



## **„Studie využití obnovitelných zdrojů energie (OZE) na budovách (v areálech) příspěvkových organizací Olomouckého kraje“.**

**Dokument č. 93T/2023  
srpen 2023**

**Studii předkládá:**

E-resources, s.r.o., Na příkopě 393/11, 110 00 Praha 1, Staré Město  
IČ: 26116162, DIČ: CZ 26116162, Tel: +420 739 077 550  
e-mail: [kindl@e-resources.cz](mailto:kindl@e-resources.cz), [www.e-resources.cz](http://www.e-resources.cz)

# Obsah

<b>1</b>	<b>Základní údaje o zpracovateli .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Seznam používaných zkratk .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Předmluva, účel studie .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Náměty pro aplikaci OZE – rozhodování investora/správce „rozcestník“ pro různé objekty a situace.....</b>	<b>10</b>
4.1	Budova ve fázi příprav, záměrů, architektonické studie, apod. ....	10
4.1.1	Plyn přiveden je,.....	10
4.1.2	Plyn přiveden není,.....	11
4.2	Relativní novostavba, stáří cca do 10 až 20 – ti roků, .....	12
4.2.1	Plyn přiveden je.....	12
4.2.2	Plyn přiveden není.....	12
4.3	Objekt bez celkové revitalizace, stáří cca 30 a více roků,.....	13
4.3.1	Plyn přiveden je,.....	13
4.3.2	Plyn přiveden není,.....	13
4.4	Neopravený, nebo jen minimálně opravený historický objekt, .....	14
4.4.1	Plyn přiveden je,.....	14
4.4.2	Plyn přiveden není,.....	15
<b>5</b>	<b>Tepelná čerpadla .....</b>	<b>16</b>
5.1	Historický vývoj tepelných čerpadel (TČ), jejich rozšíření .....	16
5.1.1	Počátky, vývoj do roku 1989 .....	16
5.1.2	Historický vývoj od roku 1990 .....	20
5.1.3	Tepelná čerpadla .....	22
5.2	Členění tepelných čerpadel pro základní orientaci: .....	22
5.3	Instalace kvalitního tepelného čerpadla není žádný problém .....	26
5.4	Pravidla a postupy při umísťování tepelných čerpadel, možnosti aplikací na území Olomouckého kraje .....	32
5.4.1	Tabulky dle krajů, komentáře k počtům a struktuře instalovaných TČ .....	32
5.4.2	Resumé dat se zaměřením na Olomoucký kraj .....	35
5.4.3	Možnosti instalací nových TČ z hlediska systémů TČ, území, klimatu .....	37
5.4.4	Orientační pravidla návrhu TČ vzduch – voda .....	40
5.4.5	Možnosti instalace, vhodnost objektů .....	44
5.5	Plynová tepelná čerpadla .....	45
5.5.1	Plynové tepelné čerpadlo: princip, výhody a využití .....	45
5.5.2	Území Olomouckého kraje z hlediska klimatu, rozmístění příspěvkových organizací kraje .....	48
5.6	Doporučení instalací tepelných čerpadel pro PO zadavatele .....	52
<b>6</b>	<b>Fotovoltaické systémy .....</b>	<b>53</b>
6.1	Teorie fotovoltaiky .....	53
6.1.1	Princip fotovoltaického jevu .....	53
6.1.2	Fotovoltaický článek .....	53
6.2	Energie slunečního záření.....	53

6.2.1	Využitelnost.....	53
6.2.2	Přímé a difúzní záření .....	54
	<b>Sluneční záření .....</b>	<b>54</b>
6.3	<b>Návratnost a výnosy.....</b>	<b>55</b>
6.4	<b>Obecně.....</b>	<b>56</b>
6.4.1	Výše investice .....	56
6.4.2	Předpokládané množství získané energie .....	56
6.5	<b>Hlavní součásti fotovoltaické elektrárny .....</b>	<b>56</b>
6.5.1	Fotovoltaický panel.....	56
6.5.2	Invertor neboli střídač .....	57
6.5.3	Nosná konstrukce .....	57
6.6	<b>Doporučení a strategie pro Olomoucký kraj .....</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>Elektromobilita a OZE .....</b>	<b>64</b>
7.1.1	Elektromobily se mohou stát součástí celé sítě .....	64
7.2	Jaké jsou druhy dobíjení? Co znamenají pro elektromobilistu a co pro síť?.....	65
7.2.1	Veřejné dobíjení .....	68
7.2.2	Firemní dobíjení .....	69
7.3	Koho všeho se dobíjení elektromobilů týká? .....	71
7.3.1	Jaké dopady bude mít dobíjení na subjekty, které budou elektromobilitu implementovat .....	72
	pro své zaměstnance .....	72
7.3.2	Pár příkladů z praxe od nejmenšího po největší.....	73
7.4	Jaké jsou možnosti řízení dobíjení?.....	74
7.4.1	Proprietární řešení .....	74
7.4.2	Lokální energetická řešení.....	75
7.4.3	Centrální systémové řízení .....	78
7.4.4	Co je potřeba zajistit pro to, aby centrální řízení správně fungovalo? .....	80
7.5	Shrnutí.....	80
7.5.1	Pro informaci aktuální data (srpen 2023): .....	81
7.6	<b>Závěry, doporučení pro Olomoucký kraj.....</b>	<b>82</b>
<b>8</b>	<b>Malé větrné elektrárny .....</b>	<b>87</b>
8.1	<b>Malé větrné elektrárny – principy.....</b>	<b>87</b>
8.1.1	Základní typy technologií malých větrných elektráren.....	87
8.1	<b>Příklady technologie malých větrných elektráren, které by v budoucnu mohly být vhodné .....</b>	<b>89</b>
8.1.1	Firma MAKEMU, řada EOLO 1KW/2KW/3KW (vertikální osa).....	89
8.1.2	HY-3000L 5BLADES (220V) – horizontální osa .....	92
8.1.3	Pro info – zpráva z médií .....	93
8.2	<b>Doporučení .....</b>	<b>96</b>
<b>9</b>	<b>Hydroenergetika.....</b>	<b>97</b>
9.1	<b>Vodní elektrárny v ČR, princip, rozdělení .....</b>	<b>97</b>
9.1.1	Princip funkce vodní elektrárny .....	97
9.1.2	Vodní turbíny .....	97
9.1.3	Rozdělení turbín z hlediska způsobu přenosu energie .....	98

9.1.4	Rozdělení turbín z hlediska polohy hřídele .....	98
9.1.5	Nejčastější typy vodních turbín .....	98
9.2	Rozdělení vodních elektráren .....	98
9.2.1	Podle instalovaného výkonu .....	98
9.2.2	Podle využívaného spádu .....	99
9.2.3	Podle využití vodního toku .....	99
9.2.4	Vodní elektrárny v ČR .....	100
9.2.5	Malé vodní elektrárny v Olomouckém kraji .....	100
<b>10</b>	<b>Kogenerační jednotky .....</b>	<b>101</b>
10.1	Účel studie .....	101
10.2	Vstupní data .....	101
10.3	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, obecná teorie .....	101
10.3.1	Úvod .....	101
10.4	Decentralizovaná kogenerace .....	103
10.5	Mikrokogenerace .....	103
10.5.1	Rozdělení kogeneračních jednotek .....	103
10.6	Shrnutí .....	106
10.6.1	Praktický případ využití KGJ – realizovaná akce .....	107
10.7	Posouzení KVET z hlediska nouzového zdroje elektřiny .....	109
10.7.1	Obecný úvod .....	109
10.8	Konkrétní řešení .....	111
10.9	Legislativa týkající se kombinované výroby elektřiny a tepla .....	112
10.10	Analýza vybraných objektů .....	116
10.11	Metodika hodnocení .....	118
10.11.1	Metodika ekonomického hodnocení .....	120
10.12	Shrnutí ekonomických výsledků .....	123
10.13	Závěrečné doporučení .....	125
10.14	Posouzení formy pořízení KGJ .....	125
<b>11</b>	<b>Kondenzační kotle .....</b>	<b>127</b>
11.1	Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů .....	127
11.1.1	Využití energie u kondenzační techniky .....	127
11.2	Zjednodušená zásada pro úsporný provoz kondenzačních kotlů .....	131
<b>12</b>	<b>Provoz budov v letním období (chlazení, oslunění) .....</b>	<b>132</b>
12.1.1	Instalace chlazení .....	132
12.1.2	Instalace vnitřního stínění .....	132
12.1.3	Instalace vnějšího stínění .....	133
12.1.4	Pasivní stínící prvky – slunolamy, vertikální zahrady .....	135
12.2	Doporučení .....	137
<b>13</b>	<b>Využití EPC (nejen) pro instalaci OZE .....</b>	<b>138</b>
13.1	Co je EPC? .....	138
13.2	Pro koho je EPC vhodné? .....	139
13.3	Jaká opatření jsou v projektu EPC realizována? .....	139

13.4	Vhodná spolupráce s odborníkem .....	140
13.4.1	Jak postupovat? .....	140
13.5	Výše zaručených úspor je klíčová .....	140
13.6	EPC lze využít i pro instalaci OZE .....	141
13.7	Příklady projektů EPC v České republice .....	141
<b>14</b>	<b>Závěr – doporučení .....</b>	<b>145</b>
<b>15</b>	<b>Použité zdroje, okrajové podmínky .....</b>	<b>146</b>
15.1	Použité zdroje .....	146
15.2	Okrajové podmínky .....	146

## 1 Základní údaje o zpracovateli

**Obchodní jméno:** E-resources, s.r.o.

zapsaná dne 29. září 1999 v Obchodním rejstříku vedeného Krajským (Městským) obchodním soudem v Praze, Slezská 9, Praha 2, oddíl C, vložka 71488 (dále uchazeč)

- **Právní forma:** Společnost s ručením omezeným
- **Základní kapitál:** 400.000,-- Kč
- **Adresa sídla:** Na příkopě 393/11, Staré Město, 110 00 Praha 1
- **IČ:** 26116162, DIČ: CZ26116162
- **Statutární orgán:** Ing. Tomáš Kindl, jednatel

**E-resources, s.r.o.** (založena v roce 1999) je konzervativní poradenskou společností zaměřenou především na oblast úspor energií, energetický management, dotační politiky, rozvoje infrastruktury měst a regionů.

Naše služby jsou určeny pro subjekty veřejného i soukromého sektoru. Mezi klienty našeho týmu patří města a městské části, kraje, obce, univerzity, organizační složky státu. V soukromém sektoru jsou našimi klienty velké nadnárodní společnosti, ale i menší a střední podnikatelské subjekty, tovární areály, zdravotní zařízení, skladovací areály, atp.

Naším hlavním cílem je zajistit zákazníkovi technicky a ekonomicky nejvýhodnější řešení s ohledem na životní prostředí. V projektech klademe důraz na nízké náklady provozovatelů a celkovou udržitelnost, efektivnost aplikací, technologií, budov apod. Naš tým energetických expertů se podílel na mnoha úspěšných realizacích dotačních projektů a podnikatelských záměrů. V poslední době se též věnujeme problematice sucha, srážkových vod, jejich zachycení a hospodaření s nimi. Úspory, dosažené klienty díky našemu týmu se počítají v mnoha stovkách mil. Kč a v technických jednotkách je lze vyjádřit v TJ. Dotační prostředky, získané klienty díky dotačnímu poradenství našeho týmu přesahují 1,5 mld. Kč.

## 2 Seznam používaných zkratk

PD	projektová dokumentace
OZE	obnovitelné zdroje energie
PO	příspěvková organizace
RD	rodinný dům
CF	cash flow
IRR	vnitřní výnosové procento
NPV	čistá současná hodnota
Ni	investiční náklady
EÚP	energeticky úsporný projekt
kWe	kilowatt elektrický
kWt	kilowatt tepelný
kWp	kilowatt fotovoltaický
FVE	fotovoltaická elektrárna
MVE	malá vodní elektrárna
MVtE	malá větrná elektrárna
GJ	gigajoule
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
KGJ	kogenerační jednotka
TČ	tepelné čerpadlo
ZZT	zpětné získávání tepla
OS	otopná soustava
TV	teplá voda (dříve TUV)
ÚT	ústřední topení
TRV	termoregulační ventil
IRC	“individual room control“
VZT	vzduchotechnika
CP	cihla plná
MIV	meziokenní vložky
MOV	meziokenní vložky
MaR	měření a regulace
CZT	centrální zásobování teplem
KZS	kontaktní zateplovací systém

### 3 Předmluva, účel studie

Předkládaný materiál „**Studie využití obnovitelných zdrojů energie (OZE) na budovách (v areálech) příspěvkových organizací Olomouckého kraje**“, je zpracován v rámci úkolů/akčního plánu přijaté Územní energetické koncepce Olomouckého kraje. Studie vytyčuje možné směry rozvoje obnovitelných zdrojů energie (OZE), v konsekvencích zdrojů, využívajících fosilních paliv. Součástí Studie a jejími výstupy je nalezení konkrétního „potenciálu“ budov/areálů, ke smysluplné aplikaci OZE v rámci majetku Olomouckého kraje. Další kapitolou Studie je i jakýsi „rozcestník“, který by měl posloužit představitelům jednotlivých PO pro ekonomické a moderní rozhodování při rekonstrukcích objektů, zajištění dodávek médií, změn topného systému, apod. Studie je psána v rozlišení pro „poučené laiky“, tj. nehledejme zde hloubku vysokoškolského skriptu a za případná někdy i velmi masivní zjednodušení se omlouváme.

Studie je tedy určena především pro veřejnou sféru – vedení Olomouckého kraje, jeho jednotlivé odbory, zástupce PO Olomouckého kraje. Je otázkou, zda Studii využít vzhledem k některým naprosto adresným doporučením i pro představitele měst a obcí, škol, podnikatelů, zástupců společenských, sportovních organizací na území Olomouckého kraje. Studie, nebo její části mohou být využity edukativně i pro širokou veřejnost, představitele SVJ bytových domů, družstva, atp. Je možno vytvořit variantu pro širší okruh čtenářstva, vyjmutím konkrétních doporučení pro konkrétní objekty zadavatele (veřejnost nemusí zcela znát tyto objekty a záměry s nimi).

V části studie se snažíme zevšeobecnit principy navržení TČ pro území Olomouckého kraje při nejběžnějších instalacích, ať již ve vyšších výkonech, tak jednotek pro RD. Speciality typu „vytápění hotelu z termálního vrtu“ vzhledem k ojedinělosti řešeny nejsou. Vlastní pokyny k navržení TČ jsme záměrně nazvali „teze“ (nikoliv striktnější „pokyny“), vychází z letitých zkušeností jednoho ze zpracovatelů (mnohaleté působení ve společnosti Stiebel Eltron), při vědomí, že tato problematika není ani jednoduchá, ani jednoznačná.

Samostatnými kapitolami jsou kogenerační jednotky a užití slunolamů. O OZE se v pravém smyslu nejedná, avšak dle našeho názoru v současnosti, při boomu FVE je nutné preferovat zdroje, které mohou pomoci aktuální bilanci el., a minimalizovat pravděpodobnost případných výpadků sítě, apod., což kogenerační jednotky jsou. Slunolamy při správné aplikaci výrazně snižují, nebo eliminují spotřebu energie na chlazení v letním období, tj. za jistou formu OZE je lze s nadsázkou považovat, informovanost je relativně nízká. Kapitoly, týkající se malých větrných elektráren (v této studii cca 2 až 8 kW, což pokládáme již za smysluplný výkon) a malých vodních elektráren, jsou záměrně zařazeny, neboť především malé větrné elektrárny čeká dle našeho názoru v příštích letech „boom“, blížící se současnému, překotnému rozvoji fotovoltaiky. Důvodem zpoždění je především zatímní technologická nevyzrálость nabízených technologií, jejich požadavky na rychlost větru, apod. Až budou výrobky s reálným výkonem zmiňovaných 2 až 8 kW a to ve výškách rotorů např. 2 až 5 m nad terén (tj. bez jakéhokoliv schvalování), jistě dojde k výstavbě větrných „parků“ o např. 4 strojích někde v zahradě domova pro seniory, internátu ke škole, apod. Jeví se jako vhodný doplněk k FVE (pracují i v noci a v zimě).



Záměrně jsme zařadili též kapitolu o úsporném provozu již instalovaných kondenzačních kotlů. Do OZE nepatří, ale při místních šetřeních na budovách v Olomouckém kraji jsme zjistili, že většina provozovatelů nevyužívá úsporný potenciál kondenzačních kotlů v plné výši.

Studie se věnuje úsporám, instalaci OZE ve všech smysluplných případech, za předpokladu použití zdravého (dříve selského rozumu). Součástí materiálu jsou i konkrétní doporučení, kde lze například fotovoltaické elektrárny (FVE), nebo tepelná čerpadla (TČ) instalovat. Zadavatel má však k dispozici velmi zajímavý „nástroj“ k ekonomickému rozhodování o případném využívání OZE na konkrétních objektech, v konkrétních areálech. Během období 05/2021 až 05/2023 bylo realizováno místní šetření na více než 270-ti objektech/areálech zadavatele (a vznikla databáze ve formě zaheslovaného webového rozhraní), kdy byly doporučeny konkrétní instalace, případně výměny technologií, nastavení MaR, apod., s cílem zajištění co nejefektivnějšího provozu příslušných energetických hospodářství. Tato akce místních šetření v objektech, jejíž součástí je pořízení fotodokumentace a nově i případných termovizních snímků dále pokračuje. Významnou výhodou zmiňované databáze je její „živost“, lze ji aktualizovat, doplňovat o nově instalované technologie, případná zateplení, instalace FVE, apod. Zadavatel – Olomoucký kraj může tedy mít aktuální přehled o svém majetku (po stránce energetického hospodářství + stavu oken, zateplení, střech, apod.).

Na jaře 2022 vstoupil do rozhodování o směru energetiky, konkrétních instalacích OZE, apod., nový silný faktor, a to válka na Ukrajině, což alespoň krátkodobě zcela „vymklo“ rozhodování o efektivitě, úsporách, apod. Vše se soustředilo pouze na otázky ne jak efektivně, ale jak vůbec zajistit vytápění, svícení, pohon strojů, chod pecí, jak pro obyvatelstvo, tak podnikatelskou sféru. Tato akutní rozhodování pod tlakem jsou snad naštěstí již minulostí a zemní plyn (v jakékoliv formě) doufáme již přestává být „sprostým slovem“.

Byť se jedná o předmluvu, i zde chceme apelovat na problematiku zachování vody v krajině. Olomoucký kraj se této problematice cíleně a s využitím dotací věnoval, bylo by dobré, aby navázal na vykonanou dobrou práci a opět při rekonstrukcích, stavbách zajisti zadržování/využití srážkových vod v krajině, nad rámec legislativních požadavků.

Budeme rádi, pokud Studie přispěje v dalších letech ke snížení nákladů na vytápění, ohřev TV, případně chlazení a samozřejmě snížení emisí v Olomouckém kraji.

## 4 Náměty pro aplikaci OZE – rozhodování investora/správce „rozcestník“ pro různé objekty a situace

V této kapitole se pokusíme pomoci představitelům PO, správcům objektů při rozhodování, jakým způsobem aktuálně (léto 2023, probíhající konflikt na UA, turbulentní ceny komodit) investovat do objektů/areálů, pro co nejúspěšnější následný, víceletý provoz (z hlediska spotřeby energie na vytápění, ohřev TV, osvětlení, apod., nikoliv tedy např. na kuchyni). Jedná se o doporučení pro objekty, které jsou v zimním období užívány, vytápěny, nikoliv tedy např. sklady s temperací. Níže jsou základní možnosti a situace, kdy by mělo být přistoupeno k využití OZE (samozřejmě nelze popsat všechny situace, meteorologické podmínky, specifické nároky na objekty, apod.). Popisy typů OZE, slunolamů, TČ, apod., jsou v dalších kapitolách.

Důležité při rozhodování v investiční činnosti – stavebnictví/energetice, je však zachovat si „chladnou hlavu“, tj. brát zřetel na to, že budovy žijí vlastním životem většinou mnoho desítek roků a technologie v energetice mívají životnost 10 až 20 let... Často se během života budovy mění i její účel (z Obecné školy v malé vesnici jsou nakonec například 4 startovací byty pro mladé rodiny, apod.). Toto je však samozřejmě velmi obtížné predikovat.

Do níže uvedených konkrétních řešení záměrně nevřazujeme specifické možnosti výroby energie, tj. malé vodní elektrárny a malé větrné elektrárny. Může se stát, že objekt zadavatele bude vhodně umístěn, např. bývalý mlýn s náhonem, apod., tam je velmi, velmi vhodné instalovat malou vodní elektrárnu s pomocí dotace. Dle našeho názoru přejde též po technologickém vylepšení doba malých větrných elektráren, o výkonech jednotek kW, nebo i jejich „bateriích“ na pozemcích, nebo střechách objektů. Významnou výhodou malých větrných elektráren je jejich provoz i v noci a v zimě, tj. vykrývají výpadky FVE.

Při směřování investic ať již do výstavby nových budov, či oprav/revitalizací objektů stávajících, je třeba vždy myslet na hospodaření s čím dále vzácnějšími srážkovými vodami. Stavební předpisy již věc řeší, avšak na pozemcích lze často realizovat ještě přínosnější opatření (vsaky, jímky, jezírka s retenční funkcí, apod.), další možností využití srážkových vod (po úpravě) je samostatný rozvod užitkové (šedé vody) po budově, využití typicky například ke splachování toalet. Většinou připadá v úvahu u nově plánovaných objektů, někdy lze i při generálních opravách.

Při rozhodování jakým způsobem a jak výrazně revitalizovat starší objekt, je vždy třeba přistoupit k rešerši aktuálních dotačních titulů, v současnosti jsou téměř na vše, jen se v čase mění jejich %, doba udržitelnosti a další podmínky. Bohužel některé dotační tituly jdou proti dlouhodobé smysluplnosti provozu budov a dlouhodobých výhledů, udržitelnosti.

### 4.1 Budova ve fázi příprav, záměrů, architektonické studie, apod.

#### 4.1.1 Plyn přiveden je,

- vytápění plynovým tepelným čerpadlem, nebo kondenzačním kotlem, ohřev TV ideálně decentralní, elektrickými zásobníkovými ohříváči, bez cirkulace TV, v případě větších novostaveb zvážit použití plynové kogenerační jednotky,
- zvážit typ topného systému, podlahové topení není všespásné, dostatečně dimenzovaná topná tělesa pro nízkoteplotní provoz jsou vhodným řešením,

- věnovat se oknům, na jižní fasádu, okna co největší (samozřejmě v závislosti na účelu objektu, požadovaných vnitřních dispozicích, apod.), dále navržení slunolamů (viz kapitola 12) na jižní fasádu, západní fasádu kvůli letnímu období odstínit venkovními, předokenními žaluziemi,
- světla LED, veškerá
- případnou klimatizaci pokud je v tomto případě vhodná (např. serverovna) pouze po zralé úvaze,
- na střechy FVE panely, v případě ploché střechy zvážit využití FVE pásů, minimální, nebo žádné bateriové úložiště
- realizovat nabíječku elektromobilů, v závislosti na využití objektu, počtu návštěv, provozu, předpokládaného počtu vozidel i více realizovat nabíjecích míst,
- zvážit systém nuceného větrání s rekuperací, nebývají nutná řešení centrálními, drahými jednotkami, ale lze i lokálními nástěnnými jednotkami,
- připravit alespoň el. kabeláž odpovídající budoucí přípojky se samostatným jištěním na využití několika malých větrných elektráren (samozřejmě jen tam, kde je předpoklad větrného počasí/proudění) v areálu zadavatele, reálné a smysluplné výkony u těchto instalací jsou ve více jednotkách kW při i slabém větru,
- bohužel v nemnoha specifických případech, kdy je budoucí budova na pozemku, jej protíná říčka, potok, mlýnský náhon, nebo kde je soustava rybníků, apod., je velmi vhodné posoudit výstavbu malé vodní elektrárny,
- věnovat se zachycování a využití srážkových vod, i nad rámec stavebních předpisů,

#### 4.1.2 Plyn přiveden není,

- věnovat se oknům, na jižní fasádu, okna co největší (samozřejmě v závislosti na účelu objektu, požadovaných vnitřních dispozicích, apod.), dále navržení slunolamů (viz kapitola 12) na jižní fasádu, západní fasádu kvůli letnímu období odstínit venkovními, předokenními žaluziemi,
- vytápění elektrickými tepelnými čerpadly vzduch/voda (ne vždy lze), případné napojení na CZT (občas bývá politicky nutné), menší objekty typu temperované garáže možno i klimatizačními jednotkami split a multisplit typu vzduch/vzduch, nebo el. topným nástěnným konvektorem, ohřev TV centrální, s cirkulací přes výměník z akumulární nádrže tepelného čerpadla, akumulární nádrž vybavit i el. topnými vložkami (jako bivalentní zdroj a úložiště vyrobené el. z FVE, budoucích větrných elektráren,
- zvážit typ topného systému, podlahové topení není všespásné, dostatečně dimenzovaná topná tělesa pro nízkoteplotní provoz jsou vhodným řešením,
- světla LED, veškerá,
- realizovat nabíječku elektromobilů, v závislosti na využití objektu, počtu návštěv, provozu, předpokládaného počtu vozidel i více realizovat nabíjecích míst,
- zvážit systém nuceného větrání s rekuperací, nebývají nutná řešení centrálními, drahými jednotkami, ale lze i lokálními nástěnnými jednotkami, jedná se vlastní odběr el., může být saturován z FVE
- na střechy FVE panely, v případě ploché střechy zvážit využití FVE pásů, dodávka vyrobené elektřiny i do akumulární nádrže tepelného čerpadla, minimální, nebo žádné bateriové úložiště,
- připravit alespoň el. kabeláž odpovídající budoucí přípojky se samostatným jištěním na využití několika malých větrných elektráren (samozřejmě jen tam, kde je předpoklad větrného počasí/proudění) v areálu zadavatele, reálné a smysluplné výkony u těchto instalací jsou ve více jednotkách kW při i slabém větru,

- bohužel v nemnoha specifických případech, kdy je budoucí budova na pozemku, jej protíná říčka, potok, mlýnský náhon, nebo kde je soustava rybníků, apod., je velmi vhodné posoudit výstavbu malé vodní elektrárny,
- věnovat se zachycování a využití srážkových vod, nad rámec stavebních předpisů

## 4.2 Relativní novostavba, stáří cca do 10 až 20 – ti roků,

již kvalitní okna, obvodové stěny zároveň s relativně dobrými tepelně technickými vlastnostmi.

### 4.2.1 Plyn přiveden je

- realizovat alespoň dílčí zateplení, výměnu oken na trojskla alespoň na severní straně objektu, případně severní a západní (samozřejmě ideálně s využitím dotačních prostředků a dle dotačních parametrů/možností),
- ihned realizovat výměnu osvětlení na LED s odpovídající teplotou (barvou) světla
- na jižní stranu instalovat slunolamy (kotvit šetrně k případnému zateplení, bez tepelných mostů)
- pokud kotle ještě nejsou kondenzační, ihned výměna na kotle kondenzační (pokud bude souběžně alespoň dílčí zateplení, výměna některých oken, zřejmě se podaří systém provozovat většinou v kondenzačním režimu), související výměna MaR, kontrola/výměna TRV na topných tělesech, nebo zvážit instalaci plynových tepelných čerpadel
- pokud se jedná o objekt, areál s relativně vyšší vlastní spotřebou elektřiny (což typicky NENÍ střední škola bez dílen, komerčně pronajímané tělocvičny, apod.), instalovat na střechy FVE,
  - minimální, nebo žádné bateriové úložiště
- realizovat nabíječku elektromobilů, v závislosti na využití objektu, počtu návštěv, provozu, předpokládaného počtu vozidel i realizovat více nabíjecích míst,
- zvážit systém nuceného větrání s rekuperací, nebývají nutná řešení centrálními, drahými jednotkami, ale lze i lokálními nástěnnými jednotkami,

### 4.2.2 Plyn přiveden není

- realizovat alespoň dílčí zateplení, výměnu oken na trojskla na severní straně objektu, případně severní a západní (samozřejmě ideálně s využitím dotačních prostředků a dle dotačních parametrů/možností) dozateplení objektu pokládáme za důležitější než v případě obdobného objektu, kde plyn přiveden je, v případě potřeby výměna některých topných těles za tělesa s větší teplosměnnou plochou, umožňující nízkoteplotní provoz,
- pokud bude realizováno zateplení i na jižní straně (tedy budou zásahy do fasády, instalace slunolamů,
- vytápění elektrickými tepelnými čerpadly vzduch/voda (ne vždy lze), ohřev TV ideálně decentrální, pokud již je centrální, s cirkulací přes výměník z akumulární nádrže tepelného čerpadla, akumulární nádrž vybavit i el. topnými vložkami (jako bivalentní zdroj a úložiště vyrobené el. z FVE, budoucích větrných elektráren),
- pokud se jedná o objekt, areál s relativně vyšší vlastní spotřebou elektřiny (což typicky NENÍ střední škola bez dílen, komerčně pronajímané tělocvičny, apod.), u objektu, areálu bez dodávky plynu však mohou být nároky na spotřebu elektřiny až extrémní, tj. téměř vždy instalovat na střechy FVE, minimální, nebo žádné bateriové úložiště
- realizovat nabíječku elektromobilů, v závislosti na využití objektu, počtu návštěv, provozu, předpokládaného počtu vozidel i realizovat více nabíjecích míst,

- zvážit systém nuceného větrání s rekuperací, nebývají nutná řešení centrálními, drahými jednotkami, ale lze i lokálními nástěnnými jednotkami,

#### 4.3 Objekt bez celkové revitalizace, stáří cca 30 a více roků,

okna např. „panelákového typu“, některá z oken jsou náhodně vyměněna za plastová, nebo EUR okna, pouze dílčí, nebo žádná zateplení štítů apod.

##### 4.3.1 Plyn přiveden je,

- realizovat celkové zateplení, výměnu oken na trojskla v celém objektu, (samozřejmě ideálně s využitím dotačních prostředků a dle dotačních parametrů/možností) v případě potřeby výměna některých topných těles za tělesa s větší teplosměnnou plochou, umožňující nízkoteplotní provoz,
- pokud bude realizováno zateplení i na jižní straně (tedy budou zásahy do fasády, instalace slunolamů,
- pokud kotle ještě nejsou kondenzační, ihned výměna na kotle kondenzační (pokud bude souběžně alespoň dílčí zateplení, výměna některých oken, zřejmě se podaří systém provozovat většinově v kondenzačním režimu), související výměna MaR, kontrola/výměna TRV na topných tělesech, nebo zvážit instalaci plynových tepelných čerpadel
- pokud se jedná o objekt, areál s relativně vyšší vlastní spotřebou elektřiny (což typicky NENÍ střední škola bez dílen, komerčně pronajímané tělocvičny, apod.), instalovat na střechy FVE, minimální, nebo žádné bateriové úložiště,
- realizovat nabíječku elektromobilů, v závislosti na využití objektu, počtu návštěv, provozu, předpokládaného počtu vozidel i realizovat více nabíjecích míst,
- zvážit systém nuceného větrání s rekuperací, nebývají nutná řešení centrálními, drahými jednotkami, ale lze i lokálními nástěnnými jednotkami, u starších objektů může být vhodné pro pomalé vysušování,

##### 4.3.2 Plyn přiveden není,

- realizovat celkové zateplení, výměnu oken na trojskla v celém objektu, (samozřejmě ideálně s využitím dotačních prostředků a dle dotačních parametrů/možností) v případě potřeby výměna některých topných těles za tělesa s větší teplosměnnou plochou, umožňující nízkoteplotní provoz (v případě stávajících teplovodních rozvodů). Pokud je toto splněno, vhodné je vytápění tepelným čerpadlem vzduch/voda, nebo kaskádou tepelných čerpadel, včetně zajištění ohřevu TV a použití bivalentního zdroje ve střešném zásobníku. V případě, že dosud bylo vytápěno např. akumulacími kamny, nebo el. přímotopy, tj. nebyl realizován teplovodní topný systém, nezavrhuje se jen vyměnit stávající topná tělesa za moderní, sálavé panely, s odpovídající regulací. Ekonomičnost ponechání tohoto způsobu vytápění závisí na realizaci celkového zateplení obálky budovy. Tedy, pokud bude realizováno kvalitní zateplení + trojskla, nevádí použít el. přímotopy (nutno však respektovat příslušné dotační podmínky). TV může být řešena ideálně decentrálně, el. ohříváči, bez cirkulace,
- další možností zajištění vytápění alespoň v některých částech budovy je použití klimatizačních jednotek split, nebo multisplit, tj. vlastně tepelných čerpadel vzduch/vzduch, které mohou v létě chladit, v přechodném období (cca do konce listopadu a cca od března) vytápět, další jejich funkcí je například odvlhčování, což může být u starších objektů, nebo v prostorách s vyšší koncentrací osob (jídelny, společenské místnosti, haly, apod.) přínosné, tyto jednotky není ekonomické využívat v malých místnostech – pokojích, je však vhodné je instalovat v právě zmiňovaných větších prostorách,

- pokud bude realizováno zateplení i na jižní straně (tedy budou zásahy do fasády), instalace slunolamů,
- pro vytápění není moc možností, pro objekty zadavatele se zřídka kdy hodí např. peletky, apod., navíc jejich dosažitelnost klesá mj. i vlivem odtěžení a zpracování kůrovcových lesů, apod., uhlí, LTO, atd. neuvažujeme, zbývá tedy vytápění „elektřinou“,
- pokud se jedná o objekt, areál s relativně vyšší vlastní spotřebou elektřiny (což typicky NENÍ střední škola bez dílen, komerčně pronajímané tělocvičny, apod.), u objektu, areálu bez dodávky plynu však mohou být nároky na spotřebu elektřiny až extrémní, tj. téměř vždy instalovat na střechy FVE (jih, jihozápad, jihovýchod), minimální, nebo žádné bateriové úložiště, dále zvážit podle větrné mapy, velikosti pozemků v areálu, okolní zástavby, apod. využití malých větrných elektráren, mj. pro vykrytí nočních časů a krátkých zimních dnů, což zhoršuje výtěžnost FVE,
- realizovat nabíječku elektromobilů, v závislosti na využití objektu, počtu návštěv, provozu, předpokládaného počtu vozidel i realizovat více nabíjecích míst, ideálně spojit s FVE,
- zvážit systém nuceného větrání s rekuperací, nebývají nutná řešení centrálními, drahými jednotkami, ale lze i lokálními nástěnnými jednotkami, u starších objektů může být vhodné pro pomalé vysušování,

#### 4.4 Neopravený, nebo jen minimálně opravený historický objekt,

podléhající nějaké formě památkové ochrany, v různém rozsahu, např. je možno zateplit pouze dvorní trakt, podstřeší, repliky části oken s již dvojitým sklem apod., Důležitý je u těchto objektů požadovaný způsob využívání, např. knihovna s lidskou „obslouhou“ během dne, bude mít zcela jiné nároky, než archeologický depozitář hliněných vykopávek, s návštěvou 2 x měsíčně..., pro účely této Studie se nevěnujeme „specialitkám“ typu pořádání svateb v historickém objektu 1 x měsíčně, přičemž postačuje použití pevných paliv v krbu, zbytek teploty 2 akumulacími kamny. U historických objektů často souvisí vše se vším, tj. pro každý zásah je třeba přemýšlet min. 2 x než je realizován. Důležité je též bezhlavě historické objekty neodvlhčovat, přílišným prouděním vzduchu např. ve sklepích může docházet k degradaci kamenných základů, které byly několik set let ve zcela jiném režimu. Bohužel se tyto „akce“ negativně projevují s velkým odstupem, často více letým. Rádi bychom u těchto objektů ještě apelovali na využití srážkových vod, historické objekty většinou nějakým způsobem srážkové vody ze střech, teras, apod., využívaly, hospodařili s nimi. Často však před rokem 1989 při neodborných opravách, úpravách, nebo jen stárnutí objektů docházelo k ucpání, či zazdění promyšlených odtokových cest, přepadů, samospádů, vysušování jezírek, apod., je vhodné tyto chyby, nedbalosti napravit a srážkové vody cíleně využívat v areálu, nebo krajině.

##### 4.4.1 Plyn přiveden je,

- vzhledem k většinou velmi silným zdem historických objektů mají tyto velkou tepelnou setrvačnost akční členy ve formě TRV, trojcestných ventilů, programování, apod., nemívají velký smysl,
- klíčem k úspoře energie je alespoň nějaká forma snížení energetické náročnosti objektu, tvůrci Studie mají zkušenosti s památkově chráněnými budovami, kde byla vyměněna špaletová okna za jejich repliky (nebo generální oprava, apod.) a do vnitřních křídel bylo vsazeno dvojitě sklo (ditherm), lze také často zateplit podlahu nevytápěné a neužívané půdy, dvorní trakt, nebo jeho část, apod., doporučujeme tak učinit !

- pokud již je realizována výměna oken na výše uvedené a zachován stávající topný systém (počet těles, plochy), téměř vždy se topný systém „kouzlem chtěného“ stane nízkoteplotním, lze jej tedy efektivně provozovat s napojením na kondenzační kotel, ten provozovat v kondenzačním režimu (dále bude kapitola o kondenzačních kotlích) s účinností až 108%,
- pokud by se topný systém rekonstruoval,

#### 4.4.2 Plyn přiveden není,

- vzhledem k většinou velmi silným zdem historických objektů mají tyto velkou tepelnou setrvačnost akční členy ve formě TRV, trojcestných ventilů, programování, apod., nemívají velký smysl (shodné s objekty kam plyn přiveden je)
- klíčem k úspoře energie je alespoň nějaká forma snížení energetické náročnosti objektu, tvůrci Studie mají zkušenosti s památkově chráněnými budovami, kde byla vyměněna špaletová okna za jejich repliky (nebo generální oprava, apod.) a do vnitřních křídel bylo vsazeno dvojité sklo (ditherm), lze také často zateplit podlahu nevytápěné a neužívané půdy, dvorní trakt, nebo jeho část, apod., doporučujeme tak učinit!
- u historických objektů, kam plyn přiveden není, většinou nebývá „ústřední topení“, tj. nějaká forma teplovodního rozvodu ať již do topných těles, tak např. do podlahové topení, většinou je neefektivní a z důvodů památkové ochrany často nemožné, tento teplovodní systém budovat
- často bývají tyto objekty vytápěny akumulacími kamny, nebo i již el. přímotopy, pokud jsou v dobrém stavu, není důvod je měnit, případně po částech nahrazovat modernějšími přístroji, opět platí většinou vysoká míra tepelné setrvačnosti, tj. je vhodné se snažit spíše o trvalou teplotu, než vytápění,
- další možností zajistit vytápění/teplotu, je využití tepelných čerpadel vzduch/vzduch, split, nebo multisplit (v podstatě klimatizačních jednotek s tepelným čerpadlem), kde v přechodném období (září až listopad a březen až duben) je nákladově velmi efektivní, v zimním období se náklady na elektřinu při tomto vytápění významně zvyšují,

K výše uvedeným doporučením, návrhům je vždy třeba přistupovat individuálně, jedná se o obecná doporučení, možnosti zajištění efektivního vytápění, ohřevu TV, případně odstínění, chlazení. Technický pokrok jde navíc nezadržitelně vpřed, tj. za např. 10 let může být nyní experimentální technologie již běžně používána a naopak, nyní progresivní celky se mohou ukázat jako slepá větev vývoje...



## 5 Tepelná čerpadla

### 5.1 Historický vývoj tepelných čerpadel (TČ), jejich rozšíření

Tepelná čerpadla (TČ) jsou v současnosti (jaro/léto 2023) v ČR i Evropě doslova módou a k jejich instalaci dochází i pro objekty, kde pro tento typ zdroje nejsou vhodné podmínky. V každém případě jsou však TČ moderním zdrojem tepla, které je (dle mého názoru s trochou nadsázky) označován jako OZE a má svůj nepopíratelný význam, smysl.

#### 5.1.1 Počátky, vývoj do roku 1989

Počátky historického vývoje tepelných čerpadel jsou částečně spjaty i s územím České republiky. V roce 1811 se v kasárnách v Novém Jičíně narodil šikovateli würzburského pluku syn Peter Rittinger. Po studiích působil jako vynikající báňský odborník, vynálezce a organizátor. Jeho činnost je především spojena s báňskými revíry v Báňské Štiavnici na Slovensku, kde se věnoval rudnému úpravnictví a v českém Jáchymově, kde se podílel na modernizaci zdejších dolů v souvislosti s rozvojem těžby uranových rud. Od roku 1850 působil jako sekční rada pro hornictví na vídeňském ministerstvu orby. V roce 1855 navrhl Rittinger zařízení k účinnějšímu odpařování solanky (solí nasycené důlní vody). Pomocí mechanické komprese (vodním kolem) odpadních par z varné pánve a jejich následné dekompresi v prostoru spodní části varné pánve mělo dojít k dalšímu ohřátí těchto par ze solného roztoku a k úspoře palivového dřeva. Toto zařízení bylo nejprve teoreticky popsáno jako „parní čerpadlo“ v publikaci (Rittinger 1855) a následně pokusně postaveno v letech 1856–1857 na solných dolech v Ebensee v Rakousku. Zařízení, které mělo mít teoretický výkon 14 kW a podle Rittingera přinášet až 80 % úsporu paliva, však v reálu příliš nefungovalo. Prosolené páry zanášely celý systém, a také nebylo možno zajistit kontinuální provoz, neboť krystalizovanou sůl bylo nutno mechanicky odstraňovat, a tudíž bylo nutné otevírat pánev, ze které tak ucházel potřebný tlak. Na Rittingerův vynález však navázali další průkopníci, a tak v roce 1877 na solných dolech ve švýcarském Bexu bylo zdokonalené zařízení skutečně uvedeno do trvalého provozu. Po vynálezi, který má tolik společného s Čechami, je pojmenovaná Mezinárodní cena Petera von Rittingera. Ta je od roku 2005 každé tři roky udělována IEA nejlepším výrobkům z oblasti tepelných čerpadel a klimatizační techniky.

První rozvoj instalací skutečných tepelných čerpadel v Evropě proběhl ve Švýcarsku během druhé světové války, kdy byla země odkázána na dovoz veškerých fosilních paliv. Vývoj pokračoval i po válce a v roce 1955 bylo ve Švýcarsku v provozu 60 tepelných čerpadel, největší s výkonem 5,86 MW.

V bývalém Československu byla první tepelná čerpadla osazena již v 50. a 60. letech 20. století, jednalo se však o ojedinělé akce. Uvádí se, že podnětem byly právě zprávy ze zahraničí o prvních pokusech ve Švýcarsku v poválečném období a snaha ušetřit v té době drahá primární paliva. Na vodní elektrárně Trenčín byl již v roce 1956 instalovaný systém využívající tepelný potenciál odpadní vody z chlazení generátorů. Šest tepelných čerpadel o jednotkovém výkonu 39 kW dodala jako kusovou zakázku Frigera Kolín. Systém sloužil příkladně, ale jak bylo tehdy zvykem, bez technické dokumentace a s nemožností servisu od dodavatelské firmy. Protože však byl systém naddimenzovaný, mohla být přebytečná čerpadla používána na náhradní díly a svépomocí se systém udržel v provozu až do roku 1978. Protože nebylo možné zajistit obdobné stroje, bylo přistoupeno k repasování dvou zánovních chladících jednotek BWW 80 ČKD Praha závodu Choceň (rok výroby 1979), které byly na vodní elektrárně osazeny až v roce 1990. Systém na vodní elektrárně Trenčín byl v provozu ještě v roce 2001. Oproti tomu další dvě tepelná čerpadla o výkonu 200 kW osazená v 60. letech na slovenských elektrárnách Sučany (1960) a Lipovec (1964), řešená jako jediné stroje s velkým výkonem z produkce ČKD Kompresory se neosvědčila. Po poměrně krátké době byla odstavena z provozu kvůli poruchovosti způsobené častým zapínáním a vypínáním v období nízké spotřeby tepla. Projektované tepelné čerpadlo pro vytápění podzemních prostor přehrady Lipno (1959) již do provozu uvedeno nebylo. Levné energetické zdroje a nekoncepčnost výroby vhodných strojů další rozvoj tepelných čerpadel v České republice na dlouhou dobu zastavily.



Změna nastala až v polovině 70. let. Důvodem zvýšeného zájmu o netradiční zdroje energie byla celosvětová ropná krize vyvolaná arabsko-izraelskou válkou v roce 1973 a trvající prakticky až do poloviny 80. let (byť se významněji nedotkla zemí východního bloku). V rámci rozvoje netradičních energetických zdrojů tak byl v roce 1978 instalován první solární systém v JZD Čechtín. Na začátku 80. let přišel čas i na tepelná čerpadla. Usnesením vlády č. 247 ze dne 10. 7. 1980 byl schválen státní cílový program racionalizace spotřeby a využití paliv a energie a v jeho rámci též program využití sluneční energie a tepelných čerpadel. A plány byly opravdu velkolepé. Předpokládalo se, že do r. 2000 by mělo být osazeno 500 tis. kusů čerpadel a nahrazeno 2 mil. tnp (tun měrného paliva). V oblasti tepelných čerpadel však tyto plány záhy narazily na realitu socialistického hospodářství.

Výrobci tepelných čerpadel byly ustanoveny podniky Calex Zlaté Moravce, Frigera Kolín, ČKD Choceň a ČKD Kompresory. V podniku Calex Zlaté Moravce se měla vyrábět malá tepelná čerpadla vzduch/voda o výkonu 1–2 kW pro přípravu teplé vody. Vývoj a výroba byly neustále odkládány, a tak do roku 1990 nebylo vyrobeno nic.

V případě Frigery Kolín se mělo jednat o vlastní vývoj tepelných čerpadel malých a středních výkonů určených pro vytápění. Čerpadla byla vyvíjena ve spolupráci s ČVUT (Ing. Brož) a dalšími výzkumnými organizacemi již od roku 1978 v ucelené typové i výkonové řadě. Byla založena na polohermetickém kompresoru, přičemž výparník i kondenzátor byly v podstatě trubkové výměníky. Systémy vzduch/vzduch a voda/voda byly koncipovány jako monoblok, vzduch/voda jako split. Původně se uvažovalo se sériovou výrobou 50 kusů od roku 1985 s cílovou produkcí 4000 kusů ročně. Nicméně do roku 1985 bylo celkem vyrobeno jen 23 kusů, z nichž většina nebyla instalována z důvodu nepřipravenosti odběratele. Probíhala tedy jen kusová výroba s maximální technickou kapacitou 10–15 kusů za rok, a i ta byla záhy ukončena, neboť Frigera se orientovala na vývoz do SSSR, který o tepelná čerpadla zájem neměl. Tepelná čerpadla z Frigery byla většinou nasazována v rezortu zemědělství, často na pokusných instalacích VÚZT (Výzkumný ústav zemědělské techniky). Údajně bylo vyrobeno asi 50 kusů.

V lepší situaci byl podnik ČKD Choceň, který mohl v rámci stávajícího výrobního programu využít přestavby některých typů standardních chladících jednotek CJ (BWW). Jednalo se o úplné freonové jednotky, určené pro odvádění tepla z technologických procesů, pro chlazení kapalin v potravinářském a chemickém průmyslu a podobně. Přestavbou tak vznikala tepelná čerpadla o středních a velkých výkonech. Pro dodávku v řádech sta kusů by však byla nutná investiční výstavba, a tak byly instalace těchto v podstatě úspěšných tepelných čerpadel řešeny jako jednotlivé dodávky na základě požadavků odběratele (při reálné kapacitě 10 kusů za rok). Předpokládá se, že bylo instalováno několik málo desítek kusů, přičemž dodávky byly realizovány ještě na počátku 90. let.

Zcela neúspěšná byla snaha podniku ČKD Kompresory o výrobu tepelných čerpadel velmi vysokých výkonů (cca 1 MW) se šroubovými kompresory, kdy bylo pravděpodobně dodáno pouze několik prototypů.

Vzhledem k tomu, že na počátku 80. let musel výrobě předcházet několikaletý vývoj, a že s praktickým nasazením tepelných čerpadel nebyly žádné zkušenosti, přistoupilo se i k dovozu z nesocialistických zemí. V roce 1982 bylo tehdejším FMPE (Federální ministerstvo paliv a energetiky) rozhodnuto o nákupu nejméně 20 čerpadel firmy Stiebel Eltron různých systémů a výkonů a dále několika kusů tepelných čerpadel Carrier vyšších výkonů. Testování těchto čerpadel probíhalo především v koncernech ČEZ a ČSUP (Československý uranový průmysl), tedy v sektoru FMPE, které poskytlo devizové prostředky. Tato tepelná čerpadla byla pravidelně monitorována Státní energetickou inspekcí (SEI) a získané poznatky z jejich provozu byly vyhodnocovány.

První skutečné tepelné čerpadlo uvedené do provozu na našem území, bylo dovezeno ještě před touto objednávkou. Pracovalo v systému vzduch/voda (Stiebel Eltron WPL 23) od února 1981 v transformovně Východočeské energetiky (VČE) Špindlerův Mlýn. Sloužilo k vytápění pracovních a rekreačních prostor. Víme o něm, že bylo ještě v roce 1986 v provozu s topným faktorem 2,18. Již tehdy však vykazovalo poruchy „automatiky a řízení odtávacího cyklu reverzace“. Pravděpodobně nepřežilo

konec 80. let.

V roce 1982 byl uveden do provozu vícenásobný energetický zdroj ve školicím a rekreačním středisku strojní fakulty ČVUT v Horním Mlýně – Herbertově. Jeho součástí byla i instalace dvou standardních chladících jednotek BWW 40 ČKD Choceň o tepelném výkonu 110 kW. Bylo využito tepelného potenciálu Vltavy, kde byl umístěn glykolový pomocný okruh pro výparníky o celkové ploše 175 m<sup>2</sup>. Tepelná čerpadla v Herbertově byla postupně vyměněna za nové stroje v letech 1995 a 2004.

Další instalací tepelného čerpadla ČKD Choceň bylo nasazení jednotek BWW 80 o výkonu 120 kW, které bylo roku 1983 instalováno v úpravně vody v Tlumačově u Uherského Hradiště. Sloužilo nejen k ohřevu objektu úpravy vody, ale také k vytápění přilehlé šestibytové budovy. Výhodou bylo, že bytovka měla sálavé podlahové vytápění (cristal) s tepelným spádem 45/25.

Tepelná čerpadla z dovozu byla testována i u důlních podniků. Zde se však již počítalo spíše s jejich ostrým nasazením daným direktivně – od roku 1985 měly být u ČSÚP mazutové kotelny přestavovány na uhelné.

V roce 1983 bylo uvedeno do provozu tepelné čerpadlo Carrier dovezené z Rakouska z prostředků FMPE s tepelným výkonem 400 kW na uranové šachtě Dyleň v Západních Čechách. Ačkoliv spolehlivě pracovalo, po pár letech provozu však korozivní důlní vody stroj zlikvidovaly, a tak bylo nahrazeno na konci 80. let strojem ČKD Choceň o polovičním výkonu. Obdobně byla tepelná čerpadla Carrier nasazena na dalších uranových dolech v Západních Čechách v roce 1985 – na šachtě č. 2 Zadní Chodov (400 kW) a šachtě č. 3 Zadní Chodov (2x400 kW). Na šachtě Olší u Dolní Rožínky bylo v roce 1984 instalováno tepelné čerpadlo na chladící vodu z kompresorovny o výkonu 150 kW (pravděpodobně ČKD Choceň). V roce 1985 se plánovalo nasazení dalších jednotek ČKD Choceň na nedaleké šachtě Bukov (120 kW), na šachtě 3 dolu Hamr a na hnědouhelných dolech KOH-I-NOOR (3x350 kW), Centrum (2x250). Nevíme však, zda k realizaci došlo. Úspěšné bylo ale nasazení 3 tepelných čerpadel Stiebel Eltron WPE o celkovém výkonu 102 kW při hloubení Dolu Hamr II – Lužice. Od roku 1984 zde byla tepelná čerpadla nasazena pro potřeby sociálního zařízení a využívala teplo důlní vody čerpané z hloubky 500 metrů. Z důvodů zamezení kontaminace radioaktivní vodou byl výparník od čerpané vody oddělen trubkovým výměníkem s nemrznoucí kapalinou a je tedy předpoklad, že by nedocházelo k poruchám strojů jako v případě instalací v Západních Čechách. Bohužel koncem 80. let šly uranové doly do likvidace, a tak dlouhodobá funkčnost tohoto a jiných systémů nemohla být plně ověřena.

Dovezená tepelná čerpadla Stiebel Eltron byla v letech 1984–1985 instalována v počtu 14 kusů u regionálních poboček energetických závodů (JME, SČE, VČE, ZČE) a o jejich fungování se dochovalo poměrně hodně záznamů.

Ve dvou případech se také jednalo o malá tepelná čerpadla vzduch/voda pro přípravu teplé vody instalovaná ve správních budovách SEI (Praha 1,8 kW; Ústí n. L. 0,2 kW). Ještě v roce 1993 bez problémů pracovala.

Dvě čerpadla vzduch/voda WPL o celkovém výkonu 40 kW pracovala na OBS Luka nad Jihlavou bez problémů ještě v roce 1993, zatímco instalace v Děčíně využívající odpadní teplo z počítačového sálu byla po 4 letech odstavena a instalace ve Slatině nikdy nebyla zprovozněna.

První tepelné čerpadlo se zemním kolektorem v ČR bylo zprovozněno v listopadu 1984 v OBS Vlašim. Jednalo se o typ WPE 34 a jako kolektor sloužilo 800 metrů umělých trubek zakopaných v hloubce dvou metrů v místě, kde se rozlévala „do jakési mokřiny“ voda vypouštěná z chlazení Blanických strojů. Tepelné čerpadlo fungovalo s průměrným topným faktorem 2,5 až do roku 1992, kdy došlo k úniku chladiva. Vzhledem k poloze kolektoru se s nadsázkou jednalo spíše o systém „bažina/voda“.

Jako zdroj tepla využívaly říční vody instalace čerpadel WPE (34 kW) v Jaroměři a Turnově. Bylo zde využito mosazných výměníků ponořených do vývaru turbín za průtočnými MVE. Ačkoliv dosahovaly tehdy dobrého topného faktoru (2,3), do konce 80. let již byly mimo provoz z důvodů namrzání výměníků a jejich problematickému upevnění v řece.

Tepelná čerpadla voda/voda WPW o výkonu 34 kW byla umístěna na vodní elektrárně Střekov (2 kusy), kde využívala odpadní vodu z chlazení generátorů, případně přímo říční vodu. V provozu v roce 1993 bylo již jen jedno, které pracovalo s uspokojivým topným faktorem 2,1–2,3. Další dvě čerpadla byla osazena v rozvodně v Tuhnicích, vodu čerpala z průsakové studně a byla v provozu ještě v roce 1993. Topný faktor však byl výrazně nižší (1,25) a to vzhledem ke značnému podílu čerpací práce.

Další tepelná čerpadla Stiebel Eltron byla, mimo výše uvedená, nasazena např. v rekreačním středisku RS UD Hamr, v dekontaminační stanici Uranových dolů Dolní Rožínka, v dílnách VDUP (Výstavby dolů uranového průmyslu) v Tišnově, na farmě Rychvald a jinde.

Jako zajímavost lze zmínit nasazení tepelného čerpadla Stiebel Eltron WPW 34 z roku 1984 jako „mobilní stanice“ u Výstavby dolů uranového průmyslu (VDUP) při ražení šurfů u Chodové Planě. Zdrojem tepla měla být chladicí voda kompresorů. Původně se mělo toto zařízení nasazovat vždy při zahájení stavby průzkumných šachet, kde pracoval malý počet dělníků a kotelná ještě nebyla vybudována. Problém však způsobovala znečištěná chladicí voda i vzdálenost kompresorů u šachty od objektů šaten. Prakticky tedy nikdy nefungovalo.

Složitější bylo nasazení tepelných čerpadel z produkce Frigery. První tepelná čerpadla VV 20 (voda/voda) byla instalována v říjnu 1984 ve vodárně v Kolíně a pro temperování pokusného skleníku Vysoké školy zemědělské (VŠZ) v Lednici. V březnu 1985 pak přibýly instalace v JZD Potěhy, kde tepelné čerpadlo vzduch/voda LV 10 sloužilo k vyhřívání podlahy odchovny selat a v Keramu Kostelec nad Černými lesy (VV-20) pro vytápění sušáren keramiky. Další tepelné čerpadlo bylo instalováno v roce 1985 ve Výzkumném ústavu průmyslové chemie (VÚPCHT) Praha (VV-20). V tomto podniku probíhaly také dlouhodobé zkoušky prototypů. V létě roku 1985 byla dokončena instalace pilotního projektu v rekreačním a školicím středisku Frigera v Českém Šternberku. Byla zde osazena 4 čerpadla vzduch/voda LV-20, tři sloužila k vytápění a jedno k přípravě TV. Z dalších let máme řadu informací o pokusném nasazení tepelných čerpadel Frigera především v oblasti zemědělství (Nový Jičín, Louňovice, Rakovník, Petrovice aj.), ale i v průmyslu (Crystalex, Lachema). Pravděpodobně jedna z posledních větších akcí v průmyslu proběhla na Au- Sb dole Marie u Krásné Hory na Sedlčansku. V průběhu let 1985–87 zde bylo instalováno 5 strojů VV-20, přičemž 3 z nich využívaly teplo chladicí vody z kompresorů a dvě teplo důlních v od. Vyrobené teplo bylo využíváno k vytápění administrativní budovy, sociálního zařízení a dílen, přípravě TV a sušení fáraček. Výstupní teplota byla 55 stupňů. Ekonomická návratnost při tehdejších cenách byla 27 let (tedy za životnost systému), nicméně těžba na dole byla již za 4 roky ukončena a areál likvidován.

Především s tepelnými čerpadly Frigera jsou spojeny experimenty VÚZT. Zdá se, že hlavním zájmem byla „rekuperační“ teplého vzduchu z ustájení zvířat a další využití pro sušení píce apod. Při přípravě teplé vody byly pro tepelná čerpadla v polovině 80. let velkou konkurencí solární systémy Elektrosvit ES 1001 Nové Zámky a v případě sušení sena i solární seníky SOLAR Mostárny Hustopeče. Vzhledem k minimu záznamů z praktického nasazení lze předpokládat, že v zemědělství nepřesáhlo nasazení tepelných čerpadel formu experimentu.

Akce VÚZT jsou zajímavé z jiného důvodu, a to vzhledem k nasazení dalšího západoněmeckého výrobce tepelných čerpadel Junkers. Stalo se tak v JZD Kněževes, kde byl výměník primárního okruhu tepelného čerpadla Junkers PW 20 H zabetonován do dna hnojiště a využíval tak odpadní teplo ze slamnatého hnoje.

Ve VKK Čím u Dobříše bylo nasazeno (1986) tepelné čerpadlo voda/voda Junkers PW 32H v atypickém systému pro dosoušení zavadlé píce. Zdroj tepla byla voda, která byla přiváděna z přilehlého potoka, ohřátá výstupní voda byla vedena do sestavy šesti radiátorů vymontovaných z pásových traktorů. Tyto radiátory byly umístěny ve vzdálenosti jednoho metru od dosoušecího ventilátoru ve stěně seníku. Vznikla tak sestava voda/voda/vzduch.

Do Československa bylo také dovezeno několik kusů TČ voda/voda z NDR ze závodu VEB Maschinenfabrik Halle. V roce 1987 se uvádí, že s pomocí expertů z NDR se připravuje pro uvedení do provozu tepelné čerpadlo se zdrojem tepla ve studniční vodě v Tuhnicích u Karlových Varů v budově

dispečinku. Instalace se nezdařila a TČ bylo již v následujícím roce mimo provoz. Je paradoxem doby, že v Tuhnicích na stejné instalaci od roku 1985 úspěšně pracovala dvě tepelná čerpadla z NSR a to nejméně do roku 1993. Nasazení dalšího stroje z VEB Maschinenfabrik Halle v JZD Zálší, kde primární okruh byla hadice uložená v jímce žumpy ze sociálního zařízení a kuchyně, lze hodnotit jako experiment.

O potenciálním výrobci tepelných čerpadel velmi velkých výkonů podniku ČKD Kompresory, máme pouze informaci, že v roce 1982 se uvažuje o rekonstrukci jediného prototypu chladicí jednotky OZB 22 na tepelné čerpadlo o výkonu 2 MW a jeho osazení na dole Rudý říjen v Ostravě do roku 1986. V roce 1985 byly na Kavčích Horách uvedeny do provozu 3 jednotky OTB 11-16 pro chlazení atelierů a ve funkci tepelných čerpadel začaly dodávat odpadní teplo do plaveckého areálu Podolí. Jedinou instalací speciálního tepelného čerpadla vyrobeného v ČKD Kompresory je pokusné čerpadlo o výkonu 1,5 MW se šroubovým kompresorem instalované v roce 1987 na dole Anna v Příbrami, které využívalo teplo čerpaných důlních vod (23 stupňů!). Po krátkém provozu na přelomu 80. a 90. let však bylo sešrotováno.

Tepelná čerpadla ČKD Chocẽ, vzhledem k jejich relativně snadnému nasazení, respektive k přepracování stávajících chladících jednotek, byla pravděpodobně nasazena v řadě podniků, informace máme jen o některých instalovaných, či projektovaných (Tesla Lanškroun, ZAZ Jaroměř, Hedva Chocẽ, Pleas Havlíčkův Brod, SEBA Liberec, CHEZA Sokolov, Kartáčovny Pelhřimov, Koramo Kolín aj.). Nicméně pravděpodobně jednou z posledních instalací předrevoluční technologie tepelných čerpadel je Čistírna odpadních vod (ČOV Liberec), kdy byla v roce 1994 instalována 4 tepelná čerpadla ČKD Chocẽ (vyrobená v roce 1992) o celkovém instalovaném výkonu 900 kW. Vzhledem k péči provozovatele pracovala v pořádku do roku 2005, kdy byla z ekonomických důvodů v rámci rekonstrukce čistírny pravděpodobně odstavena.

#### 5.1.2 Historický vývoj od roku 1990

Do roku 1990 bylo dovezeno nebo vyrobeno asi 100 ks tepelných čerpadel, jejich skutečné využití však bylo značně problematické. Změna nastala až po roce 1990 se zavedením soukromého podnikání. V letech 1991–1992 se objevují první tepelná čerpadla z dovozu (např. Stiebel Eltron, Dimplex, IVT, Markus, Carrier) a postupně získávají na českém trhu obchodní zastoupení i ostatní rozhodující evropští výrobci tepelných čerpadel. Z počátku 90. let máme také první instalace tepelných čerpadel v domácnostech.

Instalace tepelných čerpadel v devadesátých letech narážela na dva problémy – levná paliva a malá informovanost veřejnosti. Osvěta byla realizována prostřednictvím státních podpor referenčních instalací. První instalace byla podpořena již v roce 1991 a dotace pokračovaly i po celá 90. léta především prostřednictvím České energetické agentury. Jednalo se však pouze o několik kusů tepelných čerpadel ročně. Nízká úroveň cen energií pro domácnosti, však způsobila, že návratnost investičních prostředků do instalace tepelného čerpadla byla v té době neúnosně vysoká.

Vedle dovozních firem se v těchto letech objevují i první tuzemští výrobci, jako například v roce 1995 zahájila výrobu tepelných čerpadel firma PZP Komplet s.r.o.

Od poloviny 90. let jsou k dispozici spirálové kompresory Scroll, které umožnily zlepšení parametrů tepelných čerpadel vzduch/voda. Ačkoliv ještě v devadesátých letech převažovaly instalace země/voda, od počátku nového tisíciletí postupně obliba systému vzduch/voda převážila.

V roce 1999 vznikla Asociace pro využití tepelných čerpadel (AVTČ) jako profesní organizace sdružující společnosti zabývající se technologií tepelných čerpadel v České republice. Jejím cílem je podpora rozvoje tepelných čerpadel, zvyšování kvalifikace instalačních firem a kvality instalací tepelných čerpadel.

Pomalý rozvoj trhu v první polovině 90. let způsobil, že do roku 2000 bylo instalováno pouze okolo 1000 kusů tepelných čerpadel. Na přelomu tisíciletí však proběhly dvě systémové změny, které (byť postupně) nastartovaly další rozvoj. V roce 2002 byly zavedeny speciální sazby elektřiny D 55d a C 55d,

kteří přeci jenom vylepšily ekonomickou návratnost tepelných čerpadel a začaly být poskytovány rozsáhlejší dotace na instalace tepelných čerpadel v domácnostech prostřednictvím Státního fondu životního prostředí (SFŽP). Zájem o tepelná čerpadla v té době ukazují počty odběratelů v sazbě pro domácnosti – v roce 2002 to bylo 2 541 domácností, v roce 2004 již 5 312 a v roce 2006 celkový počet domácností v této sazbě dosáhl hodnoty 9 095. Do roku 2004 bylo ze SFŽP podpořeno 1 299 instalací v domácnostech, z toho nejvíce v roce 2001 a to 511 tepelných čerpadel (vztaženo k uvedení do provozu).

Právě tento rozvoj způsobil, že MPO přistoupilo v roce 2004 k pravidelnému šetření v oblasti dodávek tepelných čerpadel na tuzemský trh. Počty oslovených, resp. bilancovaných výrobních nebo dovozních firem nám ukazují, jak dynamicky v té době rostl trh. Pro rok 2005 bylo bilancováno 19 firem, v roce 2010 to bylo již 59 firem.

V roce 2010 kulminovaly dotace z programu Zelená úsporám, kdy bylo podpořeno 3 747 tepelných čerpadel v domácnostech. V letech následujících počty podpořených tepelných čerpadel nebyly nikterak vysoké, přesto prodeje stabilně rostly. Prodeje v té době nebyly na dotačních závislé. Zcela zásadní dopad na výši prodejů tepelných čerpadel měly kotlíkové dotace od roku 2016, kdy bylo podpořeno 7 915 tepelných čerpadel (včetně dotací z programu Nová zelená úsporám (NZÚ)), což je 71 % odhadovaných prodejů do domácností. V roce 2017 tento podíl vzrostl na 82 % při podpoře 11 255 instalací (dle dostupných údajů).

Nabídka jednotlivých typů tepelných čerpadel v průběhu let také vzrostla. V roce 2011 v Seznamu výrobků a technologií podporovaných v dotačních programech Státního fondu životního prostředí ČR zaregistrováno 1 590 typů tepelných čerpadel. V současné době (květen 2019) je to celkem 2 094 výrobků, z toho 1 648 typu vzduch/voda, 76 typu voda/voda a 370 typu země/voda.

V roce 2008 poprvé přesáhl počet prodaných tepelných čerpadel systému vzduch/voda počet prodaných strojů země/voda. V roce 2018 již bylo přes 90 % tepelných čerpadel dodáno v systému vzduch/voda, přičemž zhruba polovina je v provedení split a polovina monoblok.

Plynových tepelných čerpadel je v České republice instalováno několik set, z větších instalací je možno připomenout sídliště Sever v České Lípě, kde je od roku 2014, po odpojení od systému (centrálního) zásobování teplem (SZT), v provozu 25 strojů Robur na střeších panelových domů.

V posledních letech se již počet bilancovaných firem významněji nemění (v roce 2018 to bylo 62 společností). Statistickým dotazníkem bylo obesláno 90 firem, nicméně nebilancované firmy buď již nefungují, nebo je jejich podíl na trhu nevýznamný. Z tohoto pohledu lze konstatovat, že trh se v posledních letech co do počtu a struktury firem stabilizoval. Za posledních 20 let je evidováno zhruba 150 výrobních nebo dovozních firem.

Roste podíl novostaveb vybavených tepelným čerpadlem. V roce 2010 činil jejich podíl na celkovém počtu dokončených bytů v RD a BD 5 %, zatímco v roce 2017 již cca 12 %. To je i dáno vzrůstajícím podílem elektrického vytápění v novostavbách, kdy v roce 2017 činil podíl novostaveb s tepelným čerpadlem nebo elektrickým vytápěním 36 %, zatímco v roce 2010 jen 20 %.

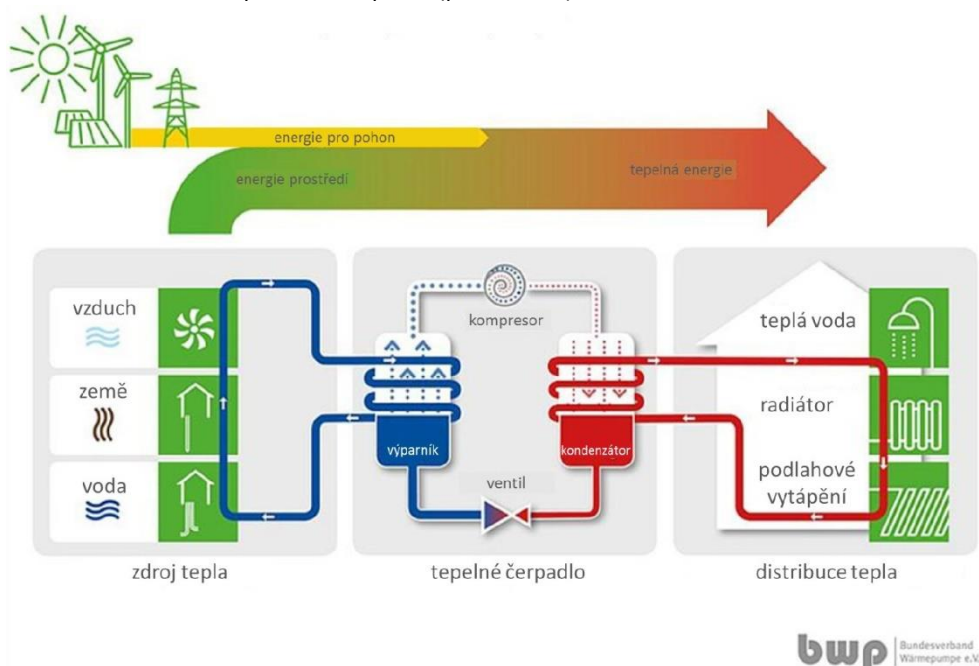
Poslední významnou událostí bylo v roce 2018 zahájení výroby tepelných čerpadel Panasonic v Plzni, přičemž po najetí na plný provoz se bude jednat o největší tuzemskou výrobu tepelných čerpadel.

Do budoucna se podle analýz MPO předpokládá se zhruba trojnásobným navýšením výroby energie z tepelných čerpadel. Bude nepochybně pokračovat růst podílu elektrického vytápění v novostavbách včetně instalací tepelných čerpadel. V rámci výměny zdrojů nelze budoucí vývoj predikovat, neboť je silně ovlivněn průběhem dotačních programů, po jejich skončení nelze masivní výměny předpokládat (tato predikce MPO je velmi odvážná, spíše lze předpokládat i v souvislosti např. s dostupnými fotovoltaickými systémy (FV), řízeným větráním s rekuperací apod.). Z hlediska objemu trhu s tepelnými čerpadly naroste v blízké budoucnosti podíl výměn nefunkčních, či zastaralých tepelných čerpadel za nové po ukončení doby jejich životnosti.

### 5.1.3 Tepelná čerpadla

jsou zařízení, která umožňují odebírat teplo o relativně nízkém potenciálu okolnímu prostředí (země, voda, vzduch, odpadní teplo atp.), převádět ho na vyšší teplotní hladinu a předávat ho cíleně pro potřeby vytápění nebo pro ohřev teplé vody. Provozní schéma tepelného čerpadla je znázorněno níže (**Obrázek 1**). Jako obnovitelná energie je chápána pouze ta část vyrobené energie, která odpovídá využití energii okolního prostředí. Jedná se o velké rozpětí technologií, od malých (klimatizačních) jednotek vzduch/vzduch, přes klasická tepelná čerpadla v domácnostech, až po velké speciální instalace v průmyslu.

**Obrázek 1** Provozní schéma tepelného čerpadla (podle BWP).



### 5.2 Členění tepelných čerpadel pro základní orientaci:

**Vzduch/voda** – využívá energetický potenciál venkovního vzduchu. Představuje základní kategorii tepelných čerpadel primárně určených pro vytápění s průměrným instalovaným výkonem 11–12 kW. Tato tepelná čerpadla se dodávají ve dvou základních variantách, a to monoblok a split. Monoblok má uzavřený chladivový okruh, který je jen ve venkovní jednotce sestavené ve výrobním závodě. Propojení mezi venkovní a vnitřní částí tepelného čerpadla zajišťuje potrubí s topnou vodou. V případě provedení split se chladicí okruh tepelného čerpadla instaluje a plní chladivem až v místě instalace. Venkovní a vnitřní část tepelného čerpadla propojuje chladivové potrubí. Instalaci split systémů by měla provádět firma z oboru chladírenské techniky.

**Země/voda** – využívá energetický potenciál půdy, a to prostřednictvím zemního kolektoru nebo vrtů. Představuje základní kategorii tepelných čerpadel primárně určených pro vytápění s průměrným instalovaným výkonem 11–12 kW.

**Voda/voda** – využívá potenciál odebírající teplo ze spodní, geotermální nebo odpadní vody. Nejrozšířenější je přímý odběr studniční vody. Představuje základní kategorii tepelných čerpadel primárně určených pro vytápění s průměrným instalovaným výkonem 12–20 kW.

**Vzduch/voda odvětrávací (ventilační)** – odebírá energii teplému vnitřnímu vzduchu odváděného ventilačním systémem, a používá ji k vytápění a k ohřevu čerstvého přiváděného vzduchu a teplé vody. Průměrný instalovaný výkon dosahuje hodnoty 3 kW.

**Tepelná čerpadla pro přípravu teplé vody (TV)** – systémy vzduch/voda malých výkonů se zásobníkem, výhradně určené pro přípravu teplé vody s průměrným instalovaným výkonem 2 kW.

**Jiné** – kategorie používaná při statistickém šetření pro atypické instalace. Zařazují se zde průmyslové jednotky pro využívání odpadního tepla, pro kombinaci chlazení s rekuperací, odvlhčovací a větrací jednotky pro vnitřní bazény apod. Průměrný instalovaný výkon se většinou pohybuje v desítkách kW.

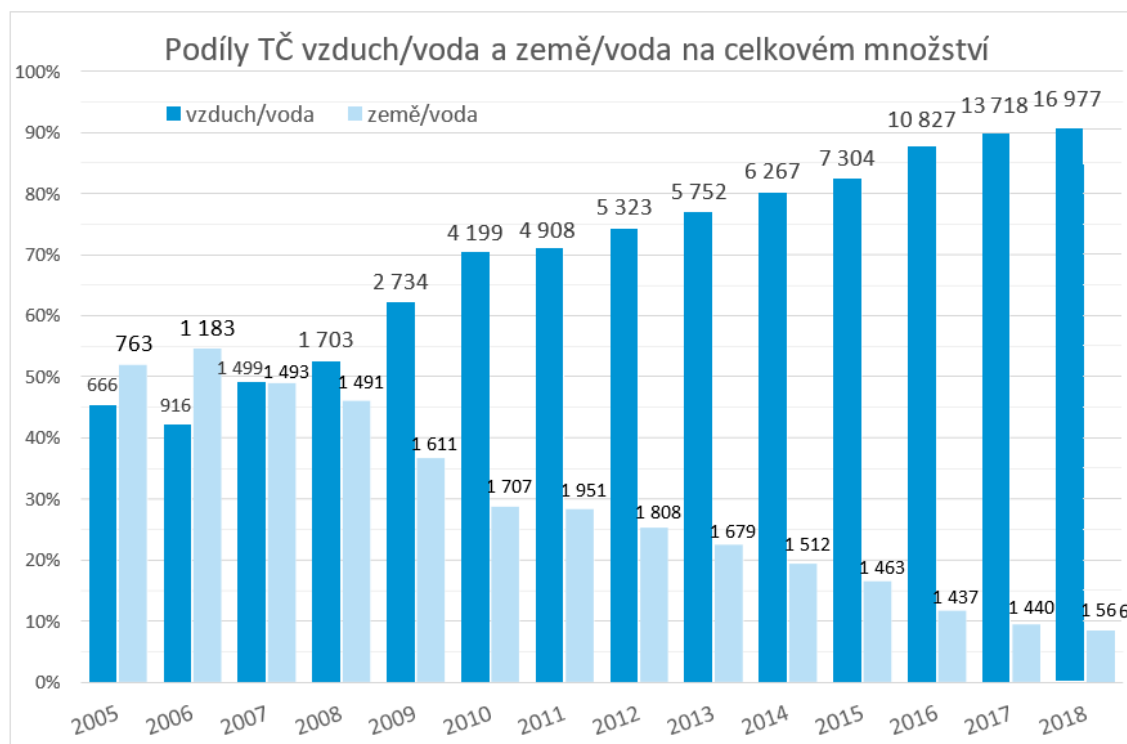
**Vzduch/vzduch** – v případě tepelných čerpadel typu vzduch/vzduch se jedná o rozsáhlou kategorii, která na jedné straně zahrnuje malé reverzibilní klimatizační jednotky s tepelným čerpadlem umožňující i režim přitápění, na straně druhé velké průmyslové instalace s hlavním režimem vytápění. V současnosti se jedná o stále více se rozšiřující typ klimatizačních jednotek/tepelných čerpadel. V souvislosti s globálním oteplováním mají svůj nezastupitelný smysl a pokud jsou v přechodném období využívány k vytápění, vřele je doporučujeme.

**Plynová absorpční tepelná čerpadla** – pro kompresi chladiva je u plynového tepelného čerpadla využita tepelná energie vzniklá hořením zemního plynu (tedy nikoliv pomocí kompresoru, jako v případě elektricky poháněného tepelného čerpadla). V rámci statistiky MPO jsou zatím vykazovány ve společné kategorii s čistě elektrickými jednotkami.

**Hybridní tepelná čerpadla** – např. kombinace tepelného čerpadla vzduch/voda a kondenzačního plynového kotle. V rámci statistiky MPO jsou vykazovány ve společné kategorii s čistě elektrickými jednotkami.

**Bazénová tepelná čerpadla** – systémy vzduch/voda malých výkonů určené pro ohřev rekreačních (domácích) bazénů. Nejsou předmětem statistického zjišťování.

**Obrázek** Vývoj podílů prodeje tepelných čerpadel (TČ) od roku 2005



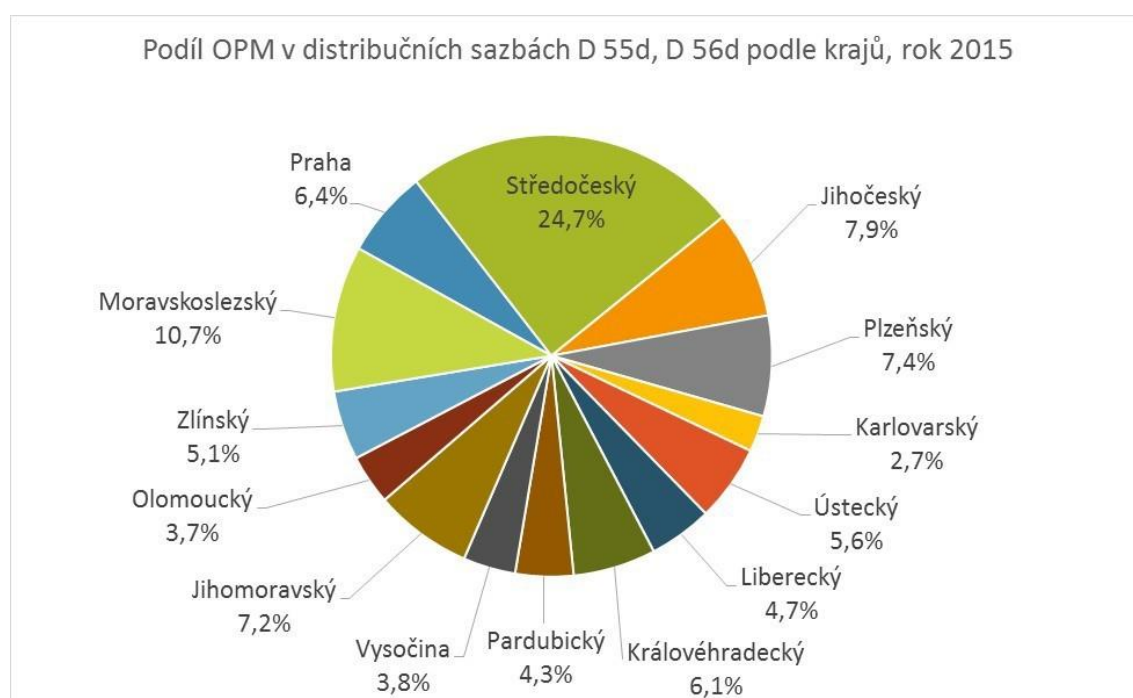
**Tabulka 1** Podíl tepelných čerpadel vzduch/voda na celkovém prodeji a jejich poměr dle technologie

Země	Podíl vzduch/voda	Split	Monoblok
Česká republika (2018)	91 %	48 %	52 %
Polsko (2017)	68 %	85 %	15 %
Německo (2018)	72 %	45 %	55 %
Rakousko (2018)	75 %	–	–

V případě odvětrávacích tepelných čerpadel a tepelných čerpadel pro přípravu teplé vody (oba systémy vzduch/voda) je statistické šetření prováděno až od roku 2015 (**Tabulka 3**). Současné jsou započítána data pouze od firem, které zasílají výkazy a nejsou prováděny dopočty. Data tak mohou být podhodnocena, nicméně nepředpokládá se, že odchylka od celkového stavu bude výrazná, neboť ostatních dodavatelů není mnoho

**Tabulka** Odhad průměrné doby obměny tepelného čerpadla

Počet kumulace	Průměrná doba obměny	Kohorta výměny k roku 2018
Vzduch/vzduch	10	2008
Vzduch/voda	15	2003
Země/voda	20	1998
Voda/voda	20	1998
Vzduch/voda odvětrávací	15	2003
TČ pro přípravu TV	15	2003



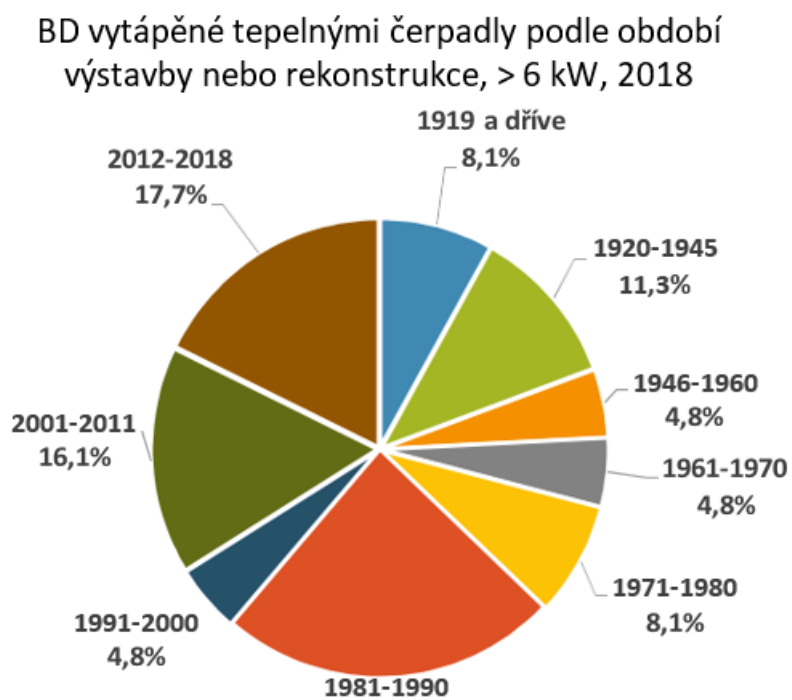


**Tabulka 2** Celkový počet podpořených instalací tepelných čerpadel podle krajů, 2009–2018

Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Praha	10	163	38	5	0	5	14	113	78	25
Středočeský	96	933	182	42	0	52	161	1 806	2 508	219
Jihočeský	31	379	63	11	0	43	105	844	1 512	82
Plzeňský	14	259	40	10	0	16	48	839	1 101	37
Karlovarský	4	93	9	3	0	5	11	227	312	10
Ústecký	13	202	32	13	0	7	48	490	607	63
Liberecký	29	223	39	9	0	22	39	390	590	47
Královéhradecký	25	227	46	7	2	22	64	692	476	53
Pardubický	14	160	47	9	1	19	39	342	340	35
Vysočina	21	169	40	7	0	11	56	446	631	36
Jihomoravský	17	190	31	11	1	10	26	175	240	29
Olomoucký	11	128	36	9	0	13	48	289	470	23
Zlínský	14	195	55	11	0	18	48	329	380	21
Moravskoslezský	56	426	81	16	0	25	85	933	2 010	39
<b>Celkem</b>	<b>355</b>	<b>3 747</b>	<b>739</b>	<b>163</b>	<b>4</b>	<b>268</b>	<b>792</b>	<b>7 915</b>	<b>11 255</b>	<b>719</b>

*Zdroj: SFŽP, MŽP*

**Obrázek** Bytové domy (BD) vytápěné tepelnými čerpadly podle období výstavby nebo rekonstrukce, > 6 kW, 2018 (data PENB).



**Tabulka 3** Instalovaný výkon země/voda [GW] – databáze Eurostat SHARES.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Německo	2,20	2,40	2,61	2,80	2,98	3,12	3,29	3,45
Rakousko	0,59	0,65	0,71	0,77	0,83	0,88	0,93	0,99
Polsko	0,04	0,05	0,06	0,07	0,10	0,11	0,07	0,08
Česko	0,14	0,17	0,19	0,21	0,23	0,24	0,26	0,27

**Tabulka 4** Instalovaný výkon voda/voda [GW] – databáze Eurostat SHARES.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Německo	0,50	0,54	0,58	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73
Rakousko	0,19	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27
Polsko	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02
Česko	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03

### 5.3 Instalace kvalitního tepelného čerpadla není žádný problém

(pasáž napsaná pro účely tohoto materiálu od společnosti Stiebel Eltron s.r.o., předního dodavatele TČ, některé principy se opakují)

Během posledních dvou roků se vlivem uvedení v platnosti vyhlášky 264/2020 Sb. výrazně zvýšil zájem o tepelná čerpadla. Tato vyhláška klade důraz na posuzování budov nikoliv z ekonomického hlediska, ale z ekologického. Stavby se již tedy neposuzují z hlediska provozních nákladů, ale z hlediska jejich dopadu na životní prostředí.

Tento nový směr vede k masivnímu snižování potřeby tepla v objektech a k zavádění ekologicky úsporných zdrojů tepla.

Tepelné čerpadlo zvládá obojí a to, jak zajistit úsporný zdroj tepla, tak zároveň ještě ekologický a při chytré kombinaci může snížit i požadavky na dodávky tepla například při ohřevu teplé vody.

Na začátek bychom si měli říct, co to tepelné čerpadlo vlastně je.

Tepelné čerpadlo je zařízení, které dokáže přečerpávat teplo, přičemž se platí pouze cena pohonu (kompresoru) pro přečerpávání. Podle média, které tepelné čerpadlo ochlazuje se jmenuje první část systému a podle média, které tepelné čerpadlo ohřívá druhá část systému. U nás v České republice se nejvíce instalují tepelná čerpadla systému vzduch – voda anebo systému země – voda.

Tepelné čerpadlo systému vzduch voda pracuje tak, že nasaje venkovní vzduch, například o teplotě - 20 °C, tento venkovní vzduch tepelné čerpadlo ochladí na teplotu -30 °C a energii, kterou získá z ochlazení venkovního vzduchu z mínus 20° na -30 °C nám tepelné čerpadlo předává ve formě teplé vody, například o teplotě + 65 °C. Při tomto procesu se platí pouze za cenu pohonu přečerpávacího kompresoru, která bývá v rámci celoročního provozu maximálně třetinová. Výsledkem používání tepelného čerpadla je třetinový odběr energie a tedy i třetinové náklady na vytápění daného objektu. Právě procentuálně vysoká úspora energie vytváří z tepelného čerpadla vysoce ekologický a ekonomický zdroj tepla. Jeho využití se čím dál tím více začleňuje do veřejného sektoru, kde vyšší vstupní pořizovací cena bývá rychle pokryta vysokými úsporami na vytápění.

Přečerpávací zařízení tepelných čerpadel (chladičový okruh) prošel během posledních let značnými inovacemi, jako je například implementace EVI technologie. Tato technologie snižuje teplotu kompresoru, díky čemuž se kompresor tak nezahřívá a díky tomu dochází k výraznému prodloužení životnosti tepelného čerpadla a hlavně i k možnosti celoročního čerpání tepla o výstupní teplotě až 65 °C. Tato tepelná čerpadla tedy můžou i celoročně připravovat teplou vodu na mytí a tím ještě více snižovat provozní náklady. Pro komerční účely se tedy zásadně doporučuje používání tepelných čerpadel s EVI technologií.

V dnešní době jsou takřka všechna nabízená tepelná čerpadla plnohodnotně reverzibilní, a tedy umožňují i chlazení. Tato vlastnost může zásadním způsobem snížit vstupní náklady u staveb, kde se zamýšlelo vytvoření také systému chlazení budovy.

Tepelná čerpadla systému vzduch-voda pracují s venkovním vzduchem. V současné době bývá trendem, že se již tepelná čerpadla neinstalují do venkovního prostředí, ba naopak instalují se dovnitř a k tepelným čerpadlům se pouze pomocí VZT (vzduchotechnického) potrubí přivádí a odvádí venkovní vzduch.

V tomto případě jsou na fasádě pouze dvě VZT mřížky. Zde obecně platí, že na každých 30 kW instalovaného výkonu je potřeba velikost VZT mřížky cca 0,5 m<sup>2</sup>. Při vyšších výkonech lze VZT potrubí rozdělit do více VZT mřížek, jako je to realizováno například na základní škole v Drahelčicích.

Zde při stavbě školky do prázdného jinak nevyužívaného vikýře instalovali tři tepelná čerpadla WPL 23 cool o celkovém výkonu cca 60 kW, viz foto níže.



*Foto ZŠ Drahelčice*



*ZŠ Drahelčice prostor kotelny*

Tepelná čerpadla systému vzduch-voda se zde starají o vytápění, chlazení a komfortní velkokapacitní ohřev teplé vody pro obecní kuchyni. Díky svému umístění nejsou tepelná čerpadla odnikud vidět a díky velmi tichému provozu o nich ani nikdo neví. Pouze paní starostka, když podepisuje velmi nízkou fakturu za vytápění a chlazení si plně uvědomuje, že nízká faktura není chybná, ale reálná, neboť se nebáli na začátku investovat do pokrokové a ekologicky a ekonomicky přívětivé varianty vytápění.

U tepelných čerpadel systému vzduch-voda je potřeba pamatovat na několik vlastností, které si nyní připomeneme. Předem je potřeba si uvědomit, že tepelné čerpadlo není samostatně pracující zařízení, ale je to komponent v otopné soustavě, který je otopnou soustavou velmi ovlivňován.

Tepelné čerpadlo spotřebovává tím více energie, čím větší je rozdíl mezi teplotou zdroje a teplotou požadovanou. Jestliže tedy tepelné čerpadlo pracuje v kombinaci s radiátory, které vyžadují teplotu 65 °C, tak spotřebovává třeba až o 20 % více energie, než když spolupracuje s většími radiátory, které vyzáří stejné množství tepla, ale k jejich provozu jim stačí teplota například jen 50 °C. Aby tepelné čerpadlo mohlo efektivně pracovat, tak musí mít i dobrý přísun zdrojové energie, v tomto případě venkovního vzduchu. Umístění tepelného čerpadla do niky, kde se točí a špatně mění vzduch, nebo v případě vnitřního čerpadla poddimenzování přírodního VZT potrubí má vždy za následek snížení účinnosti tepelného čerpadla. Díky tomu, že tepelné čerpadlo obsahuje točivý rotační elementy (kompresor a ventilátor) tak vždy generuje nějakou hlukovou zátěž. Tento akustický výkon je u novodobých tepelných čerpadel v podstatě minimální, ale i tak je potřeba s ním počítat a neumísťovat tepelné čerpadlo hned před okno ložnice nebo kanceláře. Obecně lze ale říci, že umístění ve vzdálenosti okolo 5 metrů od oken objektu už bývá bezproblémové. Další vlastností tepelného čerpadla je generování vibrací. Tyto vibrace u novodobých tepelných čerpadel jsou minimální, ale i tak se nedoporučuje přímé umístění tepelného čerpadla na společnou neoddělenou podlahu vedle ložnice. Vibrace lze však poměrně jednoduše vyřešit pomocí gumové podložky či speciálního základu pod tepelné čerpadlo. Při venkovní montáži bývá nejlepší variantou samostatný základ, nebo zemní konzole. Nástěnné provedení by u venkovní montáže mělo být vždy až na tom posledním místě. Jestliže se však tepelné čerpadlo řeší projekčně, tak vlivem nemalého nasazení tepelných čerpadel do provozu již jsou výše uvedené připomínky předem vyřešeny. Stejně jako například v Drahelčicích, kde už se pouze radují z celoročně konstantní teploty a nízké faktury za vytápění, chlazení a ohřev teplé vody.

Jak jsme psali výše, kromě systému tepelného čerpadla vzduch – voda se také začínají čím dál tím více instalovat tepelná čerpadla systému země – voda. Tato tepelná čerpadla odebírají teplo ze země (z vrtů, nebo plošných kolektorů) a přečerpávají ho do objektu ve formě teplé vody, opět například o teplotě 65°C. Protože teplo čerpané ze země není závislé na venkovní teplotě a obvykle celoročně dosahuje provozní teploty okolo 5 °C, tak tato tepelná čerpadla bývají ještě více úspornější a obvykle bývají celoroční náklady na přečerpávání energie na úrovni okolo 20 % oproti vyrobenému teplu. Provozní úspora 80 % nákladů velmi často pokryje vstupní investici v rámci jednotek let a tedy jediným omezením pro instalaci tepelného čerpadla systému země-voda bývá geologické podloží a velikost pozemku, na kterém je vrtné pole možné realizovat. Zde obecně platí pravidlo, že vrty se nejčastěji realizují 150 metrů hluboké a jeden vrt je schopen nám obvykle dodat okolo 10 kW tepelného výkonu. Pro zajištění dodávky tepla například 100 kW je zapotřebí realizovat vrtné pole o celkové délce 1500 metrů, které se obvykle skládá z 10 vrtů, vždy 150 metrů hlubokých a ideálně 20 metrů od sebe vzdálených. Z důvodu úpory místa se vrty u novostaveb velmi často realizují přímo pod vytápěnou budovou. Jestliže se s tepelnými čerpadly systému země-voda počítá od začátku, tak realizace vrtného pole přímo pod budovou může zapříčinit razantní snížení prvotních nákladů oproti instalaci vrtného pole v okolí budovy. Samostatné tepelné čerpadlo tohoto systému už není prostorově náročné a obvykle se vejde do strojovny o velikosti do 10 m<sup>2</sup>, kde zabere maximálně 2 m<sup>2</sup>. Při realizaci vrtného pole se získá stabilní zdroj energie o teplotě okolo 5 °C, ze kterého se může teplo nejen odebírat, ale do kterého se může teplo také ukládat. Těto vlastnosti se velmi často využívá při chlazení budov. V praxi se velmi často tyto systémy využívají hlavně v komerční zóně, kde je v budovách vyžadována celoroční konstantní teplota. V zimním období se teplo z vrtů odebírá a během léta se při regenerační odstavce teplo přirozeně do vrtů vrací. Při používání vrtů k chlazení se do vrtů nejenže teplo přirozeně vrací, ale navíc je i do vrtů aktivně dodáváno a ukládáno. To má za následek, že vrty v zimním období nepracují s obvyklou teplotou okolo 5 °C, ale například s teplotou okolo + 10°C. Tento relativně malý rozdíl v teplotě vrtů má však velký vliv na provozní náklady na vytápění v zimním období. Jsou obecní úřady, které když v rámci úspor přestali v létě chladit, tak se jim neprohřívaly vrty a díky tomu měli v rámci celoročních provozních nákladů dokonce vyšší náklady, než když chladili. I tyto zvýšené náklady však byly na úrovni 25 % původních nákladů na vytápění. U tepelných čerpadel systému země-voda je potřeba si předem určit, kolik tepla a případně kolik chladu budeme chtít z daného vrtu v rámci roku čerpat. Vrtné pole je provozně velmi levné, ale investice je nemalá a tedy se velmi často dimenzuje přesně bez rezerv. Následné přidání vytápění bazénu nebo podkroví tedy nebývá bez dalších úprav možné. Pro představu, nyní v roce 2023 se pohybuje průměrná cena vrtu na hranici 2000 Kč za běžný metr v dodávce na klíč. Vrt o výkonu 10 kW hluboký 150 metrů tedy vychází přibližně na 300 000 Kč. Jeho životnost je minimálně 20 roků, obvykle více než 50.

U tepelných čerpadel lze obecně v režimu chlazení využívat pro distribuci chladu všechny druhy chladících systémů na vodní bázi. Dokonce i stávající otopnou soustavu. Využívání stávající otopné soustavy pro chlazení sice nedosahuje velkých chladících výkonů, ale i tak výrazně přispěje ke zvýšení vnitřního komfortu užitných budov. Systém chlazení při využívání stávající otopné soustavy je vždy realizován pomocí chladící vody, jejíž teplota je nad rosným bodem, obvykle okolo 18°C. Tato chladná voda potom proudí v radiátorech, které chladí vnitřní interiér. Obvyklý výkon stávající radiátorové soustavy pro chlazení bývá na úrovni 25 až 30 % výkonu pro vytápění. Do budovy obecního úřadu, kde je radiátorová soustava o výkonu 100 kW v teplotním spádu 55/45 °C lze tedy pomocí radiátorů dodávat až 30 kW chladu v teplotním spádu 18/20°C. Tento výkon je obvykle dostatečný pro snížení interiérové teploty až o 5 °C oproti výchozímu stavu. Systém využívání stávající otopné soustavy pro chlazení dosahuje nejvyšších výkonů v kombinaci s podlahovým vytápěním, které v té chvíli distribuuje



chlad. V tomto režimu bývá sálavého chladu opravdu dostatek a v kombinaci s řízeným větráním se lze bavit o plnohodnotném chlazení. Tento systém je velmi oblíbený u nových administrativních budov. Při tomto způsobu chlazení se nevýří prach, ani nevzniká žádná akustická zátěž a proto ho lze využít i v relaxačních zónách.

Jako referenci můžeme představit budovu STIEBEL ELTRON v Praze, kterou lze i navštívit. Tato administrativní budova o ploše 800 m<sup>2</sup> je vytápěna i chlazená podlahovým vytápěním a v kombinaci s řízeným větráním jsou celoroční náklady na provoz budovy na hranici 20.000 kWh, tedy méně než 100 000 Kč při současných velmi vysokých cenách energií. Budova slouží jako zázemí pro cca 50 zaměstnanců.

Další velkou výhodou tepelných čerpadel systému země-voda je možnost přečerpávání tepla v rámci budovy. Této vlastnosti se s oblibou využívá u bytových domů, nebo bazénu, obecně u objektů s vyšší spotřebou teplé vody na mytí. U těchto objektů se odpadní teplo z chlazení přímo využívá pro ohřev teplé vody nebo pro vytápění bazénů. Jeden takovýto dům Vám nyní představíme. V Praze je v provozu budova Důstojného stáří, v tomto objektu jsou jednotlivé apartmány vytápěny nebo chlazeny pomocí tepelných čerpadel, která teplo přečerpávají do zásobníků teplé vody na mytí. Celý proces přečerpávání tepla je provozně výrazně levnější než chlazení s mařením tepla do okolí a následný samostatný ohřev teplé vody na mytí. Závěr je takový, že čím více se v tomto domě ten den chladí, tím levnější je večerní koupání a tím jsou také nižší náklady na provoz místního gastro provozu na mytí nádobí a přípravu jídel, kde se využívá ohřátá voda z chlazení.



*Dům důstojného stáří Modřany*



*Baterie 6-ti TČ vzduch/voda*

Obecně výhody i nevýhody tepelných čerpadel jsou již v dnešní době velmi dobře známy. Při záměru ekonomické rekonstrukce nebo novostavby vždy doporučujeme se obrátit na energetického specialistu a celý systém s ním dopředu probrat. Nebudete-li si jistí, tak potom doporučujeme využít služeb technicky zdatného personálu z technické podpory výrobců tepelných čerpadel. Společnost STIEBEL ELTRON poskytuje svým partnerům bezplatné poradenství a systémová ozkoušená řešení. (tolik tedy pasáž, vepsaná společností Stiebel Eltron s.r.o.)

## 5.4 Pravidla a postupy při umísťování tepelných čerpadel, možnosti aplikací na území Olomouckého kraje

### 5.4.1 Tabulky dle krajů, komentáře k počtům a struktuře instalovaných TČ

**Tabulka 5** Odhad počtu tepelných čerpadel v domácnostech v roce 2018 podle krajů (data PENB)

Název	RD			BD			RD + BD		
	> 6 kW	≤ 6 kW	celkem	> 6 kW	≤ 6 kW	celkem	> 6 kW	≤ 6 kW	celkem
Praha	3 353	578	3 931	605	89	694	3 958	667	4 625
Středočeský	25 346	3 951	29 297	339	124	463	25 685	4 075	29 760
Jihočeský	12 642	639	13 281	192	169	360	12 833	808	13 641
Plzeňský	8 953	99	9 052	183	46	229	9 136	145	9 281
Karlovarský	1 900	0	1 900	147	0	147	2 048	0	2 048
Ústecký	3 665	754	4 419	327	0	327	3 992	754	4 746
Liberecký	7 663	614	8 276	254	124	378	7 916	738	8 654
Královéhradecký	6 974	456	7 430	159	42	201	7 132	498	7 631
Pardubický	3 846	928	4 774	56	62	118	3 902	990	4 892
Vysočina	5 358	480	5 838	73	68	141	5 431	548	5 979
Jihomoravský	6 231	1 289	7 520	296	0	296	6 527	1 289	7 816
Olomoucký	5 942	1 090	7 032	56	46	102	5 998	1 136	7 133
Zlínský	9 227	1 037	10 264	42	0	42	9 269	1 037	10 306
Moravskoslezský	19 096	830	19 927	172	0	172	19 269	830	20 099
<b>Celkem</b>	<b>120 195</b>	<b>12 745</b>	<b>132 940</b>	<b>2 901</b>	<b>770</b>	<b>3 671</b>	<b>123 096</b>	<b>13 515</b>	<b>136 611</b>

Tato tabulka č. 39 ukazuje, že Olomoucký kraj (vztaženo na počet obyvatel) nemá podprůměrné pokrytí TČ v oblasti rodinných domků. V segmentu bytových domů je situace rozšíření TČ v kraji již horší. Důvodem je pravděpodobně pokrytí měst v Olomouckém kraji systémy CZT a jejich volná kapacita pro napojení nově budovaných BD. U stávajících bytových domů se TČ využívají většinou jen k ohřevu TUV pro BD.

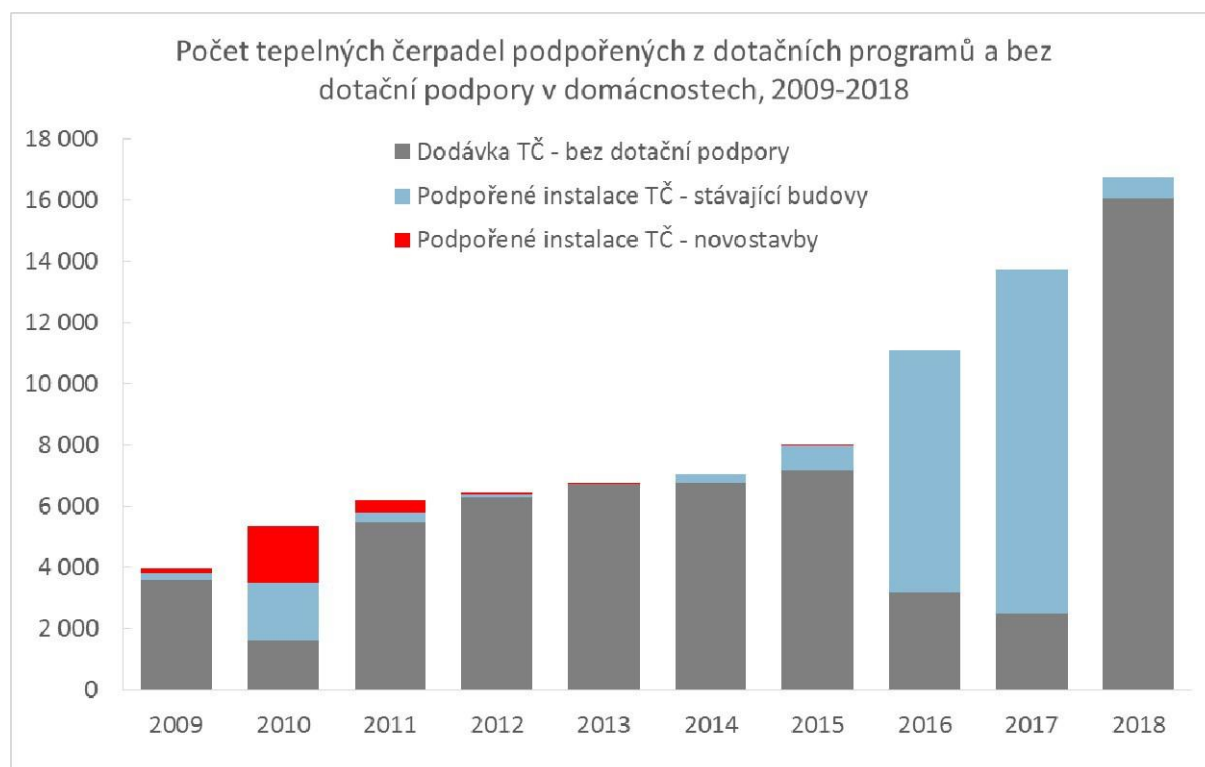
Níže uvedená tabulka č.40 dokumentuje vývoj přidělování dotačních podpor na instalaci TČ dle let a jednotlivých krajů. Kromě roku 2010 (tedy v plné síle ekonomické krize v ČR) čerpaly obyvatelé Olomouckého kraje podpory podobně jako kraje ostatní.



**Tabulka 6** Celkový počet podpořených instalací tepelných čerpadel podle krajů, 2009–2018

Kraj	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Praha	10	163	38	5	0	5	14	113	78	25
Středočeský	96	933	182	42	0	52	161	1 806	2 508	219
Jihočeský	31	379	63	11	0	43	105	844	1 512	82
Plzeňský	14	259	40	10	0	16	48	839	1 101	37
Karlovarský	4	93	9	3	0	5	11	227	312	10
Ústecký	13	202	32	13	0	7	48	490	607	63
Liberecký	29	223	39	9	0	22	39	390	590	47
Královéhradecký	25	227	46	7	2	22	64	692	476	53
Pardubický	14	160	47	9	1	19	39	342	340	35
Vysočina	21	169	40	7	0	11	56	446	631	36
Jihomoravský	17	190	31	11	1	10	26	175	240	29
Olomoucký	11	128	36	9	0	13	48	289	470	23
Zlínský	14	195	55	11	0	18	48	329	380	21
Moravskoslezský	56	426	81	16	0	25	85	933	2 010	39
<b>Celkem</b>	<b>355</b>	<b>3 747</b>	<b>739</b>	<b>163</b>	<b>4</b>	<b>268</b>	<b>792</b>	<b>7 915</b>	<b>11 255</b>	<b>719</b>

**Obrázek 2** Počet tepelných čerpadel podpořených z dotačních programů a bez dotační podpory v domácnostech, 2009-2018



**Tabulka 7** Dokončené byty v Česku

Rok	V rodinných domech	V bytových domech	Celkem
1998	8 336	6 827	22 183
1999	9 238	6 598	23 734
2000	10 466	5 926	25 207
2001	10 693	5 912	24 758
2002	11 716	6 393	27 291
2003	11 397	7 720	27 127
2004	13 302	10 722	32 268
2005	13 472	11 526	32 863
2006	13 230	10 070	30 190
2007	16 988	18 171	41 649
2008	19 611	12 497	38 380
2009	19 124	13 766	38 473
2010	19 760	10 912	36 442
2011	17 385	6 487	28 630
2012	17 442	7 095	29 467
2013	15 469	6 049	25 238
2014	13 992	6 422	23 954
2015	13 890	7 356	25 095
2016	14 567	8 998	27 322
2017	15 170	9 264	28 569

V této tabulce je vidět setrvačnost v dokončování (před finanční krizí zahájených) staveb během let 2009 a 2010 především u bytových domů. Je však patrné, že vzhledem k počtu dokončovaných bytových jednotek se podíl OZE (včetně TČ) na vytápění, ohřevu TUV v těchto bytech (RD, BD) zvedá. V posledních dvou letech (2022 a 2023) se zájem o instalace TČ zvedl doslova raketově a bohužel ne vždy je založen na racionálních zjištěních, argumentech, datech.

**Tabulka 8** Počty **provozovaných** tepelných čerpadel v ČR [kusy], 2005–2018

Rok	Vzduch/voda	Země/voda	Voda/voda	Celkem	Vzduch/voda	Země/voda	Voda/voda
2005	2 870	3 747	206	<b>6 823</b>	42%	55%	3%
2006	3 786	4 930	278	<b>8 994</b>	42%	55%	3%
2007	5 285	6 423	344	<b>12 052</b>	44%	53%	3%
2008	6 988	7 914	395	<b>15 297</b>	46%	52%	3%
2009	9 722	9 525	454	<b>19 701</b>	49%	48%	2%
2010	13 895	11 232	507	<b>25 634</b>	54%	44%	2%
2011	18 785	13 181	556	<b>32 522</b>	58%	41%	2%
2012	24 079	14 987	598	<b>39 663</b>	61%	38%	2%
2013	29 784	16 661	645	<b>47 090</b>	63%	35%	1%
2014	35 975	18 166	688	<b>54 828</b>	66%	33%	1%
2015	43 156	19 616	791	<b>63 563</b>	68%	31%	1%
2016	53 784	21 032	870	<b>75 687</b>	71%	28%	1%
2017	67 159	22 438	985	<b>90 582</b>	74%	25%	1%
2018	83 536	23 947	1 058	<b>108 541</b>	77%	22%	1%

Z výše uvedené tabulky jednoznačně vyplývá jasný příklon k systémům TČ vzduch/voda, tedy projekčně, dodavatelsky, montážně, nejjednoduššímu řešení s nejmenším množstvím problémů při návrhu, instalaci a provozování. V další části materiálu se budeme věnovat této problematice podrobněji.

#### 5.4.2 Resumé dat se zaměřením na Olomoucký kraj

V Olomouckém kraji je dle dostupných dat v současné době provozováno v rodinných domcích cca 6.000 kompletů (kpl) TČ s výkonem nad 6 kW, cca 1.100 kpl s výkonem nižším než 6 kW. V bytových domech celkem cca 100 kpl TČ, z toho cca polovina s výkonem do 6 kW (pravděpodobně ohřev TUV v malých BD). Ve veřejných budovách, u podnikatelských subjektů (kancelářské objekty, provozovny, čerpací stanice, servisy apod.), apod. je provozováno cca 500 kpl (odborný odhad). U bytové sféry bylo dotačně podpořeno více než 1.000 instalací TČ.

Celkem je tedy v Olomouckém kraji k roku 2018 provozováno necelých 8.000 kompletů tepelných čerpadel (s vysokou mírou pravděpodobnosti jsou ještě v provozu i instalace z roku 2005 a novější). Pokud budeme aproximovat rozložení mezi jednotlivými systémy jako v ostatních krajích, resp. celé ČR, je přes 70 % instalací systémů vzduch/voda, zbytek země/voda (plošné kolektory, nebo vrty), se zanedbatelným zhruba 2% podílem specifických systémů voda/voda.

Z hlediska nároků na elektřinu z rozvodné sítě je možno odborným odhadem (u kalkulací pro „průměrné“ tepelné čerpadlo) dojít k následujícím výsledkům za těchto orientačních předpokladů:

- Pro tepelná čerpadla s tepelným výkonem nad 6 kW (celkem cca 6.550 kpl) uvažujeme s průměrným tepelným výkonem cca 10 kW, průměrným el. příkonem cca 4 kW a bivalentním el. zdrojem o průměrném el. příkonu 6 kW. Případný ohřev TUV tuto orientační kalkulaci nezkrsluje.

- b) Pro tepelná čerpadla s výkonem nižším než 6 kW (celkem cca 1.150 kpl) uvažujeme s průměrným tepelným výkonem cca 4,5 kW, průměrným el. příkonem cca 2,5 kW, bez el. bivalentního zdroje.

Během topné sezony jsou tedy, při provozu všech instalovaných TČ v Olomouckém kraji, nároky na disponibilní výkon z elektrizační soustavy cca 26 MW, v případě využití všech el. bivalentních zdrojů (o jednotkovém příkonu cca 6 kW a jen u TČ s tepelným výkonem nad 6 kW) ještě o 39 MW vyšší, tedy celkem cca **65 MW**. Samozřejmě je třeba vzít v úvahu soudobost, díky relativně diferentnímu klimatu v Olomouckém kraji bude tento faktor hrát u soudobosti roli, stejně jako použitý topný systém, tepelná setrvačnost objektu apod. Plný výkon TČ a použití bivalentních zdrojů přichází navíc v úvahu pouze během několika nejchladnějších dnů během topného období.

Poznámky ke kalkulaci:

- Průměrný tepelný výkon cca 10 kW vychází z tepelné ztráty v minulosti běžných RD (v současnosti bývají tepelné ztráty dobře izolovaných RD nižší, cca kolem 6 kW, avšak TČ si nepořizují stavebníci „nízkorozpočtoví“, tj. RD bývají střední, nebo větší velikosti, proto uvažovaných cca 10 kW) a zálohy na ohřev TUV, u větších se TČ nenavrhují na plnou tepelnou ztrátu, v kritických dnech s nízkou teplotou se využívají bivalentní zdroje
- Nejrozšířenější systém, tedy vzduch/voda má při minusových venkovních teplotách výrazně nižší účinnost a tím tedy vyšší příkon, než je uvažovaný 4 kW, avšak takových dnů i v souvislosti se změnou klimatu v roce nebývá mnoho
- Větší RD, bytové domy, nebo objekty podnikatelských subjektů, kde jsou tepelné výkony TČ výrazně vyšší (např. 20 kW) jsou v kalkulaci „kompenzovány“ velkým počtem RD s malou užitnou plochou, nízkou energetickou náročností stavěné v posledních letech a tím nízkým požadavkům na tepelný výkon TČ (např. 6 kW)
- Bivalentní zdroj (pokud je elektrický) může mít samozřejmě výrazně vyšší příkon, např. 12 kW, avšak v kalkulaci toto kompenzuje i četné instalace s neelektrickým bivalentním zdrojem.

### 5.4.3 Možnosti instalací nových TČ z hlediska systémů TČ, území, klimatu

#### 5.4.3.1 Přednosti a nevýhody jednotlivých systémů TČ

##### a) Systém země - voda

Systém, kde je pro získání využitelného tepla, prostřednictvím technologie tepelného čerpadla, využíváno teplo „země“. Je možnou použít buď velkoplošný zemní kolektor, tj. plošné rozmístění trubek v nezamrzlé hloubce, kterými proudí médium-nemrznoucí směs, nebo zemních vrtů o hloubkách desítek metrů do terénu (země) s vystrojením „U“ trubicemi. Do tepelného čerpadla v obou případech proudí zmiňovaná nemrznoucí směs = médium (jedná se tedy o uzavřený systém) a je zde využíváno k „transformaci“ teploty na vyšší úroveň – topnou vodu do objektu (přes další technologické prvky, stádační zásobník, akční členy ovládané MaR, atd.)

##### Výhody:

- + + vyšší účinnost systému díky menší diferenci mezi teplotou média (z prostředí, z něhož teplo získáváme, tj. země), například při teplotě venkovního vzduchu kolem vytápěného objektu - 5°C, ze zemního kolektoru, nebo vrtu s „U“ trubicí můžeme stále dostávat médium o teplotě +2°C
- + + pokud je kvalitní návrh (projekt TČ, vrtů, kolektor a systému vytápění) v podstatě není třeba bivalentní zdroj, nebo není využíván
- + + vlastní tepelné čerpadlo země – voda je levnější, než např. čerpadlo vzduch – voda
- + + po uplynutí doby životnosti TČ je možno vyměnit pouze technologický celek, zemní kolektor, nebo vrtů zůstávají stávající, bezúdržbové

##### Nevýhody:

- vysoká cena zdroje tepla, tj. zemního kolektoru, nebo vrtů s „u“ trubicemi, celou instalaci výrazně prodražuje
- vysoké nároky na kvalitu návrhu/projektu, a především vysoké nároky na kvalitu doprovodných prací, tj. zemního kolektoru (zemní práce, dodržení plochy kolektoru, hloubky, dodržení hloubka vrtů, jejich vystrojení atd.
- složitější povoloovací proces (vrtů versus lokalita, zdroje vody, termální zdroje, poddolování, apod.)
- v případě zemního kolektoru na prostor kolem objektu, stovky m<sup>2</sup>, přičemž vegetace může trpět „vymrzáním“ v případě nedostatečné plochy kolektoru
- nutnost regenerace zemního kolektoru, případně vrtů v letním období, tedy problematické využívání TČ pro ohřev TUV mimo topnou sezonu

##### b) systém voda – voda

Systém, kde je pro získání využitelného tepla, prostřednictvím technologie tepelného čerpadla, využíváno teplo „vody“. Je možné použít buď výměník v tekoucím vodním toku, nebo ve stojaté vodě (jezero, rybník), lze také použít např. odpadní vodu (po její úpravě, nebo přes výměník) z nějaké technologie. Průmyslové, lázeňské, zemědělské, potravinářské, apod. Do tepelného

čerpadla v obou případech proudí k využití buď přímo voda z vnějšího vodního zdroje (potok, rybník, technologická voda, apod.) což bývá méně obvyklé (vysoké nároky na čistotu vody ohledně usazenin, agresivity, apod.), nebo častěji z výměníku uzavřeného okruhu opět „médium“ a je zde využíváno k „transformaci“ teploty na vyšší úroveň – topnou vodu do objektu (přes další technologické prvky, stádační zásobník, akční členy ovládané MaR, atd.)

#### **Výhody:**

- + vyšší účinnost systému díky menší diferenci mezi teplotou média (z prostředí, z něhož teplo získáváme, tj. vody, voda neklesne pod 0°C aby byla zvána vodou), v případech využití vody, ať výměníkem, nebo přímo z hlubších stojatých vod můžeme konstantně počítat s teplotami mezi +4° až např. 8°C i během zimního období. V případě technologické vody můžeme získávat teplo z vod o teplotách např. +20°C, kdy je účinnost systému fantastická a provozní náklady na vytápění jsou minimální
- + díky vyšším teplotám zdroje tepla (vody) v podstatě není třeba bivalentní zdroj, nebo není využíván. Záleží samozřejmě na zdroji, pokud je zdrojem např. menší rybník, může mj. díky využívání vody pro tepelné čerpadlo kompletně promrznout, a nejen že nelze využívat vodu k vytápění prostřednictvím TČ, ale mohou být způsobeny další škody (ryby, biotop, chráněné druhy apod.)
- + vlastní tepelné čerpadlo voda – voda je levnější, než např. čerpadlo vzduch – voda
- + po uplynutí doby životnosti TČ je možno vyměnit pouze technologický celek, výměník ve vodě, nebo napájení vodou apod., zůstávají (může být nutnost čištění výměníku od usazenin apod.)

#### **Nevýhody:**

- předně musí být k dispozici relevantní zdroj využitelné vody alespoň v zimním období, a perspektivou alespoň na 15 let
- hrozí vysoká cena výměníku, vloženého do zdroje, případně přívodního potrubí od zdroje tepla (jezera, rybníku, řeky apod.), pokud se jedná o využití technologických vod, může být náročné (drahé) jejich čištění apod.
- vysoké nároky na kvalitu návrhu/projektu, dimenzi výměníku, posouzení kapacity vodního zdroje, případně návrhu na čištění
- může nastat složitější povolovací proces, vyjádření povodí, ochranářů, v případě využití technologických vod zacházení (likvidace a čištění) vod apod. (vrty versus lokalita, zdroje vody, termální zdroje, poddolování apod.)
- v případě zemního kolektoru na prostor kolem objektu, stovky m<sup>2</sup>, přičemž vegetace může trpět „vymrzáním“ v případě nedostatečné plochy kolektoru

### c) systém vzduch-voda

Systém, kde je pro získání využitelného tepla, prostřednictvím technologie tepelného čerpadla, využíváno teplo „vzduchu“, myšleno venkovního prostředí. Existují provedení venkovní a vnitřní u obou je vzduch z okolního prostředí nasáván do TČ a přes jednotlivé technologické prvky „transformován jeho potenciál (teplota a množství) do topné vody pro systém vytápění (většinou přes střídací zásobník). TČ vzduch – voda lze samozřejmě, stejně jako předchozí systémy využít i k ohřevu TUV jak v zimním, tak letním období. V tomto případě je však ohřev TUV v letním období velmi efektivní, s nízkými provozními náklady. Taktéž je vhodné použití TČ vzduch – voda např. k ohřevu bazénu v letním období, opět provozní náklady minimální. Cena TČ vzduch – voda jako stroje je vyšší než u předchozích systémů, odpadají však nutné doprovodné instalace (kolektory, vrtly, výměníky apod.).

#### Výhody:

- + postačuje pouze tepelné čerpadlo, není třeba doprovodných instalací (vrtů, kolektorů, výměníků apod.
- + jako celek je instalace TČ levnější (většinou) než u předchozích systémů
- + je možno instalovat „kdekoli“, není třeba průzkumů podloží, zdroje vody, velikosti pozemku apod., jednodušší schvalovací procesy při získání SP
- + je možné zvolit venkovní, nebo vnitřní provedení, tj. nemusí být zastavěna vnitřní užitná plocha objektu
- + vysoká efektivita v letním období, ohřev TUV, bazénu apod. s minimálními náklady
- + díky zvyšujícím se teplotám na zemi (v Evropě) roste efektivita TČ vzduch – voda
- + menší možnost chyb při projektu, instalaci (bez zemních kolektorů, vrtů apod.)

#### Nevýhody:

- nižší efektivita při teplotách pod 0°C
- nutnost bivalentního zdroje
- vyšší nároky na příkon (jistě) díky nutnosti bivalentního zdroje, pokud je tento elektrický
- TČ vzduch/voda mají vyšší nároky na prostor, ať vnější, tak vnitřní
- vyšší hlučnost (daná prouděním vzduchu) oproti předchozím systémům

Po porovnání jednotlivých systémů TČ se ztotožňujeme se vývojem jak v ČR, tak Evropě a doporučujeme prioritně využití TČ systémů vzduch – voda. Proto se těmto TČ vzduch voda věnujeme následně více.

#### 5.4.4 Orientační pravidla návrhu TČ vzduch – voda

Základní parametry ke správnému návrhu potřebného výkonu TČ (především pro RD):

- poměr úspory energie je závislý na topném výkonu tepelného čerpadla a jeho celkovém el.příkonu, v tomto případě na množství tepla ze vzduchu k jehož „transformaci“ na teplo do topného systému je použito co nejmenší množství elektrické energie
- pro zvýšení životnosti tepelného čerpadla je nutné minimalizovat počet startů kompresoru.
- systém se doporučuje řešit jako bivalentní, tedy tepelné čerpadlo + další doplňkový zdroj tepla (např. el. „patrona“ ve střídacím zásobníku, krbová kamna apod.),
- snaha maximálně snížit finanční náročnost investice, smysluplným způsobem

Výkon tepelného čerpadla vzduch-voda se pak návrhově obvykle pohybuje v rozmezí 70 až 80 % tepelné ztráty objektu (uvažováno s výkonem tepelného čerpadla při použití nízkoteplotního topného systému). Při tomto poměru tepelné čerpadlo dodá do objektu za období topné sezóny 90 až 95 % tepla a doplňkový (bivalentní) zdroj dodá pouhých 5 až 10 % tepla.

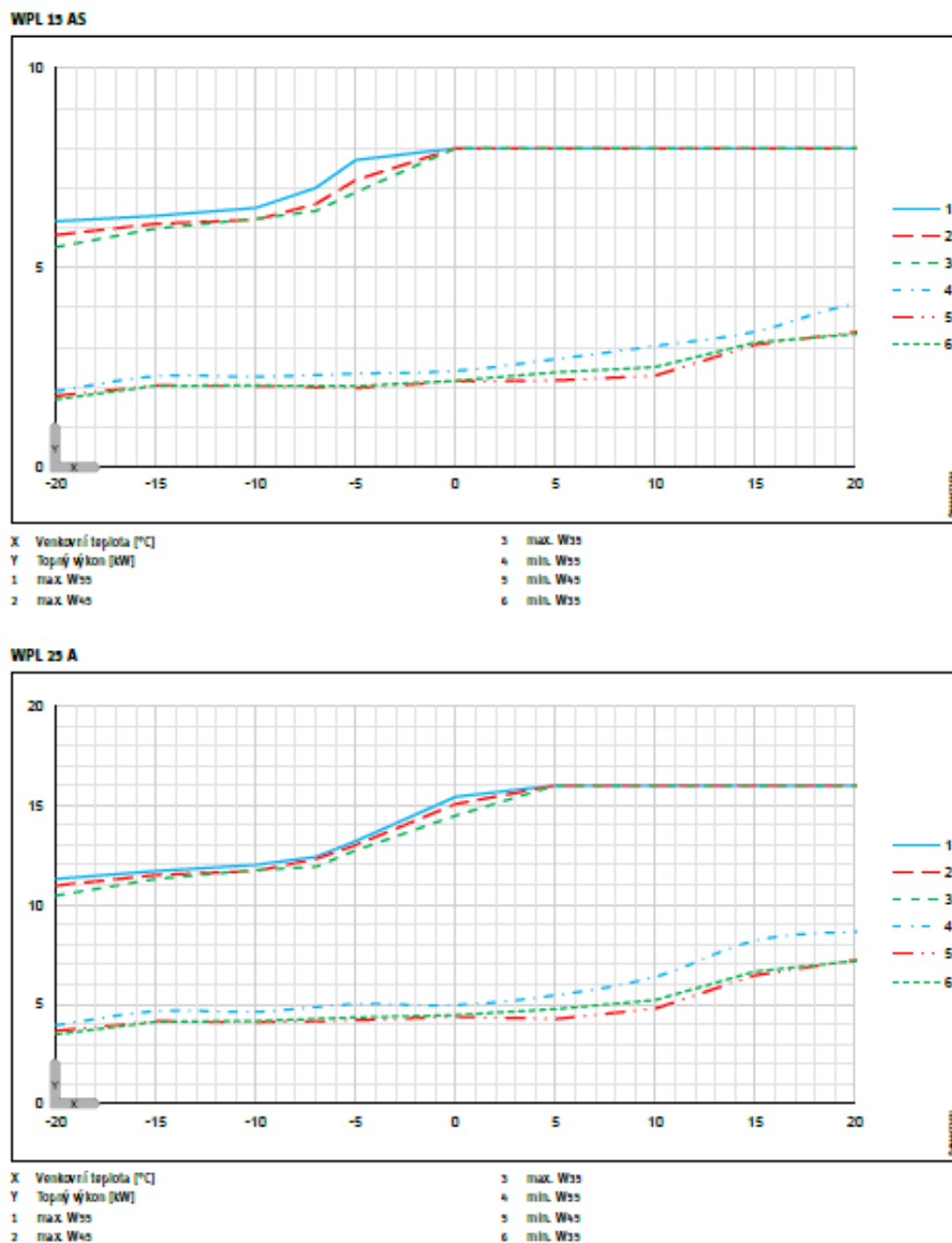
V některých případech (např. domy s malou tepelnou kapacitou (setrvačností/např. dřevostavby, nebo když není použita akumulční nádrž) je vhodné zahrnout do výpočtu potřebného výkonu zdroje tepla i dobu vysoké sazby elektrické energie, po kterou je nutné tepelné čerpadlo automaticky odstavit z provozu. Je třeba sečíst tepelné ztráty budovy, připočítat potřebu tepla pro přípravu teplé vody, případně zakalkulovat ohřev vody v bazénu a výslednou hodnotu zvětšit o cca 10 %. Potřebný výkon tepelného čerpadla je potom dán vztahem:

potřebný výkon = tepelná ztráta objektu při dané venkovní teplotě x 1,1 (koeficient navýšení výkonu pro blokování provozu tepelného čerpadla systémem HDO).

Minimální kritérium výkonu tepelného čerpadla stanovují i distributoři elektrické energie. Pro vytápění tepelným čerpadlem je dvoutarifový produkt kombinovatelný s distribučními sazbami s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin. Pro přiznání sazby D56d pro domácnosti, nebo C56d pro firmy a podnikatele, musí topný výkon tepelného čerpadla krýt minimálně 60 % tepelných ztrát vytápěného objektu (v čase se tarifní pojmenování může lišit).



**Obrázek 3** Topné křivky tepelných čerpadel vzduch – voda, tepelný výkon v závislosti na teplotě venkovního vzduchu



### Bivalentní zdroj tepla:

Při dimenzování tepelného čerpadla vzduch-voda je třeba si vždy uvědomit, že jeho výkon postupně klesá se snižující se venkovní teplotou (viz výše uvedené grafy topných křivek TČ) a maximální výstupní teplota, udávaná v technických parametrech konkrétního výrobku, nemůže být při extrémních venkovních teplotách např.  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a nižších zpravidla dosažena. Z tohoto důvodu se vytápěcí systém s tepelným čerpadlem vzduch-voda bez modulace výkonu kompresoru doporučuje řešit vždy jako bivalentní. Tímto řešením se dosáhne nejen zajištění 100% krytí potřeby tepla pro vytápěný objekt, ale i optimálního poměru mezi provozními a pořizovacími náklady.

Jako tzv. bivalentní zdroj tepla pro tepelné čerpadlo vzduch-voda se doporučují většinou zdroje tepla s možností automatické regulace topného výkonu, např. el. patrony do střešních zásobníků, nebo

zdroje na pevná paliva, kde je však nutná obsluha a nelze je ovládat automaticky (většinou). Je třeba si však uvědomit, že tepelného komfortu (vnitřní teploty 20°C a vyšší) je třeba při „obydleném“ RD, tedy pracovní síla na obsluhu bivalentního zdroje na pevná paliva většinou nechybí. Tepelná čerpadla vzduch-voda mají dnes již velmi často elektrokotel (patronu) nebo elektrickou topnou spirálu jako bivalentní zdroj tepla ve své standardní výbavě. Výkon tohoto zdroje je odpovídající výkonu tepelného čerpadla a činí zpravidla cca dvě třetiny jeho jmenovitého výkonu. Pokud to je technicky možné, doporučuje se dimenzovat bivalentní zdroj tepla na cca 80% tepelné ztráty pro případ výpadku nebo poruchy tepelného čerpadla.

#### **Určení bodu bivalence:**

Bod bivalence (pro TČ vzduch – voda) je teplota venkovního vzduchu, kdy je výkon tepelného čerpadla roven tepelné ztrátě objektu. Bod bivalence by se měl při optimálním návrhu pohybovat v rozmezí teplot 0°C až -5°C. Bod bivalence se dá jednoduše určit z průsečíku křivek výkonu tepelného čerpadla v závislosti na venkovní teplotě a průběhu tepelné ztráty v závislosti na venkovní teplotě. Pokud nejsou tyto údaje k dispozici, lze uvažovat při zjednodušeném návrhu s těmito hodnotami:

- výkon TČ odpovídá 60 – 65 % tepelné ztráty objektu @ bod bivalence +1°C až -1°C
- výkon TČ odpovídá 65 – 75 % tepelné ztráty objektu @ bod bivalence -1°C až -3°C
- výkon TČ odpovídá 75 – 85 % tepelné ztráty objektu @ bod bivalence -3°C až -5°C

Postup při návrhu výkonu TČ s modulací výkonu kompresoru:

- tepelná čerpadla s tzv. invertory se navrhují zpravidla jako monovalentní zdroj
- pro zvýšení životnosti tepelného čerpadla je nutné minimalizovat počet startů kompresoru
- snaha maximálně snížit finanční náročnost investice

Tepelná čerpadla s technologií invertoru se obvykle navrhují jako monovalentní zdroj tepla, tedy na 100 % tepelných ztrát vytápěného objektu. Pro případ výpadku (poruchy) tepelného čerpadla nebo sanaci zásobníku teplé vody se však doporučuje instalace elektrokotle nebo elektrické topné spirály s odpovídajícím výkonem.

Při návrhu tepelného čerpadla s modulací výkonu jako monovalentního je třeba vzít v úvahu, že maximální výstupní teploty z tepelného čerpadla lze dosáhnout jen do určité venkovní teploty (dle údajů výrobce, obvykle v rozmezí -10 až -15 °C). Při nižších venkovních teplotách dochází opět k postupnému snižování topného výkonu i výstupní teploty. Při návrhu tepelného čerpadla je tedy třeba ověřit podle technických údajů výrobce, jaké maximální výstupní teploty tepelné čerpadlo dosáhne při výpočtové venkovní teplotě pro danou oblast (použitou pro výpočet tepelné ztráty vytápěného objektu). Pokud je výstupní teplota z tepelného čerpadla nižší než výpočtová vstupní teplota otopné soustavy, je třeba v případě nových realizací upravit projekt otopné soustavy na výpočtovou vstupní teplotu odpovídající maximální výstupní teplotě tepelného čerpadla při výpočtové venkovní teplotě, nebo zdroj tepla navrhnout jako bivalentní.

V některých případech je vhodné zahrnout do výpočtu potřebného výkonu zdroje tepla i dobu vysoké sazby elektrické energie, po kterou je nutné tepelné čerpadlo automaticky odstavit z provozu. Je třeba sečíst tepelné ztráty budovy, připočítat potřebu tepla pro přípravu teplé vody, případně ohřev vody v bazénu a výslednou hodnotu zvětšit o 10 %. Potřebný výkon tepelného čerpadla je potom dán vztahem:

potřebný výkon = tepelná ztráta objektu při dané venkovní teplotě x 1,1 (koeficient navýšení výkonu pro blokování provozu tepelného čerpadla systémem HDO).

#### **Akumulace tepla ve vytápěcím systému s tepelným čerpadlem**

Tepelné čerpadlo vzduch-voda je vhodné zapojit do systému přes střídací zásobník (akumulační nádrž), která zajistí následující funkce:

- odděluje průtok tepelným čerpadlem a průtok otopnou soustavou, čímž je zajištěn požadovaný stálý průtok tepelným čerpadlem a tím i konstantní ohřátí topné vody
- správně dimenzovaná akumulační nádrž obsahuje dostatečné množství topné vody pro odtávání tepelného čerpadla vzduch-voda reverzační chladicího okruhu (uvažováno pro případ, že otopná soustava nedisponuje dostatečným množstvím vody nezbytné pro odtávání reverzační funkce tepelného čerpadla)
- správně dimenzovaná akumulační nádrž obsahuje rovněž dostatečné množství topné vody k zamezení cyklování provozu tepelného čerpadla při nepříznivých podmínkách v závislosti na aktuální potřebě tepla pro vytápění objekt (platí především pro tepelná čerpadla bez modulace výkonu kompresoru)

Tepelné čerpadlo vzduch-voda může být za určitých podmínek připojeno přímo k otopné soustavě bez použití akumulační nádrže. Otopná soustava však musí bezpodmínečně zajistit podmínku minimálního aktivního objemu topné vody a dále pak podmínku požadovaného předepsaného konstantního průtoku bez jakéhokoliv omezení. Jako příklad můžeme uvést jeden topný okruh tvořený systémem podlahového vytápění.

Určitou výjimkou mohou být též tepelná čerpadla s modulací výkonu kompresoru, tzv. invertorem. Tato tepelná čerpadla dokáží rychle reagovat na změny v potřebě výkonu, a proto u některých aplikací (zejména jednodušších aplikací v rodinných domech) není nutná instalace akumulační nádrže. Vždy je však nutné respektovat předpisy a doporučení příslušného výrobce.

V případě vytápěcího systému s více topnými okruhy musí být vždy použita akumulační nádrž z důvodu dokonalého hydraulického oddělení jednotlivých okruhů.

Příklad zjednodušeného návrhu tepelného čerpadla systém vzduch - voda:

- tepelná ztráta objektu: 11 kW
- otopná soustava: podlahové vytápění
- počet osob pro ohřev teplé vody: 4

Bez modulace výkonu kompresoru:

- tepelné čerpadlo se bude navrhovat pro podlahový systém vytápění, což je nízkoteplotní systém se střední teplotou otopné vody 35-40°C (tj. nízkoteplotní topný systém)
- dle výkonové charakteristiky tepelného čerpadla se zvolí tepelné čerpadlo s výkonem v rozmezí 7,7 až 8,8 kW, což odpovídá 70 až 80% tepelné ztráty objektu
- návrh objemu zásobníku TUV. Pro 1 osobu se uvažuje 40 až 50 litrů teplé vody na den. V případě 4 osob v domácnosti je zvolen nepřímotopný ohřívač o objemu 200 litrů. Pozor! Teplosměnná plocha výměníku musí odpovídat maximálnímu topnému výkonu tepelného čerpadla v letním období nebo požadavku výrobce tepelného čerpadla! Z hlediska topného výkonu potřebného pro ohřev vody v akumulačním ohřívači o objemu 200 litrů není zpravidla u malých rodinných domů nutné provádět navýšení výkonu tepelného čerpadla. Toto má vždy dostatečný topný výkon k ohřátí (dohřátí) vody v akumulačním ohřívači, buď v prodlevách vytápění, nebo s prioritou ohřevu vody ve velmi krátkých časových výsečích, které nemají vliv na tepelnou pohodu ve vytápěném objektu. V případě, že by se jednalo o přípravu velkého množství teplé vody nebo nízkoenergetický či pasivní rodinný dům s navrhovaným tepelným čerpadlem o výkonu přibližně 5 kW a méně, je nutné topný výkon tepelného čerpadla navýšit podle konkrétního případu. V případě rozlehlejšího RD je třeba pamatovat na cirkulaci TUV prostřednictvím časově spínaného čerpadla. Cirkulace by měla být nastavena dle provozního

režimu domu, tj. např. být vypnutá během dne (obyvatelé v zaměstnání, děti ve škole, v noci mezi 23:00 až 05.30, apod.)

- velikost střešního zásobníku (akumulační nádoby) bývá mezi 150 až 300l dle výkonu TČ a velikosti RD, jeho tepelné setrvačnosti
- u objektů s velkou akumulací tepla/teplou setrvačností (silné zdivo, podlahové vytápění, dostatečně velká akumulační nádrž apod.) není třeba navyšovat výkon tepelného čerpadla s ohledem na výše dodávky elektrické energie (HDO). Objekty s velkou akumulací mají zpravidla dostatečnou setrvačnost na pokrytí těchto odstávek z provozu.

#### **S modulací výkonu kompresoru:**

- tepelné čerpadlo se bude navrhovat pro podlahový systém vytápění, což je nízkoteplotní systém se střední teplotou otopné vody 35-40°C
- dle výkonové charakteristiky tepelného čerpadla se zvolí tepelné čerpadlo s výkonem odpovídajícím vypočítané tepelné ztrátě objektu, tedy 11 kW
- návrh objemu zásobníku teplé vody je obdobný jako u tepelných čerpadel bez modulace výkonu kompresoru. Pro 1 osobu se uvažuje 40 až 50 litrů teplé vody na den. V případě 4 osob v domácnosti je zvolen nepřímotopný akumulační ohřívač o objemu 200 litrů. Zvýšenou pozornost je nutné věnovat teplosměnné ploše výměníku v akumulačním ohřívači. Ta by měla, pokud možno odpovídat maximálnímu topnému výkonu tepelného čerpadla v letním období nebo požadavku výrobce tepelného čerpadla! Výhodou u tepelných čerpadel s modulací výkonu je skutečnost, že dokáží svůj topný výkon v určité míře přizpůsobit teplosměnné ploše výměníku tepla v akumulačním ohřívači. Z hlediska topného výkonu potřebného pro ohřev vody v akumulačním ohřívači o objemu 200 litrů není zpravidla u malých rodinných domů nutné provádět navýšení výkonu tepelného čerpadla. Toto má vždy dostatečný topný výkon k ohřátí (dohřátí) vody v akumulačním ohřívači, buď v prodlevách vytápění, nebo s prioritou ohřevu vody ve velmi krátkých časových výsečích, které nemají vliv na tepelnou pohodu ve vytápěném objektu. V případě, že by se jednalo o přípravu velkého množství teplé vody nebo souběžný provoz vytápění a ohřev vody, je nutné topný výkon tepelného čerpadla navýšit podle konkrétního případu

#### **5.4.5 Možnosti instalace, vhodnost objektů**

Pro stávající objekty, ať veřejné sféry, či podnikatelské provozovny, ale i RD, je vhodné při zamýšlené rekonstrukci (nebo jen nutnosti změny zdroje tepla) vždy zvážit možnost použití tepelných čerpadel jako zdroje vytápění, případně zdroje pro zajištění ohřevu TUV. Častým „mýtem“ je striktní nutnost použití teplovodního podlahového topného systému jako nutnou podmínku k přiřazení TČ jako zdroje tepla. Podlahové topení obecně má řadu výhod i nevýhod, výhodou při použití s tepelným čerpadlem jsou nízké nároky na teplotu topné vody (cca do 35°C) a tím i nejvyšší efektivita provozování TČ. Nevýhodou teplovodního podlahového vytápění je většinou výrazně vyšší cena, značné nároky na kvalitu instalace a obtížné (drahé) odstraňování případných poruch, havárií.

U stávajících objektů je často realizováno kompletní zateplení pláště objektu, tedy okna, stěny, střecha, případně i stropy podsklepení atd. Většinou však není měněn vlastní vnitřní topný systém (rozvody, radiátory), který je navržen pro objekt se zcela odlišnými tepelnými ztrátami, než má po zateplení. Z našich zkušeností se projektant topného systému téměř vždy ještě „kryje“ a plochu topných článků (radiátorů) předimenzuje. Proti tomu může být fakt, že u realizací před r.89 mohlo být instalováno „co bylo k dispozici“, nikoliv co je navrženo projektantem. S trochou nadsázky lze tedy obecně říci, že pokud je zachován topný systém v objektu před zateplením (pokud to jeho technický stav dovolí), mám k dispozici nízkoteplotní topný systém, vhodný pro použití TČ.

Všeobecně se doporučuje za účelem dosažení maximálního energetického efektu a úspor instalovat tepelná čerpadla vzduch-voda do nízkoteplotních systémů vytápění s maximální vstupní teplotou topné vody do otopné soustavy 55 °C, a to zejména v případě novostaveb a rekonstrukcí vytápěných objektů nebo vytápěcích systémů.

V případě návrhu tepelného čerpadla pro otopnou soustavu s topnými tělesy, respektive radiátory, je třeba uvažovat s výkonem tepelného čerpadla při okrajových podmínkách A2/W50 nebo A2/W55 dle technických možností daného tepelného čerpadla. Zrovna tak pro menší tepelnou kapacitu otopné soustavy je vhodné pro návrh tepelného čerpadla navýšit potřebu tepla (tepelnou ztrátu objektu) o 10% pro rychlejší překlenutí výše elektrické energie (HDO).

Pro umístování tepelných čerpadel vzduch-voda v oblastech s výpočtovou teplotou -18 °C a -21 °C se jednoznačně doporučuje instalace v součinnosti s nízkoteplotním podlahovým nebo stěnovým vytápěním z důvodů dosažení příznivého topného faktoru. U oblastí s výpočtovou teplotou -21 °C navíc není použití TČ systému vzduch – voda příliš vhodné, pokud není využito k ohřevu TUV a např. bazénu v letním období.

#### **Doporučení z hlediska regulace teploty topné vody**

Z důvodů dosažení maximálních úspor energie je bezpodmínečně nutné, aby regulace výstupní teploty topné vody z tepelného čerpadla byla ekvitermní, tedy závislá na venkovní teplotě. Uvedený způsob návrhu tepelného čerpadla vyplývá dle zvyklosti návrhu v České republice. S ohledem na individuální zvyklosti v jiných zemích je možné tepelná čerpadla navrhovat v jiném poměru výkonu tepelného čerpadla a tepelné ztráty objektu nebo dle normy stanovující maximální počet provozních hodin chodu tepelného čerpadla.

### **5.5 Plynová tepelná čerpadla**

V ČR jsou poněkud opomíjenou skupinou plynová tepelná čerpadla, která mají řadu výhod, byť v současnosti není zemní plyn preferovaným médiem. Označují se zkratkou GHP (z angl. Gas-engine Heat Pump), zajišťují dodávku chladu i tepla v průběhu celého roku. Umožňují samozřejmě provoz i pouze v topném režimu.

#### **5.5.1 Plynové tepelné čerpadlo: princip, výhody a využití**

Oproti klasickému tepelnému čerpadlu se k pohonu kompresoru používá plynový spalovací motor. Využívá se systému s prodlouženou přímou expanzí, tedy Mullerův cyklus. Teplo je v případě plynových tepelných čerpadel získáváno z prostředí v okolí vytápěného objektu, tedy vzduchu. Získané teplo je převáděno na vyšší teplotní hladinu, kterou je možné použít k vytápění, případně také k ohřevu teplé vody. Tento převod je umožněn stlačením par chladiva v kompresoru, takže dojde k jeho ohřátí. Vytápění pomocí plynového tepelného čerpadla je možné až do -21 °C, a to díky rekuperaci odpadního tepla z motoru.

Důležitým parametrem je takzvaný **topný faktor** (COP, z anglického Coefficient of Performance), který vyjadřuje jeho efektivitu. Udává spotřebu vstupní energie na množství získaného tepla. Platí tedy, že vyšší hodnota topného faktoru značí efektivnější a úspornější provoz. COP se samozřejmě mění podle podmínek, za kterých systém pracuje.

#### 5.5.1.1 Výhody plynového tepelného čerpadla

Oproti standardnímu elektrickému telenému čerpadlu se GHP vyznačuje hned několika výhodami. Jeho nejpodstatnějším rysem je skutečnost, že zaručuje minimalizaci nákladů na vytápění, respektive chlazení, srovnáme-li jej se standardními plynovými a chladicími jednotkami. Tím dochází k poměrně rychlé návratnosti vynaložené investice. Je k dispozici odpadní teplo z plynového motoru. Charakteristické je rovněž tichým a nenáročným provozem. Servisní interval dosahuje v případě GHP 10–20 tisíc provozních hodin. Před instalací plynového TČ nejsou nutné žádné nákladnější konstrukční úpravy, stejně tak není potřeba rezervace elektrického příkonu v případě chlazení.

Díky výše popsaným výhodám umožňuje tento typ čerpadla zajistit stálou teplotu ve vybraných prostorách během celého roku. Důležitá je také ekologická stránka, neboť při provozu tepelných plynových čerpadel je produkováno méně emisí oxidu dusíku a NOx.



*Plynová tepelná čerpadla Schwank*



*Energetické toky u tepelného čerpadla s plynovým motorem*

## Přehled výhod plynového TČ

- Jedno zařízení produkující teplo i chlad.
- Téměř nulová závislost na elektřině.
- Možnost využití třítrubkového systému – souběžné vytápění a chlazení.
- Nízké náklady na vytápění ve srovnání s klasickým plynovým kotlem.
- Nízké náklady na chlazení v porovnání s chladicí jednotkou.
- Bez nutnosti rezervace elektrického příkonu pro provoz chladicí jednotky.
- Zajištění celoroční konstantní teploty.

**Nevýhodou** plynových TČ je především kratší životnost, točivé části, dražší servis, to vše ve srovnání s kondenzačními plynovými kotli.

### 5.5.1.2 Nejčastější použití plynového TČ

Využití plynových tepelných čerpadel je velmi široké. K jeho instalaci se zatím přistupuje zejména ve velkých průmyslových areálech. Ovšem i v nejrůznějších institucích jsou k vytápění využívána právě GHP. Jedná se například o školy, nemocnice, kanceláře atd. Stejně tak je používáno v hotelích a dalších ubytovacích zařízeních. Je vhodné zvážit vytápění plynovým TČ v lokalitách kde je k dispozici ZP a porovnat výhody/nevýhody oproti vytápění prostřednictvím kondenzačních kotlů.



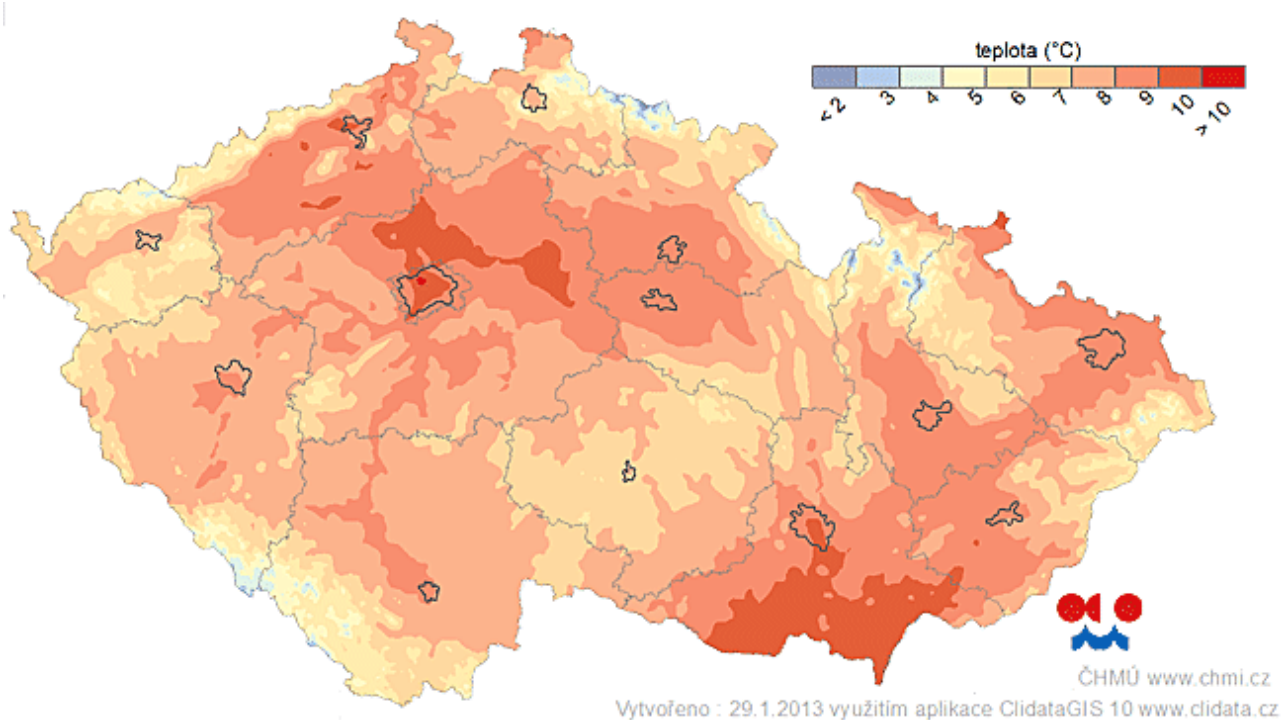
## 5.5.2 Území Olomouckého kraje z hlediska klimatu, rozmístění příspěvkových organizací kraje

### a) Obecně k České republice

**Obrázek 4** Mapa ČR se zjednodušeným barevným vyznačením teplotních pásem dle průměrných ročních teplot (modrá nejchladnější, tmavě žlutá nejteplejší). V Olomouckém kraji jsou dokonce tři teplotní pásma.



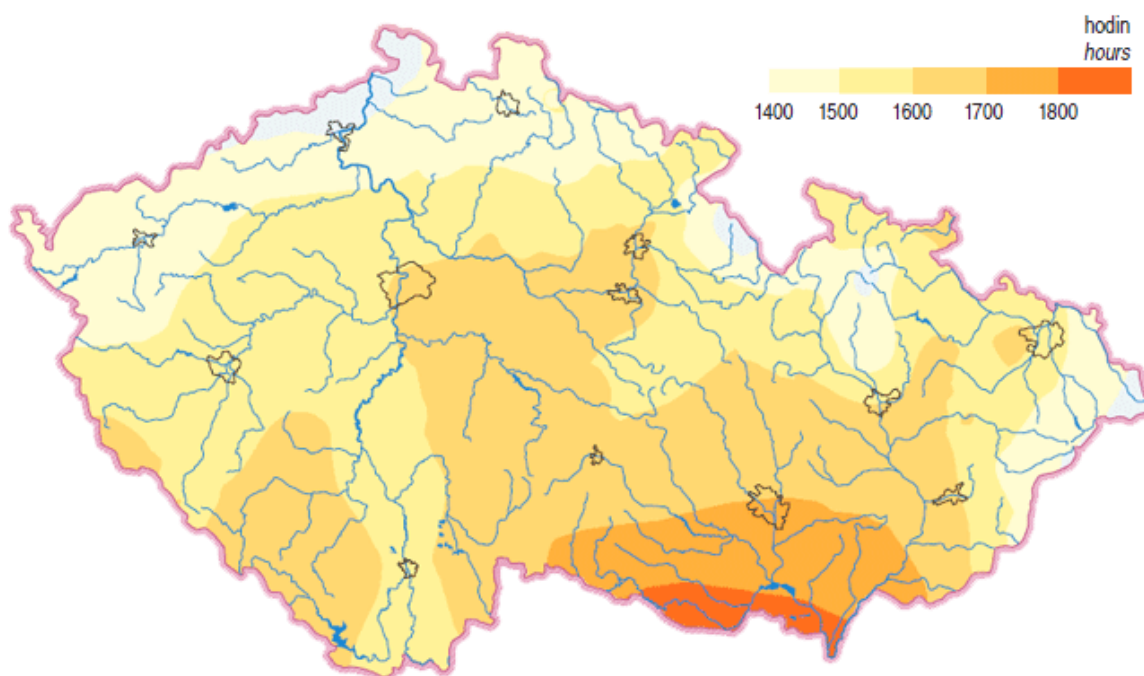
**Obrázek 5** Průměrné teploty v ČR během let 1961 až 2000 dle území





Opět je vidět, že Olomoucký kraj je teplotně relativně různorodý. Jih Moravy a část Polabí ve Středočeském kraji jsou obecně známy jako nejteplejší regiony.

**Obrázek 6** Mapa slunečního svitu na území ČR dle počtu hodin



Tato mapa je důležitá z hlediska regenerace plošných kolektorů (u systémů země – voda) díky slunečnímu svitu mimo topnou sezonu. Kde je sluneční svit nejvyšší, doba regenerace je nejkratší. Pro Olomoucký kraj bohužel počet slunečných dnů (hodin) nevychází příznivě, tedy regenerace např. u TČ se zemními kolektory by trvala déle.

#### **Scénář změny klimatu pro období 2010–2039 (převzato z ČHMÚ), data jsou k roku 2010**

Tento scénář (výtažek) je vztažen pouze ke scénáři emisí SRES A1B, neboť pro takto blízké období se mezi jednotlivými scénáři SRES předpokládají pouze nevýznamné rozdíly. V období 2010–2039 se teplota vzduchu na území ČR zvýší podle modelu ALADIN 25 cca o 1°C, oteplení v létě a zimě je jen o něco menší než na jaře a na podzim. Patrné je systematické zvýšení teplot relativně málo proměnlivé v prostoru. U změn sezónních úhrnů srážek je situace složitější. Ve většině uzlových bodů je v zimě simulován pokles budoucích srážek (v závislosti na konkrétní lokalitě ČR do 20 %), na jaře jejich zvýšení (od 2 do cca 16 %), v létě a zejména na podzim se situace v různých částech území ČR liší (na podzim najdeme na několika místech ČR slabý pokles o několik procent, jinde zvýšení až o 20–26 %, v létě převládá slabý pokles, místy (např. západní Čechy) naopak zvýšení až o 10 %). Zároveň je patrná poměrně výrazná prostorová proměnlivost změn, je tudíž možné, že případný klimatický signál může být v tomto blízkém období překryt projevy přirozených (meziročních) fluktuací srážkových úhrnů. Vzhledem ke slabému signálu změn relativní vlhkosti v 21. století, a v neposlední řadě i skutečnosti, že naměřené hodnoty relativní vlhkosti se v období 1961–2000 neměnily, bylo doporučeno, aby při odhadech dopadů pro toto období bylo pracováno s měřenými hodnotami relativní vlhkosti z období 1961–1990. Nejenom v období 2010–2039, ale i v obdobích následných, jsou simulované změny sezónních průměrů denních sum globálního záření největší v zimě (až o více než 10 %), v ostatních sezónách se 5 na většině míst pohybují do 4%, nicméně ve srovnání s chybami modelu jsou změny

globálního záření dopadajícího na zemský povrch malé. Pro aplikační práce s těmito soubory platí stejné doporučení, jako v případě relativní vlhkosti. Scénáře změny klimatu pro období 2040–2069 a 2070–2099 V období 2040–2069 je simulované oteplení již výraznější, nejvíce se zvýší teploty vzduchu.

b) Konkrétně k Olomouckému kraji

**Obrázek 7** „Plastická“ mapa Olomouckého kraje se zakreslenými největšími městy a zvlněním terénu



Z předchozích teoretických úvah, grafů, prognóz, mapek průměrných teplot atd. lze zobecnit a doporučit využívání TČ systému vzduch - voda dle oblastí v Olomouckém kraji.

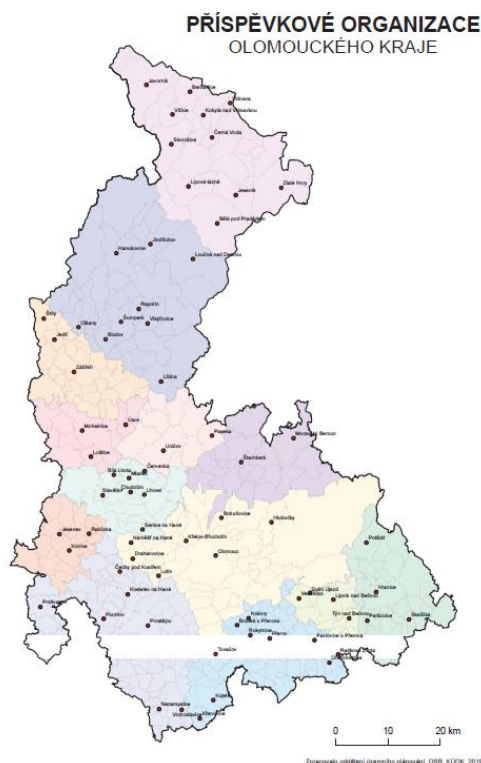
Vhodnými oblastmi jsou tedy logicky oblasti s nižší nadmořskou výškou, větším počtem slunečných dnů, nižší průměrnou rychlostí větru, tedy „vlídnějším“ klimatem. Jedná se tedy v podstatě oblast jižně od města Šumperk, ideálně okresy Olomouc, Prostějov a Přerov. Zde je ideálním tepelným čerpadlem to nejrozšířenější, tj. systém vzduch - voda, s el. bivalencí (el. topnou patronou pro nejchladnější dny). Část „pánve“ směrem severně od města Jeseník je však též vhodná pro aplikaci TČ vzduch – voda. Z hlediska aplikace tepelných čerpadel je tedy jižní okolí města Jeseník a severní města Šumperk vhodné spíše k aplikaci systému země – voda, nebo „specialitky“ voda – voda.

V souvislosti s postupující změnou klimatu i v Evropě a našich zeměpisných šířkách, však lze předpokládat, že rozšíření nejjednodušších tepelných čerpadel vzduch/voda bude pokračovat i do míst, kde ještě na přelomu století podmínky pro celozimní provoz vhodné nebyly. Ze zkušeností vidíme i instalace tepelných čerpadel vzduch/vzduch – multisplit (klimatizačních jednotek), doplněných několika el. přímotopy pro období prosinec a leden. I tento způsob vytápění a letního chlazení je možný, v budoucnu bude u menších, zateplených objektů stále rozšířenější.

**Obrázek 8** Administrativní členění Olomouckého kraje s vyznačením větších celků



**Obrázek 9** Relativně rovnoměrné rozmístění příspěvkových organizací (PO) Olomouckého kraje, přičemž ve vyznačené lokalitě může být i více PO (např. Olomouc, Přerov, Prostějov, Jeseník apod.)



## 5.6 Doporučení instalací tepelných čerpadel pro PO zadavatele

Tak, jak bylo již popsáno v předchozích statích, „rozcestníku“, apod., tepelná čerpadla nejsou „spásou“ energetiky. Mají své nepopíratelné výhody, bohužel i některé nevýhody. Výhodou pro systémy vzduch/voda, nebo případně vzduch/vzduch je postupný růst venkovních teplot v souvislosti s klimatickou změnou a tím i zvyšování efektivity TČ (resp. Rozšíření i do podhorských oblastí). Zásadní nevýhodou je pořizovací cena (ve srovnání s např. kondenzačním kotlem/kotli), dále nutné točivé části (kompresor), které nemají neomezenou životnost. Velice orientačně se dá říci, že životnost kvalitního TČ je mezi 10 až 15 roků (alespoň jeho klíčových komponent, lze samozřejmě repasovat), životnost kvalitní ho kondenzačního kotle nad 15 roků. Před rozhodnutím o instalaci tepelného čerpadla je tedy třeba zvážit všechny uváděné faktory, včetně životnosti. Aktuálně jsou, jak bylo již napsáno, vhodná TČ vzduch/vzduch zvláště v kombinaci s FVE, neboť v přechodném období topné sezony pomáhají zužít elektřinu, vyrobenou FVE, tj. pro vlastní spotřebu. Tato kombinace bude zvláště v budoucnu velmi efektivní, neboť přetoky do sítí z FVE v letním/přechodném období pravděpodobně nebudou vykupovány, nebo dokonce sankcionovány.

## 6 Fotovoltaické systémy

V současnost se jedná snad o ještě „módnější“ technologii než tepelná čerpadla. V každém případě však dochází a ještě dojde k masovému rozšíření FVE na budovách, i jako zdroj energie pro různé odlehle prvky (značení, apod.) zaslouženě, oprávněně (k záboru zemědělské půdy snad již nebude docházet). Podívejme se dále na tuto technologii podrobněji.

### 6.1 Teorie fotovoltaiky

**Množství sluneční energie dopadající na naši planetu dosahuje 180000TW, což je asi jedna dvoumiliardtina celkového výkonu slunce. Tolik energie v jednom okamžiku ani není lidstvo schopno spotřebovat. Sluneční záření nám neposkytuje pouze teplo, ale je jej možné využít i na výrobu elektrické energie. Z hlediska ochrany životního prostředí se jedná o mimořádně čistý způsob, při němž nevznikají žádné škodlivé emise ani hluk a jeho primární energie je prakticky nevyčerpatelná.**

**Fyzikální proces, který umožňuje přeměnu slunečního záření na elektrickou energii, se nazývá fotovoltaický jev a zařízení využívající tento jev, fotovoltaický článek.**

#### 6.1.1 Princip fotovoltaického jevu

Objev fotovoltaického jevu **Alexandrem Edmondem Becquerelem** v roce 1839 umožnil využít světlo, respektive částic světla, fotonů, k přeměně na elektrickou energii. Dopadající světelné částice uvolňují z N-vrstvy polovodičového materiálu volné elektrony, které se přesouvají k p-vrstvě. N-vrstva je materiál s přebytkem volných elektronů a naopak P-vrstva je materiál s jejich nedostatkem. Přesun volných elektronů v materiálu se nazývá průtok proudu a probíhá vždy od  $-$  k  $+$ .

#### 6.1.2 Fotovoltaický článek

Fotovoltaický článek je základním prvkem ve fotovoltaice. Jedná se o tenký plátek ať již z monokrystalického nebo polykrystalického křemíku, který je dopován dalšími prvky. Takový článek je schopen přeměnit dopadající sluneční záření na tok elektronů, tedy elektrický proud, prostřednictvím popsaného fotovoltaického jevu.

Na první pohled lze tyto druhy článků rozeznat podle tvaru. Monokrystalický článek je vyráběn z kulatých křemíkových ingotů z nichž se nařezávají tenké plátky a ořezávají se na pseudočtvercový průřez, aby byla lépe využita plocha. Naproti tomu polykrystalický článek má přesně čtvercový průřez daný odlišnou technologií výroby, kdy je roztavený křemík ve formě postupně vytahován a ochlazován (dochází k jeho krystalizaci). Obecně platí, že polykrystalický článek má nižší konverzní účinnost (cca 15%) oproti monokrystalickému (cca 17%), nicméně celkovou účinnost „nažene“ právě svým tvarem (větší plochou). Na svorkách článku, při jeho maximálním výkonu, lze naměřit napětí 0,5V a protékající el.proud až 3A.

Jednotlivé články se spojují sérioparalelně, aby bylo dosaženo požadovaného výkonu, tedy vyššího napětí a proudu a tvoří tak fotovoltaický panel

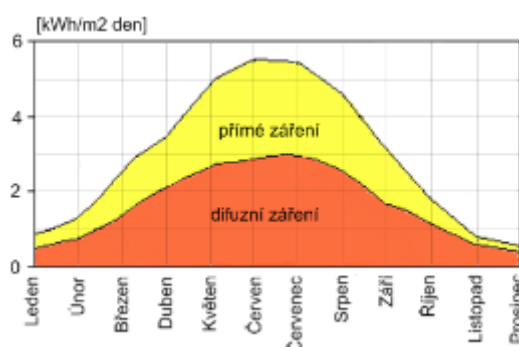
### 6.2 Energie slunečního záření

**Primární vstupní energií ve fotovoltaice je sluneční záření, jeho intenzita, složení a doba trvání má zásadní vliv na celkovou účinnost fotovoltaického systému.**

#### 6.2.1 Využitelnost

Z hlediska využívání solární energie je nejdůležitějším faktorem intenzita záření a počet hodin slunečního svitu v jednotlivých ročních obdobích, případně i součinitel znečištění atmosféry. Solární energie je svojí povahou rozptýlená, tj. málo koncentrovaná a její dostupnost je závislá především na počasí a ročním období, nicméně je dostupná a využitelná prakticky všude.

### 6.2.2 Přímé a difúzní záření



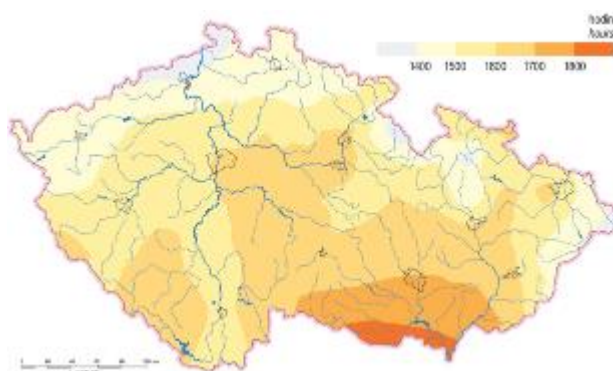
#### Přímé vs difúzní záření v podmínkách ČR

Při jasné a bezmračné obloze dopadá největší část slunečního záření na Zemi, aniž by změnilo směr. Toto záření se nazývá přímé. Rozptylem přímého záření v mracích a na částech v atmosféře vzniká záření difúzní, které na Zemi přichází ze všech směrů. Součet intenzity přímého a intenzity difúzního slunečního záření na horizontálním zemském povrchu se nazývá globální sluneční záření.

Z hlediska fotovoltaiky platí, že fotovoltaické panely složené z monokrystalických nebo polykrystalických fotovoltaických článků potřebují k dosažení maximální výtěžnosti zejména přímé záření, tedy přímé sluneční světlo. Tenkovrstvé fotovoltaické panely vyrobené na bázi amorfního křemíku, umějí dobře zužitkovat i záření difúzní a proto v celoročním úhrnu vyrobí tenkovrstvý panel více energie (asi o 10%) než panel z mono či polykrystalických křemíkových článků.

### Sluneční záření

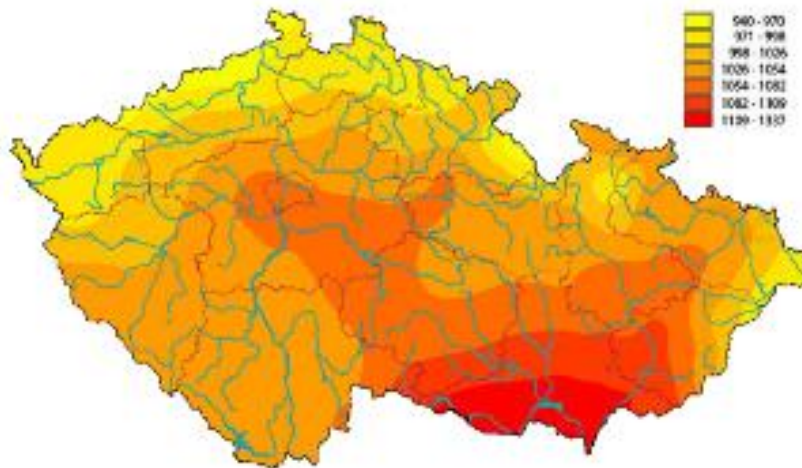
Celkový roční úhrn dopadající sluneční energie ovlivňuje zejména zeměpisná poloha, orientace fotovoltaického systému vzhledem ke slunci, celková doba slunečního svitu, nadmořská výška a v neposlední řadě i čistota ovzduší.



#### Mapa trvání slunečního svitu v ČR

Podmínky pro využití sluneční energie jsou na území České republiky poměrně dobré. Celková doba slunečního svitu (bez oblačnosti) je od 1 400 do 1 700 hodin za rok.

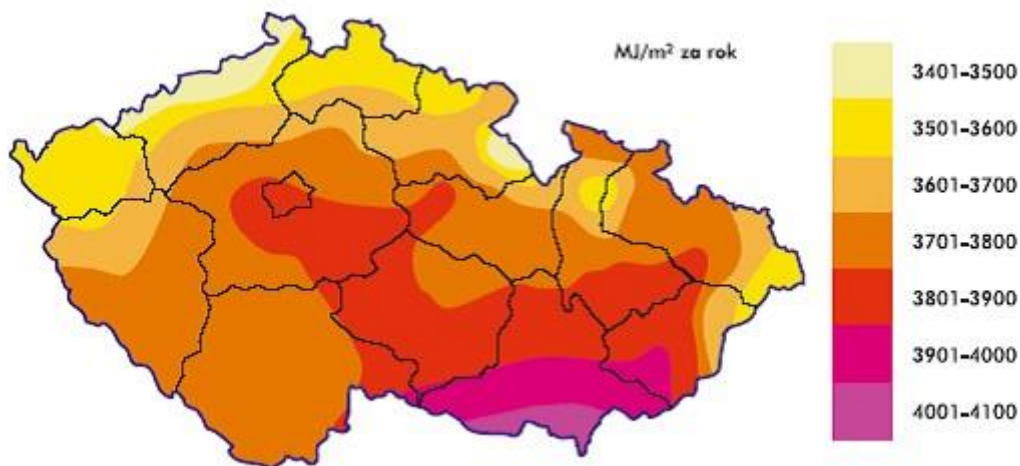




Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m²]

Vhodnost lokality pro využití sluneční energie však nejlépe vystihuje mapa globálního slunečního záření, která vychází z dlouhodobých meteorologických měření. V podmínkách České republiky dopadne na jeden m² zhruba 950 – 1340kWh sluneční energie z čehož největší část (asi 75%) v letním období.

Údaj o ročním úhrnu globálního slunečního záření je velmi důležitý pro výpočty budoucí energetické bilance fotovoltaického systému a tedy i návratnosti investice. Známe-li, kolik slunečního záření ročně dopadne na 1m² fotovoltaického systému a konverzní účinnost fotovoltaického panelu, která je přibližně 14%, dostaneme z této plochy asi 133 - 188kWh elektrické energie za rok.



Mapa slunečního svitu v ČR s vyznačením krajů

### 6.3 Návratnost a výnosy

Návratnost vložených prostředků je jistě jedno z nejdůležitějších kritérií při rozhodování o budoucí investici. Díky podpoře státu se stává fotovoltaika velice zajímavou z hlediska návratnosti vložených prostředků.

## 6.4 Obecně

**Veškerá data potřebná pro výpočet ročních výnosů jsou jasná a měřitelná. Díky garanci výkupní ceny státem po dobu životnosti výroby lze poměrně přesně určit, v jakém časovém horizontu se investice vrátí.**

Pro výpočet návratnosti musíme znát především:

- celkovou výši investice
- předpokládané množství získané energie v kWh
- výkupní cenu

### 6.4.1 Výše investice

Výši investice ovlivňuje několik faktorů. Zejména je to instalovaný výkon, tedy jak velkou máme k dispozici volnou plochu vhodnou k instalaci fotovoltaických panelů. Mezi výkonem a cenou elektrárny není přímá úměra, protože obecně platí, čím vyšší bude instalovaný výkon, tím nižší budou náklady na instalovaný kWp.

Dalším faktorem, který ovlivňuje cenu, je bezesporu nosná konstrukce. Nejlevnější instalace jsou zpravidla na sedlových střechách s vhodnou orientací k jihu, kde nosnou část tvoří pouze hliníkové profily přichycené speciálními háky ke krokvim střechy. Čím více se plocha sedlové střechy odchyluje od jihu, tím více bude nosná konstrukce komplikovanější a dražší. Také na plochých střechách nebo dokonce na volných prostranstvích nosná konstrukce zvyšuje cenu investice.

### 6.4.2 Předpokládané množství získané energie

Díky dlouhodobému měření slunečního záření, počtu bezoblačných dnů a jiných veličin, dnes víme, že v našich zeměpisných šířkách dopadne na 1m<sup>2</sup> vodorovné plochy zhruba 950-1340kWh energie. Jsou to samozřejmě dlouhodobé průměry, takže roční hodnoty se mohou mírně lišit.

Uvažujeme-li účinnost panelu 14% a ideální orientaci fotovoltaických panelů k jihu, získáme 140kWh/m<sup>2</sup> elektrické energie ročně. Aby se návratnost lépe počítala, převedeme si plochu na jednotku instalovaného výkonu, tedy na 1kWp. U monokrystalických panelů potřebujeme cca 8m<sup>2</sup> na 1kWp výkonu, platí tedy že 140kWh\*8m<sup>2</sup> = 1120kWh/m<sup>2</sup> a rok. Pokud odečteme další ztráty (vedení, invertor, úhlová odrazivost) dostaneme se na reálných cca 1000kWh vyrobené elektrické energie z jednoho kWp instalovaného výkonu za rok.

Výbornou pomůckou pro odhad výroby z fotovoltaických systémů je aplikace umístěná na stránkách výzkumného centra v Ispře. Pomocí této aplikace máte možnost modelovat výnos vaší budoucí elektrárny za různých podmínek, včetně rozpisu výnosů v jednotlivých měsících v roce.

## 6.5 Hlavní součásti fotovoltaické elektrárny

**Ve fotovoltaických panelech se přeměnění dopadající sluneční záření na stejnosměrný proud, který je prostřednictvím střídačů převedem na proud střídavý. Panely jsou umístěny na nosné konstrukci, která je vhodně dimenzovaná pro odolávání povětrnostním vlivům, zejména pak větru.**

Nejzákladnější součásti fotovoltaické elektrárny jsou:

### 6.5.1 Fotovoltaický panel

Stavebním prvkem fotovoltaického panelu jsou fotovoltaické články, které se pro dosažení potřebného výkonu spojují sérioparalelně. Typy panelů se dělí podle typu výroby článků na:

- **Monokrystalický** - je složen z monokrystalických článků a jeho účinnost se pohybuje v rozmezí 12-16%.
- **Polykrystalický** - je složen z polykrystalických článků a jeho účinnost se pohybuje v rozmezí 12-14%.
- **Tenkovrstvý** - neboli též amorfni, vyráběný technologií nanášení slabé vrstvy amorfniho křemíku na podklad ze skla nebo fólie. Nevýhodou těchto panelů je jejich malá konverzní



účinnost (cca 8%) a potřeba dvojnásobné plochy oproti poly, nebo monokrystalickému panelu. Tyto nevýhody jsou však vyvážené skutečností, že amorfni křemík je schopen vyrábět elektrický proud i z rozptýleného neboli difuzního záření. Vrstva amorfniho křemíku totiž dokáže pojmout širší spektrum slunečního záření. V konečném důsledku amorfni panel vyrobí o cca 10% více energie, než panel z polykrystalických či monokrystalických článků.

#### 6.5.2 Invertor neboli střídač

Jelikož výstupem fotovoltaického panelu je stejnosměrný proud, je nutné jej převést na proud střídavý o parametrech elektrické sítě (230/400V 50Hz). Tuto přeměnu zajišťuje střídač. U malých elektráren kromě funkce přeměny proudu a napětí, také zajišťuje funkci ochrannou, kdy monitoruje napětí a frekvenci sítě a v případě výpadku, nebo nedodržení kvalitativních požadavků na vyrobenou elektřinu elektrárnu od sítě odpojí. Každý kvalitní střídač dnes obsahuje jeden nebo více MPP (maximal power point) trackerů, což je funkce aktivního hledání optimálního pracovního bodu změnou vstupního odporu střídače a tím získání nejlepšího výkonu fotovoltaického panelu při daném ozáření. Čím lepší a propracovanější je algoritmus MPP trackeru tím vyšší bude výnos z fotovoltaického systému. Maximální účinnost dnešních střídačů se pohybuje kolem 96% (EU účinnost, což je účinnost při částečném zatížení, kolem 93%). Lepší účinnosti dosahují beztransformátorové střídače, které jsou vhodné zejména pro nízkonapěťové systémy složené z tenkovrstvých modulů. Střídače osazené transformátorem sice dosahují nižší účinnosti, ale na druhou stranu dosahují kvalitnějšího výstupu.

#### 6.5.3 Nosná konstrukce

Nezanedbatelnou částí fotovoltaické elektrárny je bezesporu nosná konstrukce pro panely. Kontrukční systémy se dají rozdělit podle typu instalace na:

- **Konstrukce pro sedlové střechy.** Vhodná pro malé instalace na rodinné domy se sedlovou střechou se sklonem přibližně 35° a orientací k jihu nebo jihozápadu. Nosným prvkem zde jsou hliníkové profily přichycené speciálními háky ke konstrukci střechy. K profilům jsou připevněny fotovoltaické panely. Tato konstrukce je snad vůbec nejpoužívanější zejména pro její jednoduchost, snadnou montáž a nízkou cenu.
- **Konstrukce pro ploché střechy.** Tyto konstrukce jsou většinou tvořeny ocelovými pozinkovanými profily trojúhelníkového tvaru, které jsou vzájemně „zavětrované“ a podélně spojené hliníkovým profilem pro uchycení fotovoltaických panelů. Konstrukce se ke střeše připevňuje buď napevno chemickými kotvami, nebo se zatíží betonovými bloky či dlaždicemi. Toto řešení je pracnější a nákladnější než konstrukce na sedlové střeše.
- **Konstrukce pro volná prostranství.** Stejně řešení jako u plochých střech se používá u větších elektráren postavených na volných prostranstvích s tím rozdílem, že konstrukce se spojuje pevně se zemí a to buď závrtnými šrouby, pozinkovanými profily zatlačenými do země, nebo betonovými základy. Tyto konstrukce bývají komplikované a nákladné, protože musejí odolávat mnohem tvrdším povětrnostním podmínkám a vlivům, zejména pak silnému větru.
- **Polohovatelné systémy.** Dalším možným, a co do výtěžnosti, nejlepším způsobem pro uchycení fotovoltaických panelů jsou polohovatelné systémy tzv. trackery. Tracker automaticky otáčí a naklání panely ke slunci dle jeho astronomické dráhy a umožňuje tedy maximální výtěžnost z fotovoltaického systému. Zkušenosti hovoří o 30-35% nárůstu výtěžnosti oproti běžným pevným instalacím. Nevýhodou ovšem zůstávají zvýšené počáteční náklady, vlastní spotřeba elektrického proudu a nutná údržba. Pro účely zadavatele tento způsob z uvedených důvodů **nedoporučujeme**.

### 6.6 Doporučení a strategie pro Olomoucký kraj

Pokud se vrátíme k předmluvě, během období 05/2021 až 05/2023 bylo realizováno místní šetření na více než 270-ti objektech/areálech zadavatele (a vznikla databáze ve formě zaheslovaného webového rozhraní). Součástí místních šetření v areálech, objektech zadavatele bylo (byť nad rámec tehdejšího zadání) vytipování míst alespoň rámcově vhodných pro realizaci fotovoltaických elektráren, jejich

smysluplného využití v příslušných objektech. Byly tedy vyhledávány a fotograficky zdokumentovány střechy objektů s vhodnou orientací, ideálně i vhodným sklonem. V databázi bylo i prioritizováno z hlediska efektivity instalace FVE, tj. výše vlastní spotřeby elektřiny, přičemž čím vyšší vlastní spotřeba, tím (dle našeho názoru) efektivnější instalace FVE je.

Níže je tabulka s možnostmi/doporučeními instalací FVE v areálech/na objektech zadavatele – Olomouckého kraje:

Poř.č.	ID Objektu	Název oragnizace	Adresa	Název objektu	Priorita
1	581	Centrum sociálních služeb Prostějov, příspěvková organizace	Lidická Prostějov	Objekt D	2
2	630	Sociální služby pro seniory Šumperk, příspěvková organizace	Šumperk	Kotelna	2
3	585	Domov seniorů Prostějov, příspěvková organizace	Nerudova, Prostějov	hlavni budova	2
4	613	Domov pro seniory Radkova Lhota, příspěvková organizace	Radkova Lhota 16	NP nový pavilon	3
5	511	Gymnázium, Olomouc - Hejčín, Tomkova 45	Tomkova 45, Olomouc	školní jídelna	2
6	512	Gymnázium, Olomouc - Hejčín, Tomkova 45	Tomkova 45, Olomouc	gymnázium včetně spojovacího krčku	2
7	653	Střední průmyslová škola Jeseník, Dukelská 1240	Dukelská, Jeseník	Hlavní budova (A, B, C)	2
8	563	Domov Alfreda Skeneho Pavlovice u Přerova, příspěvková organizace	Pavlovice	Domov Marie	2
9	638	Vincentinum - poskytovatel sociálních služeb Šternberk, příspěvková organizace	Sternberk	Hlavní budova	2
10	589	Domov pro seniory Tovačov, příspěvková organizace	Tovacov	Budova A,B, C propojeno	1
11	643	Domov Větrný mlýn Skalička, příspěvková organizace	Skalicka	Luzkovy pavilon novostavba	1
12	611	Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	Kokory 54, Kokory	Domov pro seniory a zdravotně postižené hlavní budova	3
13	594	Domov pro seniory Jesenec, příspěvková organizace	Jesenec	ODDELENI III	2
14	609	Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	Lapač 449, Dřevohostice	Domov pro zdravotně	
15	508	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Moravské nám. 681, Uničov	škola	2
16	625	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Prostějov	COV, Akumulatorovna	1
17	542	Střední odborná škola, Šumperk, Zemědělská 3	Zemědělska 9 Šumperk	internat	3
18	634	Domov Paprsek Olšany, příspěvková organizace	Olsany	Hlavní budova	1

19	655	Střední škola gastronomie a farmářství Jeseník	Jeseník	Hlavní budova	2
20	657	Střední škola gastronomie a farmářství Jeseník	Jeseník	Nový domov mládeže + nová škola	2
21	529	Střední škola polygrafická, Olomouc, Střední novosadská 87/53	Střední Novosadská, Olomouc	Budova grafici	1
22	635	Domov Hrubá Voda, příspěvková organizace	Hlubocký	Budova A (hlavní)	2
23	516	Střední škola elektrotechnická, Lipník nad Bečvou, Tyršova 781	Bratrská 1114, Lipník nad Bečvou	SŠel., domov mládeže	2
24	598	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Moravský Beroun	Pavilon 1	
25	599	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Masarykova	Pavilon 2	2
26	600	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Moravský Beroun	Svodarna	3
27	522	Střední lesnická škola, Hranice, Jurikova 588	Jurásková, Hranice	Objekt přístavba	2
28	559	Gymnázium Jiřího Wolker, Prostějov, Kollárova 3	Kollárova 1	Budova B	1
29	537	Střední škola, Základní škola, Mateřská škola a Dětský domov Zábřeh	Zábřeh, Susilova	Objekt jídelna s kuchyní	2
30	538	Střední škola, Základní škola, Mateřská škola a Dětský domov Zábřeh	Zábřeh Susilova	Dětský domov	2
31	539	Střední škola, Základní škola, Mateřská škola a Dětský domov Zábřeh	Zábřeh Susilova	Dětský domov	2
32	550	Střední škola řezbářská, Tovačov, Nádražní 146	Tovacov	Škola + hala 3	1
33	654	Střední průmyslová škola Jeseník, Dukelská 1240	J. Jezka	Hlavní budova	3
34	573	Vyšší odborná škola a Střední škola automobilní, Zábřeh, U Dráhy 6	Zabreh	objekt škola	2
35	576	Vyšší odborná škola a Střední škola automobilní, Zábřeh, U Dráhy 6	Zabreh	Domov mládeže	2
36	597	Domov pro seniory Červenka, příspěvková organizace	Litovel	objekt DD	2
37	566	Střední průmyslová škola stavební, Lipník nad Bečvou, Komenského sady 257	Lipník	Budova internat + výdejní + jídelna	2
38	520	Gymnázium, Hranice, Zborovská 293	Zborovská 293, Hranice	Gymnázium Hranice	3
39	556	Švehlova střední škola polytechnická Prostějov	Prostějov, Fanderlikova	Domov mládeže-internat	2
40	568	Střední škola elektrotechnická, Lipník nad Bečvou, Tyršova 781	Tyršova 781	Přístavba ve dvore	1

41	569	Střední lesnická škola, Hranice, Jurikova 588	Jungmannova	Domov mládeže	2
42	606	Dětský domov a Školní jídelna, Plumlov, Balkán 333	Balkán 333, Plumlov	Dětský domov a školní jídelna	4
43	605	Dům seniorů FRANTIŠEK Náměšť na Hané, příspěvková organizace	Komenského 291, Náměšť na Hané	Domov František	3
44	603	Domov u Třebůvky Loštice, příspěvková organizace	Hradská 113, Loštice	Domov u Třebová Loštice	3
45	543	Střední škola technická, Přerov, Kouřilova 8	Kourilkova 8	Pavilon P2	2
46	601	Domov Štíty-Jedlí, příspěvková organizace	Jedlí 149	DZR Jedlí	4
47	631	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Vikyrovce	Administrativní budova	1
48	628	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Konice	Hlavní budova	2
49	639	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Sternberk	Hlavní budova	2
50	647	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Hranice	Satny	2
51	651	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Jeseník	Správní budova + dílny	2
52	652	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Jeseník	Objekt sociální zařízení	2
53	645	Dětský domov a Školní jídelna, Hranice, Purgešova 847	Hranice	Hlavní budova	2
54	548	Střední škola polytechnická, Olomouc, Rooseveltova 79	Rooseveltova, Olomouc	Domov mládeže	2
55	549	Střední škola polytechnická, Olomouc, Rooseveltova 79	Rooseveltova, Olomouc	Objekt dílny OV3	2
56	659	Dětský domov a Školní jídelna, Jeseník, Priessnitzova 405	Jeseník	Hlavní budova	2
57	546	Střední průmyslová škola, Přerov, Havlíčkova 2	Přerov, Havlíčkova 2	Objekt A - stará budova	2
58	673	Muzeum Komenského v Přerově, příspěvková organizace	Bezručova 913/10, Přerov	ORNIS, Bezručova 913/10, Přerov	2
59	666	Vědecká knihovna v Olomouci	Olomouc, Holická	Externí sklad, temperuje se nová kotelná	2
60	738	Střední škola sociální péče a služeb, Zábřeh, nám. 8. května 2	Zábřeh, Bezručova 2a	Horní budova	2
61	737	Střední škola sociální péče a služeb, Zábřeh, nám. 8. května 2	Zábřeh, 8.května 2	Spodní budova	2
62	739	Střední škola sociální péče a služeb, Zábřeh, nám. 8. května 2	Zábřeh, Komenského	Internat	1
63	714	Švehlova střední škola polytechnická Prostějov	U Spalovny 12, Prostějov	Budova dílen odborného výcviku	2
64	712	Švehlova střední škola polytechnická Prostějov	Svatoplukova, Prostějov	Odloučené pracoviště Svatooplukova, budova teorie	2

65	715	Švehlova střední škola polytechnická Prostějov	Vojákovi nám., Prostějov	Domov mládeže + kuchyně, jídelna	1
66	750	Hotelová škola Vincenze Priessnitz a Obchodní akademie Jeseník	Jeseník, Dukelska	Budova KORD	2
67	708	Střední zdravotnická škola a Vyšší odborná škola zdravotnická Emanuela Pöttinga a Jazyková škola s právem státní jazykové zkoušky Olomouc	U Sportovní haly 41/1, Olomouc	Budova Domova mládeže	1
68	727	Střední škola, Základní škola a Mateřská škola prof. V. Vejvodského Olomouc - Hejčín	Olomouc, Taboritu 25	Odloučené pracoviště	1
69	681	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Litovelska 178	Hlavní budova	2
70	684	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Sumperska	Dílny + umývárny, autodílny	3
71	685	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Sumperska	Dílny/sklad	3
72	687	Gymnázium, Uničov, Gymnazijní 257	Gymnazijní 257	Sportovní hala	3
73	728	Střední škola zemědělská a zahradnická, Olomouc, U Hradiska 4	Bohunovice, V drahách 714	Budova dílen.	4
74	729	Střední škola zemědělská a zahradnická, Olomouc, U Hradiska 4	Křelov, Ondrickova	Mechanizace středisko Křelov	2
75	758	Odborné učiliště a Základní škola, Křenovice	Křenovice	Hlavní budova + budova A	1
76	692	Střední průmyslová škola Hranice	Partyzánská 2220, Hranice	TCP (technologické centrum Partyzánska)	3
77	763	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipova-Lazně	Domov mládeže (B)	1
78	688	Střední škola elektrotechnická, Lipník nad Bečvou, Tyršova 781	Na Horečku, Lipník n. Bečvou	Dílny	1
79	689	Střední škola elektrotechnická, Lipník nad Bečvou, Tyršova 781	B. Němcové, Lipník nad Bečvou	Sportovní hala	2
80	723	Střední odborná škola lesnická a strojírenská Šternberk	Sternberk, Opavská 8a	Internat	1
81	668	Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Olomouc, Hnevotínska 1187/60	Areal ZZS Hnevotínska s Heliportem	1
82	677	Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Šumperk, Nerudova 41	Objekt záchranka	1
83	719	Zdravotnická záchranná služba Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Prostějov, Wolkerova 8	Budova ZZS	1
84	776	Střední škola železniční, technická a služeb, Šumperk	Generála Krátkého 1799/30, Šumperk	Škola	4
85	778	Střední škola železniční, technická a služeb, Šumperk	Sumperska 768, Rapotín	Tesárna	4

86	705	Střední škola technická a obchodní, Olomouc, Kosinova 4	U Podjezdu 37/11, Olomouc	Hlavní budova	2
87	706	Střední škola technická a obchodní, Olomouc, Kosinova 4	U Podjezdu 37/11, Olomouc	Nova budova	3
88	734	Středisko volného času ATLAS a BIOS, Přerov	Přerov, Bezručova 200/12	Objekt BIOS	1
89	707	Základní umělecká škola Iši Krejčího Olomouc, Na Vozovce 32	Na Vozovce 32 Olomouc	Hlavní budova	2
90	735	Střední škola, Základní škola, Mateřská škola a Dětský domov Zábřeh	Štítý, Školní 86	Faerova vila	1
91	781	Gymnázium, Šumperk, Masarykovo náměstí 8	Masarykovo náměstí 8, Šumperk	Budova gymnázia	4
92	782	Gymnázium, Šumperk, Masarykovo náměstí 8	Masarykovo náměstí 8, Šumperk	Budova telocvičny	4
93	747	Gymnázium, Jeseník, Komenského 281	Jeseník, Komenského 257/6	Nižší gymnázium-telocvična	1
94	690	Základní škola a Mateřská škola Hranice, Studentská 1095	Studentská, Hranice	Budova školy	2
95	761	Dětský domov a Školní jídelna, Přerov, Sušilova 25	Přerov, Sušilova 25	Budova DD	1
96	730	Sigmundova střední škola strojírenská, Lutín	Lutín, Jana Sigmunda 242	Budova školy	4
97	731	Sigmundova střední škola strojírenská, Lutín	Lutín, Brizova 147	Domov mládeže	2
98	773	Základní škola a Mateřská škola Jeseník, Fučíkova 312	Fučíkova 312, Jeseník	Objekt MS a ZŠ	4
99	756	Gymnázium, Kojetín, Svatopluka Čecha 683	Kojetín, Svatopluka Čecha 683	Budova gymnázia	2
100	700	Nové Zámky - poskytovatel sociálních služeb, příspěvková organizace	Nové Zámky 1	Hospodářská budova	2
101	753	Domov pro seniory Javorník, příspěvková organizace	Javorník, Školní 104	Hlavní budova	1
102	693	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon A	2
103	695	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon B	2
104	696	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon E	2
105	697	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon C	2
106	698	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Kotelna	2

V současnosti (léto 2023) jsou tato doporučení dále rozpracovávána směrem ke studiím proveditelnosti, případně projektům, následně navázaným na získání dotace a výběrová řízení na vlastní instalaci FVE. Faktor, který nebyl při místních šetřeních zkoumán, posuzován, jsou nosnosti střech, stav krovů, krytiny, kabeláže, jištění, atp. Další návazné studie proveditelnosti, projekty tento faktor posoudit musí!

Obáváme se však, že může dojít u zadavatele i k instalacím FVE pro objekty s nízkou vlastní spotřebou (typicky střední školy) a pokud nebude FVE využívána komunitně, může dojít k problémům/sankcím za přetoky v letním období. Letní přetoky z výroby FVE mohou (s významným zjednodušením) pomoci řešit nabíječky elektromobilů, vzhledem k relativně nízkým budoucím výkonům FVE na objektech zadavatele se jedná max. o desítky kW, by nabíječky byly spíše pro potřeby mobility zadavatele, případně návštěv klientů, apod.

## 7 Elektromobilita a OZE

Kapitola o elektromobilech je do Studie o aplikaci OZE vřazena naprosto cíleně, neboť postupující elektromobilita stále více ovlivňuje především elektroenergetiku, el. sítě, ale díky nárokům na výrobu a distribuci elektřiny zamíchala kartami v energetice obecně. Efektivita instalace OZE (především FVE a částečně tepelných čerpadel) velice úzce souvisí právě s elektromobilitou. Jak se dále dozvíme, elektromobily jsou nejen odběratelem nejušlechtilější formy energie – tj. elektřiny ze sítě, avšak mohou sloužit i jako zdroj, nebo stabilizační faktor v el. síti, což bude s jejich stále se zvyšujícím počtem více a více důležité.

Dovedeme si představit i jiný směr dalšího vývoje, buď lehce „zpátečnický“, avšak v současnosti a blízké budoucnosti velmi efektivní automobily se spalovacími motory na zemní plyn (tj. v podstatě stávající motory evropské, technologicky vyspělé produkce), nebo například vozidla poháněná palivovými články. Pokud však půjde rozšiřování elektromobility, infrastruktury nabíjecích stanic, alespoň v Evropě, části Asie současným tempem, dostaneme se za pár let (cca 5 až 7 roků) do „bodu zvratu“, kdy již výrobci nebudou na trh (až na výjimky Asie, USA) auta se spalovacími motory. Dále jsou v této kapitole uvedeny podrobnosti pro relevantní poznání celé problematiky elektromobility, především ve vztahu k sítím, nabíjení, regulaci.

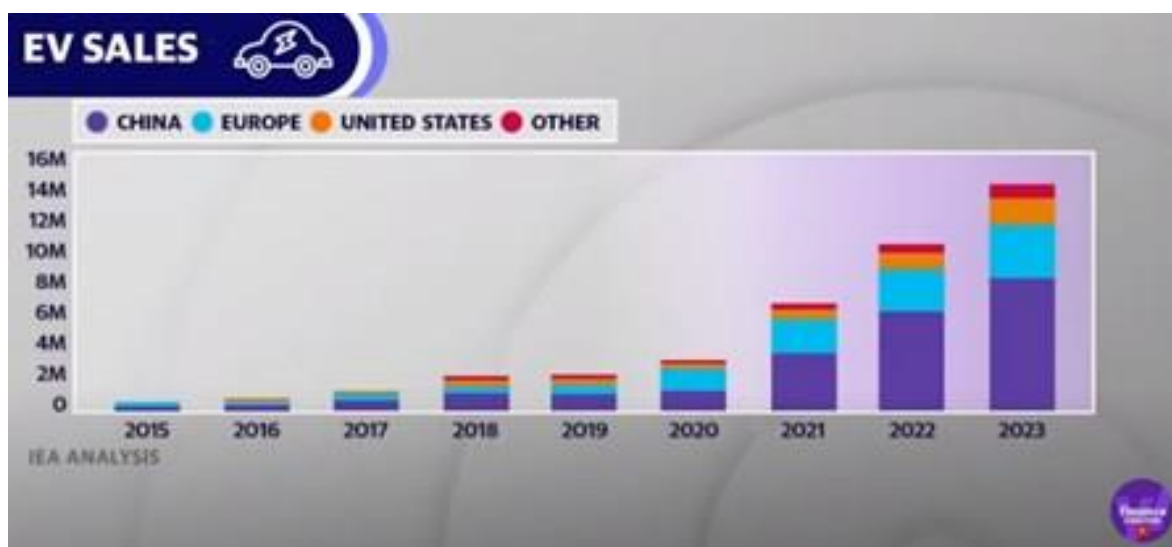
### 7.1.1 Elektromobily se mohou stát součástí celé sítě

Podívejme se i do zahraničí, tamní v současnosti aktuální trendy bývají po pár letech převzaty i v ČR. Na Yahoo Finance poukazují na množství se dohody o partnerství, v nichž figuruje Tesla na straně jedné a další automobilky na straně druhé. Dohody se týkají používání nabíjecí infrastruktury Tesly, uzavřely je společnosti jako Ford, GM a nově podle Yahoo i Mercedes. Jde o „důkaz, že elektromobily už tu zůstanou.“ O dostupnosti potřebné infrastruktury pak hovořil Matt McCaffree ze společnosti FLASH, který se domnívá, že „je očekáván jeden standard u nabíjecích stanic“.

V USA má v současné době nejrozvinutější nabíjecí infrastrukturu právě Tesla a podle experta je její spolupráce s dalšími automobilkami prospěšná věc. Posouvá totiž vývoj směrem k jednomu standardu a tím zvyšuje důvěru spotřebitele. Ten totiž nebude tolik uvažovat o tom, kde může svá vozidla nabít a která nabíjecí síť u něj fungovat nebude. K tomu McCaffree dodal, že v USA je nyní asi 11 tisíc nabíjecích stanic typu „Level 2“, „což se může zdát jako vysoký počet.“ Čerpacích stanic je ale nyní přibližně 130 tisíc.

Yahoo v následujícím grafu ukazuje počet prodaných elektromobilů na globálních trzích. Hlavním tahounem trhu je stále Čína, s velkým odstupem za ní se nachází Evropa a pak teprve Spojené státy:





Zdroj: Yahoo Finance, Youtube

McCaffree poukázal na to, že velká část osobních automobilů v USA patří lidem, kteří z technických důvodů nemohou nabíjet elektromobil v době, kdy jej nevyužívají. To je přitom podle experta asi 95 % času. Celý model nabíjecí infrastruktury se tak musí odlišovat od současného modelu čerpacích stanic.

Vozy se spalovacími motory většinou jedou až do chvíle, kdy začne docházet palivo a pak jejich řidič prostě dojede k nejbližší čerpací stanici. To umožňuje jejich hustá síť a rychlost čerpání paliva. U elektromobilů ale podle experta tento systém nefunguje a je tu nutné mnohem více využívat právě dobu, kdy elektromobil stojí. To znamená, že vůz si nedojede k infrastruktuře, ale infrastruktura „musí za ním“. Tak, aby bylo možné je nabít v noci, při rekreaci, nákupu a podobně.

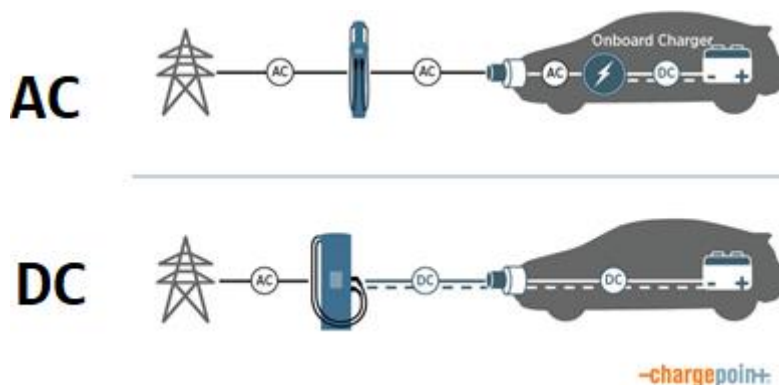
McCaffree také hovořil o spojení elektromobilů s managementem elektrických sítí tak, aby elektromobily pomáhaly vyrovnávat přebytky v sítích. Takový systém vyžaduje úzkou spolupráci mezi správou přenosových a distribučních soustav na straně jedné a výrobci elektromobilů na straně druhé. Ve výsledku pak musí být pro zákazníky a majitele elektromobilů zajímavé to, že se stávají součástí trhu velkoobchodního trhu s elektřinou.

Větší rozšíření těchto systémů a technologií se podle experta dá očekávat spíše až ke konci tohoto desetiletí. Tak, že elektromobily budou používány jako „mobilní zdroje energie či budou představovat poptávku po ní“ tak, že to bude prospívat celému energetickému systému. McCaffree na závěr zmínil, že jde také o téma, o které by se měli během následujících čtvrtletí zajímat investoři. Včetně toho, které společnosti jsou schopny nabízet zisková řešení a systémy v této oblasti.

Výrobci aut se předhánějí v kapacitách baterií a dojezdu automobilů včetně rychlosti jejich dobíjení. Výrobci infrastruktury uvádějí na trh stále výkonnější nabíjecí stanice s výkony až 500 kW a první kusy těchto superchargerů se za potlesku elektromobilistů začínají otevírat i v České republice.

## 7.2 Jaké jsou druhy dobíjení? Co znamenají pro elektromobilistu a co pro síť?

Z čísel je jasně patrné, že elektromobilita může mít relativně velký dopad do energetické sítě a energetického managementu firem, kterým může po zavedení elektromobility spotřeba elektrické energie stoupnout i mnohonásobně. A kde je znatelná spotřeba energie, tam je nutné i její řízení, tzv. „Load management“.



Před tím, než se pustíme do způsobů, jak lze výkon řídit a kdo v této disciplíně hraje jakou roli, se pojďme podívat na účely a způsoby dobíjení.

Dobíjení je obecně proces ukládání elektrické energie z dobíjecí stanice do baterie elektromobilu. Na vstupu baterie je stejnosměrný proud (direct current ~ DC), zatímco v elektrické síti se bavíme o proudu střídavém (alternating current ~ AC). První základní dělení nabíjení je právě dle typu proudu, který je na vstupu dobíjecího procesu.

**AC dobíjení** – typ dobíjení, kdy je na vstupu do elektromobilu střídavý proud. Vzhledem k tomu, že na vstupu baterie je vždy stejnosměrný proud, má každé elektrické auto nainstalovanou palubní nabíječku, která střídavý proud mění na stejnosměrný. Výkon palubní nabíječky je klíčová komponenta každého auta, jejíž výkon ovlivňuje rychlost AC nabíjení. AC dobíjecí stanice (tzv. wallboxy (nástěnné dobíjecí stanice) nebo sloupky) zajišťují poskytnutí střídavého proudu o definovaném maximálním výkonu pomocí konektoru Mennekes Type 2, možnost ovládat stanici pomocí standardizovaného protokolu OCPP z internetu a zajištění ochrany uživatele.

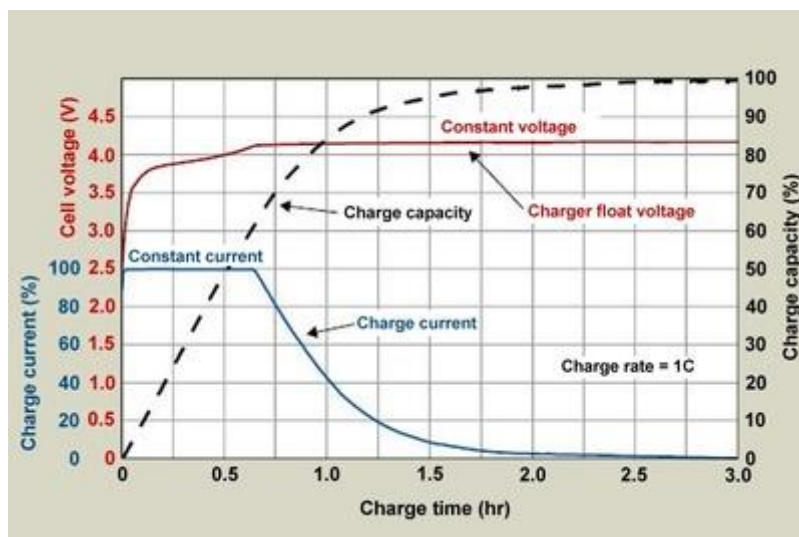
Výkon AC dobíjecích stanic je závislý na napětí, proudu a počtu zapojených fází. Veřejné dobíjecí stanice typicky poskytují 11 nebo 22 kW, ale je možné mít stanici zapojenou i na jedné fázi nebo dobíjet doma ze standardní jednofázové zásuvky pomocí speciální dobíječky, která je součástí každého dodávaného modelu.

**DC dobíjení** – typ dobíjení, kdy je střídavý proud měněn na stejnosměrný již v dobíjecí stanici – na vstupu elektromobilu je tedy stejnosměrný proud, který je ukládán přímo do baterie. Výkon stanic se pohybuje typicky mezi 50 až 150 kW (dnes už jsou tzv. hyperchargery stavěny i na maximální výkon 350 kW) a pro elektromobilistu tak typicky přináší dostatečné dobítí potřebné kapacity baterie do 30 minut v závislosti na konkrétní kapacitě baterie a stavu vybití.

Oba typy dobíjení s sebou nesou celou řadu omezení:

- AC dobíjení podporuje každé elektroauto. Palubní dobíječka je ovšem jedna z dražších komponent elektroauta a omezuje jak počet využívaných fází, tak i maximální příkon. Například model Jaguar I-Pace je vybaven 1f 7,4kW palubní dobíječkou. Na třífázové AC dobíječce s maximálním výkonem 22 kW tak stejně dobíjení poběží max. 7,4 kW.
- DC dobíjení nepodporuje každé auto (typicky starší modely) a dobíjení je standardně také omezeno (Škoda CITIGOe iV má max. omezení 40 kW, Hyundai Kona 77 kW, Tesla (Model 3) 250 kW [4]).

- Zatímco AC dobíjení je díky nižším výkonům po celou dobu dobíjení z pohledu uživatele prakticky konstantní, u DC dobíjení se po dosažení cca 75 % kapacity díky poklesu dobíjecího proudu nabíjení značně zpomalí (viz obrázek níže [16]) a na veřejných dobíječkách je časté, že se zodpovědný řidič v takovou chvíli přepojí z DC konektoru na AC konektor a uvolní tak výkon DC dobíjení dalšímu řidiči.



- DC dobíjení přináší výrazně větší nestabilitu do sítě právě díky průběhu nabíjení - na začátku nabíjení je odebrán maximální výkon, který pak relativně rychle klesá.
- V rámci DC dobíjení probíhá komunikace mezi dobíjecí stanicí a vozem – vůz si sám upravuje výkon na vstupu dle potřeby, aby nedošlo k ohrožení baterie. Zároveň se uvádí, že díky teplotním rázům, ale i kvalitě řídicího systému dobíjecí stanice, může příliš časté DC dobíjení vést k rychlejšímu opotřebení a snížení kapacity baterie. Proto se obecně doporučuje AC a DC dobíjení střídat – rozhodně to ale neznamená, že několik DC dobíjení za sebou, například při dlouhé cestě, baterii zničí. [9]
- Vzhledem k maximálním výkonům, dodávanému výkonu a regulativům ve stavebnictví (požární bezpečnost, velké přípojky atd.) je postavení AC dobíjecí stanice výrazně jednodušší, a to jak technologicky, tak i administrativně, tj. „papírováním“ oproti DC dobíjecí stanici. Stejně to platí i v rámci revizí. AC stanice typicky nevyžaduje žádnou velkou údržbu, zatímco DC stanice vyžaduje alespoň jednu náročnější údržbu ročně.
- AC a DC jsou ale spíše technologické typy dobíjení – oba typy stanic umí svůj výkon regulovat a do budoucna budou víc a víc komunikovat s autem. Co bude opravdu hrát roli v rámci možností řízení sítě, jsou typické průběhy dobíjení podle jejich účelu, kterým se rozumí potřeba řidiče auta (nebo firemního procesu), jak rychle musí být elektromobil dobit, aby mohla začít další jízda.
- Splnění potřeb řidičů je důležitou premisou úspěchu elektromobility – řidiči se zkrátka nesmí bát limitů dostupnosti a rychlosti dobití výrazně více, než v automobilech na fosilní paliva. Rozdílné potřeby budou mít samozřejmě řidiči, kteří v autě s dojezdem 300 km potřebují denně najet 50 km do práce a zpět a řidiči, kteří potřebují ujet trasu Praha – Chorvatsko za svou dovolenou.

- Vzhledem k maximálním výkonům a provedení formou stojanu (existují i DC nástěnné stanice, ale nejsou časté) tyto stanice vyžadují [15]:
- speciální elektrickou přípojku s požadovaným výkonem,
- projekt pro výstavbu včetně územního rozhodnutí/souhlasu nebo stavební povolení (legislativa zde není jednoznačná),
- pravidelnou údržbu kontrolního technika včetně výměny vzduchových filtrů a dalších provozních komponent typicky jednou do roka (typicky specifikuje výrobce jako podmínky pro zachování záruky).

### 7.2.1 Veřejné dobíjení

Dobíjení na veřejné dobíjecí infrastrukturu – ta může být součástí veřejné sítě některého z velkých poskytovatelů, může to být dodatková služba k nákupním centrům a supermarketům nebo jen služba poskytnutá firmou, která se rozhodla část své infrastruktury poskytnout jako veřejnou.

Veřejné dobíjení lze rozdělit podle požadavků řidiče elektromobilu (uživatel):

- Dobíjení urgentní – uživatel potřebuje co nejrychleji dobít energii, aby mohl pokračovat dál ve své cestě.
- Dobíjení jako v garáži – pokud uživatel vlastní byt, ke kterému nemá parkovací stání s instalovaným wallboxem, musí (pokud nechce vyhazovat prodlužovačku z okna) využít dostupnou infrastrukturu v okolí svého bydliště.
- Dobíjení bonusové – jako součást nákupu nebo návštěvy galerie uživatel dobije elektřinu, kterou spotřeboval při cestě.

I když počet dobíjecích AC bodů v oblasti aglomerací roste, pokud elektromobilita zažije předpovídaný boom, v dohledné době dostupná nabíjecí kapacita rozhodně nenaplní potřebná čísla, aby si každý, kdo má elektroauto, pohodlně dobil a nemusel se u toho o sloupek prát.

A tak zatímco vznikají chytré nápady (jako například vyvedení chytrých zásuvek z pouličního osvětlení), Norsko ukazuje, že nejjednodušší cesta je využívat centrální dobíjecí stanice s rychlonabíječkami, kde si obyvatelé sídliště za 30 minut dobíjí, co potřebují a u toho stihnou nakoupit nebo si vypít kávu v přilehlé pekárně. S velkým nárůstem elektromobilů však tyto centrální stanice budou přeplněné a navíc budou odebírat energii v dobách špiček (typicky ráno cestou do práce a odpoledne cestou z práce) namísto odběru v klidnějších obdobích přes noc nebo v průběhu pracovního dne.

Jak dobíjení bonusové, tak dobíjecí místo v garáži má z pohledu výkonu sítě stejnou charakteristiku, jako dobíjení soukromé – dobíjení je predikovatelné a výkon je svým způsobem říditelný.

Oproti tomu dobíjení urgentní má naprosto opačné vlastnosti – u velmi vysokých výkonů lze jen těžko říci, kdy zrovna přijede elektroauto, které chce dobít 80 kWh za 30 minut při dlouhé cestě Evropou a zároveň je touha a cíl poskytovatelů služeb tyto zákazníky nijak neomezovat a nechat si za rychle dobité kilowatthodiny zaplatit.

Aby veřejné dobíjení plnilo svou funkci, je tedy především zapotřebí:

- Budovat dostatek veřejných dobíjecích bodů v hustých aglomeracích, které eliminují potřebu vlastníkům vozidel bez vlastního stání využívat rychlého dobíjení.
- Mít dostatek rychlých dobíjecích stanic, které zajistí bezproblémové cestování elektromobilistům, kteří potřebují urazit delší trasu. Tyto stanice by měly být ideálně říditelné nebo konstruované tak aby nekontrolovatelně nezatěžovaly síť, čehož lze dosáhnout přímým řízením nebo například instalací stacionárních baterií, ale o tom až dále.

### 7.2.2 Firemní dobíjení

Dobíjení firemních automobilů nastává v okamžiku, kdy zaměstnanec nebo třeba návštěva dobíjí elektromobil na firemní dobíjecí infrastrukturu – ta může být v rámci interního areálu (neveřejná) nebo například na parkovišti u sídla firmy (částečně veřejná). Dobíjení firemních automobilů na veřejné infrastrukturu nebo v domácím prostředí pověřeného zaměstnance je firemním dobíjením spíše z účetního pohledu a je nutno podotknout, že dobíjení firemního vozidla doma v garáži dělá vrásky na čele účetním již dnes.

Pro běžného automobilistu jsou „omezení“ elektromobility (30 minut dobíjení, mobilní a webové aplikace různých poskytovatelů, nefungující stanice, stanice obsazené parkujícími vozy ...) velký oříšek. Ty samé pocity ale zažívají i vlastníci a manažeři firem, kteří o přechodu na elektromobilitu uvažují.

Řada firem se nebojí elektromobilitu zavádět, a to buď jako doplňkovou službu jako je např. rozvážení interní pošty, elektrifikace flotily pro zaměstnance z důvodu úspor a ekologického smýšlení (Moneta Money Bank [18], KB, atp.) nebo jako součást svých klíčových procesů (car sharingová firma GreenGo [11], Alza.cz [17], Rohlik.cz [20]), na kterých vydělávají peníze. Elektromobilitu nezavádí jen soukromý sektor, ale i sektor veřejný, jako například Policie České republiky [19].

Stejně jako u dobíjení veřejného si tak můžeme dobíjení firemní rozdělit na:

- Dobíjení jako součást byznys procesu – dobítí auta je pro firmu naprosto nezbytné a v okamžiku, kdy elektromobil na firemní dobíjecí stanici není schopen dobíjení v požadované rychlosti, firmě utíkají peníze, nabíhají penále nebo se jen horší reputace v okamžiku kdy nedokáže poskytovat službu ve slíbených parametrech.
- Dobíjení mimo pracovní dobu – poté, co se například poštáči vrátí po 8 hodinách doručování zásilek ve svém okolí a končí jim pracovní směna, není problém zapojit elektromobil do wallboxu, který má zhruba 12 hodin na to, aby se auto dobilo pro další směnu.
- Dobíjení bonusové – typicky větší kancelářské budovy, výrobní areály a sídla firem budou svým zaměstnancům, ale i návštěvám nabízet dobíjení po dobu, kdy zaměstnanec vykonává svých 8-9 hodin práce. Ideální čas na dobítí elektroauta a skvělý benefit pro zaměstnance, kteří vlastní elektromobily, ale nevlastní parkovací místo nebo garáž.

Je jasně patrné, že dobíjení mimo pracovní dobu a dobíjení bonusové jsou a budou predikovatelné a vzhledem ke svojí délce i říditelné. Většina kancelářských budov dobíjecí stanice zahrne do svého energy managementu a menší firmy, které se rozhodnou postavit si pár wallboxů u svého sídla, najdou

jednoduché řešení v některém z řídicích cloudových systémů nebo řízení umožní poskytovateli distribuční síť, který jim zřizoval přípojku.

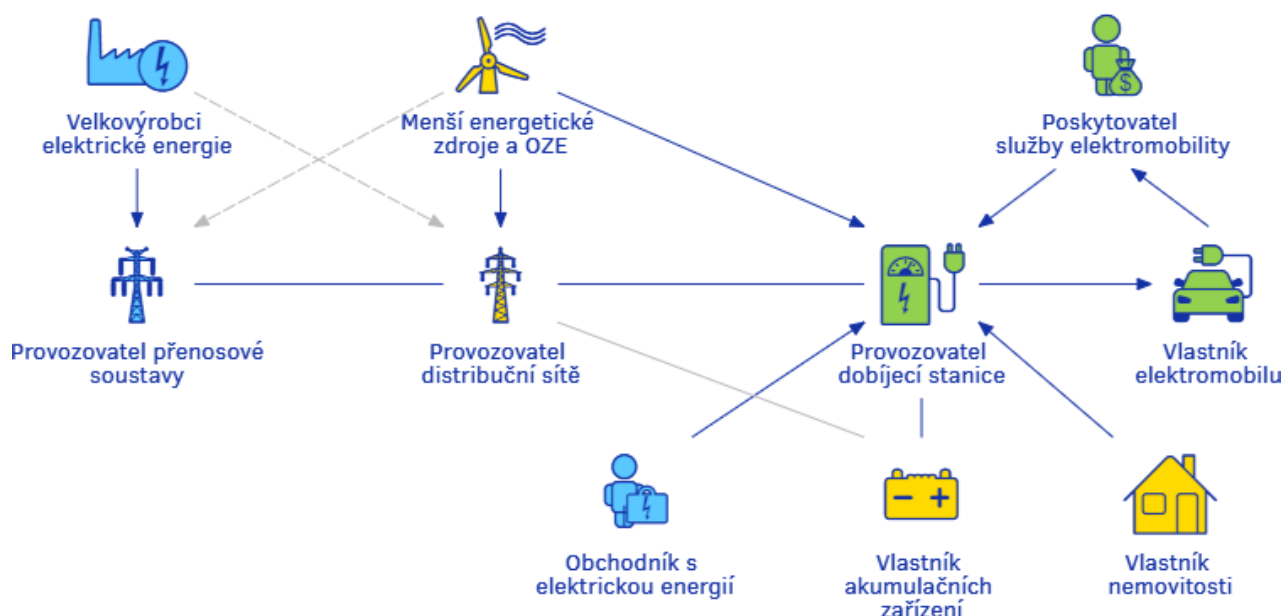
Oproti tomu dobíjení, které je součástí hlavního byznys procesu ve firmě, odpovídá spíše urgentnímu veřejnému dobíjení. Taxikář, který po čtyřech delších zakázkách musí dvě hodiny čekat, poslíček, který po nakládce nervózně sleduje reálný dojezd, aby ujel předem známou trasu nebo carsharingové auto, které se tři hodiny dobíjí na pomalé dobíječe a nikdo si ho kvůli nízkému dojezdu nepůjčí, jsou jen těžko představitelné situace.

Velká část takových dobíjení bude rychlých nebo superrychlých, které při neřízeném průběhu ve větším množství dokáží nepříznivě ovlivnit stabilitu elektrické sítě. Firmy ale oproti veřejnosti budou mít zájem dobíjení daleko lépe plánovat, informovat o nich svého distributora a za zvýhodněné ceny energie dodržovat určitá pravidla. Toho mohou dosáhnout pomocí technologií, jako jsou vyměnitelné baterie [20], nákupem záložních aut, úpravou svých procesů nebo vhodným řízením dobíjení v rámci nasmulovaných parametrů.

Různé typy zátěže, které dobíjení vyvolává, budou potřebovat řešení, která zajistí stabilitu sítě a zároveň umožní poskytnout podmínky, za kterých bude elektromobilita použitelná pro všechny typy uživatelů. Jednoznačné řešení zatím neexistuje (a vzhledem k specifikům každé energetické soustavy asi ani existovat nebude). Jedná se však o problematiku, kterou bude třeba v budoucnosti řešit, jinak by mohlo docházet k závažným výpadkům sítě atp.

### 7.3 Koho všeho se dobíjení elektromobilů týká?

Pro pochopení potřeby řízení výkonu je dobré na začátku shrnout účastníky, kteří se podílejí na dobíjení elektromobilů (trhu služeb elektromobility):



Přímí účastníci:

- **Provozovatel dobíjecí stanice** – vlastník dobíjecí infrastruktury. Zajišťuje její instalaci, chod a garantuje parametry dobíjení (primárně dostupný výkon). Nakupuje elektrickou energii a je nositelem samotných nákladů na dobíjení. Hraje klíčovou roli v řízení výkonu, protože obsluhuje řídicí systém dobíjecích stanic. Příkladem může být obchodní řetězec jako Billa nebo Lidl, velcí hráči jako E.ON, PRE nebo ČEZ, ale i menší poskytovatelé, jako třeba autosalóny HAVEX.
- **Poskytovatel služby elektromobility** – nabízí dobíjecí infrastrukturu provozovatele v rámci svých aplikací koncovým zákazníkům, kterým také garantuje parametry dobíjení. Zajišťuje obchodní kontrakt a vyúčtování služeb elektromobility (dobíjení, rezervace stanic, parkování u stanice mimo dobíjení) a účtuje obchodní marži nad rámec nákladů, které mu vyčíslí provozovatel. Provozovatel dobíjecí stanice a poskytovatel služby elektromobility mohou být jedna a tatáž entita. Je však typické, že jeden provozovatel využívá více poskytovatelů služeb (obchodních kanálů) a poskytovatelé služeb chtějí nabízet portfolio stanic více než jednoho provozovatele. V České republice jsou největšími poskytovateli E.ON a ČEZ s vlastními aplikacemi pro své dobíjecí stanice. Nezávislým poskytovatelem je například platforma ChargeUp.



- **Řidič elektromobilu** – dobíjí na stanicích provozovatele (může mít i vlastní domácí stanici/wallbox) a pokud se jedná o [veřejné dobíjení](#), tak za dobíjení platí poskytovateli služby elektromobility, s kterým může mít dlouhodobý kontrakt nebo platí jednorázově pomocí různých platebních metod.

Sekundární účastníci:

- **Menší energetické zdroje, OZE a vlastníci bateriových úložišť** – mohou vyrobenou elektrickou energii poskytovat přímo provozovateli dobíjecí infrastruktury (s možností uložení v lokálním bateriovém úložišti) za dohodnutých podmínek nebo mohou dodávat/získávat energii skrz distribuční síť. Mohou, ale nemusí být stejná entita jako provozovatel dobíjecí stanice.
- **Provozovatel distribuční sítě** – zajišťuje přípojku pro dobíjecí infrastrukturu. Vzhledem k tomu, že jeho cílem je zajistit stabilitu distribuční sítě, bude se do budoucna výrazně podílet na řízení výkonu dobíjení.
- **Vlastník nemovitosti** – vlastník pozemku nebo budovy, kde je stanice instalována. Může a nemusí být shodný s vlastníkem infrastruktury. Získává (byť třeba jen symbolický) nájem nebo provizi z dobíjení.

Nepřímí účastníci:

- **Obchodník s elektrickou energií** – prodává energii provozovateli dobíjecí infrastruktury a významně tak ovlivňuje nákladovou složku dobíjení. Zároveň typicky přebírá odpovědnost za odchylku za provozovatele dobíjecí infrastruktury.
- **Provozovatel přenosové sítě** – garantuje celkovou rovnováhu v přenosové síti, bezpečnost dodávky elektrické energie a pro tyto účely nakupuje podpůrné služby.
- **Velkovýrobci energie** – vyrábí a obchodují s elektrickou energií pro dobíjení. V teoretickém případě by mohli obchodovat s jednotlivými provozovateli dobíjecí infrastruktury.

#### 7.3.1 Jaké dopady bude mít dobíjení na subjekty, které budou elektromobilitu implementovat pro své zaměstnance

Subjekty, které dosud vůbec nemusely řešit energetický management, začnou v okamžiku implementace elektromobility odebrat i násobky stávajícího odběru. Dá se tak předpokládat, že začnou více tlačit na cenu elektrické energie. Ať už půjde o uzavření tarifů pro elektromobilitu, které umožňují odebrat energii v nízkém tarifu nebo o vyšší zájem vysoutěžit lepší cenu formou tvoření clusterů a hromadného soutěžení ceny, jak to dnes praktikují města a domácnosti [1], [2].

Další variantou je definovat své odběrové diagramy a najít obchodníka, kterému diagram ideálně zapadne do portfolia. Pokud ovšem subjekt nebude mít další klíčové energetické procesy, tato varianta pravděpodobně u dynamického procesu dobíjení vše jen zkomplikuje. Nároky na měření odběru (min. typu B), nutné řízení výkonu pro dodržování diagramu (a to nejen při větším ale i při nedostatečném odběru), ale třeba i nové zaměstnance, kteří se tím budou zabývat.

Do budoucna se dá předpokládat možnost si finančně polepšit poskytnutím ovládní vlastního dobíjení“ nezávislému „sdrůžovateli“, který bude sdrůžovat více malých zdrojů a spotřeb energie do takzvané virtuální elektrárny. Tím, že bude sdrůžovatel schopen ovládat jednotlivé zdroje a odběry



včetně dobíjecích stanic, bude zároveň schopen poskytovat podpůrné služby pro provozovatele distribučních a přenosových soustav. [5] Vlastník infrastruktury (a v případě veřejného dobíjení i poskytovatel služby elektromobility a jeho zákazníci) bude muset akceptovat, že bude výkon dobíjení průběžně regulován dle potřeb sdružovatele ve smluvených limitech. Poskytnutí možnosti regulace sdružovateli by se pak měla logicky pozitivně promítnout v dobíjecích tarifech pro elektromobilisty.

Dá se také předpokládat, že mnoho subjektů problematiku řízení výkonu řešit vůbec nebude a přenesení jí v rámci implementace elektromobility na vlastníka budovy, ve které sídlí. Provozovatele velkých budov tak čeká integrace dobíjecí infrastruktury do existujících energy management systémů, které typicky řídí nasmlouvané odběrové diagramy, kvůli již existujícím energetickým procesům jako jsou například klimatizace.

Z pohledu implementace elektromobility je nepravděpodobné, že by subjekty začaly kvůli dobíjení obchodovat s elektrickou energií a převzaly si odpovědnost za svou odchylku (staly by se subjekty zúčtování). Stejně jako u varianty definice odběrných diagramů na to menší firmy nejsou připravené a investice do řídicích nástrojů a personálu, který by byl schopen energii efektivně nakupovat, by byla pravděpodobně příliš vysoká.

Z technického pohledu budou muset firmy vždy zajistit navýšení stávající přípojky nebo vyřízení nového odběrného místa pro elektromobilitu. Ta musí být buďto dimenzovaná tak, aby pokryla maximální výkon instalovaných dobíjecích stanic, nebo musí být zajištěno, aby stanice svým odběrem nepřesáhly hodnotu jističe.

### 7.3.2 Pár příkladů z praxe od nejmenšího po největší

**Vlastník elektromobilu s vlastní garáží nebo parkovacím místem** si typicky vystačí buď se standardní zásuvkou, nebo si pořídí domácí wallbox. Jeho cílem je dobít elektromobil za co nejnižší cenu a neohrozit dobíjením chod vlastní domácnosti.

V současné době a při sazbách jednotlivých distributorů, které elektromobilistům poskytují vysoký a nízký tarif, si při potenciálním řízení dobíjení elektromobilista vystačí s jednoduchým HDO spínačem nebo prostě jen časovanou zásuvkou či nastavením chytrého wallboxu.

**Firma, která nemá žádné klíčové energetické procesy v rámci své výroby (např. autosalón)** poskytuje AC dobíjení jako službu pro veřejnost a zároveň si dobíječkami pokrývá podporu obchodu (dobíjení předváděcích vozů) a zákaznické podpory (dobití automobilu při pravidelném servisu či předávce) resp. pro své zaměstnance a jejich služební vozy. V tomto případě vlastník stanic řeší pouze to, aby se dobíjení vešlo do limitu konkrétní přípojky, a maximálně chce prioritizovat výkon pro veřejné dobíjení, jelikož jde o renomé firmy.

**Provozovatel bytového komplexu nebo kancelářské budovy** řeší situaci, kdy nechal do garáží přivést přípojku o určité velikosti. Vlastníci parkovacích míst mohou a nemusí využívat wallboxy. Cílem je vždy se vejít do rezervovaného příkonu a zároveň dát ideálně „všem stejně“. To vše musí respektovat nově instalované wallboxy, které přibývají s tím, jak si uživatelé parkovacích míst nakupují nové elektromobily.

**Výrobní firma**, v jejímž výrobním areálu běží větší energetické procesy (ať už elektřinu vyrábějí nebo spotřebovávají), při zavádění elektromobility vnímá dobíjení spíše jako energetický subprocess, který

umožní pracovat s celkovou spotřebou elektrické energie. Dobíjecí stanice tak musí být schopny reagovat na vstupy z energy management systémů (které typicky určují odběrová maxima) a poskytovat jim zpětnou vazbu o aktuálním nebo plánovaném odběru tak, aby tyto systémy mohly řídit odběr v rámci nasmlouvaných diagramů. Cílem je tedy poskytnout dobíjení s ohledem na své okolí. Výkon poskytnutý na konkrétní stanici / konkrétnímu zákazníkovi pak může být předmětem další prioritizace nebo stejně jako u předešlého případu fair user policy („všichni mají stejně“).

**Poskytovatel elektromobility jako služby** má oproti předchozím příkladům jiný cíl. Poskytnout službu v daných parametrech. Pokud tedy nabízí hyper charger s maximálním výkonem 150 kW, je klíčové, aby opravdu takový výkon byl poskytnut. Neposkytnutí výkonu se jinak odrazí na reputaci a zpětné vazbě zákazníků v aplikacích. Proto typicky hned zpočátku řeší, aby maximální rezervovaný výkon na přípojce pokryl případné plné vytížení všech dobíjecích bodů nebo jak zajistit, aby maximální odběr nepřekročil stanovenou hodnotu jističe.

#### 7.4 Jaké jsou možnosti řízení dobíjení?

Jak vyplývá z výše uvedených příkladů, řídit své dobíjení v podobě velikosti odběru a jeho časování potřebují ti nejmenší i ti největší. Základní dva cíle mají všichni také společné – optimalizace nákladů a zajištění odběrů tak, aby nezapříčinili aktivaci jisticích a ochranných prvků.

Způsoby řízení odběru dobíjecích stanic můžeme rozdělit do tří základních úrovní:

- **Proprietární** – HDO spínač, časovaná zásuvka, nastavení základních výkonnostních limitů v chytrém wallboxu nebo prostě jen limitovaná palubní dobíječka konkrétního elektromobilu.
- **Lokální energetická řešení** – lokální chytrá síť, regulátory výkonu nebo třeba lokální stacionární úložiště energie.
- **Řízení centrálním systémem** – přímé řízení dobíjecí infrastruktury prostřednictvím protokolu OCPP na základě znalosti potřeb sítě a zákazníka.

##### 7.4.1 Proprietární řešení

Proprietárních řešení existuje na trhu mnoho a každý z českých kutilů pravděpodobně jich pravděpodobně dokáže vymyslet hned několik.

Wallboxy mají typicky ve svém firmware, který je dostupný po připojení ethernetového kabelu podobně jako třeba u routerů, možnost nastavit maximální limity odběru v [A] nebo [kW]. Každý výrobce si firmware vyrábí sám a v okamžiku výběru wallboxu je vhodné si nechat toto nastavení nechat prodejcem předvést.

Někteří výrobci wallboxů již dnes poskytují cloudové platformy, které umožňují domácí wallboxy jednoduše připojit k internetu (po vložení SIM karty nebo připojení k internetu pomocí kabelu / wi-fi) a nastavit limity a jednoduchá pravidla v prostředí webové aplikace. [6]

Uživatelé poté poskytují (samozřejmě za drobný poplatek) možnost sledovat domácí dobíjení, rozúčtovávat ho v případě sdílení mezi členy domácnosti nebo třeba bytového družstva. Dá se očekávat, že takové prostředí s rozšířenými možnostmi nastavení pravidel pro dobíjení bude naprostým standardem vyžadovaným koncovými zákazníky.

#### 7.4.2 Lokální energetická řešení

V případě většího množství dobíjecích bodů na jednom místě nebo velkých požadovaných výkonů by dimenzování přípojky na maximální možný odběr nebylo efektivní. Už 4 DC stanice s 50kW DC konektory a 22kW AC konektorem nebo 15 AC stanic v jednom areálu vyžadují přípojku větší než 250 kW. Při překročení 250 kW již nestačí měření typu C, ale je vyžadováno měření typu A nebo B [12], které s sebou nese další náklady a potřebu zavádění dalších firemních procesů.

V dnešní době existují standardní řešení, která umožní hlídat maximálně dosažitelný výkon nebo čtvrt hodinové odběry připojených odběrných bodů pomocí centrální jednotky (která je typicky předřazená jističi) a kontrolerů, které sbírají data z jednotlivých odběrných míst a zároveň na základě pokynů řídicí jednotky ovládají jejich výkon.

Výrobci tyto systémy neustále zlepšují. Vznikají tedy verze, které jsou připojeny do cloudového prostředí, umožňují pracovat nejen s odběrem, ale i s lokální výrobou (např. solární panely) a rozšiřují možnosti konfigurace, řízení priorit a limitů jednotlivých odběrných míst.

*O konkrétních příkladech se můžeme přesvědčit například u výrobce Siemens nebo Phoenix Contact, který řešení nabízí k přímému vyzkoušení (dle aktuálních podmínek).*

Další možností lokálního řešení je princip master-slave, který je trendem výrobců dobíjecích stanic v posledních letech. Při instalaci několika dobíjecích stanic v rámci jedné lokality je pouze jedna stanice osazena řídicí jednotkou. Ostatní stanice jsou s řídicí stanicí spojeny datovým kabelem a jsou řízeny centrální jednotkou. Tento princip snižuje náklady na dobíjecí stanice a zároveň umožňuje nastavení limitů pro všechny propojené stanice na jednom místě.

Výše popsaná řešení jsou vhodná primárně pro nižší výkony a instalace většího počtu AC wallboxů. Další variantou, která je primárně určená pro větší výkony (více rychlodobíječek na jednom místě, super a hyper chargery), jsou stacionární úložiště elektřiny, které mají za úkol v době, kdy se „nic neděje“, energii akumulovat a v okamžiku, kdy se zvýší poptávka po dobíjení, naopak energii poskytnout.

Takovým řešením jsou typicky průmyslové baterie a jejich řídicí systémy, ale vznikají i další technologie a inovativní projekty. Příkladem takového inovativního projektu může být například společný projekt Škoda Auto a PRE, v rámci kterého byla instalována dobíjecí stanice se setrvačником, který čerpá výkonové rezervy ze sítě (roztáčí se) a v okamžiku připojení elektromobilu začne setrvačnik naopak energii generovat.

Jak průmyslové baterie, tak podobné alternativní projekty umožňují poskytovat vyšší výkon pro dobíjení v místech, kde není možné výkon poskytnout z elektrické sítě, pokrývat výkonové špičky při stejnosměrném dobíjení nebo pokrývat případné výpadky nejen pro dobíjení elektromobilů, ale například i pro přilehlou výrobu.

*Následující obrázky zobrazují pilotní stanici se setrvačником v Praze. Kontejnerové baterie Alfen, na kterou jsou připojeny dobíjecí stanice v test labu. Kontejnerové baterie připojené k síti rychlodobíječek na dobíjecím místě pro elektrobusesy v Dánsku.*





Výše zmíněné inovace a instalace velkých průmyslových baterií si zatím spíše hledají cestu a získávají první reálné reference z velkých provozů. Oproti nim jsou chytrá řešení, která kombinují decentralizovaný zdroj energie (typicky solární panely), standardní přípojku k elektrické síti, úložiště energie a dobíjecí stanici standardem, který dnes nabízí pro domácnosti prakticky každý distributor „na klíč“.



*Ve větším měřítku tento koncept u svých superchargerů zprovoznila Tesla.*

Další možností lokálního řešení nedostatečného výkonu dobíjecí infrastruktury při jednorázových událostech (například festivaly, konference atd.) jsou off-gridová kontejnerová úložiště, která mohou rovnou poskytovat i dobíjecí body. Dobitý kontejner přiveze na určené místo nákladní vůz a poté, co je jeho kapacita vyčerpána nebo akce skončí, je znovu odvezen a dobit na centrálním místě.



*Takový kontejner předvedla např. firma Audi*

#### 7.4.3 Centrální systémové řízení

Výše zmíněná lokální energetická řešení mohou fungovat prakticky bez znalosti svého okolí a závislosti na něm. Jediným vstupem je tak velmi často celkový limit pro odběr, který může být v komplexnější variantě proměnný v čase. Znalost okolí pouze zvyšuje efektivitu nebo přináší další benefity.

Oproti tomu řízení výkonu dobíjení centrálním systémem umožňuje řídit výkon pouze za využití řídicích jednotek dobíjecích stanic. Absenci standardu dobíjecích konektorů svět elektromobility vynahrazuje funkčním otevřeným standardem OCPP právě pro komunikaci mezi dobíjecí stanicí a řídicím systémem.

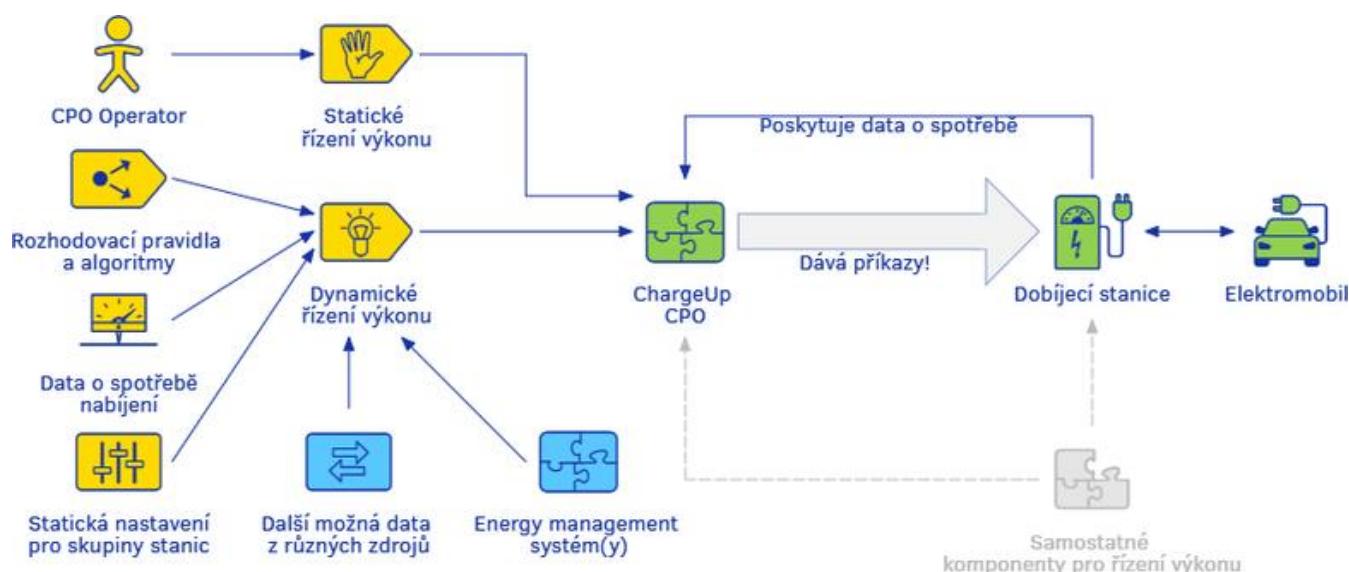
Protokol obsahuje klíčové služby a operace, které umožňují řízení výkonu stanice, ale i jednotlivých dobíjení z řídicího systému. Tímto základním kamenem umožňuje implementaci jednoduchých i komplexních řídicích systémů.

Z pohledu složitosti si můžeme určit základní kategorie řízení, které lze v řídicím systému implementovat:

- **Statické řízení výkonu** – umožňuje vzdáleně nastavit limity výkonu jednotlivých stanic. Výhodou oproti proprietárnímu nastavení jednoho limitu ve firmware stanice je, že operátor může sestavovat časově proměnné výkonové profily, a ty hromadně přiřazovat skupinám stanic. To mu umožní například aplikovat jednoduchá pravidla na snížení výkonu dobíjení v opakujících se výkonnostních špičkách nebo při energeticky náročných procesech v dané společnosti.

- **Dynamické řízení výkonu na úrovni jednotlivých dobíjecích transakcí** – zatímco statické řízení se vztahuje na stanice jako takové a je vhodné pro jednorázové nastavení a následnou občasnou změnu, dynamické řízení dobíjecích transakcí umožňuje reagovat na aktuální situaci. Řídicí systém tak může řídit proměnná maxima na základě aktuálního odběru. K dělení výkonu mezi jednotlivé transakce může využívat jednoduchá pravidla (například poměrné dělení na základě maximálního výkonu jednotlivých dobíjecích bodů) nebo komplexní algoritmy, které pracují s různorodými daty z okolních systémů (např. cena elektrické energie, informace od distributora nebo informace o tom, že si klient připlatil za extra výkon).

Následující obrázek zobrazuje konceptuální schéma řízení výkonu tak, jak ho navrhli analytici společnosti Unicorn, kteří se zabývají vývojem cloudové platformy pro elektromobilitu <https://www.chargeup.cz/>.



Napojení datových zdrojů a implementace rozhodovacích pravidel pak může být vždy specifické pro konkrétního provozovatele. Standardní řešení nyní typicky poskytuje základní funkcionality řízení stanic a vzdáleného ovládání dobíjení, ale v krátké budoucnosti se očekává, že i pro menší provozovatele taková řešení začnou poskytovat statické i dynamické řízení včetně balíčků předpřipravených rozhodovacích pravidel a datových konektorů.

Napojení datových zdrojů a implementace rozhodovacích pravidel pak může být vždy specifické pro konkrétního provozovatele. Standardní řešení nyní typicky poskytuje základní funkcionality řízení stanic a vzdáleného ovládání dobíjení, ale v krátké budoucnosti se očekává, že i pro menší provozovatele taková řešení začnou poskytovat statické i dynamické řízení včetně balíčků předpřipravených rozhodovacích pravidel a datových konektorů.

Nejnovější verze OCPP 2.0 navíc oproti předchozím verzím umožňuje, aby dobíjecí stanice komunikovala nejen s centrálním řídicím systémem, ale i s dalšími systémy, které mohou pracovat právě s částmi protokolu pro řízení výkonu.

Centrální systémové řízení může být do budoucna kombinovatelné s lokálními energetickými řešeními, které jsou popsány výše. Centrální řídicí systém však bude muset brát tato lokální řízení v potaz a ideálně si s nimi vyměňovat potřebná data v takřka reálném čase, aby nedocházelo k protichůdným



krokům jednotlivých úrovní. To by mohlo nastat například v okamžiku, kdy lokální kontroler vyhodnotí bez znalosti svého okolí, že může zvýšit výkon dobíjení, zatímco potřeba sítě jako širšího celku velí naopak odběr snížit.

#### 7.4.4 Co je potřeba zajistit pro to, aby centrální řízení správně fungovalo?

Pro zajištění správného centrálního dynamického řízení výkonu, které bude mít co nejmenší dopad na elektromobilisty, je potřeba:

1. **Znát své prostředí** – ať už se jedná o „natvrdo“ nastavené maximum pro konkrétní sadu stanic, průběžné číslo poskytnuté energy management systémem budovy nebo číslo vypočítané na základně komplexního algoritmu, který bere v potaz model energetického prostředí, musí být tato data aktuální a správná.
2. **Vědět, kdy dát správný pokyn** – pomocí nadefinovaných pravidel a spouštěčů musí být systém schopen včas rozhodnout a dát správný pokyn se správnými daty všem zainteresovaným stanicím.
3. **Mít protistranu, která umí pokyn splnit** – pokud stanice nebudou schopné spolehlivě příkazy o navýšení nebo snížení výkonu (včas) splnit, nebo nebudou schopny dát zpětnou vazbu o tom, že příkaz splnily, je centrální systém v koncích a měl by aktivovat nouzová opatření, aby předešel výpadku.
4. **Poskytovat průběžné informace** – centrální systém nehraje pouze roli řídící, ale zároveň také zajišťuje sběr potřebných dat ze stanic (aktuálně odebíraný výkon, energie odebraná za poslední časovou periodu nebo třeba stav baterií automobilů u jednotlivých dobíjecích transakcí). Informace může využít v rámci vlastního vyhodnocení, předávat je jako vstup energy management systému nebo je poskytnout jako vstup například pro distributora.

Nedávná zkušenost z testování na PlugFestu (akce, na níž vzájemně testují komunikaci výrobci dobíjecí infrastruktury a vývojáři řídicích systémů) však ukazuje, že nepřipravenost panuje primárně na straně výrobců dobíjecí infrastruktury.

#### 7.5 Shrnutí

Požadavky na řízení výkonu bohužel stále nejsou vnášeny například do výběrových řízení na dobíjecí stanice. Při současném počtu elektromobilů a míře využití veřejného nebo širšího firemního dobíjení není divu – vlastníci dobíjecí infrastruktury si vystačí s lokálním nebo proprietárním řešením.

V okamžiku, kdy míra dobíjení stoupne (a požadavky elektromobilistů na parametry dobíjení nezmizí) však úměrně poroste i potřeba řízení nejen na lokální úrovni, ale i na úrovni sítě jako celku. Kromě inovativních řešení, která umožní poskytnout vysoké výkony a vyhladit špičky při rychlém a superrychlém dobíjení formou lokálních úložišť energie, bude nutné i centrálně řídit větší skupiny stanic za účelem dosažení stability sítě nebo poskytnutí podpůrných služeb pro operátory sítě.

Absence možnosti řízení stanic je naštěstí věc, která je realizovatelná výměnou firmware (resp. upgrade řídicí jednotky). V okamžiku, kdy potřeba řízení výkonu dobíjení bude urgentní, nastane tlak na to, jak správně řídit výkon v centrálním řídicím systému. .

Navzdory častým názorům, že rychlé dobíjení a obecně elektromobilita způsobí v síti chaos, první studie a data přinášejí názory, že naopak elektromobilita může přinést dostupnou formou stabilizaci



pro distribuční sítě, které aktuálně připojují více a více decentralizovaných a obnovitelných zdrojů elektrické energie. Pokud se rychlé dobíjení pojme správně a zákazníci se naučí akceptovat, že je s parametry možné hýbat, mohou být dnes poměrně problematické výkyvy způsobené proměnnými dodávkami energie z větrných a solárních elektráren využity jako bonus pro vozidla s rychlým dobíjením. Tyto elektromobily tak velice rychle dobíjí zelenou energií a ještě pomohou stabilitě sítě.

#### 7.5.1 Pro informaci aktuální data (srpen 2023):

Elektromobilita v Česku dál roste. Během první poloviny letošního roku přibýly do sítě až stovky nových dobíjecích stanic pro elektrická auta. Spolu s tím o desítky procent vzrostly i spotřeba a počet dobíjení uživateli. Vyplývá to z informací velkých provozovatelů dobíjecích stanic pro ČTK. V Česku bylo ke konci loňského roku podle statistik úřadů kolem 1360 dobíjecích stanic. Za pět let bude po světě jezdit 63 milionů elektrických či hybridních aut, což je ve srovnání se současným stavem o 129 procent více, uvedla poradenská firma PwC. Největší podíl a největší růst budou podle ní mít čistě bateriové vozy, kterých bude téměř 35 milionů, tedy o 224 procent více než nyní. Naopak nejméně populární budou plug-in hybridy, kterých bude šest milionů proti současným necelým čtyřem milionům.

Dobíjení elektromobilů v síti energetické firmy ČEZ v prvním pololetí vzrostlo meziročně o 12 procent na 2,3 milionu kilowatthodin (kWh) bezemisní elektřiny. Zároveň je to pětinasobek spotřeby před pěti lety. Roste i množství průměrně načerpané energie při jednom dobíjení, které stoupl meziročně o 14 procent na 19 kWh. Řidiči podle společnosti v síti uskutečnili více než 123.000 nabití aut. ČEZ zatím v první polovině roku zprovoznil 51 nových dobíjecích stanic pro elektromobily, celkem jich má přes 550.

"Rozšiřování elektromobility věnujeme v ČEZ velkou pozornost. Rychle stavíme nové stanice a také navyšujeme jejich výkon. V podstatě do každého nově spouštěného dobíjecího hubu se snažíme začlenit minimálně jeden ultrarychlý stojan, u kterého se řidič zdrží jen několik minut," řekl místopředseda představenstva ČEZ Pavel Cyraní.

Vzestup elektromobility potvrzuje na svých stanicích i Pražská energetika, která má v provozu přes 600 dobíjecích stanic. Letos jejich počet rozšířila o 150 nových. "Pokud srovnáme meziroční vývoj spotřeby u dobíjecích stanic, tak v polovině roku 2023 jsme byli na úrovni, která odpovídá téměř 74 procentům spotřebované energie za celý minulý rok," řekl mluvčí Karel Hanzelka. Společnost má nejvyšší pokrytí hlavně v Praze, nejvytíženější stanice jsou na Chodově a Černém Mostě.

PRE v poslední době podle Hanzelky hodně sází na ultrarychlé dobíjecí stanice. "Velká část naší sítě jsou stanice, které dokážeme snadno a rychle upgradovat na výkon přesahující 100 kW, tedy na ultrarychlé dobíjení," vysvětlil Hanzelka.

Vysoká čísla dobíjení na svých stanicích vykázal rovněž E.ON. Řidiči v této síti od ledna do konce června provedli 42.186 dobíjení, což je o 46 procent meziročně více. Množství spotřebované energie pak oproti loňskému prvnímu pololetí vzrostlo o 63 procent, motoristé u E.ON odebrali 780 MW. "Pro představu, která vychází z dat Centra pro dopravní výzkum, takové množství elektřiny by stačilo na plné dobití více než deseti tisíc elektromobilů typu Škoda Enyaq," uvedl mluvčí Roman Šperňák.

V současné době má E.ON v Česku 369 veřejných dobíjecích bodů na 187 stanicích. Poslední z nich vznikly v uplynulých týdnech například v Karlových Varech, Chomutově nebo Jihlavě. Kromě toho se společnost podílí na provozu 60 partnerských dobíječek, kdy si dobíjecí stanici pořídí soukromý subjekt a E.ON ji připojí do své sítě.

*PwC: Počet elektrických aut za pět let vzroste o 129 procent na 63 milionů.*

Ve světě se ve druhém čtvrtletí prodalo 2,4 milionu elektrických aut, meziročně o 52 procent víc. Na deseti nejvýznamnějších evropských trzích se prodeje čistě elektrických aut v letošním druhém čtvrtletí zvýšily o 49 procent, zatímco celý automobilový trh rostl o 17 procent. Podobně se vyvíjí trhy i mimo Evropu, v USA vzrostl zájem o elektrická auta o 67 procent (celý trh rostl o 19 procent) a v Číně o 49 procent.

Český trh v prodeji elektroaut zaostává, zájem brzdí vyšší cena i nedostatečná nabíjecí síť. "Přestože zájem postupně roste, stále jsme jen na zlomku stavu v západní Evropě. Chybí systematická podpora ze strany státu, vysoká cena zájemce odrazuje. Trh tak i nadále potáhnou především firmy, které obměňují vozový park za elektroauta. V tomto směru se na českém trhu nic nezmění," uvedl expert PwC na automobilový trh Pavel Štefek. Za prvních sedm měsíců roku bylo v ČR prodáno necelých 3500 elektromobilů. To je sice více než 50procentní meziroční růst, nicméně podíl elektroaut na celkových registracích je 2,6 procenta.

V relativním vyjádření se bude podle Štefka podíl elektromobilů na vyspělých trzích i nadále zvyšovat. Je ale otázkou, jak to bude v absolutních číslech, protože celkově automobilový trh čekají spíše těžší časy, na což budou obecně dražší elektromobily citlivé. "Dobrá čísla za první pololetí jsou z velké části ještě výsledkem nahromaděných starších objednávek. Nejen z německých automobilek už ale doléhají hlasy, že aktuální poptávka po bateriových vozech nenaplnuje jejich očekávání. Když k tomu připočteme momentální balancování na hraně recese evropských ekonomik v kombinaci s inflací a drahými penězi, dá se očekávat, že nastávající období budou těžší," dodal Štefek.

V absolutních počtech elektromobilů je delší dobu lídrem Čína, v prvním pololetí se na tamním trhu objevily přes čtyři miliony nových elektrovozů. Tomuto růstu napomáhá i cenová politika. Podle aktuálního srovnání PwC je v Číně vyrobený elektromobil na čínském trhu v průměru o 40 až 45 procent levnější než stejný vůz vyvezený do Německa, rozdíl přitom u některých modelů je až dvojnásobný. Naopak vozy vyvážené z Německa do Číny mají na obou trzích zhruba podobnou cenovku.

Nejprodávanejším vozem na všech sledovaných trzích je model Tesla Y. Zatímco v Evropě jsou kromě Tesly v top desítce jen evropské vozy, naopak v Číně je Tesla jedinou automobilkou, která se dokáže prosadit mezi čínskými značkami. Čínské automobilky přitom v posledních měsících jasně deklarovaly, že se pokusí dobýt i evropský trh.

Nejen z výše uvedeného vyplývá, že pokud nebude cesta ke zvyšující se elektromobilitě „vyšší mocí“, například z úrovně orgánů EU, nebo trhem, či technickým vývojem (nedostupnost materiálů pro výrobu baterií, apod.) „**ŠKRTNUTA**“, tak je nutno s nabíječkami počítat u min. 25% areálů, objektů zhotovitele, s odpovídající infrastrukturou. V rámci koncepce rozvoje je tedy naprosto nutné s elektronabíječkami a především nutnou infrastrukturou (kapacitou, kabeláží, jištěním, atd.) v areálech a na objektech Olomouckého kraje počítat.

## 7.6 Závěry, doporučení pro Olomoucký kraj

Jak již bylo napsáno v předmluvě, během období 05/2021 až 05/2023 bylo realizováno místní šetření na více než 270-ti objektech/areálech zadavatele (a vznikla databáze ve formě zaheslovaného webového rozhraní). Součástí místních šetření v areálech, objektech zadavatele bylo i velmi orientační vyhledání případného relevantního místa na instalaci nabíječky pro elektromobily (nejlépe jak pro „služební“ vozidla kraje, tak i v zájmu efektivity pro veřejnost). Míst, kde se protínají důležité faktory

jako dostupná kapacita el. sítě, relativně bezpečný, dimenzovaný vjezd/parkování, nízký pohyb např. studentů v místě (bezpečnost) apod., není mnoho. Při rozhovorech s vedeními jednotlivých PO, případně správci jsme však zaznamenali výraznou nechuť k instalacím elektronabíječek, zvláště pak, pokud by měly být i pro veřejnost, hledaly se provozní důvody „proč to nejde“. Tuto nechuť bude muset kraj zlomit buď osvětou, nebo silou...

Níže v tabulce jsou uvedeny konkrétní PO včetně adres, k dalšímu prověření možností instalace elektronabíječek:

Poř.č.	ID Objektu	Název oragnizace	Adresa	Název objektu
1	629	Sociální služby pro seniory Šumperk, příspěvková organizace	Šumperk	PAVILON 1 A PAVILON 2 propojeno koridorem
2	630	Sociální služby pro seniory Šumperk, příspěvková organizace	Šumperk	Kotelna
3	613	Domov pro seniory Radkova Lhota, příspěvková organizace	Radkova Lhota 16	NP nový pavilon
4	614	Domov pro seniory Radkova Lhota, příspěvková organizace	Radkova Lhota 16	Hlavní budova HB
5	589	Domov pro seniory Tovačov, příspěvková organizace	Tovacov	Budova A,B, C propojeno
6	611	Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	Kokory 54, Kokory	Domov pro seniory a zdravotně postižené hlavní budova
7	612	Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	Komory 54, Kokory	Startovací bydlení, pracovny
8	609	Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	Lapač 449, Dřevohostice	Domov pro zdravotně
9	610	Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	Nábřeží 323, Dřevohostice	Rodinný dům
10	508	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Moravské nám. 681, Uničov	škola
11	509	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Moravské nám. 681, Uničov	ISŠ
12	510	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Moravské nám. 681, Uničov	Dílny
13	541	Střední odborná škola, Šumperk, Zemědělská 3	Ze edelska 3 Šumperk	Hlavní budova
14	542	Střední odborná škola, Šumperk, Zemědělská 3	Zemedelska 9 Šumperk	internat
15	521	Střední škola polygrafická, Olomouc, Střední novosadská 87/53	Střední Novosadská 87/53, Olomouc	SŠ Polygrafická

16	529	Střední škola polygrafická, Olomouc, Střední novosadská 87/53	Střední Novosadska, Olomouc	Budova grafici
17	530	Střední škola polygrafická, Olomouc, Střední novosadská 87/53	Střední Novosadska, Olomouc	tiskari (3) hlavní kotelna
18	531	Střední škola polygrafická, Olomouc, Střední novosadská 87/53	Střední Novosadska, Olomouc	tesko dům (4)
19	532	Střední škola polygrafická, Olomouc, Střední novosadská 87/53	Střední Novosadska, Olomouc	Telocvicna spojeno s grafici
20	516	Střední škola elektrotechnická, Lipník nad Bečvou, Tyršova 781	Bratrská 1114, Lipník nad Bečvou	SŠel., domov mládeže
21	550	Střední škola řezbářská, Tovačov, Nádražní 146	Tovačov	Škola + hala 3
22	551	Střední škola řezbářská, Tovačov, Nádražní 146	Tovačov	Hala 2
23	552	Střední škola řezbářská, Tovačov, Nádražní 146	Tovačov	Hala 1 - dílny + jidelna, výdejní stravy
24	573	Vyšší odborná škola a Střední škola automobilní, Zábřeh, U Dráhy 6	Zábřeh	objekt skola
25	574	Vyšší odborná škola a Střední škola automobilní, Zábřeh, U Dráhy 6	Zábřeh	Kinosál
26	575	Vyšší odborná škola a Střední škola automobilní, Zábřeh, U Dráhy 6	Zábřeh	objekt odbyt
27	576	Vyšší odborná škola a Střední škola automobilní, Zábřeh, U Dráhy 6	Zábřeh	Domov mládeže
28	605	Dům seniorů FRANTIŠEK Náměšť na Hané, příspěvková organizace	Komenského 291, Náměšť na Hané	Domov František
29	601	Domov Štíty-Jedlí, příspěvková organizace	Jedlí 149	DZR Jedlí
30	631	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Vikyrovce	Administrativní budova
31	632	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Vikyrovce	Sociální + dílny
32	639	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Sternberk	Hlavní budova
33	640	Správa silnic Olomouckého kraje, příspěvková organizace	Sternberk	Budova dílen
34	548	Střední škola polytechnická, Olomouc, Rooseveltova 79	Rooseveltova, Olomouc	Domov mládeže

35	<b>549</b>	Střední škola polytechnická, Olomouc, Rooseveltova 79	Rooseveltova, Olomouc	Objekt dílny OV3
36	<b>673</b>	Muzeum Komenského v Přerově, příspěvková organizace	Bezručova 913/10, Přerov	ORNIS, Bezručova 913/10, Přerov
37	<b>674</b>	Vlastivědné muzeum v Šumperku, příspěvková organizace	Šumperk, Lidická 72	Hlavní objekt - robotarna
38	<b>675</b>	Vlastivědné muzeum v Šumperku, příspěvková organizace	Šumperk, Lidická	Objekt kovárny, samostatný, ve dvore
39	<b>676</b>	Vlastivědné muzeum v Šumperku, příspěvková organizace	Šumperk, Lidická	Kobky (ve dvore)
40	<b>714</b>	Švehlova střední škola polytechnická Prostějov	U Spalovny 12, Prostějov	Budova dílen odborného vycviku
41	<b>683</b>	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Šumperska 1523	Hlavní budova - svarovna
42	<b>684</b>	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Šumperska	Dilny + umývárny, autodilny
43	<b>685</b>	Střední průmyslová škola a Střední odborné učiliště Uničov	Šumperska	Dilny/sklad
44	<b>728</b>	Střední škola zemědělská a zahradnická, Olomouc, U Hradiska 4	Bohunovice, V drahách 714	Budova dílen.
45	<b>762</b>	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipová-Lázně 458	Monoblok A, C, D, H + spojovací chodby
46	<b>763</b>	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipova-Lazne	Domov mládeže (B)
47	<b>764</b>	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipová-Lazne	Výuková prádelna (K)
48	<b>765</b>	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipova-Lazne	Dilny + telocvicna (F)
49	<b>766</b>	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipova-Lazne	Dilny zámečnická (E)
50	<b>767</b>	Střední škola řemesel a Odborné učiliště Lipová – lázně	Lipová - Lázně 701	Dilna (N)
51	<b>660</b>	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Paseka	OLÚ Paseka objekty A, D, I, B, F, K,
52	<b>661</b>	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Paseka	OLÚ Paseka objekt E

53	<b>662</b>	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Paseka	OLÚ Paseka, objekt J
54	<b>663</b>	Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	Paseka	OLÚ Paseka objekt C, K
55	<b>730</b>	Sigmundova střední škola strojírenská, Lutín	Lutín, Jana Sigmunda 242	Budova školy
56	<b>693</b>	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon A
57	<b>694</b>	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon D
58	<b>695</b>	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon B
59	<b>696</b>	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon E
60	<b>697</b>	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Pavilon C
61	<b>698</b>	Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	Švabinského, Olomouc	Kotelna

## 8 Malé větrné elektrárny

V kapitole, týkající se malých (mikro) větrných elektráren chceme zástupce zadavatele seznámit s dle našeho názoru smysluplnou cestou k zajištění pokrytí alespoň části nároků vlastněných objektů, areálů na elektřinu. Jak jsme již uváděli, současný boom fotovoltaických elektráren naráží nejen na finanční a technické limity, ale především zásadní limity přírodní! Během kalendářního roku se mění jak intenzita slunečního záření, tak především doba slunečního svitu/dne během ročních období. Dá se říci, že shodou okolností jako puzzle do nároků na elektřinu během roku zapadá možná výroba elektřiny z větru. V zimním období, kdy jsou krátké dny, tak bývá intenzita větru vyšší a vítr fouká samozřejmě i v noci.

Zpracovali jsme vnitřní řešerši možných technologií pro skutečně malé výkony větrných elektráren, které ba však zároveň měly smysl pro objekty zadavatele a nejednalo se o nějakou hračku/experiment, tj. jmenovité výkony alespoň nad 2 kW, ideálně výkony kolem 6 až 10 kW/jednotka. Bohužel dle našeho názoru není v současnosti dostupná jednotka na profesionální, nikoliv experimentální úrovni, která by splňovala tyto parametry (samozřejmě velké větrné elektrárny řadu let úspěšně slouží po celém světě, mj. jejich schvalovací proces je však velmi náročný a masové nasazení na pozemcích zadavatele v podstatě vyloučené).

### 8.1 Malé větrné elektrárny – principy

Výkony malých větrných elektráren (MVtE), vhodných především pro tzv. „ostrovní provoz“, tedy k využívání vyrobené elektrické energie přímo v místě instalace elektrárny bez jejich připojení k veřejné síti, se pohybovaly od stovek wattů. Někdy se používá dělení větrných elektráren podle výkonu na malé, střední a velké, přičemž hranice mezi nimi jsou v různých publikacích a v různé době odlišné, malé např. do 10 (30) kW, střední do 100 (450) kW velké nad tuto hranici. Ani GWEC (Světová asociace VE) nemá jednoznačná měřítka, i když standard IEC charakterizuje malé VtE plochou, opisovanou rotorem 200 m<sup>2</sup>, což by odpovídalo výkonu do 50 kW při napětí 1000 V AC nebo 1500 V DC. Není jasné, proč je součástí této charakteristiky i hodnota výstupního napětí. Kategorie „malých“ větrných elektráren je však z hlediska konstrukce i možného využití i tak příliš široká, takže je vhodnější uvažovat i o kategorii „mikro“, jejíž horní hranicí by mohl být výkon v jednotkách kW při napětí stejnosměrného proudu 12–24 V. Zařízení s výkonem 10–50 kW by už bylo možné připojovat k síti, vyžádalo by si to ale složitější regulaci a přizpůsobení požadavkům sítě, což by znamenalo i výrazně vyšší náklady na jejich vybavení. Také poměr výkon/cena nebývá u těchto elektráren příznivý.

Zatímco u velkých větrných elektráren naprosto převládají stroje s horizontální osou rotoru, tvořeného převážně třemi (zřídka dvěma) aerodynamicky tvarovanými listy, bylo u MVtE vedle tohoto klasického uspořádání v silně zmenšené podobě využíváno i dalších typů větrných motorů se **svislou osou rotoru**. Historický pohled je zde tedy vhodné doplnit i krátkým popisem těchto konstrukcí. Jejich společným znakem je vertikální (svislá) osa rotoru a její přímé spojení s generátorem.

#### 8.1.1 Základní typy technologií malých větrných elektráren

Větrné elektrárny **Savonius** mají rotor, tvořený dvěma přesazenými válcovými plochami, tedy vypuklou a vydutou plochou na společné svislé ose. Otáčivý pohyb je vyvolán pouze rozdílem tlaku proudícího vzduchu (větru) na vypuklou a vydutou plochu (obr. 01). Protiváhou této velmi jednoduché konstrukce rotoru je jeho malá účinnost. Z rozvojových zemí jsou známy takové rotory vyrobené ze dvou polovin podélně rozpůleného barelu, připevněných jednou hranou ke společné svislé ose tak, že svým půdorysem tvoří podobu písmene S – což je snad nejnázornější, i když nepříliš technicky čisté znázornění podoby rotoru. Modernější konstrukce těchto rotorů využívají laminátů a jejich účinné

plochy jsou občas spirálovitě stočeny. Problémem rotorů typu Savonius je také jejich menší konstrukční odolnost a větší riziko destrukce silným větrem nebo vichřicí.

Rotory typu **Darrieus** už více využívají vztlačového principu. Jejich účinné plochy mají podobu aerodynamicky tvarovaných štíhlých lišt (obr. 02), uspořádaných kolem osy rotoru na jednoduchých úchytech (konzolách, obručích), případně lukovitě prohnutých a přímo uchycených na obou koncích k horizontálně uložené ose, což lze přirovnat k hnětacímu elementu kuchyňského robota.

Oba zmíněné typy rotorů se svislou osou mají nezanedbatelnou výhodu v tom, že nepotřebují ke svému chodu směrové natáčení proti větru, pracují ve stálé poloze při jakémkoliv i proměnlivém směru větru. Jejich účinnost, daná Betzovým součinitelem výkonu, je však v porovnání s klasickou podobou větrných elektráren (horizontální osa, rotor se třemi listy) výrazně nižší. Tzv. Betzova teoretická účinnost větrného motoru, udávaná jako maximální teoretická hodnota součinitele výkonu, je 0,593. Klasický třílistý rotor pracující na vztlačovém principu může dosáhnout hodnoty 0,48, pětistý rotor 0,44, rotor typu Darrieus 0,38, pro rotor Savonius platí hodnota pouze 0,21.

Občas se konstruktéři oba popsané typy rotorů snažili a snaží různě sestavit do jednoho systému na společnou osu (obr. 03), což však více či méně vedlo ke sčítání nevýhod než výhod obou principů. Savoniův rotor reaguje na nižší rychlosti větru, má tedy rychlejší rozběh při menší rychlosti větru. Pak se ale rotor Savonius v určitém okamžiku stává brzdou účinnějšího rotoru Darrieus.



*Rotor typu Savonius (foto B. Koč)*





*Rotor typu Darrieus (foto B. Koč)*



*Kombinace rotoru Savonius s rotorem Darrieus – záběr z areálu konstrukční kanceláře VMK v Ústí nad Orlicí.  
(Foto: VMK)*

## 8.1 Příklady technologie malých větrných elektráren, které by v budoucnu mohly být vhodné

Technologie jsou dále představeny v podstatě bez úprav, jako části katalogových listů výrobců, apod.

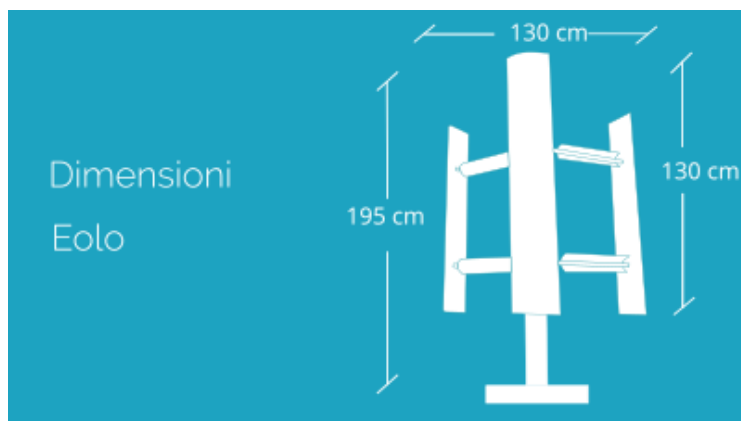
### 8.1.1 Firma MAKEMU, řada EOLO 1KW/2KW/3KW (vertikální osa)

Zajímavou firmou v oboru je společnost MAKEMU, vstoupili jsme dokonce v mailový kontakt, bohužel se nepodařilo získat relevantní, skutečně naměřená data o výrobě el. u jejich výrobků.

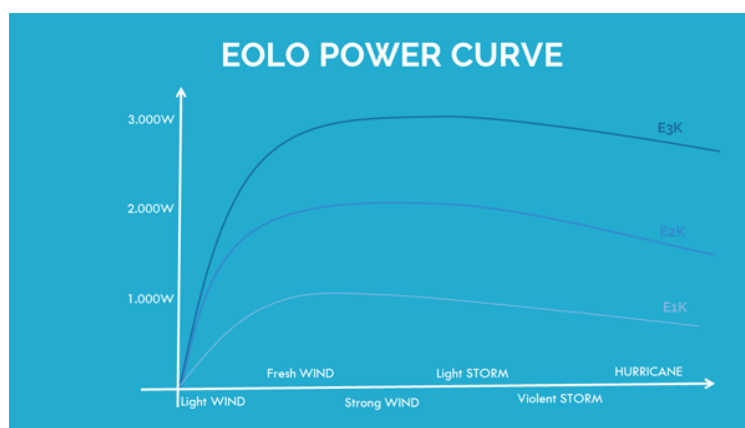
„Představujeme nejpokročilejší systém z celé řady z hlediska výkonu, konfigurace a přijatých technických řešení. Vynikající pro domácí a průmyslové použití, pro skladování (Stand Alone invertorový systém) a snížení účtů za elektřinu (Grid Connected inverter system). Instalace během několika minut bez jakéhokoli povolení.“

Všechny výhody naší řady EOLO:

- **Aktivuje se při velmi slabém větru:** startovací vítr pouze 1,9 m/s (šestilístá/1KW verze).
- **Malá velikost:** 32 kg a 130 cm v průměru.



- **Italský design:** jednoduchá a elegantní linie (Made in Italy).
- **Hybridní rotor DARRIEUS / SAVONIUS:** horizontální profil Savonius snižuje práh rozběhu a zvyšuje účinnost při nízkých otáčkách; vertikální profil **Darrieus** zachycuje velký objem vzduchu a zvyšuje účinnost při vysokých otáčkách. Výsledkem je lepší křivka výkonu.

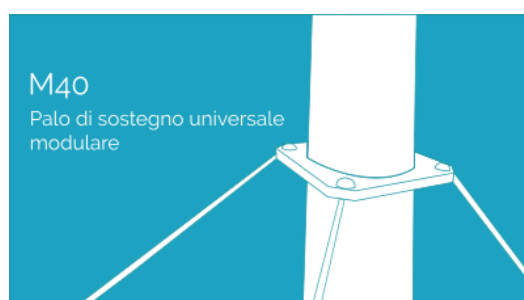


Pokud jde o MICRO WIND, pozornost by se neměla věnovat pouze výrobě (která je ve srovnání s velkými závody samozřejmě zanedbatelná), ale především nákladům (nákup, instalace a správa), které musí být co nejnižší. Dalšími prvky, které je třeba vzít v úvahu, je příjemný design a ticho, aby se bylo možné přizpůsobit městskému kontextu, ve kterém jsou instalovány. Naše MICRO WIND POWERS jsou nejlevnější a nejtišší na trhu, s výjimečným designem „made in Italy“.

- **360° zachycení větru:** na rozdíl od běžných horizontálních generátorů, které musí být orientovány proti větru, zachycují generátory s vertikální osou vítr ze všech směrů.
- **Neomezená doba trvání:** bez pohyblivých mechanických částí (pouze rotace motoru, který vyrábí energii) je doba trvání téměř neomezená.
- **Tichý:** na rozdíl od běžných horizontálních větrných generátorů, které musí pracovat při 600 otáčkách za minutu, Eolo, pracující při pouhých 60 otáčkách za minutu, neprodukuje žádný hluk.
- **Samobrzdnění:** rotory s vertikální osou jsou samobrzdicí díky své vnitřní aerodynamické povaze: po dosažení své pracovní rotace působí protivětrná lopatka jako brzda stabilizující rychlost rotace a účinnost.
- **Plug&Play:** lze je nainstalovat během několika minut bez nutnosti autorizace.
- **Možnost se šesti lopatkami:** Možnost se šesti lopatkami vám umožní zachytit dvakrát více větru při stejné jednotce objemu zdvojnásobením výkonu.



- **Přizpůsobitelná výška tyče:** EOLO se ve všech konfiguracích dodává se 130 cm vysokou modulární tyčí. Výšku sloupu můžete přizpůsobit pomocí našeho **modulárního systému M40** tak, že namontujete modulární sloupy (130 cm) na sebe a zajistíte je spojovacími tyčemi v každém kloubu.



- **Univerzální upevňovací základna:** Všechny konfigurace pro systém EOLO jsou kompletní se stožárem s univerzální upevňovací základnou, vhodnou pro montáž na jakoukoliv podpěru. (\*Montáž je na zodpovědnosti zákazníka a musí být navržena a provedena odborně podle místa a typu instalace; například na zemi, na střeše, na balkóně atd.)
- **Přizpůsobitelný inverterový systém:** Všechny naše řady lze zakoupit jak bez invertoru, tak s preferovaným inverterovým systémem ( [Stand Alone / Grid Connected](#) ), řada
- [EOLO](#) zaručuje profesionální výkon na vysoké úrovni. Lze zakoupit v následující verzi:
- Konfigurace **PLUS** : [M39](#) (větrný rotor se 3 vertikálními lopatkami DARRIEUS/6 horizontálními lopatkami SAVONIUS) + [M32](#) (alternátor) + [M37](#) (usměrňovač) + [M40](#) (130 cm tyč)
- **SAMOSTATNÁ** konfigurace : Eolo PLUS + [M46](#) (ovladač) + (baterie/není součástí dodávky) + [M24](#) (samostatný měnič)
- Konfigurace **GRID CONNECTED** : Eolo PLUS + [M46](#) (ovladač) + (baterie/není součástí dodávky) + (1x, 2x, 3x) [M34](#) (Inverter Grid Connected)

<b>Napájení</b>	3 kW
<b>Konfigurace</b>	Plus
<b>Číslo čepele</b>	6 lopatek

Cena za uvedenou sestavu informativní, bez dotace cca 1.930,-- EUR.

Z výše uvedeného je zřejmé, že pokud by jednotky pracovaly celoročně s průměrným výkonem např. 1,0 kW (tj. třetinovým, než jmenovitý), tak by baterie např. 4 jednotek vyrobila cca 100 kWh za den, což již není zanedbatelné množství, to vše za cenu cca 170.000,--Kč bez DPH (s příslušenstvím, bez baterií). Jak jsem však psal v úvodu, technologie zatím není zcela zralá na použití v areálech zadavatele (samozřejmě v Jeseníkách a na přilehlých pláních již úspěšně provozovat lze).

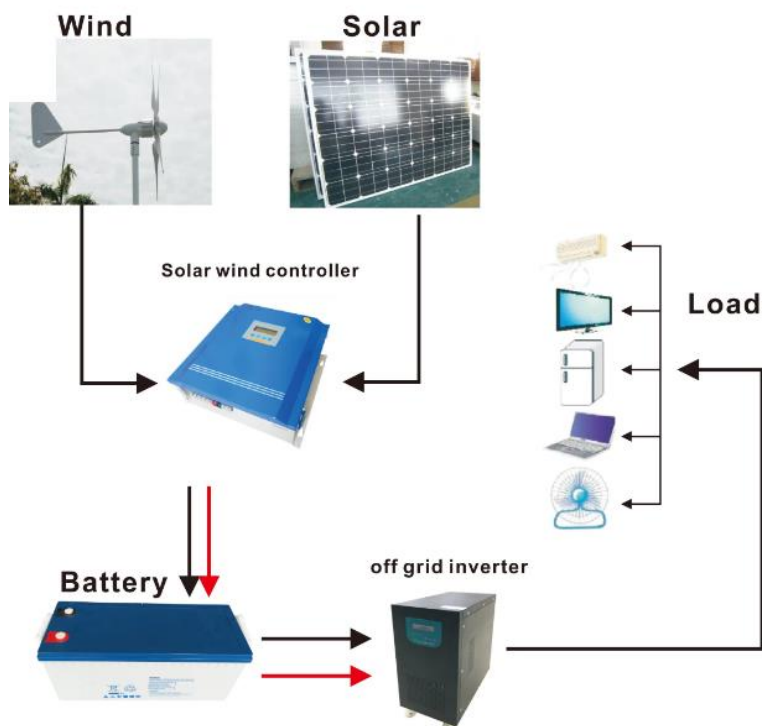
#### 8.1.2 HY-3000L 5BLADES (220V) – horizontální osa



*Malá větrná elektrárna pro nízké úrovně rychlosti větru od 2m/s pro různé použití*

Orientační cena sestavy cca 70.000,-- Kč bez DPH

Z uvedených dvou příkladů sestav s vertikální osou a horizontální osou je patrné, že se cenově příliš neliší. Sestavy s vertikální osou by měly mít nižší hlučnost a vyšší odolnost vůči silnému větru, obecně povětrnostním vlivům.



Opět schématické znázornění propojení FVE, MVE s napájením spotřebičů ve firmě/domácnosti.

### 8.1.3 Pro info – zpráva z médií

Pro ilustraci, že se ve větrné energetice blýská na lepší časy:

**„Nové „větrné desatero“ a změny zákonů pro zjednodušení výstavby větrných elektráren a dalších obnovitelných zdrojů právě představil ministr průmyslu a obchodu Jozef Síkela, předseda Komory obnovitelných zdrojů Štěpán Chalupa a zástupci kraje a obcí. Společná tisková konference se konala u příležitosti oslav světového Dne větrné energie. Větrné desatero poradí zastupitelům v obcích, jak nejlépe přistupovat k nabídkám na stavbu větrné elektrárny. Vláda ve středu projedná zákon, který již brzy umožní sdílet energii z větru a dalších obnovitelných zdrojů domácnostem, obcím i podnikatelům.**

*„Větrná energetika může pro nás být velmi přínosná. Rozvoj tohoto odvětví znamená nejen posílení energetické bezpečnosti naší země a lepší ochranu životního prostředí, ale také nové pracovní příležitosti a podporu místní ekonomiky,“ říká ministr průmyslu a obchodu Jozef Síkela a dodává: „Proto její rozvoj podporujeme. Zjednodušujeme povolovací procesy pro instalace nových elektráren a máme k dispozici mnohamiliardové dotační programy. Výrazně by s jejím rozšířením mohla pomoci i naše novela energetické zákona, která umožní vznik komunitní energetiky.“*

**Štěpán Chalupa, předseda Komory obnovitelných zdrojů energie, řekl:** „Oceňujeme, že se vláda pustila do zjednodušování podmínek pro rozvoj obnovitelných zdrojů i to, že řada z nich je již hotová a další se připravují. Potřebujeme rychlé dokončení a naučit stavebníky i úředníky s novými pravidly rychle pracovat. A čerstvá novinka, Lex OZE 2, myslím bude, bez nadsázky, pro energetiku zákon roku. S ním přichází energetika 21. století.“

#### **Provozovatelé dnes otevřely brány svých větrných elektráren**

Dnešní společná tisková konference se konala u příležitosti světového Dne větrné energie. Ten v Česku slavíme už od roku 2006. Oslavy větrné energie se dnes až do 16 hodin konají na dalších třech lokalitách po celém Česku: v Drahanech na Prostějovsku, v Horní Řasnici na Liberecku a ve Věžnici na Havlíčkobrodsku (detail).

### Větrné desatero - nový průvodce pro obce

Obce se dozvědí, jak přistupovat k nabídkám zástupců větrných firem. Větrné desatero připravila Česká společnost pro větrnou energii společně s Komorou obnovitelných zdrojů energie a Ministerstvem průmyslu a obchodu.

#### ČR: pouze 1 % elektřiny z větru

Elektřinu pro domácnost na jeden den vyrobí větrná elektrárna za půl minuty. Z větru ale v Česku pochází jen přibližně 1 % spotřebované elektřiny, přitom celoevropský průměr činí 17 % (WindEurope 2023). Česko v rozvoji větrné energetiky zaspalo, nyní se ale blýská na lepší časy.

Podle analýz Akademie věd by tuzemské větrné elektrárny mohly pokrýt celou spotřebu elektřiny ČR, a to po zohlednění reálných větrných podmínek i hlavních objektivních omezení, jako je například vyloučení výstavby ve zvláště chráněných územích či respektování přísných hlukových limitů. S ohledem na další požadavky ochrany přírody a nejrůznější jiná omezení technického, ekonomického i společenského rázu lze však očekávat, že v budoucnosti zajistí zhruba čtvrtinu až třetinu roční spotřeby elektřiny v Česku.

### Wind of Change - blýská se na lepší časy

Ministerstva zjednodušují povolovací procesy, občané, obce i podnikatelé budou moci již brzy sdílet levnou elektřinu z větru i jiných obnovitelných zdrojů, ať už jako zákazníci nebo v komunitě. Digitalizuje se energetika, do které se připravuje i flexibilita, agregace či akumulace s využitím všech technologií „Vítr je nejrychleji se rozvíjejícím odvětvím energetiky posledních let celosvětově. Zrychlení povolovacího procesu je tedy jediná cesta, jak pomoci tomuto oboru obnovitelné energetiky i u nás. Na misky vah stavíme dominantní technický prvek v krajině a získávání čisté a levné energie bez politické závislosti.“ řekl Michal Janeček, předseda České společnosti pro větrnou energii“

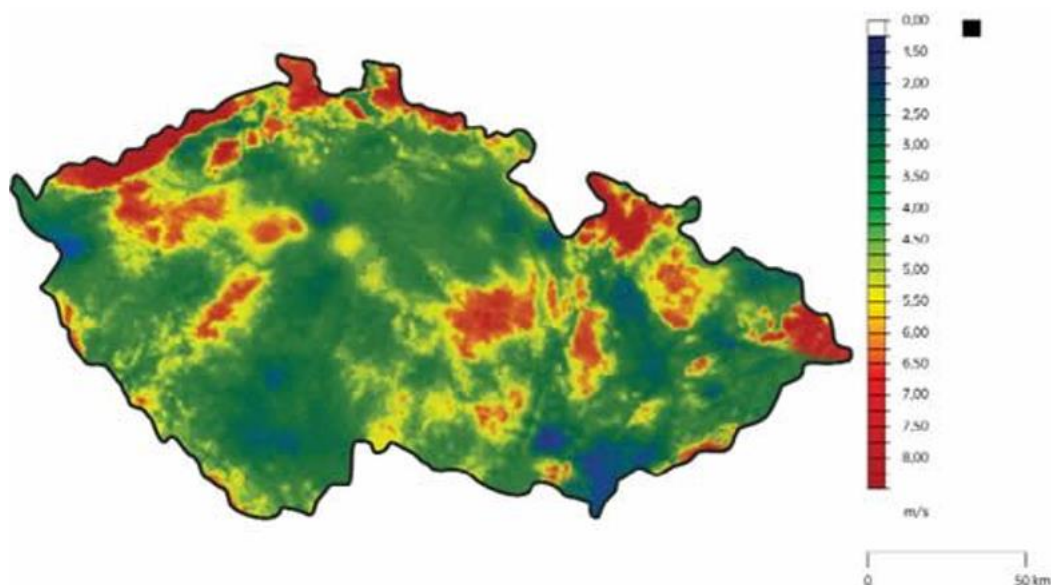
#### 8.1.3.1 Instalace větrných elektráren podle jednotlivých krajů k 1. březnu 2012

Kraj	Instalovaný výkon	Kraj	Instalovaný výkon
Zlínský	0,23 MW	Olomoucký	39,2 MW
Jihomoravský	8,25 MW	Pardubický	19,2 MW
Karlovarský	40,0 MW	Středočeský	6,0 MW
Liberecký	6,1 MW	Ústecký	87,0 MW
Moravskoslezský	4,0 MW	Vysočina	11,8 MW

*Zdroj: Česká společnost pro větrnou energii*

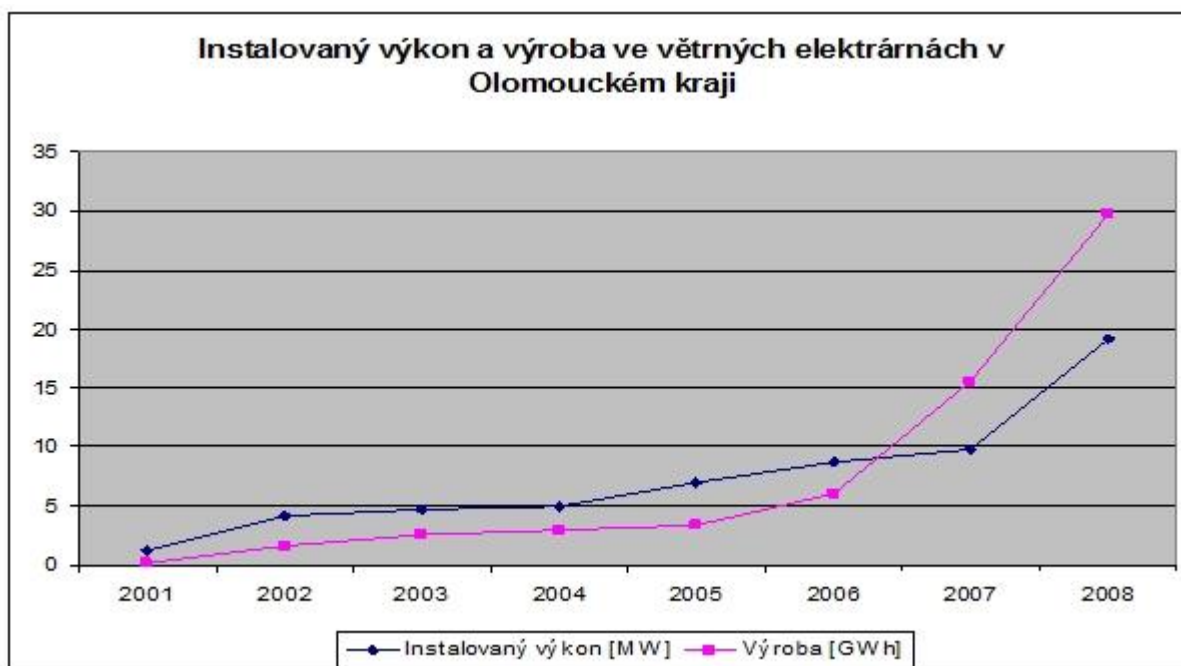
Využití větrné energie pro oblast RD a menších areálů, objektů – je v ČR dosud problematická. Důvodem jsou především nestálé povětrnostní podmínky v různých lokalitách.

Větrná mapa území ČR:



Podíl výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice roste, významné přírůstky vykazuje zejména větrná energetika. V Olomouckém kraji se loni vyrobilo více než 30 tisíc MWh elektřiny, což znamená pokrytí spotřeby více než 20 tisíc lidí. Vyrobená elektřina z větru v Olomouckém kraji za minulý rok již snese zajímavé srovnání: V uhelných elektrárnách by se při stejné výrobě elektřiny spálilo uhlí, dovezené nákladním vlakem o délce téměř 10 kilometrů.

K r.2008 stojí na území Olomouckého kraje 32 větrných elektráren o celkovém instalovaném výkonu 37,2 MW. Vzhledem k naplňování závazku České republiky vůči Evropské unii, který do roku 2020 počítá s 13,5% podílem obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektřiny, uvažuje ČSVE v případě Olomouckého kraje o potenciálu 63 MW instalovaného výkonu.





## 8.2 Doporučení

Budoucí instalace malých větrných elektráren na některých objektech zadavatele pokládáme za jednu z nejsmyslupnějších cest k úsporám energie, aplikace OZE i alespoň částečného vykrytí potřeb jednotlivých PO směřujících s nadsázkou až k co nejvyšší soběstačnosti. Dle našich zjištění technologie mikro větrných elektráren dosud není na natolik „profesionální“ úrovni, aby bylo smysluplné její využití i pro oblasti s horšími podmínkami, které kromě oblasti Jeseníků většinou na území Olomouckého kraje jsou. Po překonání technologických dětských nemocí by vize měla být v „bateriích“ MVtE o 4 až 6 jednotkách (dle podmínek pozemku, střech, apod.), pravděpodobně s vertikální osou a v kombinaci s FVE pro vykrytí zimního období, nocí, apod. Odhad reálných, technologicky pokrytých instalací MVtE je teprve od 2026 dále...



## 9 Hydroenergetika

Vzhledem k „obnovitelnosti“ vodních toků a dlouholetému využívání této formy energie již od dob vodních mlýnů, hamrů, atd., je zde kapitola věnována i této problematice. Je možné, či dokonce pravděpodobné, že i v areálu zadavatele může být vodní tok/vhodný pozemek, kde by se dala malá vodní elektrárna realizovat. Samozřejmě jiná je situace u měst a obcí na území Olomouckého kraje, kde je pravděpodobnost revitalizace, nebo vzniku malé vodní elektrárny významně vyšší.

### 9.1 Vodní elektrárny v ČR, princip, rozdělení

Vodní elektrárny se řadí mezi obnovitelné zdroje energie, což je dáno využíváním hydrologického cyklu, neboli stálého koloběhu vody na Zemi. Původem této energie je sluneční záření dopadající na naši planetu. Neprodukují při výrobě elektřiny žádné emise a jsou tedy vhodným energetickým zdrojem v moderním pojetí energetiky, které se vyznačuje snahou o snížení emisí skleníkových plynů.

Je možné je konstruovat od těch nejmenších průtočných elektráren o výkonech v řádu desítek kW až po megalomanské přehradní elektrárny s výkony v řádu tisíců MW. Navíc se pyšní schopností rychlého najetí na plný výkon a mohou sloužit jako zdroje pro start ze tmy, neboli „nastartovat“ celou soustavu po blackoutu. Ve vodních elektrárnách je využíváno energie vodních toků v podobě potenciální a kinetické energie.

**Potenciální energie** – polohová, tlaková energie. Vzniká důsledkem působení gravitace a závisí na spádu neboli výškovém rozdílu hladin.

**Kinetická energie** – závisí na rychlosti proudění toku.

V České republice nejsou podmínky pro budování velkých obnovitelných děl ideální především z důvodu nedostatečného spádu a množství vody. Podíl vodních elektráren na celkové výrobě je tedy poměrně nízký a využívá se spíše jejich schopnosti rychlého najetí na vysoký výkon a tedy jejich příznivý vliv na regulaci elektrizační soustavy.

#### 9.1.1 Princip funkce vodní elektrárny

Přitékající voda předává svou kinetickou, resp. potenciální energii turbíně, která roztáčí generátor připojený ke společné hřídeli. Rotační energie se v generátoru mění na základě elektromagnetické indukce na energii elektrickou. Soustrojí turbíny a generátoru dohromady tvoří tzv. turbogenerátor.

Výkon turbíny závisí na velikosti spádu, průtoku vody turbínou a její účinnosti.

$$P = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \cdot \mu \quad [\text{W}],$$

kde  $\rho$  je hustota vody [1000 kg/m<sup>3</sup>],  $Q$  průtok [l/s],  $g$  tíhové zrychlení [m·s<sup>-2</sup>],  $H$  spád [m] a  $\mu$  účinnost turbíny

#### 9.1.2 Vodní turbíny

Pracovním prvkem turbín je oběžné kolo, ve kterém je u rovnotlaké turbíny využívána kinetická energie, v případě přetlakové turbíny z části i tlaková energie vody. Vodní elektrárny vyžadují využití turbín mnoha typů a rozměrů v závislosti na podmínkách konkrétní instalace.

### 9.1.3 Rozdělení turbín z hlediska způsobu přenosu energie

**Rovnotlaké** – tlak vody se při průchodu vody nemění, využívá se tedy pouze kinetické energie vody. Rovnotlaké turbíny jsou označovány jako akční turbíny.

**Přetlakové** – tlak vody je před oběžným kolem větší než za ním, v tomto případě je tedy částečně využita i tlaková energie vody. Přetlakové turbíny jsou označovány jako reakční.

### 9.1.4 Rozdělení turbín z hlediska polohy hřídele

- Horizontální
- Vertikální
- Šikmé

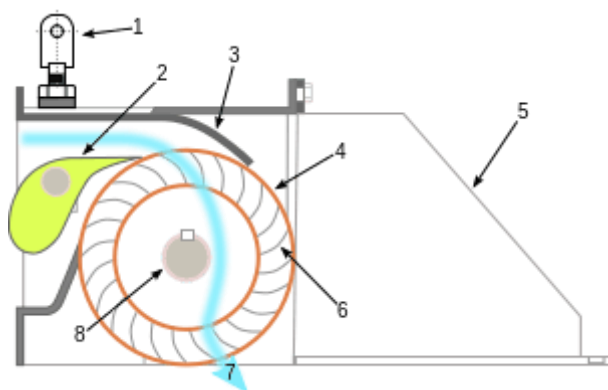
### 9.1.5 Nejčastější typy vodních turbín

**Francisova turbína** – jedná se o nejdéle používaný typ moderní turbíny. Využívá se pro velké průtoky a spády a umožňuje využití jako čerpadlová turbína v přečerpávacích vodních elektrárnách, kdy při opačném směru otáčení funguje jako čerpadlo. Řadí se mezi přetlakové turbíny s radiálně-axiálním prouděním vody skrze oběžné kolo. Regulace je zajištěna pomocí natáčivých rozváděcích lopatek.

**Kaplanova turbína** – tato turbína vznikla vylepšením vrtulové turbíny profesora Kaplana a konstrukčně je složitější než Francisova. Jedná se o přetlakovou axiální turbínu. Lopatky oběžného kola je možné regulovat hydraulicky, případně mechanicky u menších turbín, Kaplanova turbína díky tomu dosahuje vysoké účinnosti v širokém pásmu průtoků.

**Peltonova turbína** – rovnotlaká turbína využívající tzv. dýzy, ve které se tlaková energie vody mění na kinetickou energii paprsku vstřikovaného na lopatky turbíny. Regulace je zajištěna změnou výtokového otvoru dýzy. Lopatky jsou korečkového typu (miskovitý tvar) a jsou umístěny po obvodu turbíny. Díky svému tvaru je vhodná pro velké spády.

**Bánkiho turbína** – rovnotlaká turbína využívaná pro malé a střední spády. Zajímavostí u této turbíny je, že voda prochází přes lopatky dvakrát, při vstupu do oběžného kola a následně i při jeho opuštění.



*Bánkiho turbína*

## 9.2 Rozdělení vodních elektráren

### 9.2.1 Podle instalovaného výkonu

- malé (MVE) – do 10 MW

- střední – do 100 MW
- velké – nad 100 MW

#### 9.2.2 Podle využívaného spádu

- nízkotlaké – spád do 20 m
- středotlaké – spád od 20 do 100 m
- vysokotlaké – spád nad 100 m

#### 9.2.3 Podle využití vodního toku

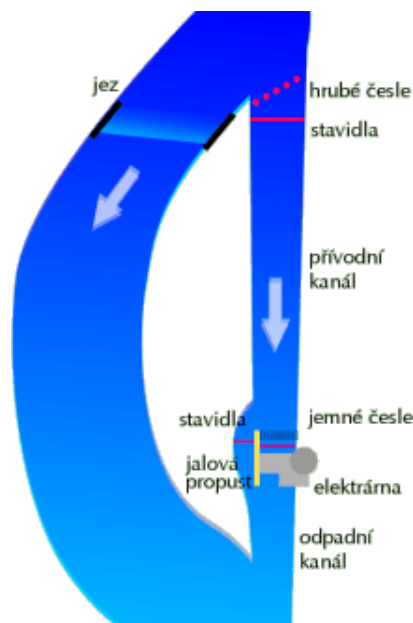
##### 9.2.3.1 Průtočné vodní elektrárny

**Průtočná vodní elektrárna** využívá přirozený průtok řeky, který nelze ovlivňovat. Při překročení průtoku, na který je elektrárna dimenzována (závislý na hltnosti turbíny) je přebytečné množství vody odvedeno bez využití.

Průtočné elektrárny se následně dělí na jezové a derivační.

**Jezové vodní elektrárny** využívají jezu pro vzednutí hladiny a soustředění spádu. Spád se v tomto případě pohybuje mezi 10-20 m a jedná se tedy o nízkotlaké vodní elektrárny.

**Derivační elektrárny** využívají derivačního přivaděče (potrubí, kanálu, štoly), který odvádí vodu z koryta řeky k turbíně vodní elektrárny. Následně je voda odpadním kanálem vrácena zpět do řečiště. Derivačního kanálu se využívá takovým způsobem, aby se část řeky zkrátila a tím se zvýšil využívaný spád.



Využití derivačního kanálu. Zdroj: ČEZ

Průtočné elektrárny jsou z důvodu nemožnosti regulace průtoku vody, resp. její nehospodárnosti využívány pro pokrytí základního zatížení.

### 9.2.3.2 Akumulační vodní elektrárny

Akumulace vody a spád je zajištěn přehrazením řeky přehradní hrází. Bývají umístěny ihned pod přehradou – přehradní vodní elektrárny, případně jsou s přehradou spojeny tlakovým přivaděčem – přehradní derivační vodní elektrárny.

**Akumulační elektrárny** využívají řízeného odběru vody z akumulací nádrže podle potřeb elektrizační soustavy. Pokrývají pološpičkové (elektrárny s denní akumulací), či špičkové zatížení (vysokotlaké akumulací elektrárny).

Mimo akumulace elektrické energie stabilizují vodní toky a chrání tak před povodněmi. Nádrže jsou také v mnoha případech zdrojem pitné vody pro vodárny, či technologické vody pro průmysl a zemědělství.

#### Přečerpávací vodní elektrárny

Přečerpávací vodní elektrárny slouží jako akumulátor elektrické energie z jiných zdrojů a pokrývají špičkové zatížení.

Využívají dvou různě výškově položených vodních nádrží a akumulují energii v podobě potenciální energie vody. Ta je čerpána do výše položené nádrže za využití přebytečné elektrické energie především při vysoké výrobě obnovitelných zdrojů. Při potřebě elektrické energie naopak voda proudí skrz turbínu a generátor v tomto případě dodává energii do elektrizační soustavy.

Akumulace může být řešena uměle, tzn. veškerá voda je čerpána z dolní nádrže, nebo smíšeně, kdy část vody proudí do horní nádrže přirozeným způsobem z říčních toků.

### 9.2.4 Vodní elektrárny v ČR

V České republice bylo k 30. září 2016 v provozu 9 velkých vodních elektráren (instalovaný výkon nad 10 MW) s celkovým instalovaným výkonem 753 MW a 1 614 malých vodních elektráren (MVE) s celkovým instalovaným výkonem 348 MW. Kromě klasických vodních elektráren jsou v ČR provozovány 3 přečerpávací vodní elektrárny s celkovým instalovaným výkonem 1 175 MW.

### 9.2.5 Malé vodní elektrárny v Olomouckém kraji

Rok	Počet MVE
2002	115
2003	128
2004	139
2005	144
2006	146
2007	149
2008	151
2009	154
2010	157
2011	156
2012	159

Rok	Počet MVE
2013	163
2014	166
2015	168
2016	168
2017	168
2018	168
2019	168
2020	168
2021	168
2022	165
2023 (červen)	165

## 10 Kogenerační jednotky

Na základě aktuálního vývoje energetiky v ČR (postupný rozvoj elektromobility, rozvoj FVE, překotné instalace el. tepelných čerpadel, zvyšování počtu klimatizací, resp. tepelných čerpadel vzduch/vzduch, budoucí odstavování uhelných elektráren, atp.), jsme zařadili do předkládaného materiálu i kapitolu, týkající se kogeneračních jednotek (KGJ). Tento způsob výroby elektrické/tepelné energie pokládáme v současnosti za velmi žádoucí a pokud bude zvyšován počet kogeneračních jednotek (jako špičkového zdroje), mj. se výrazně sníží rizika při provozu el. sítě. Z tohoto důvodu jsme zařadili do předkládaného materiálu Studii, zpracovanou pro zadavatele, ne jeho konkrétní objekty.

### 10.1 Účel studie

Účelem studie je předběžná analýza vhodnosti zavedení kombinované výroby elektřiny a tepla (KVET) ve formě instalace kogeneračních jednotek (KGJ) ve vybraných areálech příspěvkových organizací Olomouckého kraje.

Hlavními rozhodovacími kritérii budou ekonomické a technické možnosti instalace KGJ s ohledem na reálné využití vyrobené energie v rámci jednotlivých areálů. Důležitým aspektem je rovněž možnost využití nového zdroje pro nouzové zásobování v případě výpadku dodávek elektřiny.

### 10.2 Vstupní data

Podklady, z nichž studie vychází, byly obdrženy od zadavatele formou prostého seznamu objektů / areálů. Jedná se o organizace s celkovou roční spotřebou zemního plynu nad 600 MWh. Dále jsme od zadavatele obdrželi tyto podklady:

- Výzva k poskytnutí plnění č. 12 na základě smlouvy o poskytování energetických služeb č. 2018/00284/OSR/DSM
- Seznam vytipovaných PO pro KVET
- Odběrový diagram 2018 VN pro KVET OK
- Spotřeby energií jednotlivých areálů PO v roce 2018
- Přehled plánovaných oprav a investic vybraných PO 2019–2020
- Studie KVET zpracovaná E-resources, s.r.o.

### 10.3 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, obecná teorie

Stať se zabývá obecně specifikací vhodných oblastí využití malých kogeneračních jednotek do výkonu desítek kW využívajících fosilní paliva i obnovitelné zdroje energie v komunální a průmyslové sféře. Analyzuje výhody a nevýhody kogeneračních jednotek na bázi spalovacích motorů, plynových turbín a parních motorů včetně jejich postavení v elektrizační soustavě.

#### 10.3.1 Úvod

Kogenerace (KVET) je společná výroba elektrické energie a tepla a přináší nezpochybnitelné úspory primárních energetických zdrojů oproti oddělené výrobě obou energetických produktů. V posledním desetiletí vlivem zvyšujícího se tlaku na energetické úspory se dočkaly praktických realizací i některé složitější kogenerační technologie – trigenerace a polygenerace.

Z historických důvodů byla v minulosti v ČR využívána pouze "velká" centralizovaná kogenerace, tzv. teplárenství s rozsáhlými soustavami CZT (centralizované zásobování teplem). Ještě před cca 30 lety byla cena tepla pro spotřebitele cca 17,- Kč/GJ, a tedy nikdo neměl snahu a odvahu využívat kvůli úsporám primárních zdrojů energie i malé kogenerační jednotky. Teprve ve chvíli, kdy byly obecně ceny všech energií liberalizovány, se ukázala známá pravda, že úspory energie vznikají zejména ekonomickým tlakem. Až tehdy vznikl prostor pro zcela nový segment energetiky – malé teplárenství pro který se uchytil mj. název "kogenerace". Výhod teplárenské výroby se začalo využívat pro energetické jednotky použitelné pro vytápění již od velikosti bytu nebo řemeslnické dílny. Ve snaze o podporu rozvoje malé kogenerace ze strany státu byly přijaty i některé netržní zásahy, které cenové relace mezi jednotlivými energetickými zdroji deformovaly. Vlastníci velkých teplárenských soustav vnímají tuto skutečnost jako diskriminační. Společně s tzv. fenoménem "úspor" vzniklých zateplováním objektů a odpojování některých odběratelů (průmyslových, komunálních) se zhoršuje postavení velkých tepláren na volném trhu s teplem – úspory primárních zdrojů jsou vázány na technické možnosti teplárny, především účinnost vlastního zdroje a technický stav včetně tepelných ztrát rozvodů soustav CZT.

Úsporu primárních paliv v teplárně oproti oddělené výrobě lze vyjádřit na základě rozdílu přivedeného tepla do jednotlivých výroben (elektrárna, kotelna a teplárna) s uvažováním dílčích účinností oddělených výroben a teplárny:

$$\Delta Q = \frac{E}{\eta_e} + \frac{Q_d}{\eta_v} - \frac{E + Q_d}{\eta_{tep}}$$

kde:

E – elektrický výkon tepelného stroje

Q<sub>d</sub> – tepelný výkon dodávaný do teplárenské soustavy

η – účinnost odpovídající jednotlivým výrobnám (elektrárna, výtopna, teplárna)

Jak je vidět ze vztahu pro úsporu primárního paliva v teplárně, tak vysoké účinnosti oddělené výroby elektřiny a tepla v nových elektrárenských zdrojích (PPC, nadkritické bloky) a moderní úsporné kotelny výrazně smazávají dosavadní výhody teplárenských úspor primárních zdrojů paliv zejména v starších rozsáhlých soustavách CZT.

Decentralizované a mikrokogenerační zdroje, prakticky beze ztrát tepla v sítích a rozvodech, mohou být v moderních energetických soustavách vhodným energetickým doplňkem – ale nikoliv náhradou!

Celkovou účinnost kogenerace lze posuzovat dle celkové tepelné účinnosti teplárny:

$$\eta = (E + Q_d) : Q_{pal}$$

kde:

Q<sub>pal</sub> – tepelný příkon přivedený do teplárny v palivu

Podstatně důležitější pro investora je v souvislosti s cenovými relacemi na trhu s teplem a elektrickou energií znalost hodnoty teplárenského modulu (e) dané technologie, který jasně určuje poměr mezi elektrickým výkonem tepelného stroje (E) a dodávaným tepelným výkonem (Q<sub>d</sub>):

$$e = E / Q_d$$

Pro ilustraci uvádíme číselné hodnoty základních charakteristik kogeneračních technologií.

Tabulka 9 Základní charakteristik kogeneračních technologií

Pohonná jednotka	Používané palivo	Rozsah výkonů [MW <sub>E</sub> ]
Parní turbína	libovolné	0,05 - 200
Spalovací turbína	zemní plyn, LTO, bioplyn, produkty zplyňování	0,2 - 250
Paroplynový cyklus	zemní plyn, LTO, bioplyn, produkty zplyňování	5–450
Spalovací motor	zemní plyn, LTO, bioplyn, produkty zplyňování	0,01 - 10
Stirlingův motor	zemní plyn, biopalivo	0,001 - 0,03
Mikroturbína	zemní plyn, LTO, bioplyn, produkty zplyňování	0,01 - 0,25
Palivový článek	LPG, zemní plyn, bioplyn, plynné odpady, etanol	0,005 – 2

## 10.4 Decentralizovaná kogenerace

Zde je použit tepelný stroj o elektrickém výkonu v řádu desítek až stovek kW<sub>E</sub> a tomu odpovídající dle teplotního modulu i velikost tepelného výkonu. Tyto kogenerační jednotky obvykle nejsou napojeny na žádnou rozsáhlou teplotní soustavu a řeší požadavky konkrétních odběratelů v dané lokalitě. Převážně využívají jako tepelný stroj spalovací motory, zejména kvůli jejich kompaktnosti a jednoduché obsluze. Velikost zdroje je pravidelně dimenzována dle tepelného příkonu objektu, někdy s uvažováním přiměřené akumulace pro vyrovnaní kolísání spotřeby tepla v objektu.

## 10.5 Mikrokogenerace

Naprostě individuální použití principu společné výroby elektrické energie a tepla pro objekt velikosti rodinného domu/bytu nebo řemeslnické dílny s elektrickým výkonem od 1 kW maximálně do 15 kW (TEDOM uvádí až do 50 kW). Instalaci mikrokogenerační jednotky přímo v objektu odpadá ztráta v teplotních sítích. Řízení provozu je zcela individuální a umožňuje případné napojení na "smart grids".

Velikost zdroje je opět dána teplotním příkonem objektu a elektrický výkon pouze odpovídá poměru teplotního modulu pro daný druh tepelného motoru. Mikrokogenerace je z technických důvodů zatím téměř 100% vázána na komerční spalovací motory s vnitřním spalováním a na použití ušlechtilého (plynného) paliva. Použití jiných levnějších druhů paliv, jakým je například bio-palivo (pevné, plynné), je vázáno na investičně náročná a zatím v praxi málo ověřená řešení. Stejně tak i jiný typ tepelného motoru např. tepelný stroj s vnějším přívodem tepla se zatím prakticky nepoužívá (zplyňování, parní stroj, Stirlingův motor).

### 10.5.1 Rozdělení kogeneračních jednotek

#### A) Kogenerační jednotky se spalovacím motorem

- **výhody:** široký rozsah použitých paliv – kapalné (nafta, bio-rostlinné oleje) a plynné (ZP nebo bioplyn-skládka, ČOV, důlní plyny). Rychlé starty, alternativní paliva, dostupný servis, široký rozsah výkonů, ostrovní provoz se snadnou možností regulace výkonu.
- **nevýhody:** periodické vnitřní spalování limituje použití některých paliv (popeloviny, dehty, čistota paliva) a vznik emisí NO<sub>x</sub> a CO. Omezená životnost motoru vzhledem k opotřebení pohybujících se částí – náklady na GO a periodické revize.

Obrázek 10 Mikrokogenerační jednotka TEDOM



#### B) Malá plynová turbína

- **výhody:** široký rozsah použitých paliv, menší nároky na jeho čistotu (plynná i kapalná). Spalování ve spalovací komoře je kontinuální, tedy emise znečišťujících látek NO<sub>x</sub> jsou cca 10x nižší než u spalovacích motorů. Turbína jako celek má málo pohyblivých dílů, žádný translační pohyb, z toho plyne dlouhá životnost stroje, jsou použita vzduchová ložiska.
- **nevýhody:** nižší účinnost (rotační stroj), proto se používá regenerace tepla, výkony až cca od 30 kWe (např. CAPSTONE – USA). Velmi vysoké otáčky vyžadují vysokofrekvenční generátor a měnič frekvence. Mechanickou převodovku nelze použít.

Plynné palivo je nutno stlačovat do spalovací komory (přídavná práce snižuje účinnost).

Obrázek 11 Kogenerační jednotka s plynovou mikroturbínou CAPSTONE





### *C) RC cyklus s vodní parou a malý parní stroj*

- **výhody:** použité palivo do cyklu bez omezení – lze spálit všechno, jedná se o tepelný stroj bez vnitřního spalování – kontinuální proces spalování v kotli, možnost řízení a omezení emisí. Regulace výkonu motoru je možná klouzavými parametry páry, vhodné pro malé kotle, kde se obtížně dodržují konstantní jmenovité parametry páry. Výkony od jednotek kW, jednoduchá konstrukce, nízkootáčkový generátor spojen přímo bez převodovky.

Možnost uplatnění parního stroje malého výkonu v kombinovaném cyklu s pístovým spalovacím motorem ("pístový" paroplynový oběh) - zejména pro bioplynové stanice a skládky TKO, kde kogenerační jednotky se spalovacím motorem nemají zajištěn dostatečný odvod zbytkového tepla.

- **nevýhody:** přenos tepla v páře se změnou fáze (vypařování izobaricko-izotermický děj) a poměrně vysoké tlaky v systému. Na mikrokogeneraci je složitá technologie cyklu – úprava vody, napájecí nádrž a čerpadlo, obvykle kvalifikovaná obsluha.

Obrázek 12 Malý parní stroj TENZA integrovaného v kontejneru



#### D) ORC-cyklus

- **výhody:** nižší parametry pracovní látky než u vodní páry, lze využít odpadní (nizkopotenciální) teplo cca od 120 °C k efektivní výrobě elektrické energie (pevnostní dimenzování, kvalifikace obsluhy). Ostatní výhody RC cyklu jsou zachovány (palivo atd.). Jednoduchá rotační tepelná turbína bez převodovky (nízkootáčková).
- **nevýhody:** obvykle více pracovních látek pro transformaci energie (termo-olej, silikonový olej), složitost cyklu pro mikrokogeneraci a vysoká měrná investiční náročnost.

#### 10.6 Shrnutí

Mikrokogenerace a decentralizovaná kogenerace je vhodným doplněním "velkého" teplárenství v určitých lokalitách a vždy pouze pro specifické podmínky provozu. Není to univerzální lék na dodávky tepla do hustě osídlených lokalit. Vždy musí být komplexně posouzeno environmentální hledisko, zejména celkové produkované emise znečišťujících látek a hluk. Známý jsou odstrašující případy rozpadu teplárenských soustav v některých městech a jejich následná decentralizace s produkcí znečišťujících látek z mnoha nízkých komínů přímo na obytných budovách.

Zatím je mikrokogenerace z technických důvodů jednoznačně vázána na spalovací motory s vnitřním spalováním a na použití ušlechtilého (zejména plyného) paliva. **Proto, pokud není netržním způsobem zvýhodněn zpětný výkup elektrické energie do sítě, není při současných cenách paliva a elektrické energie mikrokogenerace konkurenceschopná.** Použití jiných levnějších druhů paliv, jakým je například biomasa a bioplyn, je vázáno na technicky složitá a investičně náročná zatím v praxi málo ověřená řešení, která představuje např. tepelný stroj s vnějším přívodem tepla (Stirlingův motor) nebo metody zušlechťování energie z biomasy (zplyňování).

Nejnovějším vývojovým trendem v mikrokogeneraci je vzestup zájmu o termoelektrické aplikace. Termoelektrické generátory byly doposud používány převážně pro aplikace, kde jejich spolehlivost, absence pohyblivých částí a tichý provoz převažovaly jejich vyšší cenu a malou účinnost (typicky kolem 5 %), typicky kosmický průmysl. S rozvojem nových polovodičových materiálů a výrobních postupů se však stávají termoelektrické generátory dostupnějšími i účinnějšími. Dokladem je aktivita vývojových pracovišť automobilových výrobců v oblasti integrace termoelektrického generátoru do výfukového systému motoru pro zvýšení celkové účinnosti transformace energie.

#### 10.6.1 Praktický případ využití KGJ – realizovaná akce

Klient navrhuje v areálu instalovat a provozovat kogenerační jednotku INdoor MGM 200o elektrickém výkonu 200 kWe a tepelném výkonu 242 kWt. Provoz KGJ je uvažován v rozmezí 2 600 až 3 000 hodin ročně, průměrná roční zátěž KGJ je předpokládána ve výši 95 %.

Elektrický výkon by byl vyveden do stávající trafostanice na straně NN, případně do vhodné rozvodny, a vyrobená silová elektřina by byla spotřebována v areálu závodu. Podobně by bylo využito odpadní teplo a to tak, že chladicí okruh KGJ by byl napojen na stávající teplovodní systém zásobování teplem areálu v místě strojovny, kde je umístěn rozdělovač a sběrač. Podklady, které má zpracovatel k dispozici, neinformují o tom, zda je součástí návrhu akumulární nádoba a jaký má případně objem. V simulaci provozu a ověření ekonomických přínosů tohoto opatření uvažuje zpracovatel s instalací akumulární nádoby o objemu 20 m<sup>3</sup>, která může být součástí dodávky kogeneračních jednotek a slouží pro vyrovnaní špiček ve výrobě a odběru tepla při provozu KGJ. Dalším záměrem klienta je rovněž využívat KGJ jako záložní zdroj elektrické energie v případě výpadku dodávky z distribuční soustavy.

Obrázek 13 Kogenerační jednotka MOTORGAS



Tabulka 10 Ověřovací tabulka ekonomiky provozu KGJ

Vyhodnocení přínosu instalace KJ		Cenová úroveň, rok 2017					
Roční údaje		Před nasazením KJ			Po nasazení KJ		
	Jednotka	Množství	Cena	Náklad	Množství	Cena	Náklad
<b>Elektřina</b>							
Nákup silové el., VT	MWh	1297,0	1406	1 823 582 Kč	780,7	1406	1 097 649 Kč
Nákup silové el., NT	MWh	0,0	0	0 Kč	0,0	0	0 Kč
Použití sítí	MWh	1297,0	39,49	51 219 Kč	780,7	39,49	30 829 Kč
Daň z elektřiny	MWh	1297	28,3	36 705 Kč	780,7	28,3	22 093 Kč
Rezervovaná kapacita	MW	0,4	131263	52 505 Kč	0,4	131263	52 505 Kč
Ostatní služby	MWh	1297,0	124,15	161 023 Kč	1297,0	124,15	161 023 Kč
Za lokální spotřebu výrobce	MWh		-74,46	0 Kč	516,3	-74,46	-38 445 Kč
Příspěvek na OZE a KVET	MWh	1297,0	131,42	170 452 Kč	1297,0	131,42	170 452 Kč
<b>Celkem</b>		-	1769,84	2 295 485 Kč			1 496 107 Kč
<b>Zajištění tepla</b>							
Plyn pro kotle	MWh	1175,6	492	578 390 Kč	384,5	492	189 152 Kč
Plyn pro KJ	MWh	0,0	492	0 Kč	1793,2	492	882 272 Kč
Daň z plynu	MWh	1175,6	30,6	35 973 Kč	2177,7	30,6	66 637 Kč
Nákup tepla, nebo jiný zdroj	GJ	0,0	492	0 Kč	0,0	492	0 Kč
<b>Celkem</b>		-	-	614 363 Kč	-	-	1 138 061 Kč
<b>Servis</b>							
Servis KJ	MWh				607,6291	245	148 869 Kč
<b>Přínosy</b>							
Prodej elektřiny	MWh				79,2	1000	79 166 Kč
Zelený bonus KVET	MWh				600,0	2065	1 239 000 Kč
Podpora decentralní výroby	MWh				79,2	13	1 029 Kč
<b>Celkem</b>				0 Kč			1 319 195 Kč
Celkové provozní náklady				2 909 848 Kč			
<b>Roční úspora provozních nákladů při provozu kogenerační jednotky</b>							<b>1 446 006 Kč</b>

### Přínosy a návratnost navrženého řešení

Jednoznačným přínosem tohoto opatření je vysoká účinnost přeměny primární energie (zde v zemním plynu) na elektřinu a teplo, přičemž veškerá takto přeměněná energie bude spotřebována v místě s minimem ztrát. Z tohoto důvodu je kombinovaná výroba elektřiny a tepla podporována ze strany EU a provozovatelé kogeneračních jednotek mohou čerpat na tuto výrobu příspěvek KVET. Výše příspěvku je pro každý rok dána Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu (dále a také ERÚ) vydaným na základě Notifikace Evropské komise.

V případě, že bude KGJ pořízena jako investice do majetku klienta a potřeba tepla v areálu bude odpovídat podmínkám tzv. normálního roku, příspěvek KVET bude stejný jako v roce 2017, lze předpokládat úsporu provozních nákladů ve výši 1 446 tis. Kč bez DPH/ rok.

Tato úspora platí za předpokladu, že provoz a KGJ a její výroba elektřiny nebudou ovlivňovány dalšími zdroji (např. výrobou FVE).

Při uvažované hodnotě investice ve výši ca 5,8 mil. Kč bez DPH, důsledné aplikaci energetického managementu v podobě dálkového monitoringu provozních veličin, vyhodnocení režimu provozu a spotřeb energií, jejich průběžné optimalizace a řízení systému akumulace, vychází prostá doba návratnosti nákladů na realizaci tohoto opatření 4,0 roku. To je doba, která je, s ohledem na životnost

zařízení, krátká a toto opatření je tedy možné považovat za ekonomicky zajímavé a v daném místě vhodné k realizaci.

Výhody kombinované výroby elektřiny a tepla může klient také čerpat v režimu služby, bez nutnosti vynaložit investice na pořízení KGJ. Služba zpravidla zahrnuje návrh KGJ, zpracování projektové dokumentace, vyřízení potřebných povolení, vlastní dodávku a instalaci na klíč (vč. vyvedení elektrického a tepelného výkonu) a následné provozování poskytovatelem služby s tím, že příjemce této služby se zavazuje od poskytovatele po předem definovanou dobu odebírat teplo.

### *Náročnost obsluhy a údržby*

Obsluha a údržba KGJ běžně zahrnuje občasný dohled vyškoleným pracovníkem obsluhy, pohledovou kontrolu jednotlivých částí KGJ a dále servisní úkony prováděné pracovníkem servisní organizace (často dodavatele KGJ). Mezi tyto standardní servisní úkony patří pravidelné výměny náplní (motorový olej) a filtrů (olejový, vzduchové) a pravidelné revize elektrických prvků (generátor, rozváděče).

Náklady na servis KGJ, za předpokladu pořízení KGJ do majetku klienta, provozování vlastními pracovníky a předpokládané sazbě ca 50 Kč bez DPH za 1 motohodinu, lze při uvažovaném počtu provozních hodin s rezervou očekávat ve výši ca. 160 000 Kč bez DPH/rok.

Dále je provozovatel KGJ povinen evidovat provozní hodiny a množství vyrobené el. energie a tepla a tyto informace formou výkazů poskytovat Operátorovi trhu s elektřinou (OTE). V případě zájmu lze tyto činnosti nechat vykonávat za poplatek třetí stranou (nejčastěji dodavatelem KGJ, nebo servisní organizací).

V případě provozu KGJ formou služby nejsou na příjemce kladeny žádné nároky související s provozem a servisem KGJ. Vyskytne-li se potřeba ze strany provozovatele a poskytovatele služby, je od příjemce očekávána pouze určitá součinnost týkající se objektu, v němž je KGJ umístěna, instalovaného systému MaR, systému zásobování teplem apod.

## 10.7 Posouzení KVET z hlediska nouzového zdroje elektřiny

### 10.7.1 Obecný úvod

Z pohledu krizového řízení lze definovat 3 stupně časové závažnosti blackoutu:

1. „Blackout prvního stupně“ je několikahodinový rozpad provozu přenosové soustavy (bez poškození, anebo pouze s menší destrukcí – rychle opravitelnou);
2. „Blackout druhého stupně“ může trvat dny až týdny, pokud by došlo k větší destrukci více než jednoho vedení přenosové soustavy;
3. „Blackout třetího stupně“ by mohl trvat ještě déle, pokud by byly cíleným a synchronizovaným útokem vyřazeny najednou vazební transformátory propojující přenosovou soustavu s distribučními soustavami.

Příčiny způsobující blackout zpravidla určují i délku výpadku zásobování elektřinou. Pokud dojde k blackoutu v důsledku nerovnováhy výroby a spotřeby elektřiny (například při nedostatku podpůrných služeb, které by zajistily stabilitu sítě při náhlém zvýšení výkonu větrných elektráren na severu Evropy), pak by doba eliminace takového blackoutu a obnova provozu přenosové soustavy měla být záležitostí



několika hodin. Jedná se v tomto případě o blackout 1. stupně ve smyslu kategorizace z pohledu krizového řízení.

Blackout druhého stupně bývá spojen s poškozením části přenosové soustavy. Typickým případem je blackout způsobený extrémními hydrometeorologickými jevy. Obvykle se jedná o bouře a orkány, které mohou způsobit pády stromů na vedení, či přímo destrukci stožárů přenosové soustavy, nebo o extrémní námrazu, která rovněž může způsobit stržení stožárů a vedení (např. Slovinsko 2013). Dojde-li k poškození (vyřazení z provozu) více než jednoho kritického prvku přenosové soustavy, může oprava poškozených vedení a zprovoznění dodávky elektřiny trvat i několik dnů až týdnů.

Blackout třetího stupně, lze vyvolat úmyslným činem, kdy se vyřadí ty prvky elektrizační soustavy, jejichž oprava, či výroba a výměna trvá měsíce. Typickým příkladem takového prvku jsou transformátory přenosové soustavy. Jedná se o finančně nákladná zařízení velkého výkonu, jejichž doprava a výměna není snadná. Transformátory lze z provozu vyřadit i ručními střelnými zbraněmi. Při jejich destrukci může dojít k požáru, neboť obsahují poměrně velké množství chladicího transformátorového oleje. Výroba nového transformátoru od objednávky trvá cca 2 roky, přičemž provozovatelé drží pouze omezený počet kusů v rezervě.

Z rozborů blackoutů, které ve světě nastaly, lze odvodit, jaký chaos by vznikl při „zmizení“ elektřiny:

#### *První minuty*

- nastává dopravní chaos, protože vypadne světelná signalizace a zastaví se veškerá elektrifikovaná doprava;
- tisíce lidí uvíznou ve výtazích;
- tisíce lidí uvíznou ve vlacích mimo stanice;
- tisíce lidí uvíznou v autech na ucpaných komunikacích a zvýší se četnost dopravních nehod;
- mnohonásobí se tísňová volání a zahlť se jeho linky.

#### *První hodiny*

- Bez elektřiny přestanou fungovat všechny způsoby vytápění s výjimkou jednoduchých kamen a kotlů se samotížným systémem vytápění, které nemají řídicí jednotku ani oběhová čerpadla.
- Po vyprázdnění vodojemů je přerušeno zásobování pitnou vodou.
- Značné problémy nastanou v zásobování potravinami a v provozu restaurací z důvodu nefunkčnosti chladících a mrazících zařízení.
- Většina obchodů uzavře, protože nebude schopna kvůli nefunkčnosti pokladen zajišťovat prodej.
- Bude ochromena ambulantní péče ve zdravotních zařízeních a lékárnické služby.
- Většina výrobních podniků a služeb zavře své provozovny.
- Po několika hodinách se vybijí baterie v přístrojích, mobilních telefonech, systémech UPS i baterie nouzového osvětlení.
- Bude ochromeno bankovníctví, finanční trhy a elektronický platební styk, protože klienti nebudou schopni zadávat platby.
- V provozu zůstanou pouze ty elektrocentrály, které budou mít zajištěn dostatečný přísun paliva.

### Více než 24 hodin

Po 24 hodinách se kaskádově ochromí činnost všech služeb a výrobních procesů na nich závislých. Bez veřejného osvětlení bude docházet k rabování obchodů. Lze konstatovat, že po 24 hodinách je ohroženo poskytování základních fyziologických potřeb člověka (voda, potraviny, teplo, léky). Trvá-li taková situace několik dnů, hrozí společenský rozklad, protože lidé berou v zoufalosti osud a právo do svých rukou, jak ukázal případ New Orleans v roce 2005, i když příčina krizové situace byla jiná.

Vybavení individuálními elektrocentrálami není řešením pro zajištění základních funkcí města, protože bývají navrženy pro zásobování jen vybraných zařízení, a ne všechny jsou dimenzovány na trvalý provoz.

## 10.8 Konkrétní řešení

Ostrovní provozy lze instalovat nejen na distribučních soustavách ve městech s vlastní teplárnou, ale i v mikrosíti podniků a příspěvkových organizací. Nutnou podmínkou realizace krizového ostrovního provozu pro nouzové zásobování elektřinou je mít k dispozici nejen výkon ve vhodných zdrojích, ale i přístup do předem připravených vyčleněných distribučních sítí provozovatelů distribučních soustav v krizových situacích, což je zatím jeden ze zásadních problémů. Současná legislativa totiž nouzové zásobování elektřinou (na rozdíl od zásobování vodou) nepožaduje. Požadavek je však již obsažen ve Státní energetické koncepci z prosince 2015 (SEK).

Nově instalované KGJ budou vybaveny systémem paralelního provozu v ostrovním režimu. Budou tak schopny částečně nahradit diesellový agregát při výpadku elektrické sítě. KGJ s plynovým motorem nemohou sloužit jako záložní zdroj při požáru! V tomto případě musí být k dispozici záložní diesellový agregát.

Při provozu KGJ mohou nastat následující varianty:

### 1) Paralelní provoz se sítí

Kogenerační jednotka je v provozu paralelně se sítí a to vždy tak, aby docházelo primárně ke spotřebě vyrobené elektřiny v areálu organizace, sekundárně pak k prodeji do distribuční soustavy. Po startu KGJ dojde ke sfázování se sítí a KGJ se připojí.

### 2) Nouzový provoz

Při nouzovém provozu (výpadku sítě) mohou nastat dvě varianty:

- **KGJ je při výpadku v provozu** - po výpadku sítě převezme KGJ bez přerušení dodávky ostrovní (zálohovanou) zátěž, která je max. 90 % jejich nominálního výkonu.
- **Při výpadku je KGJ mimo provoz** - po výpadku sítě přebírá dodávku pro zátěž záložní dieselaagregát. Zároveň se začne startovat KGJ. Dodávku pro zálohovanou zátěž přebírá nouzový dieselaagregát. KGJ se sesynchronizuje a začne najížděn na výkon. Dojde k synchronizaci s nouzovým dieslovým agregátem, připojení KGJ k zálohované zátěži a odpojení záložního dieselaagregátu.



Součástí navrhovaného řešení je:

- modul regulace KGJ pro pralelní ostrovní provoz;
- úpravy na stávající trafostanici pro připojení KGJ;
- úpravy na stávající trafostanici pro automatický management zálohované zátěže
- synchronizační zařízení pro synchronizaci KGJ a záložního dieselagregátu;
- vývod pro externí nouzový zdroj na fasádu trafostanice;
- HW a SW pro management zátěže a monitoring stávajícího dieselagregátu.

UPOZORNĚNÍ: Vzhledem k principu funkce KGJ poháněných plynovým spalovacím motorem není možné zcela eliminovat funkci záložního zdroje el. energie (dieselagregátu)!!! Záložní zdroj el. energie musí být provozovatelem udržován v provozuschopném stavu, aby bylo možné překlenout časové období mezi případným výpadkem dodávky el. energie z externí sítě a zajištěním požadované (příp. maximální možné) dodávky el. energie z KJ. Případný provoz KJ v ostrovním režimu (částečná náhrada záložního zdroje) může pouze zajistit snížení provozních hodin záložního zdroje a tím snížení nákladů na jeho provoz a údržbu a prodloužení jeho životnosti.

### 10.9 Legislativa týkající se kombinované výroby elektřiny a tepla

- Směrnice 2004/8/EC Evropského parlamentu a Rady o podpoře kogenerace založené na efektivní poptávce po teple na vnitřním energetickém trhu definuje podmínky přiznání podpory pro technologie a zavádí pojem vysoce účinná kogenerace.
- Rozhodnutí komise ze dne 19. listopadu 2008 stanovující podrobné pokyny pro provádění a uplatňování přílohy II směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES.
- Nařízení komise v přenesené pravomoci (EU) 2015/2402 ze dne 12. října 2015, kterým se přezkoumávají harmonizované referenční hodnoty účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny a tepla za použití směrnice Evropského parlamentu a Rady 2012/27/EU a kterým se zrušuje prováděcí rozhodnutí Komise 2011/877/EU.
- Podmínky podpory elektřiny a tepla z KVET jsou dány zákonem č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, v platném znění. Prováděcím předpisem je vyhláška č. 37/2016 Sb., o elektřině z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla a elektřině z druhotných zdrojů, v platném znění.

V souladu s ustanoveními výše uvedených dokumentů platí pro navrženou kogenerační jednotku následující podmínky.

1. Při výrobě elektřiny v KVET musí být dosažena úspora primární energie ve výši nejméně 10 % oproti oddělené výrobě elektřiny tepla (u jednotek s instalovaným elektrickým výkonem nižším než 1 MW musí být úspora kladná), viz §6 odst. 1 zákona.
2. Celková účinnost kogenerační jednotky stanovená postupem dle přílohy č. 1 vyhlášky 37/2016 Sb., musí dosáhnout nejméně 75 %, viz §3 odst. 6 písm. a) vyhlášky.
3. Za systémovou hranici jedné kogenerační jednotky se považuje vymezená oblast tvořená vstupem celkového paliva do kotle nebo kotlů nebo jinými zdroji tepla a výstupem energie vyrobené v kombinované výrobě elektřiny a tepla ve formě elektřiny naměřené na svorkách generátorů, mechanické energie a užitečného tepla z výstupu technologie kombinované výroby elektřiny a tepla, viz §3 odst. 2 vyhlášky.
4. Množství elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla se stanoví pro kogenerační jednotku vymezenou systémovou hranicí za období podle vyhlášky

č. 145/2016 Sb., upravující vykazování a evidenci elektřiny a tepla z podporovaných zdrojů, viz §3 odst. 1 vyhlášky č. 37/2016 Sb.

Výše úspory primární energie (UPE) se vypočte podle vzorce:

$$UPE = (1 - 1/(\eta_q^T/\eta_r^V + \eta_e^T/\eta_r^E)) \times 100,$$

v % přičemž dílčí účinnosti výroby tepla  $\eta_q^T$  a elektřiny  $\eta_e^T$  se stanoví podle vzorců:

$$\eta_q^T = Q_{U\check{Z}} / Q_{PAL\ KVET} \quad [-]$$

$$\eta_e^T = E_{KVET} / Q_{PAL\ KVET} \quad [-],$$

kde

$\eta_q^T$  je účinnost tepla z KVET definovaná jako množství užitečného tepla dělené množstvím paliva pro KVET

$\eta_e^T$  je elektrická účinnost definovaná jako množství elektřiny vázané na výrobu užitečného tepla dělené množstvím paliva pro KVET

$\eta_r^V$  je harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu tepla uvedená v Nařízení komise 2015/2402.

$\eta_r^E$  je harmonizovaná referenční hodnota účinnosti pro oddělenou výrobu elektřiny stanovená podle Nařízení komise 2015/2402.

$E_{KVET}$  je množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla v MWh

$Q_{U\check{Z}}$  je množství užitečného tepla v MWh

$Q_{PAL\ KVET}$  je množství paliva pro KVET v MWh.

Celková účinnost kogenerační jednotky se stanoví podle vzorce:

$$\eta_{celk} = (E_{SV} + E_M + Q_{U\check{Z}})/(Q_{PAL\ KGJ}),$$

kde

$E_{SV}$  je množství elektřiny vyrobené v KGJ měřené na svorkách generátorů v MWh

$E_M$  je množství mechanické energie získané transformací energie v KGJ v procesu KVET, která není dále transformována na elektřinu v MWh

$Q_{U\check{Z}}$  je množství užitečného tepla v MWh

$Q_{PAL\ KGJ}$  je množství celkového paliva v MWh.

Provozní podpora elektřiny z vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla platí pro elektřinu vázanou na výrobu tepla. Při účinnosti KVET vyšší než 75 % je veškerá vyrobená elektřina považována za elektřinu z KVET a platí pro ni provozní podpora.

Pokud je celková účinnost kogenerační jednotky nižší, než stanoví §3 odst. 6 a pokud v kogenerační jednotce dochází k výrobě elektřiny, která není vázaná na užitečné teplo, rozdělí se celkové množství elektřiny na množství elektřiny z KVET a na množství elektřiny nepocházející z KVET. V tom případě se množství elektřiny z KVET stanoví podle následujícího vzorce:

$$E_{KVET} = Q_{U\check{Z}} \times C_{SKUT},$$

kde

$E_{KVET}$  je množství elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla v MWh

$Q_{UŽ}$  je množství užitečného tepla v MWh

$C_{SKUT}$  je poměr elektřiny a tepla.

#### *Zajištění minimální účinnosti dle zákona o hospodaření energií*

Pro kogenerační jednotku platí podmínky zákona č. 406/2000 S., v platném znění, kdy podle §6, odst. 1 musí splňovat alespoň minimální účinnost užití energie dle vyhl. č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie, viz následující tabulka.

*Tabulka 11 Minimální účinnost výroby energie v KGJ se spalovacím motorem a ve výrobě s KGJ a kotli*

Jmenovitý elektrický výkon	Teplota vody na výstupu	Účinnost výroby energie	Měrná spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	Účinnost výroby energie ve výrobě s KGJ a kotli
[kW]	t	$\eta_{KGJ}$	$S_{pal}^{ev}$	$\eta_{et}^1$
	[°C]	[%]	[GJ/MWh]	[%]
do 100	do 90 °C	75	4,8	$75+9 \times K / (1+K)$
100–1100	do 90 °C	80	4,5	$80+5 \times K / (1+K)$
nad 1100	do 90 °C	85	4,2	85

Způsob stanovení účinnosti ve spalovacím motoru v kombinaci s kotli je popsán v příloze č. 7 k vyhlášce č. 441/2012 Sb.

Účinnost výroby elektřiny z kombinované výroby elektřiny a tepla se vyhodnocuje minimálně jednou ročně.

#### *Specifické emisní limity*

Na základě Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU ze dne 24. listopadu 2010, o průmyslových emisích a Směrnice EP a Rady 2015/2193/EU ze dne 25. listopadu 2015, o omezení emisí některých znečišťujících látek do ovzduší ze středních spalovacích zařízení (o celkovém tepelném příkonu 0,3 MW a vyšším, avšak nižším než 1 MW, bez ohledu na druh paliva), došlo ke zpřísnění emisních limitů týkajících se také kogeneračních jednotek – plynových motorů.

Povinnosti plnění těchto emisních limitů vyplývají ze zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, §4 odst. 2 o přípustné úrovni znečišťování. Specifické emisní limity jsou stanoveny ve vyhlášce č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

Pro novou plynovou kogenerační jednotku platí specifické emisní limity podle následující tabulky.

---

<sup>1</sup> Konstanta K je podílem energie paliva spáleného v KGJ a energie paliva spáleného v kotlích

Tabulka 12 Specifické emisní limity pro pístové spalovací motory

Druh paliva	Specifické emisní limity [mg.m <sup>-3</sup> ]	
	0,3 až 1 MW	
	NO <sub>x</sub>	CO
Zemní plyn	500	650

Úroveň znečištění u výše uvedených znečišťujících látek bude provozovatel zjišťovat jednorázovým měřením prostřednictvím autorizované osoby podle § 32 odst. 1 písm. a) zákona o ochraně ovzduší.

První jednorázové měření emisí musí být provedeno do 4 měsíců po prvním uvedení do provozu a dále jedenkrát za 3 kalendářní roky, přičemž minimální odstup mezi jednotlivými měřeními nesmí být kratší než 18 měsíců.

Podrobnosti, způsob, podmínky a vyhodnocení jednorázového měření jsou uvedeny v §4 a §5 vyhlášky č. 415/2012 Sb.

#### *Hodnocení vlivu záměru na životní prostředí – EIA*

Zpracování EIA se odvíjí od velikosti výkonu, což je dáno přílohou č. 1 zákona č. 100/2001 Sb., v platném znění.

#### *Daň ze zemního plynu a elektřiny – osvobození*

Zákon č. 261/2007 Sb., v platném znění, část 45 §8, odst. 1, písm. b) = osvobození od daně při výrobě elektřiny.

Část 47 §8, odst. 1, písm. c) a odst. 2, písm. a) a b)

## 10.10 Analýza vybraných objektů

Z celkového počtu několika stovek objektů/areálů ve vlastnictví zadavatele, bylo vybráno a doporučeno k prvotní analýze možností rozšířené výroby elektřiny a tepla (KVET) následujících 17 areálů ve vlastnictví zadavatele.

Název PO	IČ	Název OM	Ulice	Č.p.	Město	Roční spotřeba zemního plynu (MWh)
Domov seniorů POHODA Chválkovice, příspěvková organizace	75004372	Švabinského 403/3	Švabinského	403	Olomouc	4 126
Odborný léčebný ústav Paseka, příspěvková organizace	00849081	Paseka 145	Paseka	145	Paseka	4 021
Centrum sociálních služeb Prostějov, příspěvková organizace	47921293	Lidická 2924/86	Lidická	2924	Prostějov	2 024
Nové Zámky – poskytovatel sociálních služeb, příspěvková organizace	70890871	Nové Zámky 2	Nové Zámky	2	Mladeč	1 800
Sociální služby pro seniory Šumperk, příspěvková organizace	75004011	U Sanatoria 2631/25	U Sanatoria	2631	Šumperk	1 483
Střední odborná škola a Střední odborné učiliště strojírenské a stavební, Jeseník, Dukelská 1240	00176401	Dukelská 1240	Dukelská	1240	Jeseník	1 276
Domov Na zámečku Rokytnice, příspěvková organizace	61985911	Rokytnice 1	Rokytnice	1	Rokytnice	1 152
Domov Alfreda Skeneho Pavlovice u Přerova, příspěvková organizace	61985864	Pavlovice u Přerova 95	Pavlovice u Přerova	95	Pavlovice u Přerova	1 013
Domov Sněženka Jeseník, příspěvková organizace	75004097	Moravská 814/2	Moravská	814	Jeseník	983
Vincentinum – poskytovatel sociálních služeb Šternberk, příspěvková organizace	75004429	Sadová 1426/7	Sadová	1426	Šternberk	782
Domov pro seniory Tovačov, příspěvková organizace	61985872	Nádražní 94	Nádražní	94	Tovačov	727

Domov pro seniory Radkova Lhota, příspěvková organizace	61985881	Radkova Lhota 16	Radkova Lhota	16	Dřevohostice	725
Sociální služby Libina, příspěvková organizace	75003988	Libina 540	Libina	540	Libina	702
Domov Větrný mlýn Skalička, příspěvková organizace	61985902	Skalička 1/0	Skalička	1	Skalička	678
Domov pro seniory Červenka, příspěvková organizace	75004402	Nádražní 105	Nádražní	105	Červenka	648
Centrum Dominika Kokory, příspěvková organizace	61985929	Lapač 449	Lapač	449	Dřevohostice	645
Domov pro seniory Jesenec, příspěvková organizace	71197702	Jesenec 1	Jesenec	1	Jesenec	622

## 10.11 Metodika hodnocení

Pro každý řešený areál byly navrženy (dimenzovány) dvě varianty kogeneračních jednotek. První varianta počítá s provozem zařízení průměrně 8 000 hodin denně, což odpovídá 3 000 hodinám provozu ročně. Zároveň tato doba představuje nejvýhodnější kategorii zelených bonusů. Výkon jednotky byl navržen vždy do 1 MWe.

Druhá varianta naopak počítá s téměř nepřetržitým provozem KGJ, doba instalovaného výkonu 7 500 hodin. Výkon jednotky byl uvažován do 200 kW. Z hlediska podpory se jedná o kategorii 4 400 hodin.

U obou variant byla vždy upřednostněna výroba energie v kogeneračním režimu. V případě větších výkonů byla navržena akumulace tepla pro denní výkyvy. Součástí dodávky jsou uvažovány stavební práce, vyvedení výkonu (tepelného a elektrického), bezpečnostní vychlazení, řídicí modul pro provoz v ostrovním režimu atd.

U varianty 1 bylo rovněž provedeno posouzení ekonomických přínosů opatření, kdy provozovatel areálu pronajme své energetické hospodářství externí entitě pro instalaci a provoz kogenerační jednotky. Bylo uvažováno připojení tepelného výkonu na otopný systém objektů areálu a vyvedení elektrického výkonu do sítě.

Pro přehlednost byly pro jednotlivé areály vytvořeny karty kogeneračních jednotek, které obsahují vždy vstupní data, technické a ekonomické vyhodnocení a stručné doporučení. Tyto karty jsou součástí studie v příloze č. 1. Následující obrázek detailně popisuje jednotlivé údaje v kartě.



Obrázek 14 Vysvětlení jednotlivých údajů karty KGJ

Název a adresa příspěvkové organizace dle seznamu vytípaných provozů

Hodnoty aktuálních odběrů zemního plynu a elektřiny. Je uveden vždy rezervovaná kapacita a příkon a rovněž maximální reálné hodnoty naměřené v roce 2018

Měsíční spotřeby elektřiny a zemního plynu za rok 2018 a vypočtená potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody.

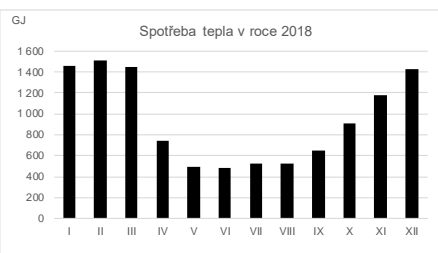
Měsíční potřeba tepla na ÚT a TV. Vypočteno na základě odhadu roční účinnosti zdroje.

Název příspěvkové organizace  
Adresa

**Dům seniorů POHODA Chválkovice, p.o.**  
Svabinského 403/3, Olomouc

Denní rezervovaná kapacita  
Naměřené maximum  
Roční rezervovaná kapacita  
Naměřené 1/4 hod maximum

2 800 m3  
2 339 m3  
750 kW  
337 kW

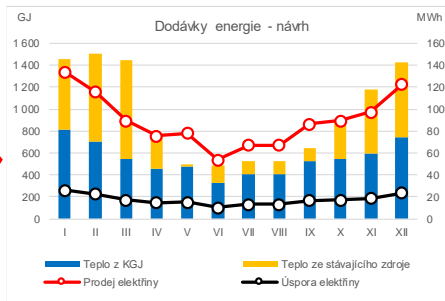


Posouzení technických podmínek instalace KGJ

Dostatečná letní spotřeba tepla ANO  
Nejsou samostatné vytápěné objekty ANO  
Nedochází ke kolizi se solárními kolektory ANO  
Možnost připojení na otopnou soustavu ANO  
Možnost vyvedení výkonu do sítě ANO

Umístění KGJ

Vnitřní prostory (hluk, napojení...) ANO  
Vnější prostory (akumulace, chlazení...) ANO



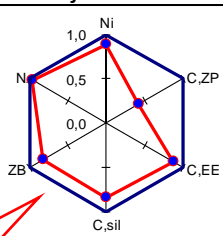
Vyhodnocení technických podmínek instalace. Ukazatel ANO/NE označuje vhodnost z hlediska příslušné technické podmínky. V části umístění jsou posouzeny prostorové podmínky, podmínky z hlediska napojení, hluku apod.

Grafické vyjádření navrhované struktury měsíčních dodávek energie. Černá linka představuje úsporu elektřiny vyrobené na KGJ v areálu, červená linka je pak prodej do sítě.

Ni = investiční náklady celkové  
N<sub>pal</sub> = palivové náklady  
N<sub>var</sub> = variabilní náklady ostatní  
N<sub>fix</sub> = Fixní náklady  
Cena plynu vychází z úrovně pro rok 2019 a 2020.  
Cena elektřiny silové = určena dle aktuální úrovně na burze  
ZB = zelený bonus dle cenového rozhodnutí ERÚ č. 3/2019 z 9/2019  
Ni<sub>rev</sub> = výše reinvestice do generální opravy  
E<sub>doba</sub> = doba hodnocení 20 let podle vyhl. č. 480/2012 Sb.

**Ekonomické vstupy**  
Ni 11 900 tis.Kč  
N<sub>pal</sub> 4 542 tis.Kč  
N<sub>var</sub> 209 tis.Kč  
N<sub>fix</sub> 78 tis.Kč  
Cena<sub>ZP</sub> 871 Kč/MWh  
Cena<sub>EE</sub> 1 200 Kč/MWh  
ZB 1 102 Kč/MWh  
Ni<sub>rev</sub> 4 385 tis.Kč  
E<sub>doba</sub> 20 let

Čitlivostní analýza



Čitlivost ekonomických parametrů provedena na výši investičních nákladů, cenu zemního plynu, cenu elektřiny v areálu, cenu silové elektřiny, výši zeleného bonusu a výši provozních nákladů ostatních. Čím je hodnota blíže nule, tím je projekt na tento parametr citlivější.

Prezentace ekonomických výsledků hodnocení instalace KGJ. Uvedeny parametry čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento, prostá a reálná doba návratnosti.

Zároveň provedeno stručné doporučení z hlediska ekonomické a technické proveditelnosti.

měsíc	EE [MWh]	ZP [MWh]	TE [GJ]
leden	39	529	1 458
únor	26	548	1 510
březen	25	527	1 451
duben	48	269	742
květen	59	179	494
červen	49	178	489
červenec	45	191	525
srpen	48	192	528
září	41	236	649
říjen	42	331	912
listopad	41	429	1 182
prosinec	42	516	1 422
<b>Celkem</b>	<b>505</b>	<b>4 126</b>	<b>11 362</b>

Tepelný výkon	609 kW
Elektrický výkon	430 kW
Příkon v palivu	1 160 kW
Spotřeba ZP	122,6 m³/hod
Tepelná účinnost	52,5 %
Elektrická účinnost	37,1 %
Akumulace do	60 m³

Roční provoz	3 000 hod/rok
Roční výroba EE	1 286 MWh
Roční výroba TE	6 555 GJ
Spotřeba plynu HHV	5 214 MWh/rok
Spotřeba plynu LHV	18 770 GJ/rok

<b>Odhad přínosů při pronájmu místa pro KGJ</b>	
Úspora/sleva na teple	233 000 Kč/rok
Pronájem prostor	150 000 Kč/rok
Příplatek na obsluhu	50 000 Kč/rok
Úspora - odběr plynu	38 000 Kč/rok
<b>CELKEM</b>	<b>471 000 Kč/rok</b>
<b>Přínosy celkem za 20 let</b>	<b>6 401 tis.Kč</b>

<b>EKONOMICKÉ VÝSLEDKY (vlastní instalace KGJ)</b>	
NPV	5 358 tis.Kč
IRR	8,9 %
TS	8,0 let
TSD	13 let
<b>PROVEDITELNOST</b>	
EKONOMICKÁ	NE
TECHNICKÁ	ANO

Parametry navržené kogenerační jednotky. Hodnota akumulací nádob je hodnotou maximální. Pro přesné určení bude nezbytný detailní výpočet.

Předpokládané provozní údaje = roční časový fond, množství vyrobené energie a spotřeba zemního plynu. HHV = spalné teplo, LHV = výhřevnost.

Hodnocení přínosů v případě pronájmu prostoru pro KGJ externí entitě. Úspora platby za teplo je určena rozdílem sazeb DPH. Nákup plynu 21 %, prodej tepla 10 %. Celková minimální sleva tedy 11 %. Výše pronájmu a příplatku na obsluhu jsou odhadnuty dle velikosti jednotky. Úspora odběru plynu je dána navýšením spotřeby. Výsledný přínos je kalkulován na 20 let tak, aby bylo možné hodnotu porovnat s výsledky ekonom. hodnocení. Hodnota je diskontována 4 %.

### 10.11.1 Metodika ekonomického hodnocení

Ekonomické vyhodnocení je prováděno bez uvažování dotací či úvěru, tedy s vlastními investičními prostředky. Cílem ekonomické analýzy je zjistit vhodnost realizace KGJ z ekonomického hlediska. Ekonomická analýza byla provedena na základě několika kritérií, z nichž nejdůležitější je současná hodnota v podobě diskontovaného toku hotovosti za dobu životnosti.

Při zpracování ekonomické analýzy jsou obvykle základní vstupní údaje na jedné straně příjmové položky (obvykle v podobě úspory za energie) a na druhé straně výdajové položky (v podobě nákladů vynaložených na realizaci opatření).

Vstupní údaje pro ekonomickou analýzu jsou získávány takto:

- výše nákladů na plynoucí z odborného odhadu na základě výsledků obdobných – již realizovaných akcí
- cenové informace výrobců, montážních firem a dodavatelských firem
- informace z publikací a internetu

Úspory jsou chápány jako rozdíl výdajů za energie v případě, že k realizaci navrhovaných opatření nedojde a v případě, že opatření realizována budou. Jako základ pro výpočet úspor tedy slouží současný stav a příslušné provozní výdaje. Při zpracování ekonomické analýzy je nutné stanovit další doplňkové vstupní údaje – doba porovnání, diskontní míra, cenový vývoj.

*Diskontní míra* – Pro ocenění hodnoty prostředků vydaných nebo přijatých v budoucnu se často pracuje s převodem na současnou hodnotu. Diskontní míra je prostředek, který tento převod umožňuje. Jde o určitou formu vyjádření meziroční hodnotové změny úrokové míry a dalších faktorů. Zvolená diskontní míra je 4 %.

*Doba porovnání* – Doba porovnání se obvykle stanovuje na základě životnosti zařízení. Uvažována doba životnosti (hodnocení) 20 let v souladu s vyhláškou.

*Cenový vývoj* – Během doby provozování zařízení se může významně měnit inflace a tím i ceny. V obvyklém případě pak především změny cen energie výrazně ovlivňují ekonomické výsledky energetických projektů. V porovnání je počítáno s reálnými cenami, tudíž není zohledněna inflace. Nárůst ceny paliv a energií uvažován 0 %.

Výstupními údaji jsou prostá návratnost investic, diskontovaná doba návratnosti a čistá současná hodnota. Výpočet těchto položek je definován ve vyhlášce č. 480/2012 Sb.

### Prostá doba návratnosti investice $T_s$

Prostá návratnost nezohledňuje skutečnou časovou hodnotu peněz. Kritérium určuje, za jak dlouho pokryjí z projektu jeho investiční náklady. Prostou dobu návratnosti lze počítat jako rovnovážný bod kumulovaných příjmů a výdajů dle vztahu,

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde  $IN$  ... investiční náklady projektu  
 $CF$  ... roční přínosy projektu (cash – flow, změna peněžních toků pro realizaci projektu)

### Diskontovaná doba návratnosti $T_{sd}$

Při uvažování současné hodnoty toků hotovosti lze určit dobu, ve které v daném projektu nastane rovnováha mezi příjmy a výdaji. Tato doba se označuje jako diskontovaná doba návratnosti prostředků a lze ji považovat za kritérium se srovnatelnou vypovídající schopností jako NPV. Obecně lze diskontovanou dobu návratnosti stanovit z podmínky  $NPV = 0$ ,

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

kde  $CF_t$  ... roční přínosy projektu (změna peněžních toků pro realizaci projektu)  
 $r$  ... diskont  
 $(1+r)^{-t}$  ... odúročitel

### Čistá současná hodnota NPV

Základem pro určení čisté současné hodnoty je určení toku hotovosti. Toky hotovosti (Cash-Flow) jsou rozdílem příjmů a výdajů spojených s projektem v jednotlivých letech. Toky hotovosti v sobě zahrnují všechny hodnotové změny během života projektu. Pro hodnocení toku hotovosti se tyto upravují převodem z budoucích hodnot do současnosti. Hodnoty jsou zpravidla převedeny do období, kdy dochází k vynaložení největších investic. Takto převedená hodnota se nazývá současná hodnota.

Průběžné pokrytí investic a dalších výdajů a příjmů vyjadřuje kumulovaný tok hotovosti, kdy se jednotlivé roční hodnoty průběžně sčítají a představují skutečný stav u realizovaného opatření v příslušném roce. Pokud je hodnota kumulovaného toku hotovosti v daném roce záporná, nedošlo k tomuto období k pokrytí výdajů projektu jeho příjmy. Hodnota diskontovaného kumulovaného toku hotovosti v posledním roce se označuje NPV.

Čím vyšší je hodnota NPV, tím je opatření ekonomicky výhodnější. Pokud je hodnota NPV záporná, opatření nelze za daných podmínek realizovat.

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

kde  $T_z$  ... doba životnosti (hodnocení) projektu

#### Vnitřní výnosové procento IRR

Vnitřní výnosové procento představuje hodnotu úrokové míry v procentech, při které hodnota NPV = 0. Tento ukazatel je užitečný jako měřítko efektivnosti investic. Stačí jej porovnat s úrovní úrokových měr na finančním trhu a investor vidí, zda je vhodné do příslušné varianty investovat.

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+IRR)^{-t} - IN = 0$$

Ve výpočtech bylo uvažováno:

- diskontní sazba 4 %
- roční růst ceny energie 0 %
- hodnocení je provedeno bez DPH
- hodnocení je provedeno bez vlivu případného dotačního titulu
- ceny energií jsou v cenové úrovni roku 2018, resp. 2019

## 10.12 Shrnutí ekonomických výsledků

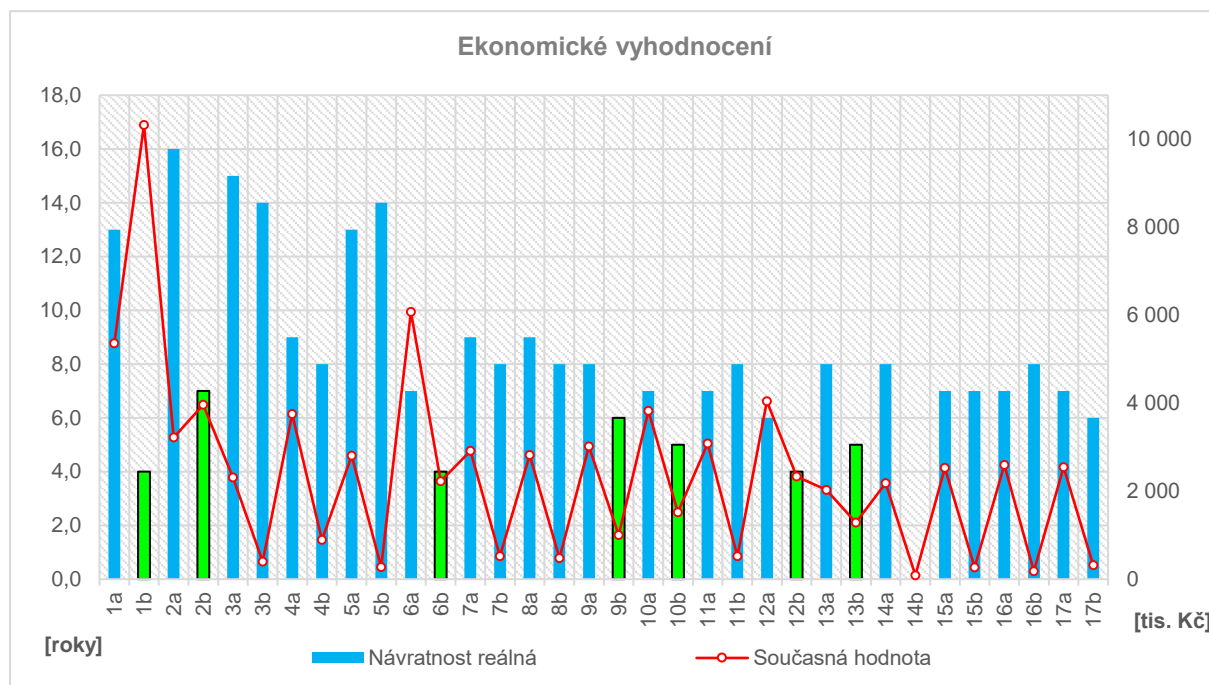
Následující tabulka shrnuje ekonomické výsledky posouzení jednotlivých navržených kogeneračních jednotek.

Tabulka 13 Výsledky ekonomického hodnocení

Příspěvková organizace	Označení	Ni	NPV	IRR	Ts	Tsd
		tis. Kč	[tis. Kč]	[%]	[let]	[let]
Domov seniorů POHODA Chválkovice, p.o.	1a	11 900	5 358	8,9	8,0	13,0
	<b>1b</b>	<b>3 500</b>	<b>10 323</b>	<b>30,5</b>	<b>3,2</b>	<b>4,0</b>
Odborný léčebný ústav Paseka, p.o.	2a	11 900	3 218	7,0	9,0	16,0
	<b>2b</b>	<b>3 200</b>	<b>3 963</b>	<b>16,4</b>	<b>5,3</b>	<b>7,0</b>
Centrum sociálních služeb, p.o.	3a	7 300	2 309	7,5	8,7	15,0
	3b	880	399	9,0	7,7	14,0
Nové Zámky – poskytovatel sociálních služeb, p.o.	4a	5 300	3 752	11,4	7,0	9,0
	4b	960	895	13,6	6,0	8,0
Sociální služby pro seniory Šumperk, p.o.	5a	5 800	2 810	9,2	8,0	13,0
	5b	630	273	8,8	7,7	14,0
SOŠ a SOU strojírenské a stavební Jeseník	6a	4 700	6 076	16,6	5,4	7,0
	<b>6b</b>	<b>630</b>	<b>2 226</b>	<b>35,0</b>	<b>2,8</b>	<b>4,0</b>
Domov Na zámečku Rokytnice, p.o.	7a	3 900	2 918	11,8	6,9	9,0
	7b	630	525	12,7	6,3	8,0
Domov Alfreda Skeneho Pavlovice u Přerova, p.o.	8a	3 900	2 823	11,5	7,0	9,0
	8b	630	475	12,0	6,5	8,0
Domov Sněženka Jeseník, p.o.	9a	3 500	3 015	12,8	6,5	8,0
	<b>9b</b>	<b>630</b>	<b>1 004</b>	<b>19,5</b>	<b>4,7</b>	<b>6,0</b>
Vincentinum – poskytovatel sociálních služeb Šternberk, p.o.	10a	2 900	3 825	16,8	5,3	7,0
	<b>10b</b>	<b>630</b>	<b>1 521</b>	<b>26,2</b>	<b>3,6</b>	<b>5,0</b>
Domov pro seniory Tovačov, p.o.	11a	2 900	3 082	14,6	5,9	7,0
	11b	630	519	12,6	6,3	8,0
Domov pro seniory Radkova Lhota, p.o.	12a	2 900	4 045	17,5	5,2	6,0
	<b>12b</b>	<b>880</b>	<b>2 330</b>	<b>28,1</b>	<b>3,4</b>	<b>4,0</b>
Sociální služby Libina, p.o.	13a	2 400	2 026	12,6	6,5	8,0
	<b>13b</b>	<b>630</b>	<b>1 286</b>	<b>23,2</b>	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>
Domov Větrný mlýn Skalička, p.o.	14a	2 400	2 184	13,3	6,3	8,0
	14b	230	89	8,3	8,0	>15
Domov pro seniory Červenka, p.o.	15a	2 400	2 532	14,6	5,9	7,0
	15b	230	267	15,7	5,5	7,0
Centrum Dominika Kokory, p.o.	16a	2 400	2 596	14,8	5,9	7,0

	16b	230	181	12,3	6,5	8,0
Domov pro seniory Jesenec, p.o.	17a	2 400	2 544	14,6	5,9	7,0
	17b	230	318	17,7	5,0	6,0

Obrázek 15 Doba návratnosti a NPV jednotlivých instalací



S ohledem na 10letou životnost kogenerační jednotky, kdy je následně nutné provést generální opravu zařízení, lze doporučit k realizaci jednotky s reálnou dobou návratnosti do 7 let. Jedná se o areály zvýrazněné v tabulce a grafu.

### 10.13 Závěrečné doporučení

Účelem studie bylo předložit objednateli podklad, který mu napomůže při rozhodování o investicích do zařízení kombinované výroby elektřiny a tepla. Na základě provedené analýzy lze přijmout následující závěry a doporučení:

- Z hlediska ekonomické proveditelnosti lze doporučit realizace v areálech: Domov seniorů Pohoda, Ústav Paseka, SOU Jeseník, Domov Sněženka, Vincentinum, Domov Radkova Lhota a Sociální služby Libina vždy variant B.
- S ohledem na již existující KGJ v areálu Domova Pohoda s optimálním výkonem 200 kW doporučujeme provést na druhé KGJ generální opravu dle harmonogramu a obě zařízení ponechat v provozu.
- V případě realizace kogeneračních jednotek provozovat tyto výhradně v kogeneračním provozu s maximálním využitím tepelné energie a primárně elektřinou pro vlastní spotřebu.
- Pro realizaci rozumného elektrického výkonu KGJ je nezbytná spotřeba zemního plynu areálu nad 2 000 MWh/rok.
- Kogenerační jednotky s návratností blížící se či přesahující hranici 10 let (při uvažovaných okrajových podmínkách) nerealizovat. Důvodem je nutnost provedení generální opravy po 10 letech, což v praxi představuje téměř nové pořízení technologie. Provozování takové jednotky nemá ekonomický smysl.
- V případě rozhodnutí realizace kogeneračních jednotek provádět instalace postupně nikoliv formou skupin areálů. Důvodem je specifčnost každého provozu PO.
- V případě realizace kogeneračních jednotek vždy instalovat technologii pro ostrovní provoz bez ohledu na formu realizace (subjektem či externí entitou). Pro tyto účel doporučujeme provést technický audit nouzového zásobování jednotlivých areálů a určit nezbytný výkon zdroje elektřiny (nejen KGJ) pro zabezpečení nouzového provozu objektů (udržení vytápění, nouzové osvětlení, výtahy atd.) a napájecí body.

### 10.14 Posouzení formy pořízení KGJ

Vzhledem k tomu, že ekonomický přínos je závislý na provozní podpoře výroby elektřiny, jenž nelze do budoucna garantovat a z důvodu poměrně vysokých pořizovacích nákladů této technologie (aby měla velikost KGJ nějaký smysl, půjde řádově o jednotky milionů), představuje realizace kogenerační jednotky poměrně vysoké riziko investora. Dalším rizikem pro investora je provozní náročnost s ohledem na legislativu, pravidla trhu, licence apod.).

Výhodnější je proto přesunout tato rizika na externí energetickou entitu se zkušeností realizace a provozu kogeneračních jednotek. Platí, že takovýto subjekt dosáhne vždy na výhodnější výchozí podmínky (pořizovací cena, cena zemního plynu a elektřiny apod.)

V případě takovéto spolupráce dochází k synergickým efektům. Provoz areálů slouží pro investora jako chladič „odpadního“ tepla a umožňuje vyrábět elektřinu v kogeneračním režimu s bonusem. Zároveň toto řešení přináší řadu výhod pro PO, jako je bezrizikový příjem finančních prostředků (pronájem



prostoru, úspora na zemním plynu, úspora na DPH atd.), získání nouzového zdroje elektřiny pro ostrovní provoz.

V budoucnu budou dle našeho názoru tyto instalace velmi výhodné pro vlastníka/provozovatele KGJ, neboť se špičkové zdroje pro stabilizaci sítě budou „vyvažovat zlatem“.

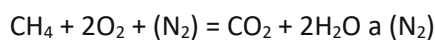
## 11 Kondenzační kotle

Vzhledem k vysokému a stále přibývajícimu počtu kondenzačních kotlů v objektech/kotelnách zadavatele, pokládám za vhodné zařadit i kapitolu, týkající se úsporného/kondenzačního provozu těchto zařízení. Následující statě se týkají teoretických principů „kondenzace“ a jevů, s ní spojených.

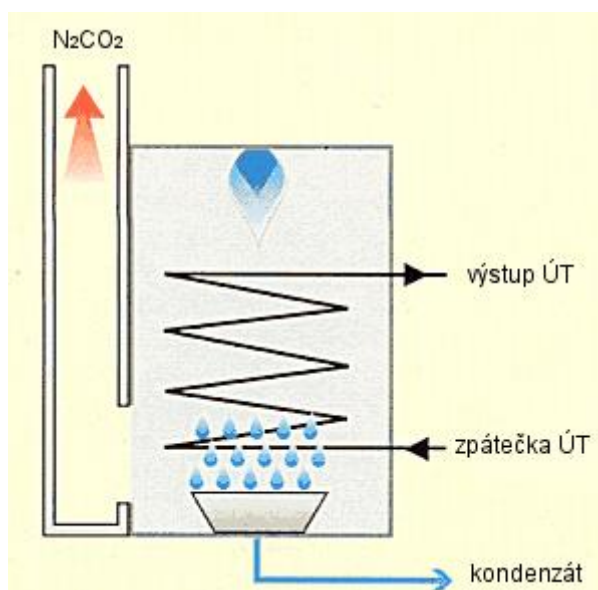
### 11.1 Stručná teorie kondenzace u kondenzačních plynových kotlů

Při spalování zemního plynu (metanu  $\text{CH}_4$ ) nebo propanu ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) vzniká určité množství vody. Hořením dochází k jejímu ohřevu. Ta pak v podobě vodní páry spolu s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření a odchází. Tepelné spaliny s sebou nesou část skryté tepelné energie, tzv. latentní teplo. Pokud tyto spaliny ochladíme pod teplotu jejich rosného bodu, dojde ke změně skupenství - kondenzaci obsažené vodní páry a k následnému uvolnění tohoto tepla. V kondenzačním kotli se takto uvolněná energie pomocí výměníku využívá k předehřevu vratné vody.

Rovnice spalování zemního plynu:



Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu:



*$\text{CH}_4$  - metan (ZP síť Transgas obsahuje 98,4% metanu)  
a umožňuje normovaný stupeň využití až 108%*

#### 11.1.1 Využití energie u kondenzační techniky

##### **Spalné teplo plynu $H_s$ [ $\text{kWh}/\text{m}^3$ ]**

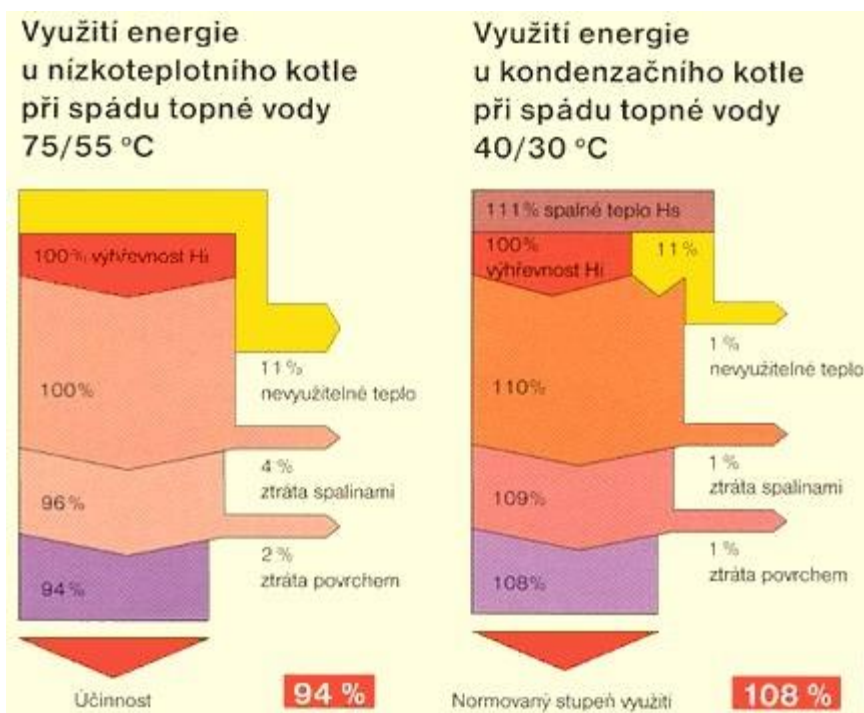
Je množství tepla, které se uvolní dokonalým spálením jednotkového množství plynu a stechiometrického množství kyslíku (o počátečních teplotách  $25^\circ\text{C}$ ) při ochlazení spalin zpět na teplotu  $25^\circ\text{C}$ . Jde tedy o veškeré množství tepla vzniklé spálením jednotkového množství paliva a zahrnuje i ve vodní páře vázané, tzv. latentní teplo.

##### **Výhřevnost plynu $H_i$ [ $\text{kWh}/\text{m}^3$ ]**

Výhřevnost plynu je rovna spalnému teple, zmenšenému o teplo uvolněné kondenzací vodní páry ze

spalin. Jde tedy o množství tepla, které energii obsaženou ve vodní páře spalin nezohledňuje (u klasických kotlů odchází toto teplo komínem do ovzduší). Právě z výhřevnosti se stanovuje účinnost spalovacích zařízení. U kondenzační techniky byl zaveden takzvaný normovaný stupeň využití, který nabývá hodnot nad 100% a v komerčních prospektech bývá často pro zjednodušení označován jako účinnost s hodnotou vyšší než 100%. Kdybychom však počítali účinnost kondenzačního kotle ze spalného tepla, dojdeme korektním fyzikálním postupem na hodnotu maximálně 97,5%. Aby se však mohlo provést porovnání konvenčních a kondenzačních kotlů, stanovuje se normovaný stupeň využití u kondenzačních kotlů rovněž ve vztahu k výhřevnosti.

Princip spalování zemního plynu při kondenzačním ohřevu:



*U kondenzačního kotle na otopném systému se spádem 75/60 °C činí normovaný stupeň využití až 104%.*

Normovaný stupeň využití zahrnuje všechny ztráty kotle, které jsou závislé na teplotě topné vody a zatížení kotle.

Teoretické využití latentního tepla	Zemní plyn	Propan	Topný olej
Spalné teplo plynu $H_s$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	11,06	28,12	10,68
Výhřevnost plynu $H_i$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	9,97	25,89	10,08

Podíl $H_s/H_i$	1,109 (+10,9%)	1,086 (+8,6%)	105,9 (+5,9%)
-----------------	-------------------	------------------	------------------

#### Teplota spalin, rosný bod a přebytek vzduchu.

Teplu, které lze získat z úplné kondenzace činí 11% výhřevnosti zemního plynu. Pokud ochlazujeme spaliny zemního plynu získané ideálním spalováním (bez přebytku vzduchu), začne pod teplotou rosného bodu (pod 57°C) ve spalinách kondenzovat vodní pára. Teplota spalin je provázána s teplotou vratné vody ze systému. Je požadováno, aby rozdíl mezi teplotou spalin a teplotou vratné vody byl 5K při jmenovitém výkonu kotle a alespoň 2K při výkonu minimálním. Pokud teplota vratné vody ze systému bude vyšší než teplota rosného bodu spalin, nedojde ke kondenzaci a uvolnění kondenzačního tepla. Kotel sice nebude využívat této své přednosti, ale stále bude pracovat s účinností nízkoteplotního kotle. Účinnost spalování ovlivňuje také takzvaný přebytek vzduchu ve spalinách. Je udáván součinitelem přebytku vzduchu  $\lambda$ .

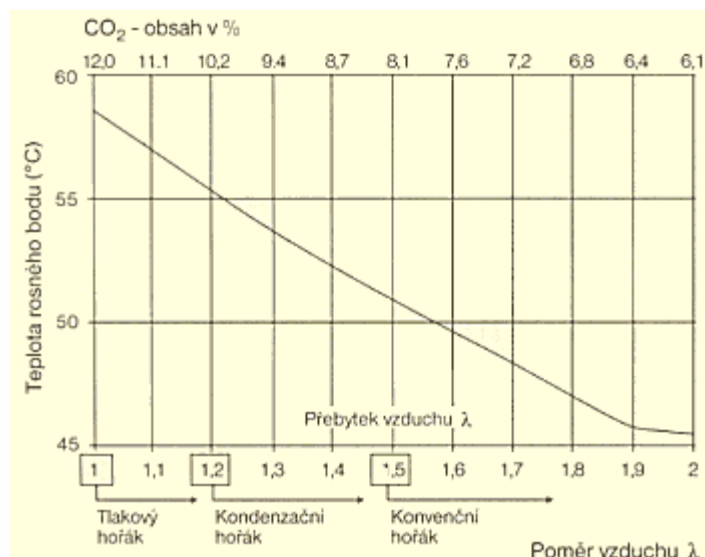
Teoretické spalování $\lambda=1$	Zemní plyn	Propan	Topný olej
Teplota kondenzace [°C]	57	53	47

**Součinitel přebytku vzduchu  $\lambda$  [-]** je dán poměrem skutečného množství vzduchu, které bylo dopraveno do spalovacího prostoru k teoretickému, potřebnému pro ideální spalování. Spaliny bez přebytku vzduchu mají  $\lambda=1$ . Zvyšující se  $\lambda$  znamená horší účinnost spalování a u kondenzace způsobuje pokles teploty rosného bodu spalin. Například pro  $\lambda=1$  je u ZP teplota rosného bodu spalin 57°C, ale pro  $\lambda=2$  je to 45°C a pro  $\lambda=3$  jen 38°C.

#### Rosný bod spalin v závislosti na přebytku vzduchu (ZP)

Z obrázku je zřejmé, že kondenzační kotel pracuje s určitým přebytkem vzduchu (1,2-1,5) a skutečný rosný bod spalin se pro zemní plyn pohybuje mezi 50 a 55°C. Má-li docházet ke kondenzaci, musí se teplota vratné vody pohybovat pod touto hodnotou. Řízení směšovacího poměru vychází z konstrukčního řešení kotle a jeho seřízení. Teplotu vratné vody ovlivňuje vlastní otopná soustava a to:

- Teplotním spádem topné vody
- Hydraulickým zapojením a seřízením
- Způsobem provozu a regulace



*Rosný bod spalin v závislosti na přebytku vzduchu (ZP)*

### Teplotní spád topné vody

Ideální jsou systémy, u kterých je teplota vratné vody po celé topné období (tedy i při nejnižších venkovních teplotách) o 5°C nižší než skutečná teplota rosného bodu spalin. Pro soustavy s kondenzačním kotlem na zemní plyn je tak trvale zaručen nejvyšší normový stupeň využití ve spojení s teplovodními nízkoteplotními systémy se spády 40/30 až 55/45°C. Ke kondenzaci bude docházet po celou dobu provozu kotle, při každém stupni zatížení. Vhodnou otopnou plochu představují sálavé systémy se zabudovanými teplovodními trubními rozvody, neboli podlahové či stěnové vytápění. Kondenzační techniku lze samozřejmě v našich klimatických podmínkách efektivně využívat i u soustav s vyššími teplotami topné vody. V určitém časovém období - při velmi nízkých venkovních teplotách bude teplota vratné vody překračovat rosný bod spalin, k využití tepla z kondenzace nedojde a normovaný stupeň využití kotle se sníží. U otopných soustav s návrhovými teplotami topné vody 90/70°C se toto omezení projeví výrazněji. Je však nutné podotknout, že dnes nejčastěji projektované dvourubkové soustavy s nuceným oběhem, se na tyto parametry již nesmí navrhovat a drtivá většina stávajících soustav s těmito návrhovými parametry se v praxi provozuje s mnohem nižšími teplotami topné vody a to i při nejvyšším stupni zatížení. Vyhláška 151/2001 Sb., platná pro nově zřizovaná zařízení a pro rekonstrukce zařízení (k nimž bylo vydáno stavební povolení po dni nabytí účinnosti vyhlášky), stanovuje v §5 odst.3 u nuceného oběhu požadavek na teplotu vody na přívodu do otopného tělesa do 75°C. V našich klimatických podmínkách pracují otopné systémy se spádem 75/60°C v kondenzačním režimu až po dobu 85% topné sezóny

### Hydraulické zapojování soustav s kondenzační technikou.

- U kondenzačních kotlů jako samostatných zdrojů nebo v kotelnách s kaskádovým zapojením nesmí být použity prvky zvyšující teplotu vratné vody. Těmito prvky jsou zejména čtyřcestné směšovače a přepouštěcí armatury.
- Při použití termohydraulického rozdělovače v kotelnách (což bývá velmi často u větších kotelen) může docházet k nežádoucímu zvyšování teploty vratné vody v primárním - kotlovém okruhu a to v případech, že není za všech provozních stavů zajišťován větší průtok vytápěcím okruhem oproti kotlovému. Problémům se lze vyhnout použitím termohydraulického

rozdělovače vhodné konstrukce (např. pravidlo "3d" s rychlostí na vstupu do 0,9 m/s) nebo provedením akumulačního zkratu rozdělovače a sběrače.

- Aby byl celý systém využit na 100%, je nutné hydraulické sladění jednotlivých prvků (regulačních armatur, čerpadel ...). U termostatických ventilů a uzavíracích šroubení otopných těles musí být bezpodmínečně provedeno nastavení druhé regulace. Aby byly teploty vratné vody blízké teplotám podle zpětné topné křivky, musí být také skutečný nejvyšší průtok roven průtoku výpočtovému. Teplotní spád snižuje předdimenzované čerpadlo nebo špatné nastavení otáček u čerpadel s regulací. V provozu pak při uzavírání regulačních prvků dochází k nárůstu diferenčního tlaku a hlučnosti termostatických ventilů. Samozřejmě vzrůstá energetická spotřeba čerpadla.

#### **Odvod kondenzátu.**

Každý kondenzační kotel vyžaduje trvalý odvod kondenzátu. Napojení odvodu kondenzátu na kanalizaci podléhá schválení správcem kanalizace. Kondenzát od spalin zemního plynu má kyselost odpovídající pH 5, což je hodnota shodná s dešťovou vodou. Kondenzát z jednotlivého kotle lze napojit přímo na kanalizační síť bez dalšího opatření. Tam, kde to správce kanalizace požaduje nebo u větších zařízení, se provádí neutralizace kondenzátu. Chemická neutralizace se uskutečňuje průtokem kondenzátu přes odkyselovací hmoty, na které se CO<sub>2</sub> váže (mramor, dolomit...). Neutralizační zařízení je tvořeno nádobou z plastické hmoty s náplní neutralizačního granulátu a může být i součástí příslušenství kotle.

### **11.2 Zjednodušená zásada pro úsporný provoz kondenzačních kotlů**

Moderní kotle jsou vždy kotle kondenzační (od r.2016 nebylo možno ani jiné uvádět do provozu). Proto, aby moderní kondenzační kotel byl opravdu efektivní a dosahoval deklarovaných parametrů (účinnost **cca 108%**) je **NUTNÉ** jej provozovat v pásmu kondenzačního režimu !!! Podmínkou pro provoz v kondenzačním režimu (tedy režimu nejvyšší účinnosti) je teplota **výstupní topné vody** z kotle **do 53°C** ! Při režimu ohřívání teplé vody (do nepřímotopného zásobníku TV) bude výstupní teplota topné vody samozřejmě vyšší cca 70° až 80°C, tudíž kotel bude provozován v pásmu účinnosti cca 90%. Důležité je zajistit (správným nastavením MaR, případně kotlových termostatů, apod.), aby se po natopení zásobníku TV (případně saturaci potřeb VZT) kotel vrátil zpět do kondenzačního pásma ! V objektech, kde byla provedena výměna oken, ideálně též zateplení, je téměř vždy možno vytápět v kondenzačním pásmu plynových, kondenzačních kotlů (velice zjednodušeno pro laickou veřejnost).

## 12 Provoz budov v letním období (chlazení, oslunění)

Vzhledem ke stále se zrychlujícímu globálnímu oteplování, které doléhá i na geografické území ČR, je nutné systémově čelit přehřívání budov v letním období. V současné době ať již u novostaveb nebo u starších budov, které prošly revitalizací (zateplení a výměna oken) již není problém s občasným diskomfortem v zimním období, ale objevují se problémy spíše v **letním období**, kdy vlivem zejména vnější tepelné zátěže od oslunění dochází k nárůstu teploty vzduchu v interiéru a to jak především v kancelářských budovách, kde jsou ještě další interní zdroje tepla (pracovníci, počítače, tiskárny apod.), tak například ve školních učebnách, nebo i domovech pro seniory, zdravotnických zařízeních, apod. Průběh klimatických podmínek v poslední dekádě nasvědčuje stále se zvyšujícímu trendu slunečného léta, přecházejícího do zimy a zim, přecházejících do léta. Problematika oslunění tedy nabývá na významu.

Možností jak zabránit zvýšení vnitřní teploty vzduchu je několik:

### 12.1.1 Instalace chlazení

- přináší plný komfort v interiéru a kontrolu vnitřní teploty, znamená však podstatný nárůst spotřeby elektrické energie. Zkušenosti z poslední doby kdy je většina moderních kancelářských budov řešena s plnou VZT (klimatizací) bez otevíratelných oken ukazují, že řadě zaměstnanců, klientů toto prostředí z různých důvodů nevyhovuje. Klasickým je příklad z Japonska, kde v letním období docházelo k častým výpadkům elektřiny, způsobeným právě zvýšenou potřebou el. pro chlazení. Postačovalo změnit dress code pro letní období a díky chlazení na cca 22°C markantně klesla spotřeba elektřiny. Pro většinu objektů zadavatele se jedná o relativně nákladnou variantu a je používána pouze omezeně (například serverovna, vybrané kanceláře, apod.).

### 12.1.2 Instalace vnitřního stínění

- pouze částečně eliminuje vnější tepelné zisky z oslunění. Vnitřní stínící žaluzie se však vlivem oslunění zahřeje a částečně následně funguje jako topné těleso v interiéru, což není ideální řešení. Vnitřní žaluzie však bývají často používány i např. v učebnách k zastínění mj. pro promítání, apod.



Obrázek 16 Příklad vnitřní žaluzie (zdroj Suncare.cz)



Vnitřní žaluzie jsou (vyjma specifického použití) nejlevnějším řešením snížení přehřívání vnitřních prostor vlivem slunečního záření. Bohužel však relativně nejméně efektivním řešením (viz výše), navíc vlivem jednoduché a „neodborné“ obsluhy často dochází ke ztrátám slunečních zisků v zimním období, tj. žaluzie se z důvodu komfortu zbytečně zavírají během slunečných zimních dnů a bývají často staženy i během víkendů, atp. Výrazně výhodnější jsou vnější žaluzie, nebo slunolamy, viz další kapitoly.

#### 12.1.3 Instalace vnějšího stínění

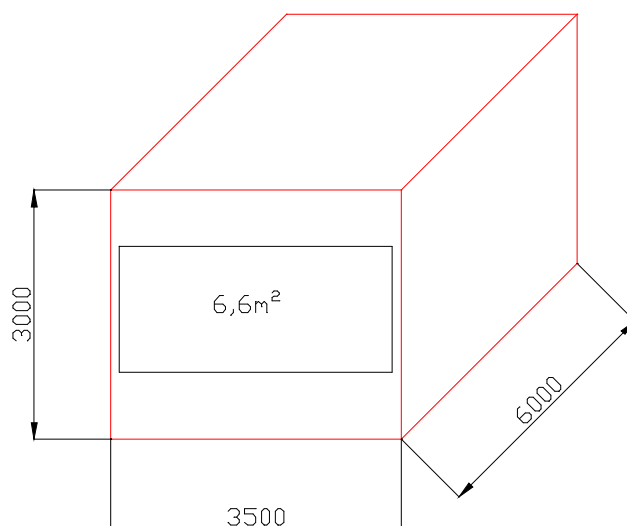
- je v převážné většině realizováno jako motorizovaná žaluzie, která umožňuje regulovat jak oslunění, tak naklápěním listů žaluzie částečně i osvětlení interiéru. Výhodou je oproti vnitřnímu stínění, že může eliminovat až 100 % veškerých zisků z přímého slunečního záření. Nevýhodou je výrazně vyšší cena, relativně stavebně náročnější instalace (pokud není již stavba připravena ve formě pouzder a kabeláže), vyšší provozní náklady (elektřina, servis). Dále může být problematickou síla větru, za extrémních podmínek je žaluzie nutné vytahovat, aby nedošlo k jejich poškození. Další nevýhodou je v případě vyššího zastínění venkovními žaluziemi nutnost použít vnitřní osvětlení prostor i během dne, čímž však dochází k ohřívání interiéru (v případě LED světel minimálnímu). Použití venkovních žaluzí není tedy všespásné řešení.



Obrázek 17 Příklad venkovní žaluzie (zdroj Adrems.cz)

Aby bylo možné obecně kvantifikovat potenciál úspor instalací předchozích stínících elementů, byl vytvořen model tří kanceláří, které mají okna situovaná na jih, jihozápad (45° od jihu) a západ (90° od jihu). Všechny interní stěny sousedí se shodnou kanceláří. V exteriérové stěně je okno s plochou 6,6 m<sup>2</sup>. V kanceláři byly umístěny dva počítače a dvě osoby. Obsazenost místnosti byla od pondělí do pátku od 7 hod do 17 hod.





Obrázek 18 Rozměry modelu kanceláře

Simulace každé kanceláře proběhla ve třech variantách:

1. Bez jakéhokoliv stínění
2. S vnitřním stíněním
3. S externím stíněním (vnější žaluzie s el. pohonem)

Varianta	kancelář J	kancelář JZ	kancelář Z
	[kWh]	[kWh]	[kWh]
1	597	683	603
2	298	353	370
3	0	0	0
<b>Procentuální úspora</b>			
1	-	-	-
2	49.9%	51.7%	61.4%
3	100%	100%	100%

Tabulka 14 Potřeba chladu pro udržení maximální teploty interiéru do 26 °C

Absolutní hodnoty potřeby pro chlazení jsou samozřejmě závislé na typu zasklení, obsazenosti kanceláře, učebny, apod. Ale procentuální úspora dosažená použitím stínících elementů bude vždy podobná hodnotám uvedeným v tabulce č. 3. Nárůst spotřeby chladu u kanceláří, učeben otočených na jihozápad a západ oproti jižně orientovaným kancelářím je dán tím, že sluce je v odpoledních hodinách níž nad obzorem, svítí tak do západně orientovaných oken přímo a zisk z oslunění je tak vyšší (obdobné by to bylo u východně orientovaných kanceláří).

Z provedení analýzy je tak zřejmé, že se z energetického hlediska vyplatí instalovat stínící elementy i na východních a západních fasádách, pokud prostory klimatizujeme.

Ekonomické vyhodnocení úspor instalací žaluzií je možné provést, pokud je známa spotřeba chladu pro budovu a provedena analýza orientace jednotlivých oken.

#### 12.1.4 Pasivní stínící prvky – slunolamy, vertikální zahrady

- v poslední době se stále častěji navrhují pasivní stínící prvky, tzv. slunolamy
- slunolam nemá pohyblivé části, pokud je správně navržen, vyroben a instalován, nemá žádné náklady na údržbu
- nebrání slunečním ziskům v zimním období (na rozdíl od např. zapomenutím spuštěných žaluzií o slunečném víkendu)
- slunolam může být zajímavým architektonickým prvkem exteriéru, v případě některých staveb i součástí nosné konstrukce skeletu objektu
- za pasivní stínící prvek se dá považovat i tzv. vertikální zahrada, používá se na části fasád bez oken a je zajímavým architektonickým prvkem

Níže uvádíme příklady slunolamů:



Obrázek 19 Příklady horizontálních statických slunolamů



Obrázek 20 Detail horizontálního slunolamu



Obrázek 21 Pohled na vertikální zastínění

Z obrázků je vidět, že se většinou nejedná o žádné sofistikované prvky ale například ohýbané ocelové plechy s povrchovou úpravou žárovým zinkováním. Tovární prvky bývají vyráběny z eloxovaných alu profilů. Slunolamy lze zhotovit i z UV odolného plastu, latí, apod. Je však třeba brát v úvahu značný destruktivní potenciál UV záření a vody, sněhu v zimním období. Dle našeho názoru je tedy nejlepším materiálem povrchově upravený kov. Při navrhování a montáži slunolamů je třeba brát zřetel na řádné ukotvení z hlediska mechanického namáhání (vítr, sníh) i minimalizaci tepelných mostů. Pro objekty, kde je již zatepleno je (pokud je objekt ještě v záruční době dodavatelem zateplení) projednat s dodavatelem invazivní instalaci slunolamů, aby vlastník objektu nepřišel o záruku.



Obrázek 22 Vertikální slunolam

Velmi zajímavý příklad vertikálních slunolamů (bytový dům v Praze). Jedná se o zastínění jihozápadní fasády, kde je účelem zastínění omezení zahřívání místností (pravděpodobně ložnic) během celého roku. Foto je z 15.10, 15.00 (tj. astronomicky 14.00). Z foto je vidět, že v zimním období budou sluneční zisky bohužel nulové. Přesto lze pro tento účel s lehkou výhradou doporučit.

Jako experimentální možnost například řešení veřejného prostoru např. jednou částí objektu zadavatele mohou být i vertikální zahrady. Použití vertikálních zahrad může mít i značný edukativní efekt pro mládež, sloužit jako doplněk městských včelínů, apod.

Příklady možností použití vertikálních zahrad (pro části fasád bez oken):



Obrázek 23 Výstavní stánky země na EXPO Milano (zpracovatel)



*Příklad dodatečné instalace slunolamu přes celou plochu jižního průčelí objektu.*



*Relativně jednoduché slunolamy s nejvyšší účinností od poloviny května do poloviny srpna*

## 12.2 Doporučení

Jak jsme uváděli již v „rozcestníku“, je třeba zvážit použití slunolamů především na jižně orientované fasády nově připravovaných staveb. Úspory díky „nedodání“ například předokenních žaluzií (které jsou výrazně dražší, mají relativně drahý servis, omezenou životnost) jsou značné a navíc správně zvolený slunolam u moderní budovy může být třešničkou na dortu pro designéra/architekta. Dalším přínosem může být úspora energie na osvětlení vnitřních prostor. Není nic horšího, než když se zcela zaklopí vnější předokenní žaluzie a ve vnitřní prostoře (např. kanceláři) se rozsvítí... Tím dojde i k ohřívání interiéru, kterému bylo třeba zamezit. Při rekonstrukcích – zateplování jsou slunolamy opět vhodné, jen je třeba vyřešit jejich montáž na fasády a to bez tepelných mostů. Apelujeme tedy na vedení PO, projektové manažery, odbor investic, architekty, projektanty, aby navrhovali v opodstatněných případech tyto velmi užitečné funkční prvky.



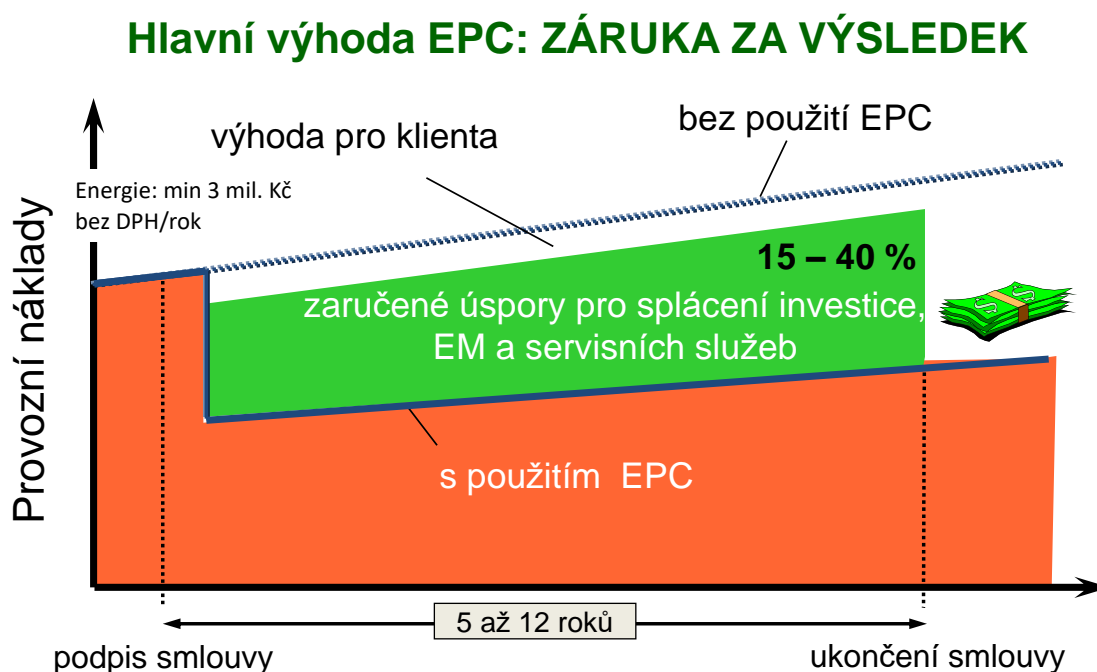
## 13 Využití EPC (nejen) pro instalaci OZE

Obchodní model EPC, což je zkratka anglického názvu Energy Performance Contracting a v českém překladu Energetické služby se zaručeným výsledkem, je v České republice využíván od roku 1994. Díky této dlouhé tradici a nabyté erudici jak poradenských firem, tak realizačních firem ESCO (Energy Service COmpany), jsou energetické služby poskytovány na vysoké úrovni a příjemcům přinášejí prokazatelné úspory a další benefity.

### 13.1 Co je EPC?

Metoda EPC je charakterizována jako služba, jejíž hlavním atributem je **smluvní záruka za snížení spotřeby energie nebo zvýšení energetické účinnosti energetického zařízení nebo často celého energetického hospodářství**. Tato služba je poskytována firmou ESCO klientovi na základě **Smlouvy o energetických službách se zaručeným výsledkem**. Snížení spotřeby energie u klienta – u projektů EPC běžně mezi 10 až 40 % z výchozího stavu – se projeví úsporou provozních nákladů (15 až 45 %). **Při uplatnění klasické podoby projektu řešeného metodou EPC investici do úsporných opatření klient splácí (umožňuje) po dobu garance pouze z uspořené provozních nákladů**. Součástí projektu řešeného metodou EPC přitom může být financování třetí stranou – nejčastěji prostřednictvím firmy ESCO, kdy klient nepotřebuje na realizaci projektu vlastní finanční prostředky. Financování třetí stranou není podmínkou realizace projektu EPC, ale u většiny projektů, zejména ve veřejném sektoru, je využíváno ve většině případů. V současné době lze projekty EPC kombinovat i s dotační podporou, zejména na opatření s dlouhou dobou návratnosti (stavební opatření), realizovat komplexnější soubor opatření a maximalizovat tak výši úspor (> 50 %).

Smlouva mezi klientem a ESCO je v případě veřejných subjektů uzavírána nejčastěji na 10 let, u privátních na kratší dobu. O tom, jak dlouho musí smluvní vztah trvat, rozhoduje ekonomika projektu vycházející s výše zaručených úspor, výše investic do úsporných opatření, ceny energetického managementu, který je nedílnou součástí projektu EPC, a ceny finanční služby (je-li využita). Tím je dána doba návratnosti investic do úsporných opatření.



Obr.: Finanční model projektu EPC

### 13.2 Pro koho je EPC vhodné?

Nejčastějšími příjemci energetických služeb se zaručeným výsledkem jsou města a kraje a jejich příspěvkové organizace, státní příspěvkové organizace, ale i soukromé společnosti.

Projekty EPC jsou zpravidla vhodné pro subjekty, jejichž náklady na energie dosahují alespoň 3 miliony korun bez DPH ročně. Samozřejmě, i zde existují případy, kdy se EPC vyplácí i při nižších nákladech, a naopak nevyplácí při vyšších. Avšak obecně platí, že čím vyšší tyto náklady jsou, tím vyšší bývá potenciál úspor, ze kterých je pak možné financovat úsporná opatření. Proto se tato metoda uplatňuje především v nemocnicích, školách, domovech sociální péče, ale i v průmyslových a administrativních objektech.

### 13.3 Jaká opatření jsou v projektu EPC realizována?

V projektech EPC jsou to opatření v oblasti technických zařízení budov a mezi nejčastěji navrhovaná a realizovaná v minulosti patřila a i v současné době stále patří modernizace zdrojů tepla a chladu (kotelny a strojovny), výměna nebo modernizace vzduchotechnických jednotek, výměna vnitřního osvětlení, instalace prvků pro řízení dodávek tepla a modernizace systémů měření a regulace a instalace prvků snižujících spotřebu vody. Pokud to stav a využití objektů dovoluje, mohou být součástí projektu také např. kogenerační jednotky a fotovoltaické elektrárny a v případě obcí i modernizace veřejného osvětlení. U zdravotnických a dalších zařízení může projekt EPC zajistit mnohdy potřebnou modernizaci technologických provozů, jakým je např. prádelna. Skladba opatření však vždy do značné míry musí respektovat výchozí a budoucí předpokládaný stav spotřeby a užití objektů, aby bylo možné dosáhnout ekonomické návratnosti nákladů vložených na realizaci projektu.



*Obr.: Modernizované veřejné osvětlení ve městě Holice*



*Obr.: Nová prádelna v Psychiatrické nemocnici Kosmonosy*

### 13.4 Vhodná spolupráce s odborníkem

Jak postupovat v případě, že máte zájem o tento typ služeb, popisuje Radim Kohoutek, výkonný ředitel a místopředseda Rady Asociace poskytovatelů energetických služeb, z.s.

Každý z potenciálních klientů – ať jsou to města, kraje, státní nemocnice nebo třeba průmyslové podniky – má vlastní „core business“, kterému se denně věnuje a kterému rozumí. Energetika a energetické služby jsou oblastí, která také vyžaduje určité know-how a zkušenosti, a proto doporučujeme, aby takový zájemce o tento typ služeb, např. starosta, respektive vedením města pověřený tým pracovníků, spolupracoval s někým, kdo tuto problematiku dobře zná a má s ní zkušenosti.

Tím je odborný poradce - konzultant, který mu pomůže se stanovením základních parametrů projektu, se zpracováním zadávací dokumentace a provede ho procesem výběru poskytovatelem služby v souladu s platnou legislativou - zákonem o zadávání veřejných zakázek (ZZVZ). V případě, že klient chce a může využít dotaci na některá z úsporných opatření, pomůže mu konzultant se zpracováním a podáním žádosti o dotaci a s tím související administrativou.

#### 13.4.1 Jak postupovat?

1. poptat a vybrat poradce (kontakty lze najít například na [www.apes.cz](http://www.apes.cz))
2. s pomocí poradce vybrat vhodný objekt, resp. několik objektů (tzv. pool)
3. nechat poradcem zpracovat analýzu vhodnosti EPC pro vybrané objekty (na zpracování analýzy vhodnosti EPC lze čerpat dotaci z programu EFEKT, která pokryje 75 % z nákladů, max. 400 tis. Kč).
4. ve spolupráci s poradcem zpracovat zadávací dokumentaci a připravit výběrové řízení na firmu ESCO (pokud je klient povinen řídit se zákonem o zadávání veřejných zakázek)
5. vybrat firmu ESCO a uzavřít s ní smlouvu
6. realizovat projekt
7. vyhodnotit efekty, v případě zájmu pokračovat dalšími projekty

### 13.5 Výše zaručených úspor je klíčová

**Realizace projektů s přidanou hodnotou v podobě záruky za dosažení úspor je službou, nikoliv**



pouhou dodávkou zařízení za nejnižší cenu. Nabídky firem typu ESCO jsou návrhy komplexních řešení, které vznikají bez projektové dokumentace, a proto je nutné, aby byly posouzeny a hodnoceny zkušenými odborníky. Pro hodnocení nabídek jsou použita minimálně 3 kritéria, z nichž největší váhu má **výše zaručených úspor**.

Vztah mezi klientem a firmou ESCO má jiný charakter, než tomu bývá u standardních dodavatelských projektů. Obě smluvní strany mají stejný zájem – maximalizovat pozitivní efekty projektu, tj. úspory a komfort pro uživatele budov. Z tohoto důvodu se u drtivé většiny projektů daří během období účinnosti smlouvy navýšit objem úspor nad původní očekávání. To pak vytváří prostor pro dodatečné investice a další benefity pro klienta.

A jak funguje ta záruka za výsledek? Jednoduše tak, že když firma ESCO slíbí a následně smluvně potvrdí klientovi ušetřit ročně např. 100 MWh energie a dosáhne pouze 90 MWh (méněúspora), je povinna, finanční hodnotu vzniklého rozdílu, tj. v tomto případě 10 MWh, klientovi v dalším roce zaplatit. Klient tak má jistotu, že vždy bude mít prostředky na splácení nákladů projektu a že ESCO bude pracovat na tom, aby projekt přinášel slibované efekty. Na druhou stranu, pokud se projektem podaří ušetřit více, je vzniklý rozdíl (víceúspora) rozdělen mezi klienta a ESCO, což funguje jako motivační prvek pro to, aby se obě smluvní strany snažily úspory zvyšovat. Navíc, v řadě projektů je alespoň část případných víceúspor investována do dalších úsporných opatření a tím dochází k dalšímu zlepšení projektových parametrů.

### 13.6 EPC lze využít i pro instalaci OZE

Obnovitelné zdroje energie, nejčastěji fotovoltaické výrobní a tepelná čerpadla využívající tepelnou energii ve vzduchu, vodě a půdě, jsou dnes standardně součástí projektů EPC, pokud to objekty umožňují (např. z důvodu statiky, památkové ochrana apod.) a mají prokazatelný ekonomický přínos, a pomáhají tak navyšovat finanční úspory klienta.

Je však třeba si zdůraznit, že obnovitelné zdroje – zejména FVE - mají v průběhu roku v podmínkách České republiky nestálý a nevyrovnaný výkon a u projektů EPC většinou tvoří jen jedno z úsporných opatření. Lze si ale představit i projekt řešený metodou EPC, jehož výhradním předmětem bude realizace OZE v objektu/ objektech klienta, např. FVE na střeše nebo více střeších, přičemž FVE ze 100 % (případně méně, bude-li využita dotace) zafinancuje ESCO a tuto investici bude následně klient splácet z úspor za elektřinu nenakoupenou od obchodníka. Budoucí úspora bude pak z určité části závislá na klimatických podmínkách – slunečním svitu, bez možnosti ovlivnění ze strany ESCO, jako je tomu u ostatních opatření realizovaných v rámci projektů EPC. V takovém případě je proto vhodné ve výši záruky za výsledek zohlednit určitou míru tolerance a riziko případného neúspěchu (méněúspory) spravedlivě rozdělit mezi klienta a ESCO.

### 13.7 Příklady projektů EPC v České republice

Od roku 1994 byly v České republice realizovány stovky projektů EPC za více než 4,7 mld. Kč. Tyto projekty přinesly klientům úspory více než 5,7 mld Kč a mnohdy potřebnou modernizaci energetických zařízení, zhodnocení majetku a zvýšení komfortu uvnitř budov. Mezi subjekty, které projekty EPC realizovaly a realizují i opakovaně, lze zařadit Pardubický a Středočeský kraj, Národní divadlo, Psychiatrické nemocnice Kosmonosy a v Dobřany, Ústav pro péči o matku a dítě v Praze a celou řadu měst a obcí (Prahu a její městské části, Liberec, Velký Osek, Přelouč, Břeclav ad.).

Jedním z posledních komplexních projektů úspor řešených metodou EPC je projekt ve městě Břeclav v Jihomoravském kraji, kde byla v roce 2023 dokončena fáze výstavby úsporných opatření.

Projekt EPC je realizován na 8 objektech, které jsou z hlediska portfolia městských budov a energetické spotřeby nejvýznamnější. Z toho na 4 objektech bylo využito spolufinancování z evropských dotací. Jako hlavní úsporná opatření, která byla navržena a realizována, lze jmenovat instalaci prvků zastínění pro zamezení přehřívání budov a omezení spotřeby energie na výrobu chladu, rekonstrukci osvětlovacích soustav, doplnění a úprava systémů regulace tepelné energie, instalaci fotovoltaických elektráren na střechy objektů, využití odpadního tepla při větrání budov, instalaci reverzibilních tepelných čerpadel, instalaci kombinované výroby elektřiny a tepla, využití odpadního tepla z technologického chlazení, omezení spotřeby čisté vody a recirkulace technologických vod v rámci

zimního stadionu a jednotný energetický dispečink umožňující dohled nad všemi realizovanými opatřeními a poskytování služeb energetického managementu po celou dobu účinnosti smluvního vztahu a splacení nákladů projektu nad rámec dotace.

Celková investice do úsporných opatření dosáhla cca 56 mil. Kč bez DPH, přičemž dotační podpora pokryje z této částky 11,7 mil. Kč. Úspory zaručené firmou ESCO tvoří 41 % z původní výše nákladů na nákup energie a vody a ve finančním vyjádření dosahují 35,6 mil. Kč bez DPH za 10 let. Z toho vyplývá, že u tohoto projektu si část nákladů město hradí z vlastních zdrojů, protože ne u všech opatření je možné související investice pokrýt výhradně dotací, nebo úsporami během účinnosti smlouvy. I tak je tento projekt pro město výhodný, protože mu přináší řadu benefitů, jakými jsou zvýšení účinnosti při užití energie, zvýšení komfortu uvnitř budov, zvýšení přehledu o využití energie a vody v městských budovách a v neposlední řadě také snížení závislosti na dodávce elektřiny z distribuční soustavy. Tento projekt byl také oceněn jako jeden z nejlepších připravovaných projektů EPC za rok 2022 (viz zde: <http://www.apes.cz/aktuality.php>).



Obr.: FVE na střeších vybraných objektů města Břeclav

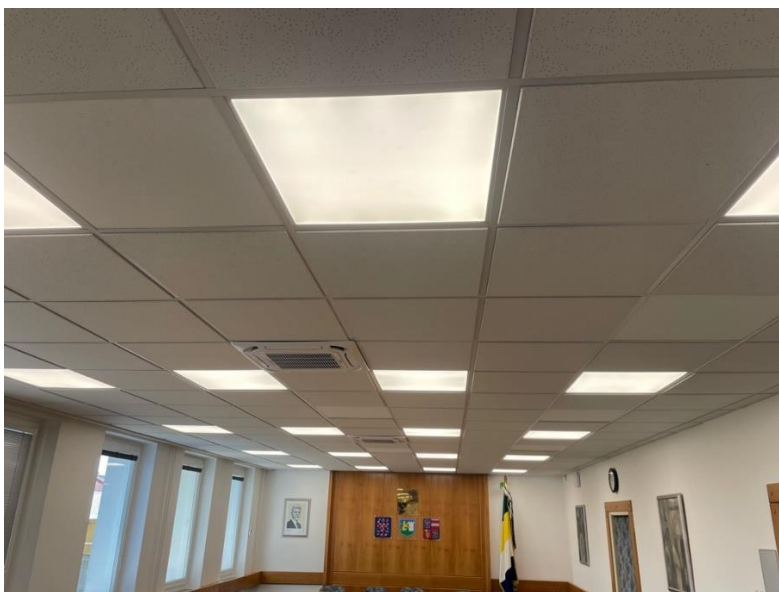




*Obr. Kogenerační jednotka v objektu zimního stadionu města Břeclav*



*Obr: Nové osvětlení zimního stadionu*



*Obr.: nové osvětlení vnitřních prostor městského úřadu*



*Obr.: výsledky soutěže o nejlepší připravovaný projekt EPC*

Více o některých dalších z realizovaných projektů a úsporných opatřeních lze nalézt na <http://www.apes.cz/mapa-projektu.php>, nebo u vedení Asociace poskytovatelů energetických služeb. Zdroj: DS Energy Consulting s.r.o. a Asociace poskytovatelů energetických služeb z.s.

Záměrně jsme informace o možnostech EPC zařadili do této Studie, přes veškerou, dlouholetou osvětu v tomto směru, stále kolují různé fámy, dezinterpretace, apod. Metoda EPC (pokud je správně aplikována) je zvláště se souběžným využitím dotací moderním způsobem financování, který má oprávněné místo v energetice/stavebnictví.

## 14 Závěr – doporučení

Zadavatel – Olomoucký kraj se řadu let zodpovědně věnuje problematice hospodaření s energiemi, úsporám, využití dotačních programů pro svoji investiční činnost a dává důraz na ekologii, užití obnovitelných zdrojů energie, zachování vody v krajině, atp. Důkazem je mj. i tato předkládaná Studie. Studie mapuje v jednotlivých kapitolách moderní možnosti zajištění efektivního vytápění, ohřevu TV, výroby elektřiny pro komunální projekty, případně ochrany před přehříváním interiérů, vše s důrazem na využití OZE. Přesto dle našeho názoru a s maximálním zjednodušením – zemní plyn není „sprosté slovo“, mj. proto jsme do Studie zařadili kapitolu o kogeneračních jednotkách, s konkrétními doporučeními. Materiál by měl sloužit jako pomůcka k efektivnímu rozhodování odborů krajského úřadu, managementu jednotlivých PO, případně správců o způsobech zajištění vytápění, výrobě elektřiny a dalších aspektech energetického hospodářství. V některých kapitolách jsou i naprosto konkrétní doporučení pro jednotlivé objekty Olomouckého kraje.

Na závěr předkládáme několik bodů, které je dle našeho názoru vhodné při jakémkoliv rozhodování v energetice, souvisejícím stavebnictví zohlednit:

- Vždy použít zdravý (selský) rozum, rozhodovat s výhledem na dalších 10 až 20 roků,
- Osvětlení - LED světla uvážlivě všude. Dojde k úsporám především v zimním období, kdy je výroba energie z OZE výrazně nižší než v letním období!
- Realizovat provozní opatření – důsledné nastavení kondenzačních kotlů na kondenzační provoz (viz. kapitola Kondenzační kotle)!
- Při přípravě investičních akcí vždy posoudit možnost dotací, problematika je stále širší (což zadavatel činí a je úspěšný),
- Při zateplování (i s využitím dotace) VŽDY posoudit možnost instalace slunolamů, tj. pasivního venkovního stínění,
- Při úvahách o vybudování FVE vybírat především objekty s vysokou vlastní spotřebou i v letním období, v budoucnu hrozí sankce za dodávky el. v létě, nebo bude nutné FVE odstavovat, též je ve hře dvojitá cena elektřiny (zimní/letní),
- FVE mohou v letním období sloužit i jako zdroj energie pro chlazení klimatizačními jednotkami (tepelnými čerpadly vzduch/vzduch), které budou v přechodném období (tj. září až listopad a březen až duben) využívány jako zdroj tepla, tím dojde k úsporám na fosilním palivu (plynu) a rovněž k úspoře nákladů,
- V rozhodování o instalaci tepelného čerpadla je vždy vhodné zvážit i faktor jeho životnosti
- Elektromobilita – v případě masového rozšíření FVE bude v letním období (období největší výroby el. v Evropě obecně) problém co s vyrobenou energií. Řešením je mj. nabíjení elektromobilů (vozového parku zadavatele, ale i např. městských, obecních elektromobilů v lokalitě, kde jsou objekty zadavatele s FVE). Zároveň je vhodné nabíječky saturovat OZE (FVE na překrytí nabíječek), vlastní elektromobily případně využít v rámci managementu sítí,
- Pečlivě sledovat technologický vývoj u malých větrných elektráren, včas zahájit jejich instalaci ve vhodných areálech s využitím dotací (viz. kapitola malé větrné elektrárny),
- Posoudit možnosti financování investic i metodou EPC, ideálně ve spojení s dotační podporou,
- Dále dbát na zachování vody v krajině, u rekonstrukcí, novostaveb, revitalizací pozemků přistupovat k problematice nad rámec aktuálních zákonů, vyhlášek, atp.,

## 15 Použité zdroje, okrajové podmínky

### 15.1 Použité zdroje

- Zkušenosti, znalosti, archiv kolektivu pracovníků E-resources,s.r.o.
- Podklady Olomouckého kraje
- Informace, foto Stiebel Eltron, s.r.o. ([www.stiebel-eltron.cz](http://www.stiebel-eltron.cz)), za což vřele děkujeme
- Informace TZB – info
- [www.patria.cz](http://www.patria.cz)
- Yahoo finance
- [www.chargeup.cz](http://www.chargeup.cz)
- Česká společnost pro větrnou energii
- Normy ČSN
- Asociace poskytovatelů energetických služeb ([www.apes.cz](http://www.apes.cz)), opět vřelá díky
- [www.makemu.it](http://www.makemu.it)
- [www.vetrnysvet.cz](http://www.vetrnysvet.cz)
- DS Energy Consulting s.r.o.

### 15.2 Okrajové podmínky

- Zpracovatel nenese záruku za nepřesná, chybná data, která případně obdržel od zadavatele.
- Pro dokument byly využity zkušenosti zpracovatele z obdobných analýz, studií, rozborů apod.
- Názory, směry, teze, kolektivu zpracovatele vychází z dlouhodobých znalostí, zkušeností, obdobných zakázek a nemusí se shodovat se závěry podobných materiálů jiných zpracovatelů. Vždy jsou však vedeny dobrou vůlí k dosažení smysluplných úspor zadavatele, bez zhoršení životního prostředí.
- Ve Studii byly použity kalkulace, údaje, řešení, technologie, principy apod., vycházející z příslušných zákonů, vyhlášek, ČSN, znalostí a zkušeností týmu zpracovatele a veřejně dostupných zdrojů.
- Případné kalkulace, odborné odhady, predikce atd., týkající se úspor, finančních přínosů, požadavků na síť el. jsou realizovány pro účel tohoto materiálu jako orientační, nezohledňují v plném rozsahu soudobost, ztráty v sítích topných systémů, apod.
- Záměrně neuvádíme dotační možnosti, neboť jejich šíře, podmínky, doby udržitelnosti, apod., by vydaly na samostatnou knihu.
- Uváděná data technologií, panelů, větrných turbín, apod., podléhají zestárnutí, změnám, většina parametrů se vztahuje k rokům 2021 až 2023, dle dostupnosti.
- V kapitole týkající se kondenzačních kotlů se vychází z dat, hodnot, parametrů průměrných nekondenzačních kotlů a průměrných kondenzačních kotlů. Odchylkou mohou být v řádu jednotek %.
- Případná foto instalací, na nichž jsou osoby, jsou převzaty z veřejně dostupných zdrojů