských dotací, například z Národního plánu obnovy.

Současná situace na českém trhu s BESS je paradoxní. Na jedné straně stojí obrovský technologický a ekonomický potenciál, podpořený štědrými dotačními programy a klesajícími cenami. Na druhé straně je tento potenciál brzděn legislativní nejistotou, která odrazuje velké investory vyžadující stabilní a předvídatelné právní prostředí. Jakmile bude novela energetického zákona schválena a vstoupí v platnost, lze očekávat skokový nárůst instalací BESS, zejména v komerčním a průmyslovém sektoru. Pro proaktivní investory to znamená, že současná fáze přípravy projektů, zajišťování povolení a sledování legislativního procesu je klíčová pro získání konkurenční výhody a využití příležitostí, jakmile se trh plně otevře.

6.15 Závěrečné shrnutí a strategická doporučení

Analýza trhu s bateriovými systémy pro ukládání energie odhaluje dynamický a rychle se rozvíjející sektor, který je klíčový pro budoucnost energetiky. BESS přestávají být pouhým doplňkem fotovoltaických elektráren a stávají se aktivními, multifunkčními prvky schopnými generovat významné ekonomické přínosy. Pro úspěšnou investici je však nutné porozumět technickým nuancím, složitosti trhu a strategickým možnostem, které tyto systémy nabízejí.

6.15.1 Syntéza klíčových zjištění

- **Dominance LFP technologie:** Pro stacionární aplikace (rezidenční, komerční i průmyslové) se jako standard prosadila technologie lithium-železo-fosfát (LFP) díky své vysoké bezpečnosti, dlouhé cyklické životnosti (typicky >6000 cyklů) a nižším nákladům.
- **Nestandardizované záruky:** Ačkoliv většina výrobců nabízí 10letou záruku, její podmínky se zásadně liší. Je nutné rozlišovat mezi zárukou na neomezený počet cyklů (Tesla), pevný počet cyklů (Pylontech, Sonnen) a garancí celkového energetického průtoku (BYD, GoodWe). Volba by měla odpovídat plánovanému způsobu využití.
- **Klíčová role softwaru:** Skutečná hodnota a rychlost návratnosti BESS nespočívá pouze v hardwaru, ale především v inteligentním energetickém management systému (EMS). Schopnost systému provádět cenovou arbitráž, peak shaving a zejména účastnit se trhu s podpůrnými službami (SVR) prostřednictvím agregátora flexibility dramaticky zkracuje dobu návratnosti z více než 7 let na pouhé 2–4 roky.
- **Příležitosti a bariéry v ČR:** Český trh je na prahu masivního rozvoje BESS, podpořeného štědrými dotačními programy z Modernizačního fondu. Hlavní brzdou je však přetrvávající legislativní vakuum a nepřipravenost nového EDC.

6.15.2 Doporučení pro výběr BESS

- **Pro rezidenční uživatele:**
 1. **Prioritizujte LFP chemii:** Pro maximální bezpečnost a životnost volte systémy s LFP články.
 2. **Sledujte garantované cykly:** Hledejte systémy s garancí minimálně 6 000 cyklů, což při jednom cyklu denně zajišťuje životnost přesahující 15 let.
 3. **Zkontrolujte kompatibilitu:** Ujistěte se, že vybraná baterie je plně kompatibilní s vaším stávajícím nebo plánovaným hybridním střídačem.
 4. **Zvažte intenzitu využití:** Pokud plánujete pouze optimalizaci vlastní spotřeby, je standardní záruka na cykly dostatečná. Pro budoucí aktivní zapojení do trhu zvažte modely s robustnějšími záručními podmínkami (např. neomezené cykly).
- **Pro komerční a průmyslové uživatele:**
 1. **Správně dimenzujte systém:** Návrh kapacity a výkonu by měl zohlednit nejen současnou spotřebu a potenciál pro peak shaving, ale i budoucí možnost poskytování SVR. Využijte úspor z rozsahu – větší systém má často výrazně nižší cenu za kWh.
 2. **Zaměřte se na EMS:** Vyberte systém s pokročilým a otevřeným EMS, který umožňuje snadné napojení na platformu agregátora flexibility. Toto je klíčové pro maximalizaci příjmů.
 3. **Plánujte komplexně:** Instalace velkého BESS je komplexní projekt vyžadující stavební připravenost, projektovou dokumentaci a splnění podmínek pro připojení k síti.

6.15.3 Strategické úvahy pro maximalizaci hodnoty investice

1. **Vnímejte BESS jako aktivní asset:** Nepohlížejte na bateriové úložiště jako na pasivní náklad, ale jako na aktivní energetické zařízení, které může generovat příjmy. Jeho hodnota roste s jeho schopností interagovat s trhem.
2. **Připravujte se s předstihem:** Aktivně sledujte legislativní proces kolem novely energetického zákona. Zahajte přípravu projektů, zajišťování pozemků a povolení již nyní, abyste byli připraveni využít příležitosti ihned po schválení legislativy.
3. **Navazujte partnerství:** Již ve fázi plánování projektu konzultujte možnosti s agregátory flexibility. Pomohou vám správně nadimenzovat systém a odhadnout potenciální příjmy z poskytování SVR.
4. **Optimalizujte financování:** Plně využijte dostupné dotační tituly (zejména RES+ z Modernizačního fondu) pro snížení počáteční investice. Kombinace dotace a příjmů z flexibility je nejrychlejší cestou k vysoké návratnosti.

Investice do bateriového úložiště je strategickým krokem směrem k energetické nezávislosti, udržitelnosti a ekonomické efektivitě. S pečlivým plánováním a správným výběrem technologie i partnerů se může stát jedním z nejvýnosnějších aktiv v energetickém portfoliu společností. Při špatném nastavení však může jít o nevhodnou investici.

7. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Návrh technických úprav distribuční soustavy

LDS pro městskou část Brno Lískovec

Zřízení a provozování lokální distribuční soustavy (LDS) může přinést řadu výhod, jako je větší kontrola nad distribucí elektřiny a potenciální úspory. Je však důležité si být vědom i souvisejících rizik a povinností. Níže je přehled klíčových rizik rozdělených do několika oblastí.

7.1.1 Legislativní a administrativní rizika

Provozovatel LDS na sebe přebírá veškeré povinnosti, které jinak plní standardní distributor (jako ČEZ, E.ON nebo PRE). To představuje značnou administrativní zátěž.

- **Zodpovědnost za dodržování legislativy:** Provozovatel musí detailně znát a dodržovat energetický zákon a související vyhlášky, zejména pravidla trhu s elektřinou. Jakákoli změna legislativy vyžaduje okamžitou reakci a implementaci.
- **Licence a regulace:** Je nutné získat a udržovat licenci na distribuci elektřiny od Energetického regulačního úřadu (ERÚ). S tím souvisí pravidelné výkaznictví, plnění stanovených standardů kvality a komunikace s ERÚ a operátorem trhu (OTE).
- **Smluvní vztahy:** Provozovatel musí uzavírat smlouvy se všemi odběrateli v rámci LDS, v tomto případě by se jednalo o příspěvkové organizace obce a také smlouvu o připojení nadřazené distribuční soustavě. Správa těchto smluv je administrativně náročná, ale nejedná se o zásadní blok řešení LDS.

7.1.2 Ekonomická rizika

Finanční stránka projektu je jednou z nejrizikovějších, protože návratnost investice je velmi nejistá.

- **Vysoké počáteční investice:** Náklady na vybudování infrastruktury LDS (transformátory, vedení, měřicí zařízení) jsou velmi vysoké.
- **Náklady na provoz a údržbu:** Provozovatel hradí veškerou údržbu, opravy, modernizaci sítě a také náklady na krytí technických ztrát v síti. Neočekávané poruchy mohou výrazně navýšit provozní náklady.
- **Regulované ceny:** Ceny za distribuci jsou regulovány ERÚ. Provozovatel nemá volnou ruku v jejich nastavování, což může omezit ziskovost projektu, pokud nejsou náklady správně odhadnuty. V rámci obce Brno Lískovec a jeho podřízených organizací by regulovaná část ceny byla při malé síti vyšší, než je v síti ED.G.
- **Platební morálka odběratelů:** Provozovatel nese riziko za neplacení poplatků za distribuci ze strany koncových zákazníků, takže zapojování externích členů sice snižuje náklad na kWh, ale zároveň přináší nová rizika.

7.1.3 Technická a provozní rizika

Zajištění spolehlivého a bezpečného provozu sítě je klíčovou a technicky náročnou zodpovědností.

- **Zajištění kvality a spolehlivosti dodávek:** Provozovatel je plně zodpovědný za stabilitu sítě a kvalitu dodávané elektřiny (napětí, frekvence). Musí řešit veškeré výpadky a poruchy, což vyžaduje nepřetržitou pohotovostní službu (24/7).
- **Technická správa a měření:** Je nutné instalovat a spravovat fakturační měření pro všechny odběratele a předávat data operátorovi trhu (OTE). Systém musí být přesný a spolehlivý.
- **Kybernetická bezpečnost:** S rostoucí digitalizací sítě se zvyšuje i riziko kybernetických útoků, které mohou ohrozit stabilitu a bezpečnost celé soustavy.
- **Řízení výroby a spotřeby:** Pokud jsou součástí LDS i lokální zdroje energie (např. fotovoltaika), musí provozovatel aktivně řídit rovnováhu mezi výrobou a spotřebou, aby nedocházelo k přetížení sítě nebo nežádoucím přetokům do nadřazené soustavy.
- **V případě, že by městská část nechala provoz LDS na společenství,** tak jednak by společenství muselo získat licenci, kde zásadním blokátozem je prokázání finanční připravenosti společenství na provoz LDS.

Ve většině případů se zřízení lokální distribuční soustavy (LDS) pro pouhých 5 objektů **nevyplatí**. Bylo by to administrativně a finančně extrémně náročné a přínosy by zdaleka nepřevýšily náklady. Dalo by se to přirovnat k situaci, kdy by si městská část pořizovala vlastní autobus jen pro přepravu pěti úředníků – je to neefektivní a zbytečně drahé.

Zde jsou hlavní důvody, proč je to pro tak malý počet objektů nevhodné:

Ekonomická nevýhodnost

Hlavním problémem je **rozložení vysokých fixních nákladů na velmi malý počet odběratelů**.

- **Vysoká počáteční investice:** Náklady na projekt, licence, měřicí techniku a IT systémy jsou téměř stejné, ať už máte 5 nebo 500 odběrných míst. U pěti objektů by byl podíl nákladů na jeden objekt obrovský.
- **Fixní provozní náklady:** Nejde jen o údržbu sítě. Musíte platit za povinné služby, jako je **24/7 dispečink**, fakturace, komunikace s operátorem trhu (OTE) a pravidelné výkaznictví Energetickému regulačnímu úřadu (ERÚ). Tyto náklady by výrazně převýšily jakoukoli úsporu na distribučních poplatcích.
- **Minimální výnosy:** Příjmy LDS pocházejí z regulovaných poplatků za distribuci. U pěti objektů by byl tento příjem naprosto zanedbatelný a nepokryl by ani zlomek nákladů.

Obrovská administrativní a legislativní zátěž

Provozovatel LDS na sebe přebírá **všechny povinnosti velkého distributora** (jako je ČEZ Distribuce nebo PREdistribuce), bez ohledu na velikost sítě.

- **Plná zodpovědnost:** Městská část by byla plně zodpovědná za dodržování energetického zákona, kvalitu dodávky a řešení jakýchkoli výpadků.
- **Personální náročnost:** Musela by zaměstnávat nebo draze najímat specialisty na energetickou legislativu, technickou správu sítě a komunikaci s úřady. To je pro správu 5 objektů zcela neúměrné.

Existují lepší a jednodušší alternativy

Pokud je cílem městské části sdílet elektřinu z místního obnovitelného zdroje (např. fotovoltaiky na střeše jednoho z objektů), existují mnohem vhodnější řešení, která umožňuje nová energetická legislativa (tzv. LEX OZE II):

7.1.4 Závěr

Zřízení LDS dává smysl u velkých průmyslových areálů, developerů s desítkami či stovkami bytových jednotek nebo ucelených obchodních center. **Pro 5 obecních budov by to byl téměř jistě prodělečný a administrativně paralyzující projekt.** Pro cíle úspor a energetické soběstačnosti je mnohem efektivnější cesta využití moderních konceptů komunitní energetiky.

S ohledem na výše uvedené, nedoporučujeme otázku LDS dále řešit. Samotné město Brno má specializovanou společnost na energetiku, a přesto nezahájilo podle rešerše zdrojů žádný nově vybudovaný významný projekt LDS neprovozuje.

8. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Budoucí systém řízení, regulace a komunikace

8.1 Principy a požadavky komunitní energetiky dle LEX OZE II

Novela energetického zákona č. 458/2000 Sb., známá jako LEX OZE II, která vstoupila v platnost na konci roku 2023, představuje fundamentální změnu v české energetice. Zavádí dva nové právní instituty – energetické společenství (ES) a společenství pro obnovitelné zdroje (SOZE) – jako plnohodnotné účastníky trhu s elektřinou. Cílem těchto společenství není primárně generování zisku, ale poskytování environmentálních, hospodářských nebo sociálních přínosů svým členům, kteří mohou být fyzickými osobami, malými podniky či obcemi. Klíčovým mechanismem pro dosažení těchto cílů je sdílení lokálně vyrobené elektřiny.

Základním právem, které novela těmto společenstvím přiznává, je právo využívat stávající distribuční a přenosovou soustavu pro sdílení elektřiny mezi svými členy, a to napříč celou Českou republikou. Tím se odstraňuje dřívější geografické omezení, kdy bylo sdílení možné pouze v rámci jednoho objektu

připojeného do jedné pojistkové skříně. Tato změna otevírá cestu pro vznik rozsáhlejších a geograficky diverzifikovaných komunit, které mohou efektivněji vyrovnávat výrobu a spotřebu.

Pro technickou realizaci sdílení je stěžejní zavedení průběhového měření elektřiny. Každé odběrné a výrobní místo zapojené do sdílení musí být vybaveno elektroměrem typu B, který zaznamenává toky energie v 15minutových intervalech. Tento interval se stává základní zúčtovací a provozní jednotkou pro celý systém sdílení. Legislativa ukládá provozovateli distribuční soustavy (PDS) povinnost takový elektroměr na žádost zákazníka nainstalovat do měsíce (žádost je automatická založením v EDC). V případě, že se jedná o výrobu s instalovaným výkonem do 50 kW, PDS hradí nejen instalaci, ale i následnou údržbu a ověřování měření, což významně snižuje vstupní bariéru pro menší členy společenství.

Procesní stránka zapojení do sdílení vyžaduje několik administrativních a technických kroků. Každá výrobní místo musí být řádně uvedena do trvalého provozu a musí jí být přidělen unikátní výrobní EAN kód (EAND), který se liší od spotřebního EAN kódu (EANO) daného místa. Mikro zdroje s kombinovaným EAN kódem se jako výroby do sdílení zapojit nemohou. Následně musí správce společenství zaregistrovat skupinu sdílení a její jednotlivé členy (jejich EAND a EANO) v centrálním systému, kterým je Elektroenergetické datové centrum.

8.2 Role elektroenergetického datového centra (EDC) a datové toky

Elektroenergetické datové centrum (EDC) je klíčovým prvkem nové architektury trhu, který umožňuje fungování komunitní energetiky v praxi. Působí jako nezávislá a centrální autorita odpovědná za sběr, zpracování a distribuci dat o výrobě, spotřebě a sdílení elektřiny v rámci všech energetických společenství v ČR. Jeho existence zajišťuje transparentní a nediskriminační proces zúčtování, který je nezbytný pro důvěru mezi všemi zúčastněnými stranami – členy společenství, provozovateli distribučních soustav (PDS) a obchodníky s elektřinou.

Veškeré administrativní úkony spojené se založením a správou skupiny sdílení probíhají výhradně prostřednictvím online portálu EDC.⁵ Správce společenství, jakožto pověřený zástupce, zde registruje samotnou skupinu, přidává a odebírá její členy (jednotlivá předávací místa identifikovaná EAN kódy) a nastavuje parametry pro rozdělování energie, především alokační klíč.⁶ Každé předávací místo může být v daný okamžik členem pouze jedné skupiny sdílení.⁶

Datový tok, který umožňuje celý proces, je přesně definován a automatizován:

1. **Sběr dat:** Průběhové elektroměry v každém zapojeném místě (jak výrobním, tak spotřebním) měří v 15minutových intervalech množství dodané a odebrané elektřiny.
2. **Přenos dat k PDS:** Tato data jsou dálkově odečítána a shromažďována u příslušného provozovatele distribuční soustavy (ČEZ Distribuce, EGD, PREdistribuce).
3. **Předání dat do EDC:** PDS následně předává agregovaná a validovaná data z měření do EDC.
4. **Alokace v EDC:** EDC pro každý 15minutový interval provede výpočet alokace sdílené elektřiny. Na základě celkové výroby v rámci skupiny a nastaveného alokačního klíče přiřadí vyrobenou energii

jednotlivým spotřebním místům, a to maximálně do výše jejich skutečné spotřeby v daném intervalu.

5. **Předání výsledků obchodníkům:** Výsledky alokace – tedy informace o tom, kolik elektřiny si každý člen odebral ze sítě a kolik mu bylo přiřazeno v rámci sdílení – předá EDC obchodníkům s elektřinou, se kterými mají jednotliví členové uzavřené smlouvy.
6. **Finální vyúčtování:** Obchodník na základě těchto dat provede finální vyúčtování. Množství sdílené elektřiny je odečteno od celkové spotřeby člena, čímž se snižuje jeho faktura za silovou elektřinu. Za sdílenou elektřinu se platí regulované poplatky za využití distribuční soustavy, pokud výrobní a spotřební místo nejsou připojena za jedním hlavním domovním vedením.

Tento centralizovaný model sice standardizuje datovou výměnu, ale zároveň vytváří určitou závislost na 15minutovém zúčtovacím cyklu EDC. Pro dosažení skutečné optimalizace v reálném čase je proto nezbytné, aby navrhovaný systém řízení energie (EMS) pracoval s lokálními, vteřinovými daty a využíval data z EDC primárně pro zúčtovací a validační účely. Tímto přístupem lze dosáhnout mnohem vyšší efektivity a odolnosti, než kdyby se systém spoléhal pouze na zpožděná data z centrálního registru.

8.3 Analýza a strategie volby alokačního klíče

Alokační klíč je smluvní mechanismus, který definuje, jakým poměrem se elektřina vyrobená v rámci společenství rozdělí mezi jeho spotřebující členy. Jeho nastavení je plně v kompetenci samotného společenství, což umožňuje flexibilně zohlednit různé faktory, jako je výše investice jednotlivých členů do společné výroby, velikost jejich bytů, předpokládaná spotřeba nebo jakýkoli jiný dohodnutý model. Správná volba a správa alokačního klíče je zásadní pro spravedlivé a efektivní fungování celé komunity. Legislativa a prováděcí předpisy definují dva základní typy alokačních klíčů:

1. **Statický alokační klíč:** Každému spotřebnímu místu (EANO) je přiřazen pevný procentuální podíl z celkové vyrobené energie. Například člen A obdrží 30 %, člen B 20 % atd., přičemž součet všech podílů nesmí přesáhnout 100 %. V každém 15minutovém intervalu je členovi alokována energie odpovídající jeho podílu, avšak maximálně do výše jeho skutečné spotřeby v daném intervalu. Pokud je jeho spotřeba nižší než alokovaný podíl, zbytek energie propadá a je nabídnut v dalším kroku nebo se stává přetokem.
2. **Dynamický alokační klíč:** Energie se rozděluje v poměru aktuální spotřeby jednotlivých členů v daném 15minutovém intervalu. Tento přístup je výrazně efektivnější, protože automaticky směřuje vyrobenou energii tam, kde je v daný okamžik skutečně potřeba, a minimalizuje tak nevyužitou alokaci. Bohužel tento model není legislativně zakotven a tak nelze s jistotou říci, zda po plném spuštění EDC bude k dispozici.

Pro přechodné období, zejména v roce 2024, je implementován model, který kombinuje prvky obou přístupů. Pro skupiny sdílení do 50 členů (předávacích míst) se používá **iterativní statický alokační klíč**. Tento mechanismus funguje následovně:

- **1. kolo (iterace):** Energie se rozdělí podle pevně nastavených procent (statický klíč).
- **Další kola (až 4 další iterace):** Energie, která nebyla v prvním kole spotřebována (protože spotřeba některých členů byla nižší než jejich alokovaný podíl), se v dalších kolech přerozděluje mezi zbývajících

členy, kteří stále mají nepokrytou spotřebu. Tento proces se opakuje až pětkrát (nebo do počtu členů, je-li menší než 5), čímž se efektivně aproximuje chování dynamického klíče a maximalizuje se využití vyrobené energie v rámci komunity. Pro skupiny nad 50 členů se provádí pouze jedna iterace, tedy prostý statický klíč.

Tato dočasná povaha pravidel má zásadní strategický dopad na návrh řídicího systému (EMS). Bylo by krátkozraké navrhnout systém optimalizovaný pouze pro současný iterativní model. Takový systém by riskoval rychlé zastarání v momentě, kdy Energetický regulační úřad a EDC plně implementují dynamický alokační klíč. Investice do EMS proto musí směřovat k softwarově definované a modulární platformě, kterou lze v budoucnu snadno rekonfigurovat pro nová pravidla trhu. Systém musí být navržen s ohledem na flexibilitu a schopnost adaptace na legislativní vývoj, což je klíčové pro ochranu a dlouhodobé zhodnocení investice společenství.

8.4 Implikace pro návrh a provoz řídicího systému

Zákonem stanovený 15minutový zúčtovací interval představuje základní kámen a zároveň nejvýznamnější technický a provozní rámec pro návrh jakéhokoliv systému řízení v rámci energetického společenství. Veškeré energetické toky – výroba, spotřeba, akumulace, sdílení a přetoky do sítě – musí být v rámci tohoto krátkého časového okna přesně změřeny a vybilancovány. Energie, která je v jednom intervalu vyrobena, musí být v témže intervalu buď spotřebována členem komunity (přímo nebo sdílením), uložena do bateriového systému, nebo se stává přetokem do distribuční sítě, který je následně prodán za tržních podmínek.

Tato striktní časová vazba vylučuje možnost efektivního řízení pomocí jednoduchých, reaktivních systémů. Reaktivní systém, který by reagoval pouze na již vzniklé přebytky, by byl příliš pomalý a vedl by k neefektivnímu hospodaření – zbytečným přetokům do sítě za nízké výkupní ceny a následnému nákupu drahé energie o několik hodin později.

Z toho vyplývá absolutní nutnost implementace **prediktivního řídicího systému (EMS)**. Systém musí být schopen s vysokou mírou přesnosti předpovídat jak výrobu z fotovoltaických zdrojů, tak i spotřebu jednotlivých odběrných míst na několik hodin až dní dopředu, a to v rozlišení 15 minut nebo jemnějším. Na základě těchto predikcí může EMS proaktivně plánovat a optimalizovat energetické toky:

- **Předvídání přebytků:** Pokud systém predikuje, že v následující hodině bude výroba výrazně převyšovat spotřebu, může s předstihem připravit bateriové úložiště na nabití nebo aktivovat odložitelné spotřebiče (např. ohřev vody, nabíjení elektromobilů).
- **Předvídání deficitu:** Pokud systém naopak očekává večerní špičku ve spotřebě, zajistí, aby byla baterie dostatečně nabitá během dne, a minimalizuje tak nutnost drahého nákupu energie ze sítě.
- **Optimalizace sdílení:** Na základě predikcí spotřeby všech členů může EMS lépe koordinovat sdílení a zajistit, aby byla vyrobená energie co nejefektivněji využita v rámci komunity.

Navrhovaný EMS tedy musí fungovat jako inteligentní dispečink, který neustále modeluje budoucí stavy a přijímá optimální rozhodnutí s cílem maximalizovat ekonomický i energetický přínos pro celé společenství. Tato prediktivní schopnost je klíčovým faktorem, který odlišuje skutečně efektivní komunitní energetiku od pouhého součtu jednotlivých výroben. Podmínkou aktivního zásahu do

spotřebního chování je osazení všech odběrných míst ve skupině sdílení podružným elektroměrem, jelikož EDC nevydává data online, ale poskytuje je až druhý den.

8.5 Celková architektura systému

Pro efektivní řízení energetických toků v rámci společenství je navržena centralizovaná architektura systému řízení energie (EMS). Tento model se opírá o centrální řídicí jednotku, která funguje jako mozek celé operace, a lokální prvky v jednotlivých objektech, které vykonávají její pokyny.

Centrální EMS Server: Jádrem systému bude výkonný server, který může být fyzicky umístěn v datovém centru nebo provozován jako cloudová služba. Toto řešení nabízí vysokou spolehlivost, škálovatelnost a snadnou údržbu. Na serveru poběží hlavní software EMS, který bude zodpovědný za:

- **Sběr dat:** Agregace dat v reálném čase ze všech připojených odběrných a výrobních míst (OPM).
- **Ukládání dat:** Bezpečné ukládání historických dat o výrobě, spotřebě, stavu baterií a tržních cenách pro účely analýzy a trénování prediktivních modelů.
- **Prediktivní modelování:** Nepřetržitý běh algoritmů pro předpověď výroby FVE a spotřeby jednotlivých členů.
- **Optimalizace a rozhodování:** Výpočet optimální strategie řízení pro každý 15minutový interval na základě predikcí, aktuálních dat a ekonomických cílů společenství.
- **Vydávání pokynů:** Odesílání řídicích signálů (např. "nabíjej baterii výkonem 5 kW", "vybíjej baterii výkonem 3 kW", "zapni ohřev vody") k lokálním zařízením.
- **Reporting a vizualizace:** Poskytování přehledných reportů a dashboardů pro správce společenství i jednotlivé členy prostřednictvím webového portálu a mobilní aplikace.

Lokální komponenty v objektech: V každém objektu (domě, bytě, firmě) bude instalována lokální komunikační brána (gateway) nebo bude tato funkce integrována přímo v hybridním střídači. Tato jednotka zajišťuje obousměrnou komunikaci mezi centrálním EMS a místními technologiemi (střídač, baterie, chytrý elektroměr, řízené spotřebiče). Takové řešení dává ekonomický smysl, až při sdílení v objemu nad 10 000 Kč / rok.

Komunikační infrastruktura: Komunikace mezi centrálním serverem a lokálními bránami bude probíhat přes zabezpečené internetové připojení (např. VPN tunel). V rámci objektu budou zařízení komunikovat pomocí standardizovaných průmyslových protokolů, jako jsou Modbus TCP/IP pro drátové spojení nebo MQTT pro flexibilnější a škálovatelnější IoT komunikaci. Důraz bude kladen na kybernetickou bezpečnost, včetně šifrování datových přenosů a zabezpečení přístupu k řídicím prvkům, aby se zabránilo neoprávněným zásahům do systému.

Kompatibilita: Zásadním omezením plného využití EMS je připravenost střídačů na vzdálené ovládání a rozsah možností, které parametry lze externě nastavovat. EMS určitě nedoporučujeme ve fázi 1, kdy se bude optimalizovat proces a provoz a navíc nebudou finální podmínky trhu s flexibilitou.

8.6 Definice provozních stavů a řídicích algoritmů

Řídicí algoritmus EMS bude operovat na základě hierarchie priorit, jejichž cílem je maximalizovat ekonomický přínos pro společenství jako celek. Tato hierarchie není rigidní; systém musí být schopen

dynamicky přehodnocovat priority na základě aktuálních tržních signálů, jako jsou například extrémně vysoké nebo záporné ceny na spotovém trhu s elektřinou. Pokud například spotová cena elektřiny v daném 15minutovém intervalu dosáhne mimořádně vysoké hodnoty, může být ekonomicky výhodnější okamžitě prodat veškerou vyrobenou energii do sítě, i za cenu dočasného pozastavení nabíjení baterií nebo sdílení v komunitě.

Základní provozní stavy a jejich standardní priority jsou definovány následovně:

- **Stav 1: Maximalizace přímé vlastní spotřeby (Priorita 1 - Nejvyšší)**
 - **Spouštěcí podmínka:** Současná výroba FVE a spotřeba v daném objektu.
 - **Akce EMS:** Systém zajišťuje, aby veškerá vyrobená energie byla primárně a okamžitě spotřebována přímo v místě výroby. Tím se předejde nákupu energie ze sítě, což představuje nejvyšší finanční výnos pro společenství.
- **Stav 2: Akumulace přebytků do BESS (Priorita 2)**
 - **Spouštěcí podmínka:** Výroba FVE převyšuje okamžitou spotřebu v objektu a lokální baterie (BESS) není plně nabitá.
 - **Akce EMS:** Přebytečná energie je směřována do BESS. EMS řídí nabíjecí výkon s ohledem na aktuální stav nabití (SoC), životnost baterie a predikovanou budoucí výrobu a spotřebu. Cílem je uložit "levnou" solární energii pro pozdější využití.
- **Stav 3: Sdílení přebytků v rámci ES (Priorita 3)**
 - **Spouštěcí podmínka:** Výroba FVE převyšuje spotřebu, lokální BESS je plně nabitá (nebo je dosaženo cílového SoC dle optimalizačního plánu) a v komunitě existuje poptávka po energii.
 - **Akce EMS:** EMS signalizuje přebytek a energie je nabídnuta ke sdílení ostatním členům společenství prostřednictvím mechanismu EDC. Pro ostatní členy to představuje úsporu, protože odebírají energii levněji než ze sítě.
- **Stav 4: Prodej nevyužitých přetoků do sítě (Priorita 4)**
 - **Spouštěcí podmínka:** Přebytek výroby, který nelze využít ani v místě, ani uložit do BESS, ani sdílet v rámci komunity.
 - **Akce EMS:** Zbývající energie přetéká do distribuční sítě a je prodána za smluvní výkupní cenu. Toto je ekonomicky nejméně výhodná varianta, kterou se systém snaží minimalizovat. Tento stav je ekonomicky nežádoucí a cílem alokačních klíčů je minimalizovat přetoky do sítě bez využití v rámci sdílení.
- **Stav 5: Krytí spotřeby z BESS (Priorita při nedostatku výroby)**
 - **Spouštěcí podmínka:** Spotřeba v objektu, přičemž FVE nevyrábí dostatek energie (noc, špatné počasí).
 - **Akce EMS:** EMS aktivuje vybíjení BESS, aby pokryla spotřebu a zabránila nákupu energie ze sítě. Vybíjení je řízeno tak, aby byla zachována rezerva pro případ výpadku sítě a aby se prodloužila životnost baterie.¹⁰
- **Stav 6: Inteligentní nabíjení BESS ze sítě (Oportunistický stav)**

- **Spouštěcí podmínka:** Predikce vysokých cen energie v následujících hodinách a současně velmi nízké (nebo záporné) ceny na spotovém trhu.
- **Akce EMS:** Systém může rozhodnout o nuceném nabití BESS ze sítě v době nízkých cen. Tato uložená energie je následně využita k pokrytí spotřeby v době cenových špiček, čímž se dosahuje úspory z cenové arbitráže.
- Minimální rozdíl cen je dle sekce akumulace 3,60 Kč / kWh, pokud je rozdíl nižší je nežádoucí nákup na spekulaci.
- **Stav 7: Poskytování podpůrných služeb (Pokročilý stav pro generování příjmů)**
 - **Spouštěcí podmínka:** Společenství disponuje agregovaným výkonem BESS (obvykle min. 1 MW), systém je certifikován ČEPS a je aktivní poptávka po službách výkonové rovnováhy (SVR).
 - **Akce EMS:** EMS vyčlení část kapacity BESS a na základě pokynů od agregátora nebo přímo od ČEPS provádí rychlé nabíjení či vybíjení pro stabilizaci frekvence v síti. Za tuto službu společenství inkasuje platby, což představuje další významný zdroj příjmů.¹⁵

Následující tabulka shrnuje tuto řídicí logiku:

Stav	Priorita	Spouštěcí podmínka	Akce EMS	Cíl
Maximalizace přímé spotřeby	1	PFVE>0 a Spotřeba>0	Směřovat PFVE na Spotřeba	Minimalizace nákupu ze sítě, maximální úspora
Akumulace do BESS	2	PFVE>Spotřeba a SoCBESS <SoCmax	Nabíjet BESS výkonem PFVE –Spotřeba	Uložení energie pro pozdější využití, zvýšení soběstačnosti
Sdílení v rámci ES	3	PFVE>Spotřeba a SoCBESS ≥SoCmax	Nabídnout přebytek PFVE –Spotřeba ke sdílení	Maximalizace využití vlastní výroby v rámci komunity
Prodej přetoků do sítě	4	Přebytek nelze využít ani sdílet	Prodat přebytek do sítě	Minimalizace ztrát, zpeněžení nevyužité energie

Krytí spotřeby z BESS	5	PFVE <PSpotřeba a SoCBESS >SoCmin	Vybíjet BESS výkonem Spotřeba–PFVE	Minimalizace nákupu ze sítě v době bez výroby
Nabíjení BESS ze sítě	6	Nízká cena na spotovém trhu a predikce vysokých cen	Nabíjet BESS ze sítě	Cenová arbitráž, snížení nákladů na energii
Poskytování PpS	7	Certifikace a požadavek od ČEPS	Rezervovat kapacitu a výkon BESS pro PpS	Generování dodatečných příjmů, podpora stability sítě

8.7 Prediktivní modely pro optimalizaci

Základem inteligentního řízení a schopnosti systému proaktivně optimalizovat energetické toky jsou přesné prediktivní modely. EMS bude využívat kombinaci několika datových zdrojů a metod strojového učení k vytvoření co nejpřesnějších předpovědí výroby a spotřeby.

Predikce výroby FVE:

Model pro predikci výroby bude pracovat s několika vstupy. Základem jsou geografická poloha, orientace a sklon FVE panelů, a jejich technické parametry (jmenovitý výkon, účinnost, teplotní koeficienty).¹⁷ Tyto statické údaje jsou kombinovány s dynamickými daty:

- **Numerická předpověď počasí:** Systém bude integrován s API poskytovatelů meteorologických dat pro získání předpovědi slunečního svitu (GHI, DNI), oblačnosti, teploty vzduchu a rychlosti větru na následujících 24 až 48 hodin v hodinovém či kratším intervalu.
- **Historická data o výrobě:** EMS bude analyzovat historická data z dané FVE a pomocí algoritmů strojového učení identifikovat vzorce a korigovat model na základě reálného chování, včetně vlivu lokálního zastínění nebo postupné degradace panelů.¹⁹

Výsledkem bude přesný časový profil očekávané výroby pro každý 15minutový interval, který je klíčový pro plánování nabíjení BESS a sdílení.²¹

Predikce spotřeby OPM:

Předpovídání spotřeby je náročnější kvůli lidskému faktoru, ale je stejně důležité. Model bude kombinovat dva přístupy:

- **Typové diagramy dodávek (TDD):** Pro prvotní nastavení a jako základní referenční křivka budou využity normalizované TDD publikované operátorem trhu (OTE).²³ Tyto diagramy poskytují

statistický profil spotřeby pro různé kategorie odběratelů (např. domácnost bez elektrického vytápění) pro každý den v roce.²³

- **Adaptivní model na základě reálných dat:** EMS bude kontinuálně sbírat reálná data o spotřebě z každého odběrného místa. Pomocí metod strojového učení (např. časové řady, neuronové sítě) bude systém identifikovat individuální zvyklosti a vzorce spotřeby (denní, týdenní, sezónní cykly) a neustále zpřesňovat a personalizovat predikční model pro každého člena.

Optimalizační algoritmus:

Srdcem EMS je optimalizační algoritmus, který na základě predikcí výroby a spotřeby, aktuálního stavu BESS a cenových signálů (cena nákupu ze sítě, výkupní cena přetoků, ceny na spotovém trhu) vypočítá optimální strategii řízení. Cílovou funkcí algoritmu je minimalizace celkových nákladů na energii pro celé společenství za definované časové období (např. 24 hodin). Algoritmus v každém kroku řeší, jaká alokace energie (spotřebovat, uložit, sdílet, prodat, nakoupit) v daném okamžiku přinese největší ekonomický efekt.

Agregace predikcí spotřeby všech členů navíc přináší další strategickou výhodu. Zatímco spotřeba jednotlivých domácností může být velmi volatilní, součet spotřeb desítek či stovek členů vytváří mnohem hladší a předvídatelnější kolektivní profil zatížení. Tento agregovaný profil je cenným aktivem. Umožňuje společenství vystupovat na trhu jako jeden větší, predikovatelný partner, což otevírá dveře k vyjednání lepších smluvních podmínek s obchodníky s elektřinou nebo k účasti v programech řízení poptávky (demand response), což představuje další potenciální zdroj příjmů nad rámec prostého prodeje energie. Společenství se tak transformuje z pasivního souboru spotřebitelů na aktivní virtuální elektrárnu (VPP). Pro nastavení optimalizačních algoritmů je vhodné mít 12 měsíců historie výroby a spotřeby v 15minutových cyklech.

8.8 Specifikace klíčových technologických prvků

Volba správných technologických komponent je zásadní pro spolehlivost, efektivitu a dlouhodobou udržitelnost celého systému. Důraz je kladen nejen na výkonové parametry jednotlivých zařízení, ale především na jejich vzájemnou kompatibilitu a otevřenost pro komunikaci a řízení.

- **Fotovoltaické panely (FVE):** Pro maximalizaci energetického výnosu, zejména na omezených střešních plochách typických pro rezidenční a komerční budovy, je doporučeno použití moderních monokrystalických panelů s vysokou účinností. Technologie jako N-type, TOPCon nebo Heterojunction (HJT) nabízejí vyšší výkon a lepší teplotní koeficienty, což znamená vyšší výrobu v reálných provozních podmínkách. Typický výkon jednoho panelu se dnes pohybuje v rozmezí 400 Wp až 550 Wp. V rámci zkoumání cen jsme využili data z registru smluv. Bereme v potaz i nabídky, které EDHD obdrželo na farmu Hostěrádky. Srovnání cen je v samostatné příloze. Tabulka prokazuje, že cena za 1 kWp významně roste se zmenšující se velikostí FVE.
- **Hybridní střídače:** Střídač je srdcem každé lokální instalace. Je nezbytné volit třífázové hybridní střídače, jejichž jmenovitý výkon odpovídá instalovanému výkonu FVE (např. 10 kW střídač pro 10 kWp FVE). Klíčové vlastnosti, které musí střídač splňovat, jsou:

- **Asymetrické řízení fází:** Schopnost dodávat různý výkon do jednotlivých fází podle aktuální spotřeby v domě.
- **Kompatibilita s BESS:** Podpora vysokonapěťových (HV) nebo nízkonapěťových (LV) bateriových systémů, ideálně od více výrobců.
- **Otevřené komunikační rozhraní:** Toto je strategicky nejdůležitější parametr. Střídač musí disponovat otevřeným a dobře zdokumentovaným komunikačním protokolem (např. Modbus TCP/IP, SunSpec) a ideálně i REST API. To umožní centrálnímu EMS plně a spolehlivě číst data a posílat řídicí příkazy, aniž by bylo společenství vázáno na proprietární řešení jednoho výrobce. Volba střídače s uzavřeným ekosystémem by znemožnila efektivní centrální optimalizaci a ohrozila by návratnost celé investice.
- **Bateriové úložiště (BESS):** Jako standard pro stacionární úložiště je doporučena technologie lithium-železo-fosfát (LiFePO₄, LFP). Tyto baterie nabízejí nejlepší kombinaci bezpečnosti (jsou tepelně stabilnější a méně náchylné k přehřátí než jiné lithiové technologie), dlouhé životnosti (běžně přes 6 000 nabíjecích cyklů při zachování 80% kapacity) a vysoké účinnosti. Kapacita BESS by měla být dimenzována individuálně pro každé OPM, typicky v rozmezí 10 kWh až 20 kWh, aby byla schopna pokrýt většinu večerní a noční spotřeby a zároveň efektivně ukládat denní přebytky.
- **Chytré elektroměry a měření:** Kromě fakturačního elektroměru instalovaného PDS je pro potřeby EMS doporučena instalace podružného, certifikovaného třífázového elektroměru na DIN lištu do hlavního domovního rozvaděče. Tento elektroměr musí být vybaven komunikačním rozhraním (např. RS-485 s protokolem Modbus RTU nebo Ethernet) a musí poskytovat data o tocích energie v reálném čase (ideálně každou sekundu) s vysokou přesností. Tato data jsou nezbytná pro okamžitou reakci EMS a přesné řízení výkonu střídače, aby se zabránilo nežádoucím přetokům nebo nákupu ze sítě. U měřáků je velkým limitem konektivita, jelikož většinou jsou přípojné místa v kovových skříních a ty zmenšují signál GSM.
- **Protipožární ochrana:** S ohledem na fakt, že FVE energetického společenství budou vznikat na cizím majetku, je klíčové, aby byla maximální ochrana majetku, a to zejména před škodou způsobené požárem. Přílohou technické studie je prezentace produktů na zahášení rozvaděčů plynem, který splňuje podmínky ČSN pro protipožární ochranu. Zároveň je nutné zajistit možnost odpojit panely a zajistit bezpečné napětí, aby bylo možné FVE bezpečně hasit. V neposlední řadě doporučujeme instalovat ochranu spojů před zahořením. Tyto tři opatření minimalizují riziko požáru.

8.9 Požadavky na systém řízení energie (EMS)

Platforma EMS je softwarovým a hardwarovým jádrem celého řešení. Musí být robustní, škálovatelná a flexibilní, aby dokázala efektivně řídit komplexní ekosystém energetického společenství.

- **Hardware:**
 - **Centrální Server:** Může se jednat o dedikovaný fyzický server nebo virtuální server v cloudovém prostředí (např. AWS, Microsoft Azure). Cloudové řešení je preferováno pro jeho vysokou dostupnost, škálovatelnost a eliminaci potřeby lokální správy hardwaru. Server musí mít dostatečný výpočetní výkon pro běh prediktivních a optimalizačních algoritmů a spolehlivé databázové úložiště pro archivaci velkého objemu časových dat.

- **Lokální Brány (Gateways):** V každém objektu bude instalována malá průmyslová řídicí jednotka (PLC) nebo IoT brána, která bude sloužit jako most mezi lokálními technologiemi a centrálním serverem. Většinou se jedná o podružný elektroměr s možností online odesílání dat propojený se stykačem a střídačem.
- **Software:** Softwarová platforma EMS, jako například FLOWBOX EMOS (neexistuje veřejný ceník, cenu stanovují individuálně)¹⁰ nebo podobná řešení, musí poskytovat komplexní sadu funkcí:
 - **Konektivita:** Schopnost komunikovat s širokou škálou zařízení od různých výrobců pomocí standardních protokolů.
 - **Zpracování a vizualizace dat:** Nástroje pro sběr, ukládání, analýzu a přehlednou vizualizaci energetických dat v reálném čase i historicky.
 - **Prediktivní modul:** Integrované modely pro předpověď výroby a spotřeby, ideálně s využitím strojového učení.
 - **Optimalizační jádro:** Algoritmus pro výpočet optimální strategie řízení.
 - **Řídicí modul:** Schopnost odesílat řídicí signály a automatizovaně provádět optimalizační plán.
 - **Uživatelské rozhraní:** Intuitivní webový portál a mobilní aplikace pro správce i koncové uživatele, umožňující sledování stavu, nastavení preferencí a prohlížení reportů.
 - **API integrace:** Schopnost připojit se k externím službám, jako jsou poskytovatelé meteorologických dat, portály energetických trhů (OTE) a v budoucnu i platforma EDC.

8.10 Typové jednopólové schéma zapojení

Jednopólové schéma je základním technickým výkresem, který definuje způsob zapojení všech komponent do elektrické soustavy objektu a jejího připojení k distribuční síti. Návrh musí být v souladu s platnými normami (zejména ČSN 33 2000-7-712) a připojovacími podmínkami příslušného PDS.

Níže je popsáno typové schéma pro rodinný dům nebo bytovou jednotku v rámci ES, které jde nad rámec minimálních požadavků a představuje optimální řešení pro integraci do inteligentního řízení:

1. DC strana:

- **FVE panely:** Uspořádány do jednoho nebo více stringů.
- **DC ochrany:** Každý string je jištěn stringovými pojistkami a chráněn svodičem přepětí typu 1+2. Před vstupem do střídače je umístěn DC odpojovač pro bezpečné servisní odpojení.

2. Centrální jednotka:

- **Hybridní střídač:** Třífázový hybridní střídač, který je centrálním bodem systému. Má vstupy pro FVE (DC), baterii (DC) a výstupy na AC stranu.
- **Bateriové úložiště (BESS):** Připojeno k DC straně střídače.

3. AC strana:

- **Hlavní domovní rozvaděč (HDR):** Střídač je připojen do HDR přes samostatný jistič a proudový chránič (typicky typ A, nebo typ B dle specifikace výrobce střídače). V HDR je také umístěn AC svodič přepětí.

- **Měřicí bod:** Mezi výstupem z HDR směrem k distribuční síti a fakturačním elektroměrem je umístěn podružný chytrý elektroměr (Smart Meter) s komunikačním rozhraním. Tento elektroměr měří celkový tok energie na hranici objektu a poskytuje klíčová data pro EMS.
- **Fakturační elektroměr PDS:** Čtyřkvadrantový elektroměr s průběhovým měřením, který zajišťuje PDS.
- **Přípojka k distribuční síti:** Připojení k síti nízkého napětí (NN).

4. Rozvaděč řízených spotřebičů ("Smart-Grid-Ready" sub-panel):

- Toto je klíčové vylepšení oproti standardnímu zapojení. Místo rozptýlení řízených spotřebičů po celém domě se doporučuje vytvořit samostatný podružný rozvaděč.
- Tento rozvaděč je napájen ze zálohovaného nebo programovatelného výstupu hybridního střídače.
- Jsou do něj svedeny okruhy pro klíčové odložitelné spotřebiče: bojler pro ohřev TUV, nabíjecí stanice pro elektromobil (wallbox), tepelné čerpadlo nebo klimatizace.
- Každý okruh je vybaven spínacím prvkem (relé, stykač) ovládaným lokální bránou EMS.
- Toto uspořádání dramaticky zjednodušuje řízení zátěže, zvyšuje spolehlivost a umožňuje EMS efektivně pracovat s celým blokem flexibilní spotřeby jako s jedním celkem. Tím se maximalizuje schopnost objektu reagovat na pokyny z centrálního řízení a optimalizovat spotřebu energie.

Toto schéma zajišťuje nejen bezpečný a normám vyhovující provoz, ale především vytváří technický základ pro plné využití potenciálu pokročilého systému řízení energie.

Tato kapitola předkládá komplexní finanční analýzu navrhovaného systému pro typické odběrné místo v rámci energetického společenství. Cílem je objektivně posoudit životaschopnost investice, kvantifikovat veškeré náklady, příjmy a úspory a vypočítat klíčové ukazatele rentability. Analýza je provedena pro modelový rodinný dům s roční spotřebou 8 MWh, vybavený FVE o výkonu 10 kWp a bateriovým úložištěm (BESS) o kapacitě 15 kWh.

8.11 Investiční a Provozní Náklady (CAPEX & OPEX)

Investiční náklady (CAPEX):

Představují jednorázové výdaje na pořízení a instalaci celého systému. Ceny jsou odvozeny z aktuálních tržních nabídek v ČR k roku 2024/2025 a zahrnují DPH ve snížené sazbě pro rodinné domy.

- **Systém řízení energie (EMS):** Náklady na lokální hardware (brána) a licenci k centrálnímu softwaru se mohou lišit. Pro účely studie je alokována částka 20 000 Kč. Pro energetický management doporučujeme pouze BI platformu. Lze využít Microsoft Power BI nebo Grafanu. Grafana lze rozšířit o aktivní management, takže jde o nástroj s možností rozšíření. Primárním cílem je získat relevantní přehled pro stanovení alokačních klíčů. Aktivní zásah do spotřeby lze řešit pomocí nástrojů „chytré domácnosti“. Máme dobrou zkušenost se systémem Shelly, ale každé místo včetně chytrého měřáku a relé má investiční náklady cca 10 000 Kč (záleží na lokálních podmínkách). Dále je

potřeba zajistit konektivitu chytrého elektroměru k síti. Náklady na konektivitu při malém objemu dat je 89 Kč měsíčně / místo. Bohužel z naší zkušenosti takové místo vyžaduje průměrně 2 servisní zásahy ročně. Komerční cena servisního zásahu je 3500 Kč / zásah. Při ceně 7000 Kč za rok jde o dodatečný náklad 583 Kč / měsíc. Při skupině sdílení o 20 EANech by musel být ekonomický přínos změny spotřebního chování o 161 360 Kč ročně lepší než sdílení bez aktivního zásahu do spotřeby. Navíc pro aktivní EMS vám nebude postačovat BI platforma, ale budete muset provozovat specializovaný SW (ceny se liší podle rozsahu. Například software pro správu stovek odběrných míst (jako je "SQL ekonom ENERGY") může stát **desítky až stovky tisíc korun ročně** jen za licenci). Prozatím jsme takovou skupinu sdílení, která by podobné parametry splňovala neviděli, a proto doporučujeme využívat nástroje EMS na optimalizaci alokačních klíčů (BI nástroje).

Provozní náklady (OPEX):

Představují pravidelné roční výdaje spojené s provozem a údržbou systému.

- **Poplatky za software a data:** Jak jsme uvedli poplatek za provoz EMS platformy a datové připojení se pohybuje od 1 800 Kč/rok/místo až po 36 000 Kč/rok/místo. Naopak BI platforma má roční náklady cca uvedených 20 000 Kč na všechna odběrná místa.

8.12 Syntéza technických a ekonomických zjištění

Předložená studie komplexně analyzuje návrh a implementaci systému pro řízení spotřeby, akumulace a sdílení energie pro energetické společenství v souladu s novým legislativním rámcem LEX OZE II. Technická analýza prokázala, že klíčem k úspěšnému a efektivnímu provozu je nasazení centralizovaného, prediktivního systému řízení energie (EMS). Tento systém, založený na přesných predikcích výroby a spotřeby, umožňuje proaktivně optimalizovat energetické toky a maximalizovat využití lokálně vyrobené energie. Navržená architektura a řídicí logika se sedmi provozními stavy představuje robustní a flexibilní řešení schopné adaptace na budoucí změny v pravidlech trhu, zejména na přechod k plně dynamickému alokačnímu klíči.

8.13 Doporučení optimální konfigurace systému

Na základě provedené technicko-ekonomické analýzy je doporučena následující optimální konfigurace pro typické odběrné místo (rodinný dům) v rámci energetického společenství:

1. **Fotovoltaická elektrárna (FVE):** Minimální instalovaný výkon **10 kWp**, s využitím vysoce účinných monokrystalických panelů (technologie N-type nebo TOPCon) pro maximalizaci výroby.
2. **Bateriové úložiště (BESS):** Minimální kapacita **10 kWh** s technologií LiFePO₄. Tato velikost představuje optimální kompromis mezi schopností pokrýt většinu denní spotřeby a investičními náklady. Zároveň poskytuje dostatečnou kapacitu pro budoucí zapojení do trhu s podpůrnými službami v rámci agregovaného bloku.
3. **Hybridní střídač:** Třífázový hybridní střídač o výkonu minimálně **10 kW** s podporou asymetrického zatížení a, co je nejdůležitější, s plně otevřeným komunikačním protokolem (např. Modbus TCP/IP) pro bezproblémovou integraci do centrálního EMS.

4. **Systém řízení energie (EMS):** Implementace centrální softwarové platformy s prediktivními a optimalizačními schopnostmi využít jen v případě ekonomické výhodnosti. V každém objektu je nutná instalace podružného chytrého elektroměru a komunikační brány pro sběr dat v reálném čase a provádění řídicích pokynů.

Tato konfigurace maximalizuje finanční ukazatele NPV a IRR a zajišťuje, že systém je technicky připraven na budoucí výzvy a příležitosti v oblasti komunitní energetiky a poskytování služeb výkonové rovnováhy.

8.14 Návrh klíčových kroků pro realizaci projektu

Pro úspěšnou realizaci projektu je doporučeno postupovat podle následujícího harmonogramu. Časový odhad jednotlivých fází je orientační.

- **Fáze 1: Přípravná a legislativní (měsíc 1-12)**
 - Právní založení energetického společenství (družstvo) a 12 měsíců provozu na sběr dat.
 - Finalizace stanov, definování pravidel pro členství a nastavení alokačního klíče.
 - Příprava a vyhlášení výběrového řízení na generálního dodavatele technologie a EMS.
- **Fáze 2: Projektová a smluvní (měsíc 13-15)**
 - Výběr dodavatele na základě technické a cenové nabídky.
 - Podpis smluv o dílo.
 - Zpracování projektové dokumentace pro jednotlivé objekty.
 - Podání hromadné žádosti o připojení výroben u příslušného PDS.
 - Podání žádosti o dotační podporu (např. z programu Nová zelená úsporám). Bohužel dotační titul nepočítá s dodatečným nasazením EMS, takže pravděpodobně samostatně nepůjde podpořit.

Identifikace rizik a mitigační opatření:

- **Legislativní riziko:** Změny v energetické legislativě nebo v pravidlech trhu. **Mitigace:** Volba flexibilního a softwarově definovaného EMS, které lze snadno aktualizovat a přizpůsobit novým podmínkám.
- **Technologické riziko:** Poruchovost komponent, nekompatibilita zařízení. **Mitigace:** Výběr renomovaných dodavatelů s dlouhodobými zárukami a důraz na otevřené komunikační standardy. Stanovení podmínek kompatibility střídačů pro členy.
- **Ekonomické riziko:** Nižší než očekávané ceny energií, snížení dotační podpory. **Mitigace:** Konzervativní finanční modelování a provedení analýzy citlivosti. Diverzifikace příjmů prostřednictvím budoucího zapojení do podpůrných služeb.
- **Provozní riziko:** Nedostatečná participace členů, nesprávné nastavení alokačního klíče. **Mitigace:** Transparentní komunikace v rámci společenství, vzdělávání členů a využití vizualizačních nástrojů EMS pro demonstraci přínosů.

9. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – SWOT analýza

Na základě studie byla vypracována profesionální SWOT analýza projektu zavedení budoucího systému řízení, regulace a komunikace pro energetické společenství. Analýza je strukturována tak, aby poskytla strategický vhled do klíčových faktorů ovlivňujících úspěšnost projektu.

Projekt disponuje solidním základem v podobě nového legislativního rámce (LEX OZE II), který legalizuje a definuje fungování energetických společenství a sdílení energie napříč Českou republikou. Navrhovaný technologický koncept, postavený na centralizovaném prediktivním systému řízení (EMS), je pokročilý a připravený na budoucí příležitosti, jako je dynamická alokace a trh s flexibilitou.

Mezi hlavní slabiny patří vysoká závislost na funkčnosti a včasném zprovoznění centrálních prvků (EDC) a na technologické kompatibilitě zařízení jednotlivých členů. Ekonomická návratnost klíčových komponent, zejména bateriových úložišť (BESS), je při současných podmínkách a bez zapojení do podpůrných služeb velmi dlouhá a sporná.

Největší příležitosti spočívají v budoucím plném spuštění trhu s flexibilitou a podpůrnými službami, což může dramaticky zlepšit ekonomiku projektu a transformovat baterie z nákladové položky na zdroj příjmů. Významný potenciál představují také dostupné dotační programy, které snižují vstupní investici. Hlavní hrozbou je legislativní riziko spojené se zpožděním implementace navazující legislativy (LEX OZE III) a s možnými budoucími změnami tržních pravidel. Značné riziko představuje také tržní nejistota a nutnost vytvořit a udržet stabilní a funkční komunitu členů.

9.1 SWOT Analýza

9.1.1 Silné stránky (Strengths)

- **Pevný legislativní základ:** Novela energetického zákona LEX OZE II, platná od konce roku 2023, vytváří právní rámec pro energetická společenství a umožňuje sdílení elektřiny v rámci celé distribuční soustavy ČR.
- **Pokročilý technologický koncept:** Projekt je postaven na implementaci prediktivního řídicího systému (EMS), který proaktivně plánuje a optimalizuje energetické toky na základě predikcí výroby a spotřeby, což je výrazně efektivnější než reaktivní systémy.
- **Centralizovaná a škálovatelná architektura:** Navrhovaná centralizovaná architektura EMS se serverem v cloudu nebo datacentru nabízí vysokou spolehlivost, škálovatelnost a efektivní řízení celého společenství z jednoho místa.
- **Optimalizace pro různé profily spotřeby:** Analýza identifikuje profily s vysokou přirozenou synergií s výrobou FVE (školská zařízení, jednosměnné provoz), které mohou sloužit jako stabilní "kotevní" prvky společenství a zajistit rychlou návratnost počátečních investic.

- **Definovaná a propracovaná řídicí logika:** Systém operuje na základě jasně definované hierarchie sedmi provozních stavů, jejichž cílem je maximalizovat ekonomický přínos pro společenství, od maximalizace vlastní spotřeby až po poskytování podpůrných služeb.

9.1.2 Slabé stránky (Weaknesses)

- **Vysoká závislost na externí infrastruktuře:** Celý systém sdílení je kriticky závislý na funkčnosti a 15minutovém zúčtovacím cyklu Elektroenergetického datového centra (EDC), což vytváří závislost na centrálním registru s datovým zpožděním.
- **Problematická ekonomika bateriových úložišť:** Inkrementální analýza ukazuje, že samostatná návratnost bateriového úložiště je při současných podmínkách extrémně dlouhá (až přes 45 let). Využití baterie pouze pro cenovou arbitráž má velmi spornou návratnost a budoucí trh s flexibilitou může tyto příležitosti dokonce eliminovat.
- **Technologická nekompatibilita a uzavřené systémy:** Zásadním omezením pro funkčnost EMS je nutnost, aby střídače členů společenství měly otevřené komunikační rozhraní pro externí řízení. Volba střídače s uzavřeným ekosystémem znemožňuje efektivní centrální optimalizaci.
- **Administrativní a technická náročnost:** Zapojení do sdílení vyžaduje řadu administrativních a technických kroků, včetně přidělení unikátních EAN kódů a registrace v systému EDC.
- **Nevýhodnost některých aplikací:** Analýza ohřevu teplé vody v Brně ukázala, že využití sdílené elektřiny z distribuční sítě je dražší než dodávka od centrální teplárny, což může snížit důvěryhodnost společenství u jeho členů.
- **Potřeba dlouhodobého sběru dat:** Pro optimální nastavení algoritmů EMS je doporučeno mít k dispozici historii výroby a spotřeby v délce 12 měsíců, což prodlužuje přípravnou fázi projektu.

9.1.3 Příležitosti (Opportunities)

- **Budoucí trh s flexibilitou a podpůrnými službami (SVR):** Plné zavedení trhu s flexibilitou a agregací (očekávané po plné implementaci novely LEX OZE III) představuje největší příležitost pro zpeněžení bateriových systémů. To může zkrátit návratnost BESS na 2–4 roky.
- **Přechod na dynamický alokační klíč:** Současný iterativní statický klíč je dočasný. Budoucí plná implementace dynamického klíče ze strany EDC zvýhodní systémy s pokročilým prediktivním řízením (EMS), které dokáží maximalizovat využití energie v reálném čase.
- **Významná dotační podpora:** Existence dotačních programů z Modernizačního fondu (RES+) a Nová zelená úsporám (NZÚ) výrazně snižuje počáteční investiční náklady (CAPEX) a zlepšuje celkovou ekonomiku projektů pro všechny typy subjektů.
- **Klesající ceny technologií:** Očekává se pokračující pokles cen bateriových systémů (o téměř 50 % do roku 2035) a nástup levnějších technologií, jako jsou sodík-iontové baterie, což zlepší návratnost budoucích investic.
- **Agregace a vytvoření virtuální elektrárny (VPP):** Sloučením predikcí spotřeby desítek či stovek členů vzniká hladší a předvídatelnější kolektivní profil. To umožňuje společenství vystupovat jako jeden partner, vyjednat lepší smluvní podmínky a účastnit se programů řízení poptávky²⁹.

9.1.4 Hrozby (Threats)

- **Legislativní a regulační nejistota:** Zásadní hrozbou je více než tříleté zpoždění v implementaci klíčových evropských směrnic a přijetí navazující novely energetického zákona (LEX OZE III). Tato právní nejistota brzdí investice a odrazuje velké investory.
- **Změny tržních pravidel:** Budoucí změny ve výši regulovaných poplatků za využití distribuční soustavy nebo změny v pravidlech pro sdílení mohou negativně ovlivnit ekonomický model projektu.
- **Tržní rizika:** Výrazný pokles tržních cen silové elektřiny by prodloužil dobu návratnosti investice. Trh s flexibilitou je navíc stále ve fázi vzniku a jeho budoucí podoba a likvidita jsou nejisté.
- **Technologická a provozní rizika:** Hrozí poruchovost komponent a zejména nekompatibilita zařízení od různých výrobců. Nutnost zajistit kybernetickou bezpečnost celého řídicího systému je kritická
- **Komunitní riziko:** Úspěch projektu, zejména v lokálním měřítku, je závislý na schopnosti vytvořit a dlouhodobě udržet stabilní komunitu ochotných členů a na správném nastavení alokačního klíče, které bude všemi vnímáno jako spravedlivé.

9.2 Strategická doporučení

1. **Prioritizovat projekty s rychlou návratností:** V první fázi se zaměřit na implementaci FVE u subjektů s vysokou přirozenou synergií spotřeby a výroby (školy, jednosměnné podniky), aby se zajistily rychlé a viditelné přínosy a posílila se důvěra ve společenství.
2. **Přístupovat k investicím do BESS obezřetně:** S ohledem na velmi dlouhou návratnost baterií bez doplňkových služeb doporučujeme jejich instalaci primárně tam, kde je již dnes jasný ekonomický přínos (např. omezování výkonových špiček u firem) nebo kde je to podmínkou dotace. Aktivně se připravovat na zapojení do trhu s flexibilitou, jakmile to legislativa plně umožní.
3. **Standardizovat technologické požadavky:** Pro zajištění funkčnosti centrálního řízení definovat pro členy společenství závazné technické požadavky na nově instalovaná zařízení, zejména na hybridní střídače s otevřenými komunikačními protokoly (např. Modbus TCP/IP, SunSpec).
4. **Minimalizovat legislativní riziko:** Důsledně navrhovat systém jako flexibilní a softwarově definovanou platformu, kterou lze snadno rekonfigurovat v reakci na změny legislativy a tržních pravidel, zejména s ohledem na přechod na dynamickou alokaci.
5. **Zajistit transparentní komunikaci:** Aktivně a transparentně komunikovat s členy společenství, vzdělávat je a pomocí vizualizačních nástrojů EMS demonstrovat přínosy sdílení. Předejít nerealistickým očekáváním a pečlivě vyhodnocovat případy užití, aby nedocházelo k situacím, kdy je sdílení pro člena ekonomicky nevýhodné.

10. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Doporučení k realizaci

10.1 Popis doporučeného řešení

Doporučené řešení spočívá ve vytvoření energetického společenství, které využívá lokálně vyrobenou energii z fotovoltaických elektráren (FVE) k pokrytí spotřeby svých členů, akumulaci přebytků a sdílení energie prostřednictvím stávající distribuční sítě. Cílem není primárně zisk, ale poskytování environmentálních a hospodářských přínosů členům. Zároveň však musí být investice návratné v akceptovatelné délce do 10 let.

10.2 Spotřeba, výroba a prodej energie

Energetické toky jsou řízeny na základě jasně definované hierarchie priorit s cílem maximalizovat ekonomický přínos pro společenství:

1. **Maximalizace přímé vlastní spotřeby:** Energie z FVE je primárně spotřebována přímo v místě výroby, což představuje nejvyšší finanční přínos.
2. **Akumulace přebytků do BESS:** Přebytečná energie, kterou nelze okamžitě spotřebovat, se ukládá do bateriového úložiště (BESS) pro pozdější využití (např. v noci).
3. **Sdílení v rámci ES:** Pokud je baterie plně nabitá a stále existuje přebytek, energie je nabídnuta ostatním členům společenství prostřednictvím distribuční sítě.
4. **Prodej přetoků do sítě:** Teprve jako poslední možnost je nevyužitá energie prodána do sítě za smluvní výkupní cenu. Jedná se o ekonomicky nejméně výhodnou variantu, kterou se systém snaží minimalizovat.

10.3 Měření a regulace

Klíčem k efektivnímu fungování je pokročilý systém měření a regulace:

- **Měření:** Každé zapojené místo musí být vybaveno **průběhovým elektroměrem typu B**, který zaznamenává toky energie v 15minutových intervalech⁹. Pro potřeby optimálního řízení v reálném čase je navíc doporučena instalace **podružného chytrého elektroměru** v každém objektu.
- **Regulace:** Celý systém je řízen centrálním, **prediktivním systémem řízení energie (EMS)**. Tento systém na základě predikcí výroby (z dat o počasí) a spotřeby (z historických dat a typových diagramů) proaktivně optimalizuje energetické toky, aby maximalizoval hodnotu pro společenství.

10.4 Popis systému sdílení energie přes distribuční síť

Systém sdílení energie je umožněn novelou energetického zákona LEX OZE II a funguje jako služba nad stávající distribuční soustavou.

1. **Centrální autorita:** Klíčovou roli hraje **Elektroenergetické datové centrum (EDC)**, které funguje jako nezávislý administrátor pro sběr dat a zúčtování sdílené energie.
2. **Datový tok:** Průběhové elektroměry odesílají data provozovateli distribuční soustavy (PDS), ten je předává do EDC. EDC na základě nastaveného **alokačního klíče** vypočítá, kolik sdílené energie bylo v každém 15minutovém intervalu přiřazeno jednotlivým členům.
3. **Vyúčtování:** Výsledky alokace předá EDC obchodníkům s elektřinou, kteří provedou finální vyúčtování. Členové platí svému obchodníkovi sníženou fakturu za silovou elektřinu, ale stále hradí plnou výši regulovaných poplatků za využití distribuční sítě.
4. **Alokační klíč:** Společenství si samo definuje, jak se vyrobená energie rozdělí mezi členy. Pro přechodné období se u skupin do 50 členů používá tzv. **iterativní statický alokační klíč**, který v několika kolech přerozděluje nespotřebovanou energii a maximalizuje tak její využití v rámci komunity.

10.5 Stanovení technických parametrů pro provoz ES

Pro zajištění spolehlivého a efektivního provozu jsou stanoveny následující technické parametry:

- **Měření:** Všechna odběrná a výrobní místa musí být vybavena certifikovaným **průběhovým měřením (elektroměr typu B)** se záznamem v 15minutových intervalech.
- **Výrobní:** Každá výrobní musí být řádně uvedena do provozu a mít přidělený unikátní **výrobní EAN kód (EAND)**.
- **Doporučená konfigurace pro člena:**
 - **FVE:** Minimální instalovaný výkon **10 kWp** s využitím vysoce účinných monokrystalických panelů (N-type, TOPCon).
 - **BESS:** Minimální kapacita **10 kWh** s technologií **LiFePO4 (LFP)** pro vysokou bezpečnost a životnost. Velkokapacitní BESS jsou významně levnější při přepočtu na 1 kWh, proto je vhodné hledat vhodná místa na BESS s výkonem nad 1 MW.
 - **Střídač:** Třífázový hybridní střídač o výkonu **10 kW** s **otevřeným komunikačním protokolem** (např. Modbus TCP/IP, SunSpec), což je klíčové pro možnost centrálního řízení.

Okrajové podmínky výpočtu

Finanční a technické modely ve studiích vycházejí z následujících předpokladů:

- **Ceny energie:**
 - Cena silové elektřiny pro **lokální sdílení (v místě): 2,90 Kč/kWh + 0,5 Kč/kWh na provoz společenství**.
 - Cena silové elektřiny pro **sdílení mimo lokalitu: 1,50 Kč/kWh + 0,5 Kč/kWh na provoz společenství**.
 - Minimální cenový rozdíl pro **ekonomickou arbitráž** baterie (nákup ze sítě a prodej/využití v době špičky) musí být alespoň **3,60 Kč/kWh**.

- **Výroba FVE:** Pro výpočty je použita konzervativní průměrná hodnota **1 000 kWh roční výroby na 1 kWp** instalovaného výkonu.
- **Data pro optimalizaci:** Pro přesné dimenzování FVE a nastavení algoritmů EMS je nutné mít k dispozici data o spotřebě za **minimálně 12 měsíců v 15minutové granulitě**.

10.6 Harmonogram

Realizace projektu je doporučena v následujících fázích:

- **Fáze 1: Přípravná a legislativní (Měsíce 1–12)**
 - Právní založení energetického společenství.
 - Výstavba FVE Farma Hostěrádky
 - Provoz a **sběr dat o spotřebě po dobu 12 měsíců** pro přesné plánování.
 - Příprava a vyhlášení výběrového řízení na dodavatele technologie a EMS.
- **Fáze 2: Projektová a smluvní (Měsíce 13–15)**
 - Výběr dodavatele EMS a podpis smluv. Výběr nových lokalit pro FVE.
 - Zpracování projektové dokumentace a podání žádostí o připojení u PDS.
 - Podání žádostí o dotační podporu.
- **Dlouhodobý výhled:** Plná funkčnost trhu s flexibilitou a dynamickou alokací se s ohledem na zdržení legislativy (LEX OZE III) a zavedení EDC očekává v lednu **2028**.

10.7 Zhodnocení technické realizovatelnosti, limitů a rizik

10.7.1 Technická realizovatelnost

Projekt je **technicky realizovatelný**. Technologie FVE, BESS i systémy řízení jsou na trhu běžně dostupné a legislativní rámec pro sdílení (LEX OZE II) je v platnosti.

10.7.2 Limity

- **Závislost na EDC:** Efektivita sdílení je závislá na funkčnosti centrálního EDC a jeho 15minutovém zúčtovacím cyklu, který má datové zpoždění.
- **Kompatibilita hardwaru:** Klíčovým limitem je nutnost, aby členové společenství instalovali střídače s otevřenými komunikačními protokoly, které umožňují centrální řízení.
- **Ekonomika akumulace:** Samostatná návratnost baterií je při současných podmínkách velmi dlouhá. Jejich plný potenciál se odemkne až s rozvojem trhu s flexibilitou.

10.7.3 Rizika

- **Legislativní riziko:** Největší hrozbou je **zpoždění navazující legislativy (LEX OZE III)** a budoucí změny v pravidlech trhu nebo ve výši regulovaných poplatků.

- **Technologické riziko:** Zahrnuje poruchovost komponent, nekompatibilitu zařízení od různých výrobců a hrozbu kybernetických útoků na řídicí systém.
- **Ekonomické riziko:** Prudký pokles tržních cen elektřiny by prodloužil návratnost investice.
- **Komunitní riziko:** Neúspěch při budování a udržení stabilní komunity členů nebo nesprávné nastavení alokačního klíče může ohrozit fungování celého projektu.

11. TECHNICKÁ STUDIE PROVEDITELNOSTI – Návrh rozvoje ES

Na základě komplexní analýzy poskytnutých podkladů je zde navržena strategie střednědobého a dlouhodobého rozvoje energetického společenství (ES). Strategie je rozdělena do dvou logických fází, které reflektují jak současný legislativní a technologický stav, tak budoucí příležitosti na energetickém trhu.

11.1 Fáze 1: Pilotáž, sběr dat a optimalizace (Střednědobý horizont: 2025–2028)

Tato klíčová přípravná fáze je zaměřena na vybudování pevných základů společenství, ověření technických a ekonomických předpokladů a přípravu na budoucí expanzi. Cílem není okamžitá maximalizace zisku, ale vytvoření stabilního, efektivního a důvěryhodného ekosystému.

11.1.1 Strategické cíle

- **Vytvoření funkční organizace:** Založit stabilní právní subjekt (např. družstvo) a nastavit transparentní vnitřní pravidla, včetně spravedlivého alokačního klíče. V této fázi je výhodné zapojení společenství do dotačního titulu umožňujícího všechny klíčové dokumenty připravit.
- **Ověření technologie v praxi:** Implementovat fotovoltaické elektrárny (FVE) a systém řízení energie (EMS) u pilotních členů a ověřit jejich funkčnost a spolehlivost.
- **Sběr a analýza dat:** Shromáždit minimálně 12 měsíců reálných dat o výrobě a spotřebě, která jsou nezbytná pro přesné nastavení prediktivních a optimalizačních algoritmů.

- **Optimalizace interních procesů:** Maximalizovat přímou vlastní spotřebu a sdílení v rámci komunity jako primární zdroje úspor a přínosů.

11.1.2 Klíčové kroky a doporučení

1. Výběr "kotevních" členů:

- **Zaměřte se na profily s vysokou přirozenou synergií** mezi výrobou FVE a spotřebou. Ideálními kandidáty jsou **školská zařízení a podnikatelské subjekty s jednosměnným provozem**. Tyto subjekty dosahují rychlé návratnosti investice s minimální potřebou drahé akumulace a mohou sloužit jako stabilizační prvek celého společenství.
- Začněte s menším, diverzifikovaným portfoliem, například s pěti analyzovanými typy budov (farma, bytový dům, škola, veřejný sektor, rodinný dům), aby bylo možné sbírat data z různých typů spotřeby.

2. Standardizace technologie a otevřenost systému:

- **Definujte závazné technické požadavky** pro všechny členy. Klíčové je vyžadovat instalaci **hybridních střídačů s plně otevřeným komunikačním protokolem** (např. Modbus TCP/IP, SunSpec). Tím předejdete "uzamčení" v proprietárních systémech a zajistíte plnou kompatibilitu s centrálním EMS.
- Doporučenou technologií pro bateriová úložiště (BESS) je **lithium-železo-fosfát (LFP)** kvůli vysoké bezpečnosti a dlouhé životnosti (>6000 cyklů).

3. Fáze implementace EMS:

- V první fázi **neimplementujte plně autonomní EMS** pro aktivní řízení. Systém nejprve nasadte pro **sběr dat, monitoring a vizualizaci**. To umožní optimalizovat jeho algoritmy na základě reálných dat a zároveň edukovat členy o jejich spotřebním chování. Existují ekonomicky efektivní řešení jako je PwerBI, kde jde primárně o datové analýzy ze kterých vzejde dostatek dat na správné stanovení skupin sdílení kde lze nasadit aktivní EMS a bude to dávat ekonomický smysl.
- Aktivní řídicí funkce spouštějte postupně po důkladném ověření a vyladění prediktivních modelů.

4. Obezřetný přístup k investicím do akumulace:

- Uvědomte si, že samostatná **návratnost bateriových úložišť je při současných podmínkách a bez zapojení do trhu s flexibilitou velmi dlouhá a sporná**.
- Investujte do baterií primárně tam, kde je to **podmínkou pro získání dotace** (např. program Nová zelená úsporám) nebo kde existuje jasný ekonomický přínos i bez sdílení (např. **omezování výkonových špiček u firem**).
- Vnímejte baterii jako **opci na budoucí zisky** z trhu s flexibilitou, nikoli jako primární zdroj úspor v této fázi.

5. Strategické rozhodnutí – NE budování LDS:

- Analýza jednoznačně ukázala, že zřízení lokální distribuční soustavy (LDS) pro menší počet objektů je **ekonomicky nevýhodné a administrativně extrémně náročné**. Strategii společenství by mělo být **využívání stávající distribuční sítě** v souladu s LEX OZE II, nikoli budování vlastní. V

opačném případě vytváří společenství spíše virtuálního energetického operátora, což není cílem a je to efektivní cesta jen u velkých a velmi lokálních projektů.

11.2 Fáze 2: Expanze, diverzifikace a tržní integrace (Dlouhodobý horizont: 2028 a dále)

Po úspěšném zvládnutí pilotní fáze a v návaznosti na očekávané plné zprovoznění trhu s flexibilitou (po roce 2028) může společenství přejít do fáze dynamického růstu a maximalizace hodnoty. Je to období plného provozu EDC a dlouhodobé stability právního prostředí.

11.2.1 Strategické cíle

- **Dosažení kritického rozsahu:** Významně rozšířit členskou základnu pro zvýšení stability a predikovatelnosti celého společenství. Minimální objem pro vstup na trh flexibility je 1 MW na straně spotřeby i výroby. Samozřejmě existuje možnost využít agregátorů flexibility, ale při dosažení této hranice bude společenství významným partnerem pro poskytování flexibility i samostatně.
- **Diverzifikace příjmů:** Transformovat ES z modelu založeného na úsporách na model generující aktivní příjmy z několika zdrojů.
- **Plná tržní integrace:** Stát se aktivním hráčem na trhu s elektřinou a podpůrnými službami.
- **Technologické prvenství:** Fungovat jako plnohodnotná virtuální elektrárna (VPP).

11.2.2 Klíčové kroky a doporučení

1. **Strategická expanze a agregace:**
 - **Aktivně rozšiřujte členskou základnu** s cílem agregovat různorodé profily spotřeby. Tím se **vyhladí a zpřesní kolektivní profil zatížení**, což je klíčové aktivum pro obchodování a poskytování služeb.
 - Soustřeďte se na připojování členů s **flexibilní spotřebou** (tepelná čerpadla, nabíječky elektromobilů, bojlerů), kterou lze centrálně řídit.
2. **Plná aktivace EMS a zapojení do trhu:**
 - Po plném spuštění dynamické alokace a trhu s flexibilitou **aktivujte plný potenciál EMS**. Systém bude automaticky optimalizovat sdílení, obchodovat s přebytky na spotovém trhu a provádět cenovou arbitráž.
 - Využijte prediktivní schopnosti EMS k tomu, aby společenství vystupovalo jako **jeden predikovatelný partner** a vyjednalo si lepší smluvní podmínky s obchodníky s elektřinou.
3. **Poskytování služeb výkonové rovnováhy (SVR):**
 - Toto je **klíčová příležitost pro dramatické zkrácení návratnosti bateriových systémů** na 2–4 roky. Predikce vychází ze zkušenosti ze zahraničních trhů. Podmínky flexibility v ČR zatím nejsou ukotveny.
 - Strategií je **agregovat kapacitu baterií jednotlivých členů** do virtuálního bloku o minimálním výkonu 1 MW.

- Navázejte partnerství s **agregátory flexibility**, kteří spravují komunikaci s provozovatelem přenosové soustavy (ČEPS) a umožní společenství inkasovat platby za poskytování SVR.

4. Diverzifikace příjmů ("Revenue Stacking"):

- Přesuňte se od jednoduchého modelu k tzv. "**vrstvení příjmů**"²³. Celkový přínos pro členy bude kombinací:
 - **Úspor** z maximalizace vlastní spotřeby.
 - **Příjmů** z prodeje sdílené elektřiny ostatním členům.
 - **Zisku** z obchodování na spotovém trhu.
 - **Pravidelných plateb** za poskytování SVR.

5. Sledování budoucích technologií:

- V dlouhodobém horizontu sledujte vývoj a pokles cen nových technologií, jako jsou **sodík-iontové baterie**, které mohou dále zlepšit ekonomiku budoucích projektů a snížit závislost na lithiu.

Tato dvoufázová strategie umožňuje energetickému společenství postupovat systematicky, minimalizovat počáteční rizika a plně se připravit na využití budoucích tržních příležitostí, které transformují komunitní energetiku z dotované aktivity na plně udržitelný a profitabilní obchodní model.