Město Plzeň

Studie soběstačnosti města Plzně v oblasti energetiky



GATUM

Obsah

Manažerské shrnutí ... 5
1. Strategický kontext energetiky města ... 10
2. Analytická část ... 12
2.1 Vymezení řešeného energetického hospodářství ... 12
2.2 Vyhodnocení obnovitelných zdrojů energie ... 14
2.2.1 Fotovoltaické elektrárny ... 14
2.3 Větrné elektrárny ... 15
2.4 Malé vodní elektrárny ... 16
2.5 Nadefinování energetických toků elektřiny a tepla ... 17
2.6 Vyhodnocení potenciálu místních zdrojů energie a možností instalace nových zdrojů ... 19
2.7 Posouzení možnosti sdílení energie mezi objekty v rámci LDS ... 20
2.7.1 Nezbytné náležitosti pro provozování LDS ... 20
2.7.2 Potenciál a benefity LDS pro město ... 21
2.8 Opatření pro zvýšení energetické soběstačnosti ... 23
2.8.1 Mikrokogenerační jednotky ... 23
2.8.2 Systém vzduchotechnických jednotek se zpětným získáváním tepla ... 25
2.8.3 Využití odpadního tepla z IT technologií a serveroven ... 26
2.8.4 Tepelná čerpadla ... 28
2.8.5 Fotovoltaické elektrárny ... 30
2.8.6 Solární přístřešky ... 31
2.8.7 Akumulace elektrické energie ... 32
2.8.8 Komunitní energetika ... 34
2.8.9 Termické kolektory ... 35
2.8.10 Pokročilá akumulace teplé vody ... 36
2.8.11 Využití bioplynu či biometanu ... 37
2.8.12 Zvýšení účinnosti elektrických pohonů ... 38
2.8.13 Pokročilé řízení systému vytápění ... 39
2.8.14 IRC zónová regulace ... 43
2.8.15 Síť sdílení tepla mezi budovami ... 45
2.8.16 Obchodování na denním trhu ... 45
3. Návrhová část ... 46
3.1 Doporučení pro zvýšení energetické efektivity objektů ... 46
3.1.1 Mikrokogenerační jednotky ... 46
3.1.2 Instalace VZT s rekuperací na budovu 11. ZŠ ... 48
3.1.3 Modelový příklad využití odpadního tepla ze serverovny ... 50
3.1.4 Využití tepelných čerpadel ... 52
3.1.5 Realizace bioplynové stanice ... 54
3.1.6 Návrh pilotní instalace fotovoltaických přístřešků nad parkovacími plochami ... 54
3.1.7 Analýza přínosů akumulace energie v kombinaci s FVE ... 55
3.1.8 Využití fototermických kolektorů a stratifikačních zásobníků v praxi ... 56
3.2 Podpůrné aktivity pro zvýšení energetické soběstačnosti města ... 57
3.2.1 Sdílení energií mezi ZŠ a budovami MMP ... 57
3.2.2 Pokročilé řízení kotelen ... 58

3.2.3 Zateplení obvodových stěn ... 59
3.2.4 Zateplení stropu a střešních konstrukcí ... 59
3.2.5 Výměna otvorových výplní ... 59
3.2.6 Výměna stávajících svítidel za LED technologie ... 59
3.2.7 Modernizace zdrojů vytápění ... 60
3.2.8 Modernizace veřejného osvětlení ... 60
3.2.9 Rozšíření hranice energetického managementu ... 60
3.3 Návrh scénářů navýšení energetické soběstačnosti. ... 61
3.3.1 Pesimistický scénář ... 61
3.3.2 Realistický scénář ... 63
3.3.3 Optimistický scénář ... 65
3.4 Zhodnocení dopadu na životní prostředí a kvalitu života ... 67
3.4.1 Emise skleníkových plynů ... 67
3.4.2 Hluk ... 69
3.4.3 Kvalita vnitřního prostředí ... 70
3.5 Návrh akčního plánu ... 71
4. Závěrečné shrnutí a doporučení studie ... 74
Rejstřík zkratek ... 76
Seznam tabulek ... 79
Seznam grafů ... 80
Seznam obrázků ... 80
Příloha č. 1 – Spotřeby energií jednotlivých objektů v majetku města ... 81
Příloha č. 2 – Vhodné objekty pro budoucí instalaci FVE ... 86
Příloha č. 3 – potenciální objekty pro instalaci mikroKGJ a tepelného čerpadla ... 88
Příloha č. 4 – Kroky pro založení a zprovoznění LDS ... 89
Příloha č. 5 – Ukázka dobré praxe – navýšení energetické soběstačnosti budov ... 91
Samostatné přílohy ... 106

Identifikační údaje

Dokument	
Název díla	Studie soběstačnosti města Plzně v oblasti energetiky
Zadavatel	Statutární město Plzeň, IČO: 00075370, nám. Republiky 1/1, Vnitřní Město, 301 00 Plzeň
Kontaktní osoba	JUDr. Petr Triner, MBA, ředitel Úřadu správních agend Magistrátu města Plzně, triner@plzen.eu, +420 602 240 633

Zpracovatel	
Název	Gatum Group, s.r.o.
Sídlo	Italská 2581/67, 120 00 Praha
IČO	04153499
Odpovědná osoba	Ing. Daniel Vlček, jednatel
Kontakt	daniel.vlcek@gatum.cz, +420 604 144 914

Verze			
Verze	**Datum**	**Úpravy**	**Autor**
1.2	12/2025	Návrh Studie soběstačnosti města Plzně v oblasti energetiky po zapracování připomínek č. 2	Gatum Group
1.1	11/2025	Návrh Studie soběstačnosti města Plzně v oblasti energetiky po zapracování připomínek	Gatum Group
1	11/2025	Návrh Studie soběstačnosti města Plzně v oblasti energetiky k připomínkám	Gatum Group

Manažerské shrnutí

Strategický rámec

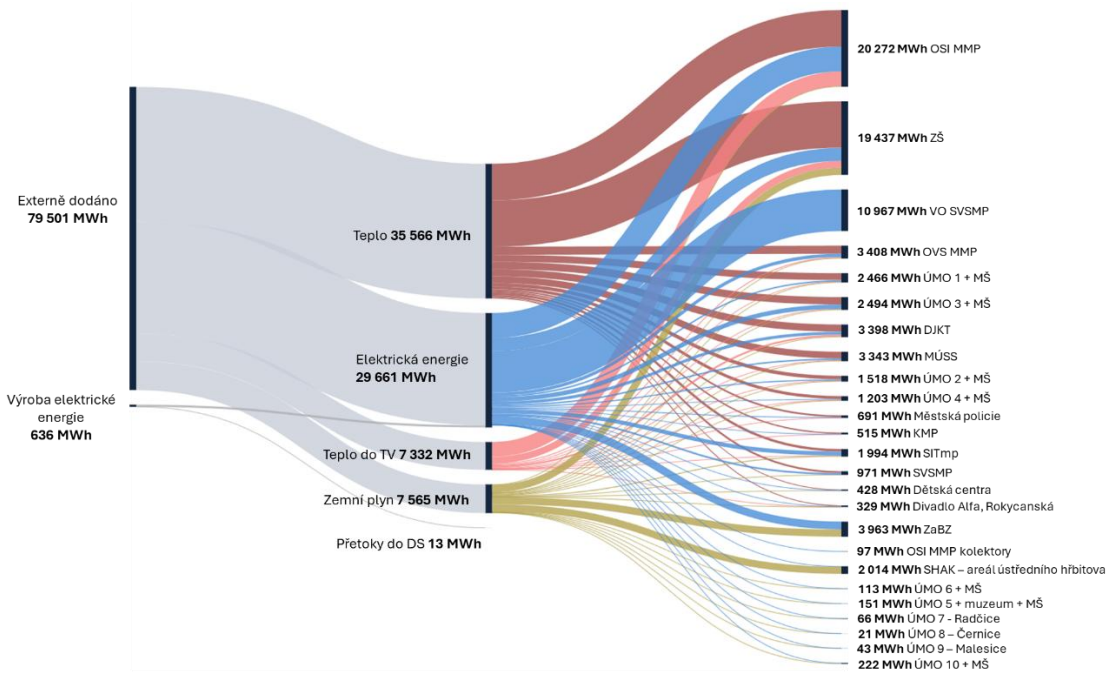
Město Plzeň dlouhodobě směřuje k rozvoji **udržitelné, efektivní a nízkoemisní městské energetiky**, jež představuje jeden z klíčových pilířů moderního a odolného města. Strategickým cílem je **posílení energetické soběstačnosti městských budov**, snížení závislosti na externích dodavatelích energií a postupná optimalizace hospodaření s energií městského hospodářství. Těchto cílů plánuje Plzeň dosáhnout zejména prostřednictvím **rozvoje obnovitelných zdrojů energie**, zavádění inovativních technologií a **chytrého řízení spotřeby**.

V posledních letech město realizovalo řadu konkrétních kroků v oblasti energetiky, které přispívají k naplňování těchto strategických cílů. Mezi nejvýznamnější opatření patří především **instalace fotovoltaických elektráren na objektech v majetku města**, zvyšování energetické účinnosti budov a systematické posilování sdílení energie v rámci komunitní energetiky. Tato opatření vytvářejí solidní základ pro další rozvoj **lokální městské energetiky** založené na obnovitelných a nízkoemisních zdrojích.

Na tento vývoj navazuje **Studie soběstačnosti města Plzně v oblasti energetiky** (dále také jako „Studie"), jež rozpracovává tři možné varianty rozvoje – **pesimistický, realistický a optimistický scénář**. Scénáře popisují výši předpokládaných investic, míru uplatnění moderních technologií i úroveň dosažené energetické nezávislosti. Účelem Studie je stanovit možnosti města v oblasti výroby energie z vlastních zdrojů a využití pro jeho spotřebu, kvantifikovat potenciál opatření a vytvořit strategický podklad pro rozhodování o prioritách a investicích.

Výchozí situace – energetická bilance

Součástí Studie bylo **zpracování energetické bilance výchozího stavu** objektů ve vlastnictví města. Přehled současného stavu městského hospodářství zahrnoval **151 objektů** rozdělených do 24 skupin, u nichž byla analyzována **spotřeba tepla, zemního plynu a elektrické energie**. Energetická bilance dále zahrnovala spotřebu veřejného osvětlení a kolektorů. Celková roční spotřeba **energie dosahuje 80 124 MWh**. Roční výroba elektrické energie z instalovaných **fotovoltaických elektráren** činí v současnosti **636 MWh**, přičemž další zdroje jsou ve fázi přípravy a budou v dohledné době uvedeny do provozu. Na grafu níže je znázorněno rozdělení spotřeby energie dle jednotlivých komodit a skupin. Mezi hlavní spotřebitele energie patří sportoviště, OŠMT a veřejné osvětlení.



Struktura dokumentu

Studie zahrnuje celkem čtyři provázané kapitoly, kde na úvod je téma energetiky zasazeno do strategického kontextu města. Další kapitola – analytická část – představuje hodnocení aktuální situace prostřednictvím energetické bilance. Návrhová část v reakci na zjištění z předchozí sekce předkládá možnosti pro navyšování energetické soběstačnosti města v oblasti elektrické a tepelné energie. Kapitola – shrnutí a závěrečné doporučení studie – podává konsolidovaný přehled řešených scénářů pro navyšování výroby energie a doporučených kroků.

Zvyšování energetické soběstačnosti – variantní scénáře

V rámci studie byly vypracovány **tři varianty rozvoje energetické soběstačnosti** města Plzně, které se liší předpokládanou výší investic, využitím technologií a **očekávanou úrovní dosažené nezávislosti**. Cílem scénářů je vyhodnotit možné směry rozvoje městské energetiky, posoudit jejich proveditelnost a vytvořit podklad pro strategické rozhodování o dalším postupu města v oblasti zvyšování energetické efektivity a využívání obnovitelných zdrojů energie.

1 Pesimistický scénář – setrvání současného trendu

Pesimistický scénář předpokládá pokračování současného tempa investičních aktivit bez výrazného posílení rozvoje obnovitelných zdrojů energie. Realizace nových projektů bude zaměřena zejména na již připravované a plánované fotovoltaické instalace, zatímco zavádění dalších významných lokálních zdrojů se v horizontu scénáře neuvažuje.

V rámci tohoto scénáře se předpokládá roční výroba elektrické energie z fotovoltaických systémů ve **výši přibližně 1 900 MWh**, z níž cca 95 %, tzn. 1 805 MWh, bude využito přímo pro spotřebu městských objektů. Odhadovaná míra energetické soběstačnosti se pohybuje kolem 2,6 %, což odráží pouze minimální posun oproti současnému stavu.

Investiční náklady na navýšení instalovaného výkonu FVE na 2 000 kWp jsou odhadovány na **63 mil. Kč**. Tento scénář představuje konzervativní variantu rozvoje městské energetiky, zachovávající stávající trendy a sloužící jako referenční základ pro posouzení efektivity dalších, ambicióznějších opatření.

2 Realistický scénář – kogenerace a tepelná čerpadla

Realistický scénář představuje **vyváženou a proveditelnou strategii rozvoje městské energetiky**, jež zohledňuje ekonomickou efektivitu, technickou dostupnost a environmentální přínosy. Tento scénář kombinuje rozšíření stávajících instalací fotovoltaických elektráren, zavádění mikrokogeneračních jednotek a instalaci tepelných čerpadel.

Plánované rozšíření FVE zahrnuje instalaci systémů pro dosažení 4 680 kWp, s předpokládanou roční výrobou 4 446 MWh, z níž bude přibližně 4 224 MWh využito přímo pro spotřebu městských objektů. Mikrokogenerační jednotky o instalovaném výkonu 500 kWe zajistí roční výrobu 2 750 MWh elektrické energie a 5 500 MWh tepelné energie, ovšem za cenu navýšení spotřeby zemního plynu. Tepelná čerpadla s výkonem 300 kW přispějí dodávkou přibližně 1 320 MWh tepelné energie ročně, se snížením závislosti na zemním plynu.

Celkově by tento scénář vedl k navýšení energetické soběstačnosti města na **úroveň přibližně 9,6 %,** přičemž **investiční náklady se odhadují na 241 mil. Kč**. Realistický scénář je proto doporučovanou variantou, protože nabízí optimální kombinaci dosažitelného technologického rozvoje, efektivního využití lokálních zdrojů a environmentálních přínosů.

3 Optimistický scénář – bioplynová stanice

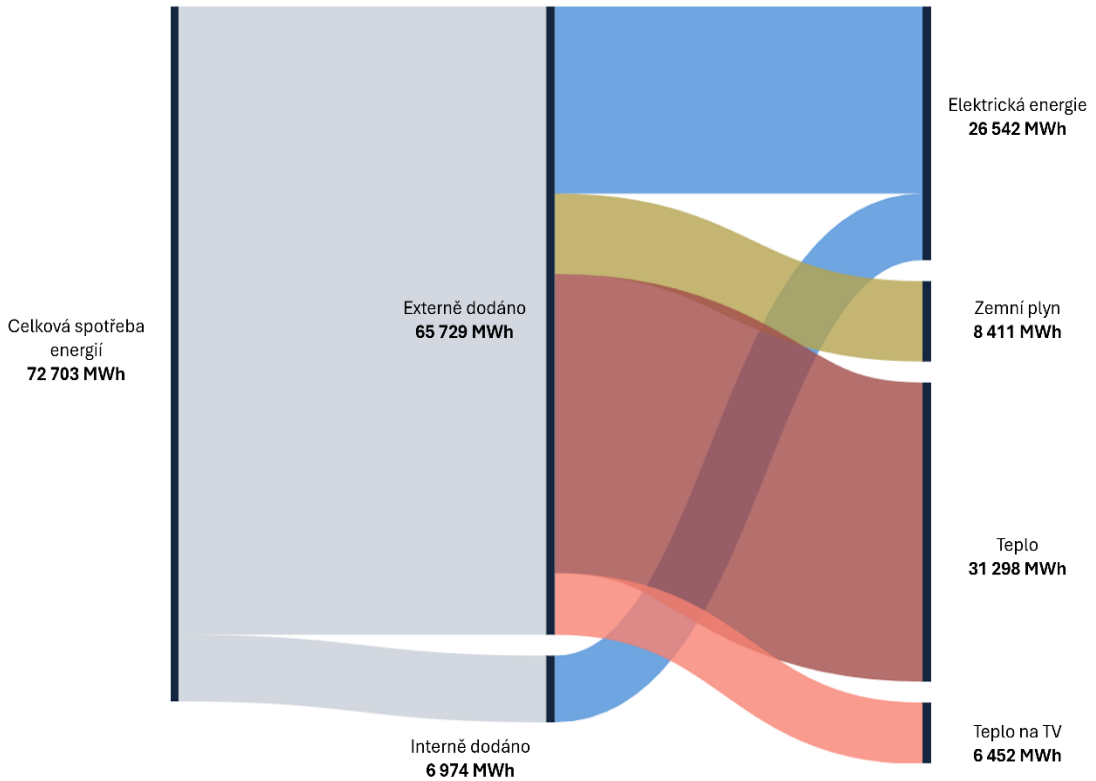
Optimistický scénář představuje ambiciózní, avšak při vhodném plánování a zabezpečení podmínek stále realizovatelnou variantu rozvoje městské energetiky. Jeho cílem je maximální využití energetického potenciálu městských objektů, rozšíření kapacit FVE a realizace bioplynové stanice na využití gastroodpadu.

V rámci tohoto scénáře je uvažován celkový instalovaný výkon 5 280 kWp s předpokládanou roční výrobou 5 016 MWh, z čehož by bylo přímo využito přibližně 4 765 MWh pro spotřebu městských objektů. Mikrokogenerační jednotky o instalovaném výkonu 750 kWe by ročně **vyrobily 4 125 MWh elektrické energie a 8 250 MWh tepelné energie**. Tepelná čerpadla s výkonem 600 kW by pokryla dalších 2 640 MWh tepelné energie ročně.

Scénář dále zahrnuje **instalaci bioplynové stanice** pro zpracování biologicky rozložitelných odpadů, jež by ročně přispívala do energetické bilance 1 047 MWh elektřiny a 2 094 MWh tepla. Celkové investiční náklady **jsou odhadovány na 404 mil. Kč**, s očekávaným dopadem na energetickou soběstačnost města **až na úroveň 16,4 %**.

Tento scénář je koncipován jako dlouhodobá rozvojová vize, která nabízí inspiraci a strategický rámec pro budoucí fáze energetické transformace města, umožňuje testovat technologické možnosti a podporuje postupné rozšiřování lokálních a obnovitelných zdrojů energie ve městě.

Pro každý z výše uvedených scénářů byla zpracována energetická bilance, jíž by bylo možné za pomoci navrhovaných opatření dosáhnout. Pro ilustraci je níže uvedena bilance pro realistický scénář směřující město k pokrytí spotřeby **elektrické a tepelné energie na úrovni 9,6 %** z vlastních zdrojů.



Akční plán – priority a pilotní projekty

Akční plán představuje přechod od strategických cílů k jejich praktické realizaci. Je zaměřen na krátkodobý horizont a vychází z **realistického scénáře** jako základní rozvojové varianty. Soubor opatření klade důraz na efektivní využití dostupných zdrojů, posílení soběstačnosti městských objektů a podporu systémového rozvoje nízkoemisní energetiky. Hlavními pilíři akčního plánu jsou instalace **fotovoltaických elektráren s akumulací**, **mikrokogeneračních jednotek** a **tepelných čerpadel**.

1. Instalace FVE s akumulací

Rozvoj fotovoltaiky představuje klíčový krok ke zvýšení vlastní výroby elektrické energie a snížení závislosti na externích dodavatelích. V rámci akčního plánu je navržena instalace FVE o celkovém instalovaném výkonu 1 000 kWp. Umístění solárních systémů bude prioritně na střechách škol, sportovních a administrativních objektů ve vlastnictví města, s důrazem na optimální orientaci a využití dostupných ploch.

Součástí instalace bude zavedení systémů akumulace energie, jež umožní efektivní řízení spotřeby a minimalizaci přetoků do distribuční sítě. Hlavním cílem je maximalizovat využití vyrobené energie pro vlastní spotřebu městských objektů a vytvořit základ pro propojení budov v rámci městské energetické komunity. Předpokládané **investiční náklady činí 45 mil. Kč**, přičemž návratnost investice bude posuzována z hlediska úspor nákladů na elektrickou energii a snížení emisní zátěže.

- Instalovaný výkon: **1 000 kWp**
- Roční výroba: **950 MWh**

Přínosy: zvýšení výroby elektřiny z OZE, pokrytí vlastní spotřeby a minimalizace přetoků díky řízení spotřeby a propojení objektů v rámci městské energetické komunity.

2. Instalace mikrokogeneračních jednotek

Mikrokogenerační jednotky představují flexibilní a vysoce účinný zdroj kombinované výroby elektřiny a tepla. V akčním plánu je navržena instalace jednotek na třech školských budovách s elektrickým výkonem 11-30 kWe a tepelným výkonem 22-59 kWt. Tyto systémy umožní pokrýt přibližně 90 % roční potřeby tepla školních budov, čímž dojde k navýšení soběstačnosti za pomoci vlastní výroby elektrické energie v těchto budovách. Předpokládané **investiční náklady činí 4,5 mil. Kč**

Účinnost kombinované výroby energie u mikrokogeneračních jednotek dosahuje až 90 %, což zajišťuje stabilní výkon a významné snížení emisí CO_2. Jednotky umožňují rovněž sdílení přebytků energie mezi objekty, čímž podporují flexibilitu a stabilitu městského energetického systému.

- Elektrický výkon: **11-30 kWe,** tepelný výkon: **22-59 kWt**
- Pokrytí přibližně **90 % roční potřeby tepla** školních budov

Přínosy: snížení spotřeby nakupované elektřiny, možnost sdílení přebytků, stabilní výkon a snížení emisí CO_2 díky vyšší účinnosti využití zemního plynu.

3. Instalace tepelných čerpadel

Tepelná čerpadla jsou strategickým prvkem pro přechod od spalování fosilních paliv k využití alternativní výroby tepelné energie. Pro akční plán je doporučen systém země-voda s tepelným výkonem 11-32 kW dle velikosti jednotlivých objektů. Tento typ systému zajišťuje vyšší účinnost a nižší provozní náklady než alternativní řešení.

Tepelná čerpadla umožní pokrytí většiny tepelné potřeby dvou vybraných budov, což povede k poklesu spotřeby zemního plynu až o 80 %. Spotřeba elektřiny se zvýší pouze mírně, přibližně o 15-45 MWh ročně v závislosti na velikosti a charakteru objektu, která může být pokryta vlastní výrobou elektrické energie. Předpokládané **investiční náklady činí 1,2 mil. Kč**

- Tepelný výkon: **11-32 kW** podle velikosti budovy
- Pokles spotřeby zemního plynu až o **80 %**, ale mírný nárůst spotřeby elektřiny o 15-45 MWh/rok.

Přínosy: zvýšení podílu OZE na výrobě tepla a výrazné snížení emisní zátěže městských objektů.

Navyšování soběstačnosti – dopad na životní prostředí

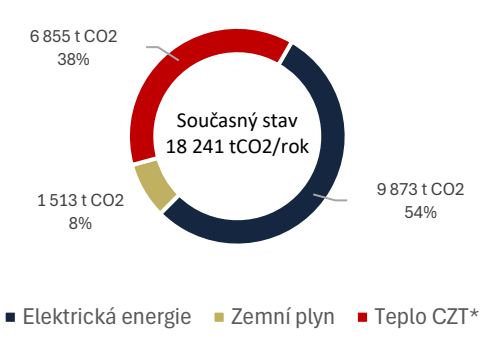
Rozvoj městské energetiky s cílem zvyšování soběstačnosti přináší významné pozitivní dopady na životní prostředí. Navyšování podílu lokálních obnovitelných zdrojů a efektivních technologií přispívá ke snižování emisí skleníkových plynů, zlepšení kvality ovzduší a úsporám primárních energetických zdrojů. Realizace úsporných opatření do roku 2035 uvažovaných nad rámec této studie přinese dodatečnou úsporu emisí skleníkových plynů ve výši 2 003 tCO_2.

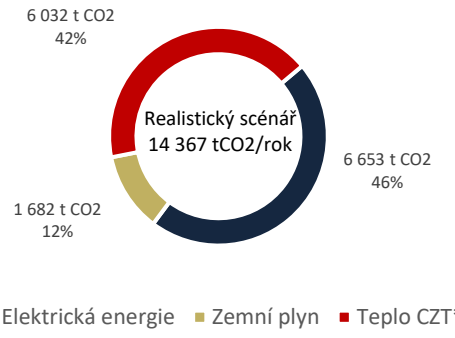
Pesimistický scénář představuje nejkonzervativnější variantu rozvoje, zahrnující pouze instalaci fotovoltaických elektráren. Tyto systémy pro svůj provoz nevyžadují dodatečnou energii a plně využívají dostupné sluneční záření. Implementací tohoto scénáře se očekává úspora emisí skleníkových plynů **ve výši 614 tCO_2 ročně**.

Realistický scénář představuje doporučenou variantu rozvoje městské energetiky pro systematické zvyšování nezávislosti. S ohledem na navrhovanou kombinaci opatření představuje významnější zvýšení soběstačnosti a přináší úsporu emisí skleníkových plynů **ve výši 1 871 tCO_2 ročně**.

Optimistický scénář počítá s komplexním zapojením fotovoltaických elektráren, kogeneračních jednotek, tepelných čerpadel a bioplynové stanice pro využití biologicky rozložitelných odpadů. Tento scénář umožňuje výrazné snížení emisí skleníkových plynů a přináší nejvyšší environmentální přínos s odhadovanou úsporou emisí skleníkových plynů ve **výši 3 032 tCO_2 ročně**.

Celkově lze konstatovat, že zvyšování energetické nezávislosti městských objektů nejen stabilizuje energetickou bilanci, ale přímo podporuje snižování emisní zátěže, omezuje závislost na fosilních palivech a přispívá k udržitelnému rozvoji města. Plánovaná opatření tedy mají širší environmentální přínos a přispívají ke zlepšení kvality života.





**Součástí Tepla CZT je také teplá užitková voda.*

1. Strategický kontext energetiky města

Strategický rámec energetiky města Plzně vychází z provázanosti Územní energetické koncepce 2015-2040, Koncepce komunitní energetiky 2024-2030 a dalších strategických dokumentů města, zejména Strategického plánu města Plzně a Strategie Smart City Plzeň 2024-2028. Tyto dokumenty společně směřují k udržitelnému, efektivnímu a odolnému energetickému systému založenému na rozvoji obnovitelných a decentralizovaných zdrojů, digitalizaci energetické infrastruktury a zapojení veřejnosti do sdílení energie.

Energetika je v tomto kontextu chápána jako **klíčový nástroj pro naplňování klimatických cílů**, zvyšování kvality života obyvatel a podporu dlouhodobé konkurenceschopnosti města, z nichž s navyšováním soběstačnosti v oblasti energetiky souvisí zejména následující dokumenty:

Územní energetická koncepce města Plzně

Územní energetická koncepce města Plzně 2015-2040 (ÚEKmP) představuje strategický dokument, který na základě analýzy aktuálního stavu, trendů a definovaných předpokladů určuje směřování rozvoje energetiky v Plzni v horizontu 25 let. Jejím hlavním cílem je zajistit dlouhodobě udržitelné, spolehlivé a ekonomicky efektivní zásobování energií při respektování principů ochrany klimatu a snižování energetické náročnosti.

Vzhledem k významným změnám v legislativním rámci, energetické politice na evropské a národní úrovni a v oblasti územního plánování města se však dokument z roku 2015 stal částečně zastaralým. Původní vize ÚEKmP, jež vychází z koncepce schválené **již v roce 2002**, zůstává i nadále aktuální – tedy zajistit spolehlivé, efektivní a udržitelné hospodaření s energií. Tento základní rámec slouží jako podklad pro další strategické směřování Plzně v oblasti energetiky a reflektuje současný vývoj v národní a evropské energetické politice. Strategie rozvoje energetiky na území města byla podrobněji rozpracována do následujících priorit:

- snížení emisní zátěže z tepelných zdrojů, jež spalují tuhá, kapalná a plynná paliva, zejména v centrální části města a v sídlištních oblastech,
- podpora zavádění a rozvoje obnovitelných zdrojů (dále „OZE“) energie a energetického využití odpadů,
- maximální využívání kombinované výroby tepla a elektřiny,
- postupné zajištění maximální efektivity při výrobě a distribuci energií, především tepelné energie a teplé užitkové vody,
- zajištění spolehlivé dodávky energií pro současné odběratele i pro rozvoj nových oblastí,
- snížení energetické náročnosti odběrných zařízení prostřednictvím energetických auditů, realizace doporučených energeticky úsporných opatření a zavedení EnMS v městských objektech občanské vybavenosti.

V rámci dokumentu poslední zprávy o uplatňování územní energetické koncepce města Plzně z roku 2025 jsou definovány hlavní aspekty budoucího vývoje města v oblasti energetiky, mezi které mj. patří:

- **decentralizace energetických systémů**: lokální zdroje energie a komunitní energetika,
- **integrace nízkoemisních zdrojů energie**: solární a větrná energie, biomasa, geotermální energie,
- **skladování energie**: bateriové úložiště,
- **zvýšení energetické efektivity**: chytré budovy, recyklace energie a pasivní design.

V této souvislosti je vhodné zmínit, že aktuální verze Státní energetické koncepce České republiky, jakožto nadřazený dokument ÚEK, disponuje **poslední aktualizací v roce 2015**. Plánovaná aktualizace SEK změní priority a cíle v oblasti energetiky na národní úrovni, jež budou mít vliv na strategii rozvoje města, což je také zmiňováno v samotné zprávě o uplatňování ÚEK.

Koncepce komunitní energetiky města Plzně na období 2024-2030

Koncepce komunitní energetické politiky města Plzně na období 2024-2030 navazovala na dokončenou **Strategii Smart City Plzeň 2024-2028**, jež stanovovala hlavní rozvojové priority, mezi nimiž dominuje problematika energetiky i přidružených témat adaptace a cirkulární ekonomiky. Koncepce zahrnovala prioritní oblasti udržitelná energetika, adaptace města na změnu klimatu a cirkulární ekonomika.

Účelem koncepce bylo výše uvedená témata detailněji analyzovat a zejména **definovat konkrétní cíle a soubor aktivit**. Hlavním motivem zpracování koncepce byla skutečnost, že na celoměstské úrovni doposud nebyl definován strategický přístup k rozvoji energetiky. Dokument tedy slouží jako ucelený výchozí zdroj informací, **zahrnuje návrhy** na procesní a investiční opatření a formuluje kroky vedoucí k udržitelnému energetickému rozvoji města Plzně.

Koncepce respektuje strategické dokumenty i dlouhodobé záměry města a rozpracované projekty. Během zpracování Koncepce byly tyto záměry v opodstatněných případech rozvíjeny a precizovány. V rámci zpracování byly uplatněny i další strategické dokumenty města a platný územní plán.

- Do procesu přípravy Koncepce bylo zapojeno široké spektrum subjektů – zástupci dotčených odborů MMP, reprezentanti městských obchodních společností a příspěvkových organizací, nezávislí odborníci, dodavatelé technologických řešení aj.
- Navržená opatření byla formulována s ohledem na ověřenou dobrou praxi českých i zahraničních měst.
- Při tvorbě Koncepce byly zohledňovány relevantní nadřazené strategické dokumenty na národní úrovni.
- Projektové záměry jsou navrženy způsobem umožňujícím jejich max. profinancování z externích zdrojů.

V rámci dokumentu byly definovány strategické cíle, z nichž jsou následující určeny pro oblast udržitelné energetiky:

- Akcelerovat masivní rozvoj fotovoltaických elektráren (dále jen „FVE“).
- Posílit úlohu energetického managementu na úrovni města.
- Vybudovat komunitní energetiku v ekosystému města.
- Posilovat adaptaci budov a snižovat jejich energetickou náročnost.
- Uplatňovat strategické řízení, koordinovanost a spolupráci v rozvoji energetiky.
- Vytvořit podmínky pro cílený rozvoj FVE na území města.
- Provést upgrade energetického softwaru Enema.
- Snížit energetickou náročnost soustavy veřejného osvětlení.
- Podporovat synergii projektů společnosti Plzeňská teplárenská.
- Vyhodnotit možnost ostrovního režimu města pro dodávku elektrické energie.
- Zavést systém měřidel s dálkovým přístupem.
- Snižovat energetickou náročnost ZOO Plzeň.
- Podporovat výstavbu a modernizaci budov s uhlíkově neutrální bilancí.
- Konsolidovat technickou dokumentaci budov.
- Zavádět systém BIM do správy majetku města a jeho organizací.
- Rozšiřovat pokrytí měřidel s dálkovým přístupem na vodohospodářské infrastruktuře.
- Energeticky optimalizovat provoz MHD.

V návaznosti na formulaci výše uvedených cílů bylo blíže rozpracováno **23 prioritních projektů** v oblasti energetiky a cirkulární ekonomiky. Koncepce komunitní energetické politiky města Plzně na období 2024-2030 je nyní hlavním strategickým dokumentem v oblasti energetiky.

2. Analytická část

Analytická část studie popisuje základní přehled o současném stavu energetického systému a jeho možnostech dalšího rozvoje v souvislosti s navýšením energetické soběstačnosti. Úvodní kapitola věnovaná vymezení energetického hospodářství popisuje rozmístění a charakter objektů zahrnutých do studie.

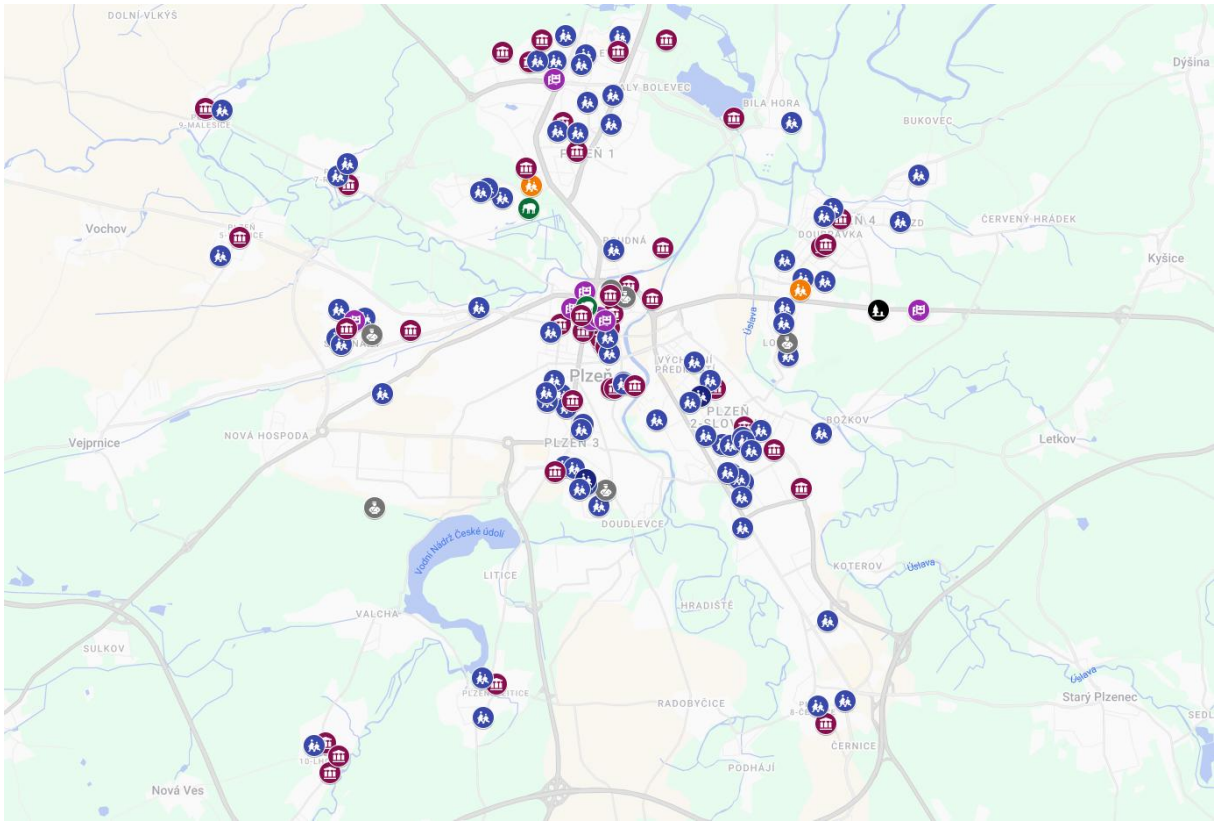
Nejde tedy o komplexní analýzu celého městského energetického systému, ale o souhrn základních informací potřebných pro následné posouzení možností zvyšování úrovně soběstačnosti v tepelné a elektrické energii. Cílem je zmapovat stávající podmínky a **vytvořit výchozí rámec pro návrhovou část studie**.

Následující kapitoly se zaměřují na zmapování a definování energetických toků elektřiny a tepla v daných objektech včetně jejich grafické vizualizace. Součástí je rovněž rozdělení toků energie dle jednotlivých skupin. Na tuto část navazuje vyhodnocení potenciálu místních zdrojů energie, především FVE.

Závěrečná část se věnuje posouzení možností sdílení energie mezi objekty prostřednictvím lokálních distribučních soustav (dále také jako „LDS“) a návrhu opatření pro zvýšení soběstačnosti města v oblasti tepelné a elektrické energie. Hodnotí technické a ekonomické přínosy různých variant soběstačnosti zapojených objektů do společného energetického systému. Výstupem je soubor **doporučení a podkladů pro budoucí rozhodování města** v oblasti rozvoje energetiky směřujícího k navyšování soběstačnosti.

2.1 Vymezení řešeného energetického hospodářství

Energetické hospodářství a spotřeby energií Statutárního města Plzně byly v rámci tohoto dokumentu analyzovány na 151 budovách, veřejném osvětlení (dále také „VO“) a kolektorech. Na následujícím obrázku jsou znázorněny jednotlivé budovy v majetku města.



Obrázek 1 Mapa energetického hospodářství města Plzně
Zdroj: vlastní zpracování dle zaslaných materiálů od města

Tabulka 1 Objekty v majetku města

Kategorie	Zahrnuté objekty	Počet	Symbol
Školské objekty	ZŠ, MŠ, ŠJ	84	
Administrativní objekty	ÚMO, OSI, OVS, MÚSS, SVSMP, SITmP, ÚKEP	47	
Městská policie	budovy MP	6	
Kulturní zařízení	knihovny a divadla	8	
ZOO	budovy ZaBZ	3	
Dětské centrum	budovy dětského centra	2	
SHAK areál	areál ústředního hřbitova	1	

Zdroj: vlastní zpracování

V rámci energetické studie energetické soběstačnosti bylo hodnoceno celkem 151 budov zahrnutých do 24 skupin. Předmětem analýzy byly spotřeby níže uvedených energetických komodit za rok 2024 a výroba elektrické energie za pomoci FVE umístěných na střechách budov. Aktuálně je v provozu 18 FVE, před uvedením do provozu jsou 2 zdroje. Dalších 9 zdrojů se připravuje k realizaci, potenciální výroba v roce 2026 je odhadnuta na 636 MWh.

- Celková spotřeba všech energií: **80 124 MWh/rok**.
- Spotřeba tepla: **35 566 MWh/rok**.
- Spotřeba tepla na přípravu TV: **7 332 MWh/rok**.
- Spotřeba zemního plynu: **7 565 MWh/rok**.
- Spotřeba elektrické energie: **29 661 MWh/rok**.
- Výroba elektrické energie: **636 MWh/rok**.

2.2 Vyhodnocení obnovitelných zdrojů energie

2.2.1 Fotovoltaické elektrárny

Fotovoltaické elektrárny představují jeden z nejdostupnějších způsobů výroby bezemisní elektřiny, přičemž jejich skutečný výkon je přímo určen množstvím dopadajícího slunečního záření. Výroba elektřiny z panelů proto kolísá nejen v průběhu dne, ale i mezi jednotlivými měsíci a roky podle aktuálních meteorologických podmínek. Pro realistické posouzení energetického přínosu fotovoltaiky je proto nezbytné vycházet z dlouhodobých statistik slunečního svitu dané lokality, které určují využitelnost instalovaného výkonu a predikovatelnou roční výrobu.

Tabulka níže zachycuje měsíční úhrny slunečního svitu zaznamenané v letech 2013 až 2023 na stanici Plzeň – Mikulka. Nejvyšší měsíční hodnota byla naměřena v červnu 2019, kdy sluneční svit dosáhl 324,8 hodin, naopak nejnižší úhrn připadl na prosinec 2014 s pouhými 12,7 hodinami. Dlouhodobý průměr činí přibližně 142 hodin slunečního svitu za měsíc.

Tabulka 2 Měsíční úhrn trvání slunečního svitu v letech 2013–2023 z ČHMÚ stanice Plzeň – Mikulka

Rok	Měsíční úhrn trvání slunečního svitu [h]												
	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Roční souhrn
2013	21,4	22,9	107,2	128,2	112,4	198,5	310,2	229,2	122,7	136,9	32,4	51,3	1473,3
2014	35,8	67,8	167,0	165,4	181,6	258,5	237,8	159,4	105,6	67,7	27,2	12,7	1486,5
2015	26,7	83,1	150,5	207,8	182,1	181,5	273,1	276,0	137,1	84,5	59,2	58,2	1719,8
2016	52,4	55,4	72,9	148,1	195,9	201,1	213,8	253,5	209,7	45,6	68,4	46,2	1563,0
2017	72,1	79,7	143,9	117,2	233,2	281,1	215,7	233,9	85,8	84,3	34,0	36,6	1617,5
2018	27,9	110,3	93,6	238,0	266,1	211,5	287,9	269,4	214,0	157,9	57,5	15,9	1950,0
2019	36,6	129,4	131,2	227,0	140,6	324,8	235,0	205,0	162,0	113,8	35,4	63,7	1804,5
2020	55,4	58,0	176,8	298,9	203,6	190,8	261,8	228,2	212,7	58,6	44,8	26,6	1816,2
2021	41,1	94,4	133,1	172,3	156,1	265,1	222,8	150,9	175,6	170,6	33,8	29,5	1645,3
2022	36,7	95,8	218,5	159,0	259,2	278,5	261,6	233,8	143,7	115,0	55,0	33,7	1890,5
2023	33,4	65,0	109,3	135,5	238,4	270,8	263,5	194,9	241,4	134,7	53,4	41,7	1782,0
Celkový průměrný měsíční úhrn slunečního svitu: 142 h													

Zdroj: vlastní zpracování dle dat Českého hydrometeorologického ústavu, dostupné zde.

Zdroje elektrické energie na městském majetku

Na městských objektech je aktuálně v provozu celkem **18 FVE** s celkovým instalovaným výkonem **561,51 kWp.** Osm z uvedených zdrojů jsou doplněny o systém akumulace s celkovou kapacitou **221,7 kWh**, jenž přispívá k efektivnějšímu využití vyrobené elektrické energie a stabilizaci spotřeby v rámci budovy i energetické komunity. V roce 2026 se předpokládá výroba elektrické energie z FVE ve výši **576 MWh**. Do systému skupinového sdílení elektřiny je zapojeno devět fotovoltaických zdrojů, které umožňují efektivní rozdělování vyrobené energie mezi jednotlivá odběrná místa.

V pokročilé fázi přípravy jsou nyní dvě FVE o instalovaném výkonu **55,45 kWp**. Po plném uvedení do provozu se předpokládá, že tyto zdroje v roce 2026 vyrobí **60 MWh** elektrické energie. V následující tabulce je uveden seznam aktuálních FVE, které buď jsou již v provozu, anebo jsou na provoz připraveny.

Tabulka 3 FVE na objektech města

Objekt	Instalovaný výkon [kWp]	Kapacita akumulace [kWh]	Výroba 2026 [MWh]	Přetok [MWh]
FVE V PROVOZU				
78. mateřská škola	19,92	0	13	5
MMP – Kot162	30	0	28	1
Služebna Doubravka	23,65	23	25	11
Malesický dvůr	45,65	23	52	20
2. základní škola	43,2	0	50	20
Divadlo Alfa	20,35	63,5	30	8
Budova ÚMO Plzeň 1	29,12	0	30	15
SIT Cukrovarská 2996/23	49,595	0	50	25
SIT Cukrovarská 3006/20	29,575	0	26	0
AS Skvrňany	49,5	0	45	20
Knihovna Skvrňany	26,1	29,92	26	0
63. mateřská škola	46,8	26,18	46	0
21. základní škola	45	0	50	25
5. mateřská škola	20,25	22,44	22	8
17. mateřská škola	15,75	0	15	5
38. mateřská škola	15,75	14,96	15	5
51. mateřská škola	18	18,7	18	5
89. mateřská škola	33,3	0	35	10
FVE PŘED UVEDENÍM DO PROVOZU				
Dětská skupina	10,45	0	10	3
MŠ Újezd	45	0	50	25
CELKEM	**616,96**	**221,7**	**636**	**211**

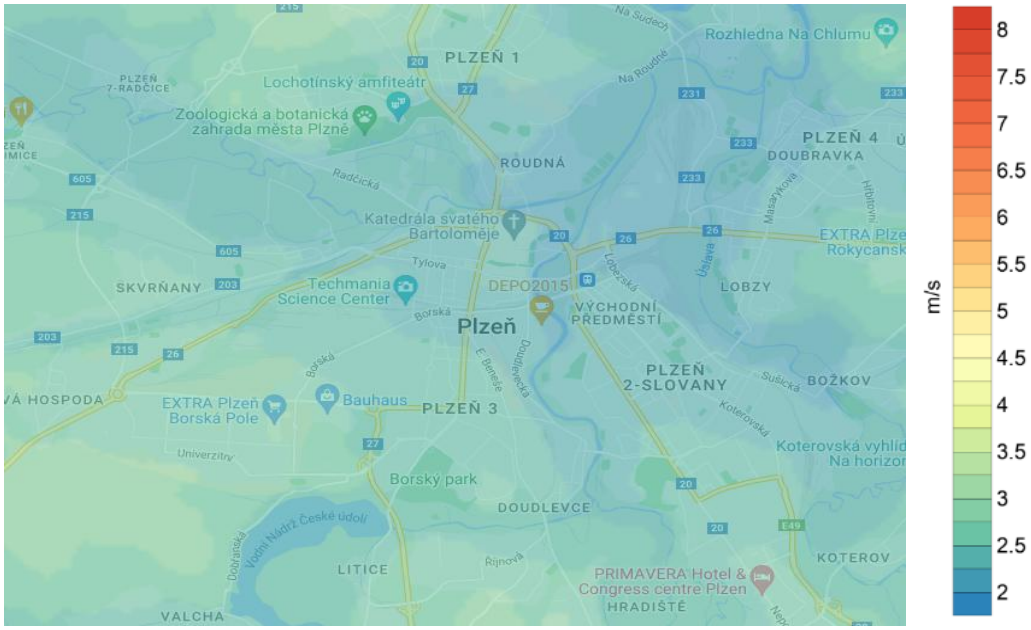
Zdroj: vlastní zpracování dle dat města

Další rozvoj OZE je plánován prostřednictvím instalace FVE na **devíti dalších objektech** ve vlastnictví města. Předpokládaný instalovaný výkon připravovaných elektráren je **330,45 kWp.** Počítá se i s připojením dalších bateriových úložišť o energetické kapacitě **246,13 kWh.**

2.3 Větrné elektrárny

Průměrná rychlost větru na území Plzně ve výšce 10 metrů nad terénem dosahuje přibližně **2 až 2,5 m/s**, což je hodnota **pod celostátním průměrem**. Grafická vizualizace těchto podmínek je uvedena na obrázku na následující straně, jenž zachycuje rozložení rychlostí větru ve výšce 10 metrů nad úrovní terénu města Plzeň.

Průměrná rychlost větru nad Plzní se ve výšce 100 metrů nad povrchem pohybuje mezi **2,5 a 5 m/s**. Přestože se jedná o rychlosti, které teoreticky umožňují provoz větrných turbín, nacházejí se pouze mírně nad hranicí potřebnou pro rozběh rotorů. Za běžných podmínek by proto větrné elektrárny instalované na území města (bez posouzení dalších technických a prostorových omezení) vykazovaly nízkou energetickou výtěžnost.



Obrázek 2 Mapa všeobecných větrných podmínek ve výšce 10 m nad povrchem
Zdroj: Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v.v.i., dostupné zde.

S ohledem na dostupné větrné mapy Ústavu fyziky atmosféry AV ČR, které pro území města Plzně uvádějí dlouhodobě nízké průměrné rychlosti větru, nebylo v rámci studie soběstačnosti dále uvažováno o implementaci větrných elektráren. Vzhledem k nedostatečným větrným podmínkám je jejich potenciál na území města nízký až zanedbatelný, proto není tento zdroj dále rozpracováván v rámci studie soběstačnosti.

2.4 Malé vodní elektrárny

Plzeň leží na soutoku čtyř řek, Úhlavy, Úslavy, Radbuzy a Mže, přičemž z města vytéká Berounka. Mže pramení v německém Hornofalckém lese u Bärnau v nadmořské výšce 700 metrů a její celková délka činí 106,5 kilometru, z toho 10,5 kilometru protéká Plzní. Radbuza má svůj pramen severovýchodně od Závisti na západním okraji Pivoňských hor v Českém lese, také ve výšce 700 metrů, a měří 111,5 kilometru, z čehož 16 kilometrů připadá na průtok městem. Úhlava pramení na severozápadním svahu Pancíře na Šumavě, je dlouhá 108,5 kilometru a 11,1 kilometru jejího toku vede Plzní. Úslava vzniká na severním úpatí Drkolné v Plánické vrchovině, její tok měří 94 kilometrů a 11 kilometrů protéká městem. Na těchto řekách bylo teoreticky identifikováno 17 lokalit vhodných pro malé vodní elektrárny. Zádržnou elektrárnu je možné realizovat pouze na přehradě v Českém údolí na Radbuze, zatímco ostatní lokality umožňují pouze průtočný typ bez akumulace.



Obrázek 3 Mapa řek Plzeňského kraje
Zdroj: Řeky Plzeňského kraje, dostupné zde.

Jelikož bylo již v rámci Územní energetické koncepce města Plzně z roku 2015 potvrzeno, že dostupný vodní energetický potenciál je využit přibližně z 95 %, nelze do budoucna předpokládat žádný další významný prostor pro navýšení výroby z malých vodních elektráren na území města. Z tohoto důvodu nebyla implementace malých vodních elektráren v rámci této studie soběstačnosti dále rozpracovávána.

2.5 Nadefinování energetických toků elektřiny a tepla

V rámci energetického hospodářství městského majetku se hospodaří celkem se 3 energetickými komoditami:

- tepelná energie – vytápění a příprava teplé užitkové vody,
- elektrická energie,
- zemní plyn.

Jednotlivé energetické komodity jsou distribuovány mezi městskými objekty prostřednictvím soustav v majetku třetích stran, což do značné míry komplikuje výrazné navýšení soběstačnosti s ohledem na nutnost využívat tyto sítě. V případě elektrické energie se jedná o společnost ČEZ Distribuce, a.s., pro tepelnou energii to je Plzeňská teplárenská, a.s. a u zemního plynu je provozovatelem soustavy společnost GasNet, s.r.o.

Pro grafické znázornění **energetické bilance objektů ve vlastnictví města** byl zvolen Sankeyho diagram. Diagram přehledně zobrazuje spotřebu jednotlivých forem energie v různých skupinách městských budov, přičemž šířka jednotlivých toků odpovídá množství energie v MWh. Díky tomu lze snadno porovnat spotřebu mezi jednotlivými skupinami objektů.

Na levé straně diagramu je uvedena **celková spotřeba energií**, která se dále rozděluje na spotřebu tepla pro vytápění, spotřebu tepla pro přípravu teplé vody, spotřebu elektrické energie a spotřebu zemního plynu. Výroba energie ze stávajících FVE a z nových fotovoltaických zdrojů před uvedením do provozu **činí přibližně 636 MWh**. Počítá se přitom s přetoky elektrické energie do distribuční sítě na úrovni 2 %, tedy přibližně 13 MWh.

Na pravé straně diagramu jsou znázorněni koneční spotřebitelé, mezi které patří například základní a mateřské školy, knihovny, úřady, sportovní areály, kulturní zařízení, zoologická zahrada a další městské objekty. Každá z těchto skupin budov využívá energii v odlišné formě i množství podle svého charakteru a provozních potřeb.

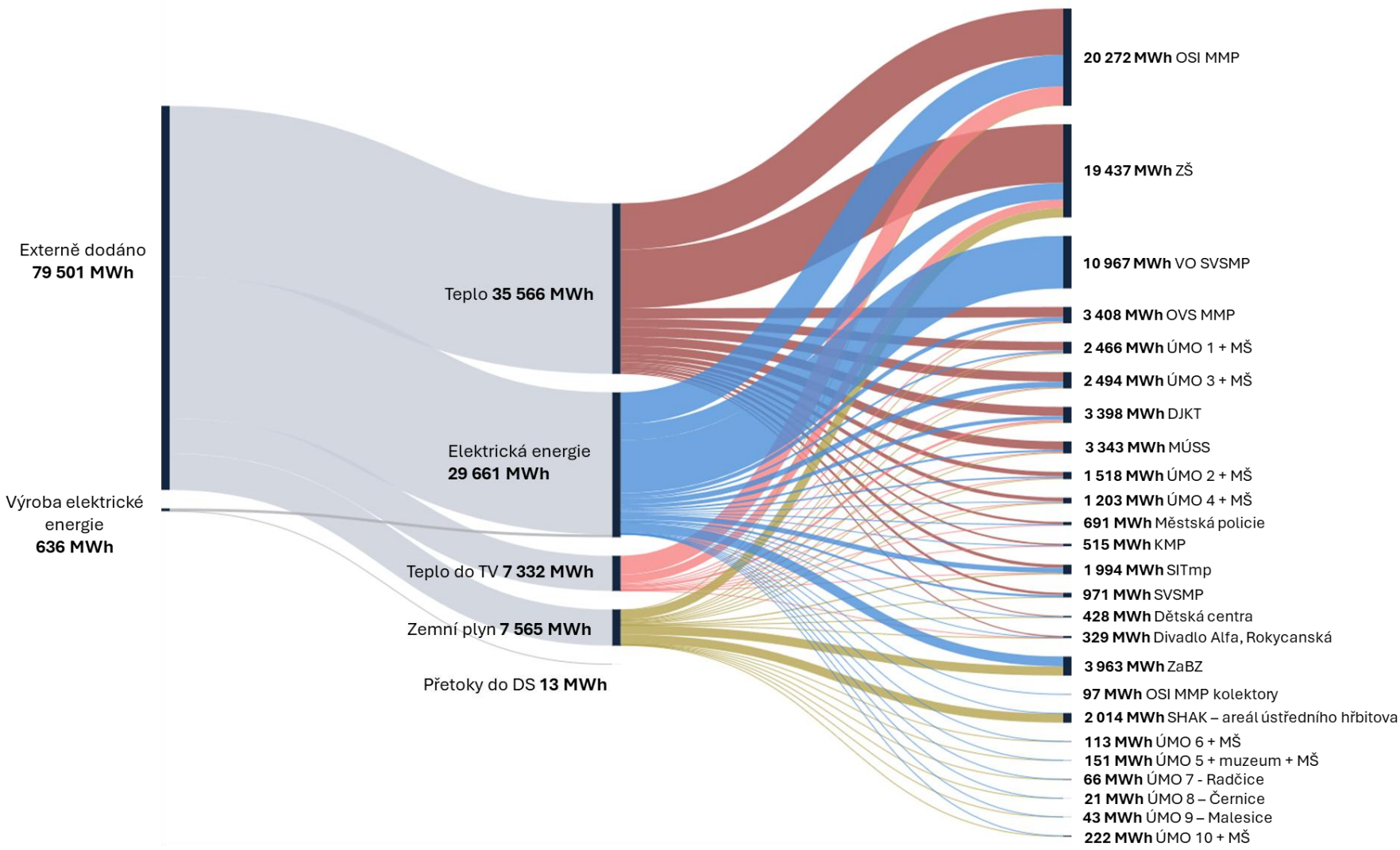
Na první pohled je zřejmé, že **nejvyšší podíl spotřeby energie tvoří teplo**, což odpovídá charakteru městské energetiky, kde je centrální zásobování teplem zásadním zdrojem zejména v období topné sezóny. Teplo představuje největší část energetických toků a je využíváno především pro **vytápění budov a ohřev teplé vody**. Dodávka tepla je ve městě Plzni centralizována a jejím hlavním dodavatelem je **Plzeňská teplárenská, a.s.**

Pro výrobu tepla i elektrické energie z Plzeňské teplárenské je využívána kombinace **hnědého uhlí a biomasy**. Společnost je z 65 % vlastněna městem Plzeň, což z města teoreticky dělá majoritního vlastníka výroby tepla. V roce 2023 tvořila biomasa přibližně 47 % z celkové spotřeby paliva pro výrobu tepla a elektřiny. Postupné nahrazování hnědého uhlí biomasou má pozitivní dopad na životní prostředí, protože přispívá ke snižování emisí znečišťujících látek do ovzduší. Vyrobené teplo je následně rozváděno prostřednictvím **horkovodních nebo parovodních sítí** do jednotlivých předávacích stanic, které zásobují jeden či více městských objektů. Tento systém zajišťuje spolehlivou a efektivní dodávku tepla, minimalizuje ztráty při přenosu energie a představuje důležitý prvek energetické infrastruktury města.

Spotřeba elektrické energie tvoří další významnou část celkové energetické bilance města. Elektrická energie je využívána především pro **osvětlení interiérů**, **provoz elektrických zařízení a technologií**, jako jsou počítače, učební pomůcky, kancelářská technika, ventilace, vzduchotechnika, klimatizace či různé provozní systémy zajišťující chod těchto objektů. V některých případech je elektřina využívána také pro ohřev vody, kde jsou instalovány elektrické bojlery nebo průtokové ohřívače.

Zemní plyn představuje doplňkový zdroj energie využívaný převážně pro **vytápění budov, ohřev teplé vody anebo pro účely vaření**. Je nasazován především v obdobích vyšší energetické náročnosti, typicky v otopném období, kdy spotřeba tepla dosahuje maxima. Plyn je využíván pro provoz plynových kotlů v rámci jednotlivých kotelen.

Energetická bilance – současný stav



Graf 1 Energetická bilance města Plzně – výchozí stav
Zdroj: vlastní zpracování dle dat města Plzně

2.6 Vyhodnocení potenciálu místních zdrojů energie a možností instalace nových zdrojů

V současné době je v provozu **561,5 kWp** fotovoltaických zdrojů, přičemž dva nové systémy o výkonu **55,45 kWp** jsou před uvedením do provozu. V blízké budoucnosti se očekává připojení dalších devíti instalací s celkovým výkonem **330,45 kWp**, čímž by město dosáhlo instalovaného výkonu FVE přibližně **947 kWp** a navýšení akumulační kapacity na úroveň **467 kWh**. Tento vývoj představuje významný krok směrem k energetické soběstačnosti a zároveň vytváří důležité know-how pro přípravu rozsáhlejších projektů.

Mezi vhodné objekty pro další rozvoj patří 66 již zmapovaných budov s využitelnou plochou střechy **31 602 m²** a potenciálem instalovaného výkonu přibližně **4 680 kWp**. Tyto budovy představují klíčovou rezervu pro další rozšiřování výroby elektřiny z OZE v majetku města. Takto vysoký potenciální instalovaný výkon FVE představuje objem výroby elektrické energie na úrovni 4,7 GWh za rok.

Rozvoj FVE se však neomezuje pouze na střechy budov. Velmi perspektivní možnost představují i **fotovoltaické přístřešky nad parkovacími plochami** (tzv. carporty), jež kombinují výrobu elektřiny z OZE s praktickým užitkem v podobě zastínění vozidel a ochrany parkovacích ploch. Zároveň umožňují integraci nabíjecích stanic pro elektromobily či akumulačních zařízení pro efektivnější využití vyrobené energie přímo v místě.

V rámci mapování potenciálu byly vybrány dvě lokality – parkoviště u autobusového terminálu a parkoviště č. 2 v blízkosti městské ZOO, u kterých byl posouzen jejich potenciál k instalaci FVE. První z nich umožňuje instalaci **tří carportů s předpokládaným výkonem 24 kWp**, zatímco na parkovišti u ZOO lze umístit **až 80 carportů s celkovým výkonem 640 kWp**. Tyto projekty mohou v budoucnu sloužit jako demonstrativní příklady pro další městské lokality, kde by podobné instalace přispěly k rozvoji čisté energetiky i komfortu městské infrastruktury.

Podle aktuálních dat činí celková roční spotřeba elektrické energie města přibližně **29 661 MWh**. Pro její úplné pokrytí by bylo nutné instalovat zhruba **31 MWp fotovoltaických zdrojů** doplněných o odpovídající akumulační kapacitu. Tento cíl představuje dlouhodobou vizi města v oblasti rozvoje OZE a snižování závislosti na externích dodavatelích energií.

Město by mělo nadále systematicky pokračovat v dalších etapách zpracování studií proveditelnosti a přípravě investičních projektů, které povedou k postupnému zvyšování podílu vlastní výroby elektrické energie z OZE. Současně je žádoucí sledovat aktuální dotační programy a investiční příležitosti, jež mohou významně snížit finanční náročnost realizace těchto opatření.

Navrhované aktivity:

- Pokračování v dalších etapách předprojektové přípravy instalací FVE.
- Zmapování současného technického stavu objektů, zejména z hlediska statiky konstrukcí a elektroinstalací.
- Příprava projektové dokumentace pro realizaci vybraných instalací.
- Zajištění finančních prostředků z dostupných dotačních titulů a programů podpory OZE.

Samostatnou přílohu č. 1 tohoto dokumentu tvoří GIS mapa lokalit vhodných pro instalaci FVE, jež mohou tvořit **základ pro další rozvoj OZE** v majetku města.

2.7 Posouzení možnosti sdílení energie mezi objekty v rámci LDS

Distribuční soustava je energetickým zákonem (zákon č. 458/2000 Sb.) definována jako vzájemně propojený soubor vedení a zařízení o napětí 110 kV, s výjimkou vybraných vedení a zařízení o napětí 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy. Dále zahrnuje vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV nebo 35 kV **provozovaný držitelem licence na distribuci elektřiny** a sloužící k zajištění distribuce elektřiny na vymezeném území České republiky. Za součást soustavy se považují také zařízení pro ukládání elektřiny, je-li plně integrovaným prvkem soustavy, a systémů měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky včetně elektrických přípojek ve vlastnictví provozovatele distribuční soustavy; distribuční soustava je zřizována a provozována ve veřejném zájmu.

Vyhláška o Pravidlech trhu s elektřinou (vyhláška č. 408/2015 Sb.) dále definuje **lokální distribuční soustavu** jako distribuční soustavu, jež není přímo připojena k přenosové soustavě. Z toho vyplývá, že LDS je vždy napájena z nadřazené distribuční soustavy, ať už regionální, nebo jiné lokální distribuční soustavy.

LDS lze pochopit, jako soukromou elektrickou síť provozovanou v rámci ucelených územních celků, jako jsou velké průmyslové areály a zóny, obchodní centra, bytové komplexy nebo velké administrativní budovy a centra.

2.7.1 Nezbytné náležitosti pro provozování LDS

Provozování lokální distribuční soustavy je licencovanou činností v energetickém odvětví. Pro její legální provoz je nezbytné získat **licenci na distribuci elektřiny**, kterou uděluje Energetický regulační úřad (dále také jako „ERÚ“). Tato licence se uděluje na dobu neurčitou

Pro **získání příslušné licence** musí žadatel, ať už fyzická, nebo právnická osoba, splnit několik klíčových předpokladů daných energetickým zákonem:

- **Odborná způsobilost:** žadatel nebo jím ustanovený odpovědný zástupce musí prokázat požadované vzdělání a praxi v oboru. Například pro distribuční soustavu s instalovaným výkonem do 1 MW včetně stačí vyučení v oboru a 3 roky praxe. Právnická osoba má povinnost ustanovit odpovědného zástupce vždy.
- **Bezúhonnost:** žadatel (u právnické osoby jak firma samotná, tak členové jejího statutárního orgánu) nesmí být trestán za stanovené úmyslné či nedbalostní trestné činy související s podnikáním.
- **Finanční předpoklady:** žadatel musí prokázat schopnost finančně zabezpečit provoz licencované činnosti. Tuto podmínku nesplňuje například osoba v úpadku nebo s evidovanými nedoplatky u finančních úřadů, celní správy či na sociálním a zdravotním pojištění.
- **Technické předpoklady:** žadatel musí doložit vlastnické nebo užívací právo k energetickému zařízení, které bude pro distribuci využívat. Toto zařízení musí splňovat požadavky na bezpečnost a spolehlivost dané právními předpisy a technickými normami.

Soupis kroků pro založení a zprovoznění LDS jsou uvedeny v příloze č. 4 tohoto dokumentu.

Následné povinnosti související s provozováním LDS

Po úspěšném založení a registraci musí provozovatel LDS plnit pravidelné provozní povinnosti vůči OTE, zejména:

- **Předávání měřených dat:** u odběrných míst s průběhovým měřením (typ A, B) je nutné denně předávat naměřená data o spotřebě.
- **Předávání podkladů pro fakturaci (DUF):** provozovatel LDS je povinen předávat dodavatelům podklady pro vyúčtování distribuce. Tyto podklady se liší pro maloodběr (DUFMO) a velkoodběr (DUFVO) a předávají se ve formátu XML.
- **Měsíční výkaz LDS:** do 15. dne následujícího měsíce je provozovatel povinen předávat OTE „Výkaz LDS“ dle přílohy č. 11 vyhlášky 408/2015 Sb. (Pravidla trhu s elektřinou).

2.7.2 Potenciál a benefity LDS pro město

Lokální distribuční soustava představuje pro města a obce strategický nástroj pro efektivnější správu energetické infrastruktury, dosažení finančních úspor a aktivní zapojení do moderních energetických trendů, jako je komunitní energetika. Provozováním vlastní sítě může město získat významnou kontrolu nad dodávkami energie a podpořit udržitelný rozvoj na svém území.

Finanční benefity

Nejvýraznější motivací pro zřízení LDS jsou přímé ekonomické výhody. Provozovatel LDS nakupuje elektřinu z nadřazené distribuční soustavy (např. od ČEZ Distribuce, a.s.) v jednom nebo několika málo předávacích místech, typicky na hladině vysokého napětí (dále také „VN"). Uvnitř své sítě ji pak distribuuje koncovým odběratelům (městským budovám, nájemníkům) typicky na hladině nízkého napětí (dále jako „NN").

- **Snížení nákladů na distribuci:** cena za distribuci na hladině VN je podstatně nižší než součet plateb, jež by každý objekt platil jednotlivě při připojení na hladině NN. Provozovatel tak profituje z rozdílu mezi cenou, kterou platí nadřazenému distributorovi, a cenou, kterou účtuje koncovým odběratelům.
- **Optimalizace rezervované kapacity:** město jako provozovatel LDS může lépe řídit a optimalizovat celkovou rezervovanou kapacitu pro celý areál. Díky diverzitě spotřeby, kdy ne všechny budovy mají špičkový odběr ve stejný čas, je souhrnný maximální výkon pro celou LDS nižší než součet jednotlivých maxim. To vede k významným úsporám na platbách za rezervovanou kapacitu.
- **Nový zdroj příjmů:** LDS nemusí sloužit jen pro městské objekty. Město ji může rozšířit a připojit do ní i soukromé firmy nebo rezidenční budovy v areálu, čímž získá další zdroj příjmů z distribučních poplatků.
- **Možnost volby tarifu:** provozovatel LDS si může vybrat mezi dvousložkovou cenou (platba za rezervovanou kapacitu a za odebranou energii) a jednosložkovou cenou za službu sítí. V druhém případě nehradí platbu za rezervovanou kapacitu, ale platí pouze jednu sazbu za každou skutečně odebranou MWh. Pro ČEZ Distribuce, a.s. na hladině VN činí tato cena 4 833,59 Kč/MWh. Tato volba je však závazná na dobu minimálně 12 měsíců.

LDS se vyplatí v momentě, kdy **celkové náklady provozovatele LDS** (platby nadřazenému distributorovi + náklady na provoz vlastní sítě) jsou **nižší než součet distribučních poplatků**, které by jinak platili všichni jednotliví odběratelé dohromady. Pro reálné posouzení, zda je LDS výhodné je nutno do kalkulace výpočtu kromě poplatků za distribuci, a to jak fixních, tak variabilních složek zohlednit i tyto dodatečné položky spojené s LDS:

- **investiční náklady**: nejvyšší položkou jsou náklady na vybudování infrastruktury – pokládka kabelů, výstavba a osazení transformátorových stanic,
- **provozní náklady:** pravidelná údržba sítě, povinné revize, náklady na personál,
- **náklady na krytí ztrát:** Každá distribuční soustava má technické ztráty elektřiny, které musí provozovatel LDS nakoupit a uhradit,
- **administrativní zátěž**: Poplatky za licenci, náklady na reporting vůči ERÚ a OTE, správa měření a fakturace pro koncové odběratele.

Větší kontrola, flexibilita a agregace moderních technologií

Vlastnictví sítě dává městu kontrolu nad energetickou infrastrukturou a otevírá dveře k inovacím.

- **Zvýšení spolehlivosti**: město může investovat do modernizace sítě, a zajistit tak vyšší kvalitu a spolehlivost dodávek pro své klíčové objekty, jako jsou úřady, školy nebo zařízení sociální péče
- **Integrace OZE:** LDS je ideální platformou pro připojování a správu FVE na střechách městských budov, bateriových úložišť či dobíjecích stanic pro elektromobily. Město tak může efektivně využívat lokálně vyrobenou energii a snižovat svou závislost na externích dodávkách.

- **Energetický management a chytré sítě**: v rámci vlastní, menší sítě je jednodušší testovat a zavádět prvky chytrých sítí (tzv. smart grids), pokročilý energetický management a systémy pro řízení spotřeby a výroby.

Propojení LDS s komunitní energetikou a sdílením energie

LDS představuje ideální technický a administrativní základ pro realizaci projektů komunitní energetiky.

- **Zjednodušená organizace sdílení**: sdílení elektřiny v rámci jedné LDS je výrazně jednodušší než přes síť regionálního distributora. Provozovatel LDS má přímý dohled nad všemi odběrnými a výrobními místy, což usnadňuje registraci skupiny sdílení a následné rozdělování (alokaci) vyrobené elektřiny mezi jednotlivé členy.
- **Maximalizace lokální spotřeby**: elektřina vyrobená z OZE v jednom bodě LDS může být okamžitě spotřebována v jiném bodě téže sítě. Tím se minimalizují přetoky do nadřazené sítě a maximalizuje se využití levnější, lokálně vyrobené energie.
- **Založení energetického společenství**: LDS je perfektním základem pro založení energetického společenství nebo společenství pro OZE, jak je definuje energetický zákon. Město může do takového společenství snadno zapojit nejen své budovy, ale i občany a místní firmy připojené do jeho sítě.

Výběr vhodné lokality = klíč k úspěchu

Provozování LDS není vhodné realizovat plošně na celém území města s připojením jen několika málo rozptýlených objektů. Důvodem jsou vysoké počáteční investiční náklady na vybudování takto rozsáhlé sítě (kabeláž, transformátorové stanice atd.). V podstatě by docházelo ke zbytečnému zdvojování již existující nadřazené distribuční soustavy, což by bylo ekonomicky neudržitelné. Pro propojení několika vzdálených objektů je efektivnější využít institut sdílení elektřiny přes síť regionálního distributora.

Klíčem k úspěchu je proto výběr míst, kde je **blízko sebe větší koncentrace objektů s vyšší spotřebou**. Ideální je, pokud se v dané lokalitě nachází i významný zdroj energie, například větší FVE. Využití tohoto zdroje pro komunitní energetiku v rámci dané LDS může výrazně přispět ke zvýšení soběstačnosti dané komunity.

Velkou výhodou je, že při sdílení elektřiny vyrobené a spotřebované uvnitř LDS **nejsou hrazeny distribuční poplatky za využití nadřazené soustavy**, jelikož k jejímu využití pro tento přenos nedochází. To dále otevírá cestu k přerodu dané LDS na chytrou síť s aplikací pokročilého řízení spotřeby a výroby. Mezi typicky vhodné lokality pro zřízení LDS patří:

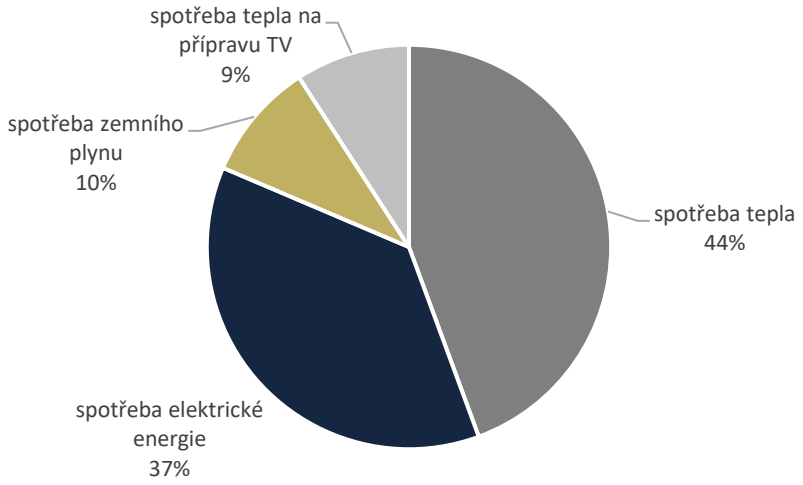
- **areály s koncentrací městských budov**: lokality, kde se v těsné blízkosti nachází více městských objektů, jako je komplex s radnicí, základní a mateřskou školou, plaveckým bazénem, sportovní halou nebo zimním stadionem. Propojení těchto budov do jedné LDS je technicky i ekonomicky nejvýhodnější,
- **městské průmyslové a podnikatelské zóny**: pokud město vlastní nebo spravuje průmyslovou zónu, kde pronajímá pozemky či haly různým firmám, je zřízení LDS vysoce efektivní. Město může nájemcům nabídnout konkurenceschopné ceny za distribuci a zároveň si zajistit nový zdroj příjmů,
- **nové developerské projekty**: při výstavbě nových obytných čtvrtí nebo komerčních zón může město nebo jeho developerská společnost od počátku plánovat výstavbu LDS jako součást základní infrastruktury.

V rámci svého majetku město Plzeň nedisponuje rozsáhlými areály, kde by se plně projevily všechny výše zmiňované benefity. Potenciálně vhodným pilotním projektem **by mohl být areál Vědeckotechnického parku Plzeň**. Tento krok by vyžadoval zahájit jednání se zástupci parku a zpracování detailní analýzy proveditelnosti, jež by zmapovala současný stav dané lokality a definovala konkrétní kroky pro realizaci pilotního projektu.

2.8 Opatření pro zvýšení energetické soběstačnosti

Spotřeba budov v majetku města Plzně je tvořena především spotřebou tepla na vytápění, která **představuje 44 % celkových energetických nároků**. Druhou největší složkou je spotřeba elektrické energie s podílem 37 %, zatímco spotřeba tepla na přípravu teplé vody a spotřeba zemního plynu se na bilanci podílejí 9 a 10 %.

Na základě analýzy budou navržena opatření, jejichž cílem je nejen **snížení celkové spotřeby energií** města, ale také **posílení vlastních energetických zdrojů a nezávislosti budov na externích dodavatelích**.



Graf 2 Rozdělení spotřeby energie dle jednotlivých komodit
Zdroj: vlastní zpracování

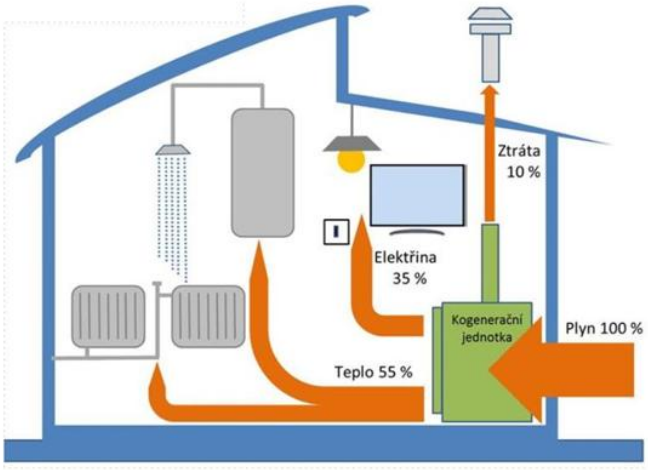
V souvislosti s implementací směrnice energetické náročnosti budov (EPBD IV) je nutné počítat s postupným snižováním energetické náročnosti veřejných budov prostřednictvím technických i stavebních opatření. Směrnice stanovuje, že členské státy musí **do roku 2030 renovovat minimálně 16 % energeticky nejméně efektivních veřejných budov a do roku 2033 alespoň 26 % tohoto fondu**.

Vlivem implementací energeticky úsporných opatření a energetického managementu je uvažováno se snížením celkové spotřeby energií na 151 analyzovaných **objektech o 12 % do roku 2035**. Cíl 12 % odpovídá tempu přibližně 1,2 procenta ročně, tedy konzervativnímu realistickému tempu dosažitelnému při standardní míře renovací veřejných budov.

2.8.1 Mikrokogenerační jednotky

Mikrokogenerační jednotka (dále jen „KGJ“) je zařízení určené pro **společnou výrobu elektřiny a tepla přímo v místě spotřeby**, například v jedné budově nebo menší skupině budov. Zařízení funguje a vypadá velmi podobně jako normální plynový kotel, jenž se běžně používá v domácnostech. Základem technologie je **spalovací motor nebo turbína** o elektrickém výkonu do 50 kW, která je poháněna zemním plynem, bioplynem nebo vodíkem.

Během provozu jednotka **vyrábí elektrickou energii**, která je ihned spotřebovávána v objektu. Zároveň vzniká **odpadní teplo**, jež se efektivně využívá pro vytápění prostor nebo ohřev teplé vody. V letních měsících je možno využít teplo pro výrobu chladu skrze absorpční jednotku. Přínos kogenerace spočívá v současné výrobě elektrické energie a tepla z jednoho palivového zdroje. KGJ nemá vyšší účinnost výroby tepla oproti kondenzačním kotlům, ale lokální výroba elektřiny snižuje potřebu odebírat elektrickou energii ze sítě, která má vyšší faktor primární energie.



Obrázek 4 Schéma využití energií při instalaci mikrokogenerační jednotky
Zdroj: cogentech.cz

Způsob realizace mikrokogenerace, překážky a omezení

Instalace mikrokogenerační jednotky je vhodná pro objekty s **celoroční nebo dlouhodobou potřebou tepla a stabilní spotřebou elektřiny**. Před instalací je nutná detailnější analýza denního odběru tepla a elektřiny, jež umožní správně dimenzovat výkon jednotky a vhodnou velikost akumulační nádrže pro TUV. Akumulace je klíčová, jelikož vyrovnává rozdíl mezi okamžitou výrobou tepla a reálným odběrem. Díky tomu může být jednotka v provozu delší dobu při stálém výkonu, což je vhodné s ohledem na životnost zařízení. Dále je třeba zhodnotit **prostorové možnosti pro umístění technologie a jejího příslušenství** v rámci stávajícího objektu, prověřit kapacitu připojení k primárnímu palivovému zdroji a posoudit legislativní omezení, jako jsou požadavky na hlučnost, emise nebo ochranu ovzduší, která mohou ovlivnit možnost instalace.

Realizace mikrokogenerační jednotky vyžaduje komplexní přípravu zahrnující technické, investiční i organizační kroky. Základem je instalace kogenerační jednotky včetně palivového hospodářství, zásobních nádrží a souvisejících ovládacích zařízení. Součástí přípravy je také **napojení na místní nebo veřejnou elektrickou síť** a připojení k distribučním rozvodům tepla v areálu budov.

Důležitou součástí je také měření a regulace pro optimální řízení provozu, vyškolení obsluhy, zajištění záložních dílů a vytvoření podmínek pro pravidelnou údržbu a servis. Do celkových investičních nákladů se započítávají také **projekční práce, technický dozor** a náklady na **uvedení zdroje do provozu**. Provozní fáze je spojena s náklady na palivo, mzdy obsluhy, běžnou údržbu, plánované prohlídky a opravy a další položky nutné k provozu, které je nutné zohlednit při hodnocení ekonomické návratnosti projektu.

Překážky a omezení

Z hlediska překážek a omezení lze uvést především **vysoké počáteční investiční náklady**, **náročnost stavebních úprav** a **nutnost vhodného umístění jednotky** (např. z hlediska hluku, vibrací či připojitelnosti na síť). Výzvou může být také zajištění kontinuálního odběru tepla, který je pro efektivní provoz mikrokogenerace klíčový, a administrativní procesy spojené s povolením stavby a připojením na distribuční soustavy.

Mikrokogenerace může přinést výhody zejména tam, kde má objekt stabilní potřebu tepla i elektřiny a kde není napojen na vysoce efektivní systém centrálního zásobování teplem. V těchto případech snižuje nákup elektřiny ze sítě a umožňuje využít energii paliva pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla v objektu.

Budovy s potenciálem pro využití mikrokogenerace:

- bytové domy, domovy seniorů, školky a školy,
- nemocnice, zdravotní střediska,
- sportovní areály a plavecké bazény,
- průmyslové nebo administrativní budovy s vlastní kotelnou.

Tabulka 4 Klady a zápory provozu mikrokogeneračních jednotek

Klady a zápory	
+ vyšší účinnost a úspory primárního paliva oproti oddělené výrobě elektřiny a tepla	– hluk z mechanických částí (motory, ventilátory)
	– potřeba zajistit trvalý odběr tepla
+ snížení emisních škodlivin vlivem úspor paliva	– mohou vznikat přetoky elektřiny do DS
+ zvýšení energetické soběstačnosti	– pravidelná údržba a servisování
+ velikost a hmotnost srovnatelná s plynovým kotlem	– administrativní úkony (připojení zdroje do sítě, licence…)
+ výrobní podpora (zelený bonus)	– vysoké investiční náklady

Zdroj: vlastní zpracování

Ukázky dobré praxe instalace mikrokogeneračních jednotek.

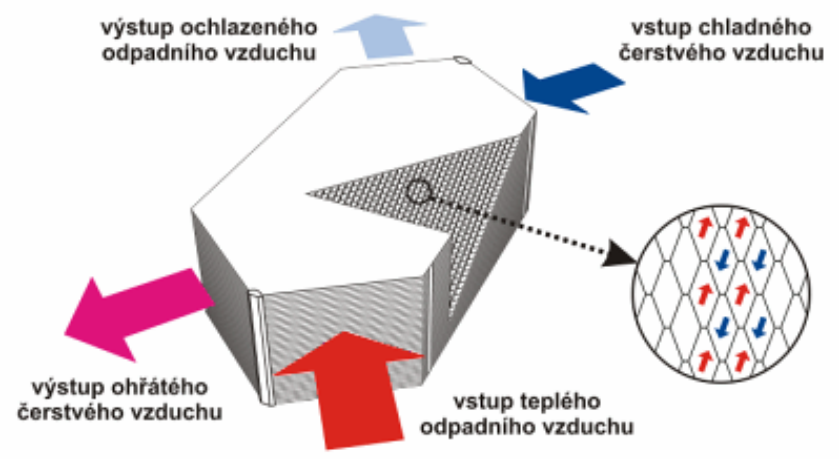
- Sídlo společnosti EQUS v Hradci Králové (více informací zde).
- Odštěpný závod Siemens – Elektromotory Frenštát.
- Základní škola Charlotty Masarykové ve Velké Chuchli (více informací zde).
- Základní škola v Kamenici nad Lipou (více informací zde).

2.8.2 Systém vzduchotechnických jednotek se zpětným získáváním tepla

Vzduchotechnická jednotka (VZT) se **zpětným získáváním tepla (ZZT)** slouží k zajištění řízeného větrání vnitřních prostor a současně **minimalizuje tepelné ztráty**. Běžné větrání okny přináší značné ztráty tepla, rekuperační systém využívá princip přenosu tepla z odváděného (teplého) vzduchu na čerstvý přiváděný vzduch, a to prostřednictvím výměníku (rekuperátoru). Při procesu nedochází k mísení obou proudů vzduchu, jelikož je zajištěna hygienická separace.

V zimním období lze výrazně snížit potřebu tepla na ohřev přiváděného vzduchu, zatímco v létě může výměník pomáhat i k částečnému **předchlazení přívodu**. Výsledkem je **stabilní a zdravé vnitřní prostředí**, které zlepšuje komfort uživatelů i kvalitu vzduchu vlivem nižší koncentrace CO_2, nižší vlhkosti a nižšímu obsahu prachových a alergenních částic.

Moderní rekuperační jednotky dosahují **účinnosti přenosu tepla 70-90 %**. Jejich provoz lze řídit automaticky podle aktuálních podmínek – typicky podle koncentrace CO_2, teploty nebo vlhkosti v místnosti, což umožňuje **optimalizovat spotřebu energie** a zamezit zbytečnému přetápění či podchlazování objektu.



Obrázek 5 Zpětné získávání tepla
Zdroj: tzb-info.cz

Návrh systému a jeho realizace

Instalace jednotek se ZZT je vhodná především pro **budovy s vyšší obsazeností, omezeným přirozeným větráním a zateplenou obálkou, kde po snížení prostupových ztrát převažují ztráty větráním.** Jedná se například o školy, školky, kancelářské a administrativní budovy, kulturní domy nebo sportoviště. Před návrhem systému je nutné provést následující kroky.

- Analýzu počtu osob a hodinového objemu větrání,
- posouzení možností umístění rozvodů a výměníku (technická místnost, podhledy, půda),
- vyhodnocení energetické bilance, konkrétně kolik tepla lze zpětně získat oproti běžnému větrání.

Realizace zahrnuje **instalaci VZT jednotky, rozvodů přívodního a odtahového vzduchu, napojení na měření a regulaci**. Rekuperační výměník může být buď integrovaný v jednotce, nebo instalovaný samostatně do potrubí. Systém je možné kombinovat s vytápěním a chlazením, případně s **napájením ventilátorů či řízením výkonu podle aktuální výroby elektřiny** z lokálních zdrojů.

Očekávané přínosy

Instalací vzduchotechnických jednotek se ZZT lze snížit **spotřebu tepla na větrání o 30-50 %**, v závislosti na provozním režimu a typu objektu. Zároveň dochází ke **zlepšení kvality vnitřního prostředí**, snížení koncentrace, CO_2 a zvýšení komfortu uživatelů. Z hlediska městské energetické bilance představuje tato technologie významné opatření pro snížení spotřeby tepla z CZT a emisí CO_2.

Tabulka 5 Klady a zápory provozu vzduchotechniky se ZZT

Klady a zápory	
+ úspora tepla na vytápění	– vyšší investiční náklady oproti klasickému větrání
+ kvalitnější vnitřní vzduch	– prostorově náročná instalace rozvodů a rekuperační jednotky
+ možnost automatické regulace dle CO_2	– nároky na údržbu filtrů a servis
+ eliminace vlhkostí a plísní	– vyšší hlučnost

Zdroj: vlastní zpracování

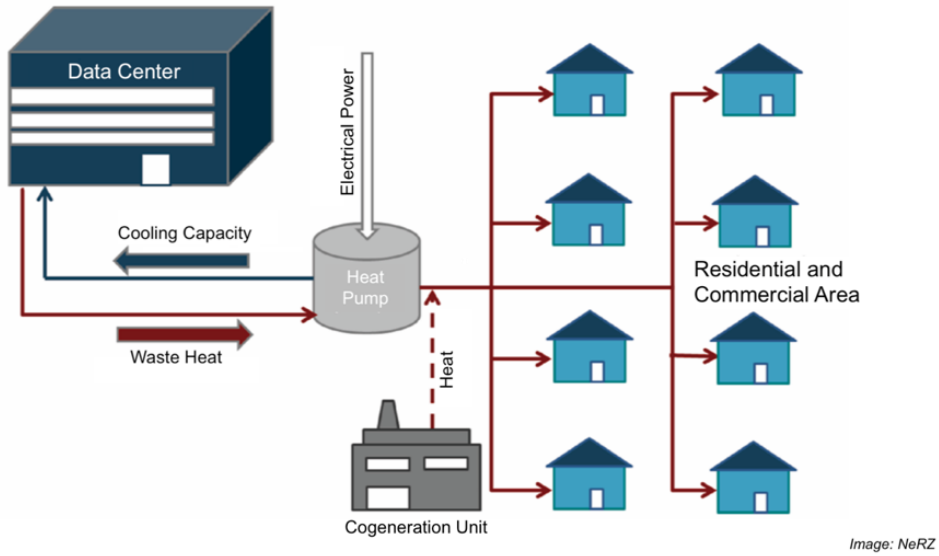
Ukázky dobré praxe instalace VZT s rekuperací.

- Základní škola Strunkovice nad Blanicí (více informací zde).
- Základní škola Čechy pod Košířem (více informací zde).
- Základní škola Skřipov (více informací zde).
- Základní škola Horní Slavkov (více informací zde).

2.8.3 Využití odpadního tepla z IT technologií a serveroven

V provozu každé serverovny vzniká značné množství **odpadního tepla**. Moderní informační technologie a datová zařízení vyžadují **nepřetržité chlazení**, aby byla zajištěna jejich spolehlivost a životnost. Teplo bývá většinou z místností odváděno pomocí klimatizačních jednotek a je považováno za tzv. **odpadní teplo**. Odpadní teplo lze zachytit a využít pro další potřeby budovy, například předehřev vzduchu ve vzduchotechnice, dohřev zpátečky v topném systému nebo pro přípravu teplé vody.

Technické řešení vychází z principu přenosu nízkopotenciálního tepla na využitelnou teplotní hladinu. Základem jsou **protiproudé výměníky**, které zachytávají kondenzační teplo **z klimatizací nebo CRAC jednotek**. Toto teplo je dále zpracováno tepelným čerpadlem, jež dokáže jeho teplotu zvýšit na úroveň vhodnou pro vytápění či ohřev vody. Tím se odpadní teplo, které by jinak bez užitku unikalo do okolí, promění v částečný zdroj energie pro budovu. Systém lze zapojit tak, aby v topném okruhu pokrýval část potřeby tepla mimo špičkové zimní zatížení, případně aby zajišťoval předehřev vzduchu v systému větrání.



Obrázek 6 Schéma využití odpadního tepla z datového centra
Zdroj: dotmagazine.online

Využití odpadního tepla ze serveroven je vhodné zejména pro objekty s **nepřetržitým provozem výpočetní techniky** – například městská datová centra, školské učebny nebo datová centra v nemocnicích. V těchto budovách dochází k produkci tepla prakticky po celý rok, což zajišťuje stabilní zdroj energie. Správným návrhem technologie lze dosáhnout úspor tepla **v řádu 10-20 % roční spotřeby objektu**, a to zejména mimo topnou špičku.

Doporučení pro využití odpadního tepla

Využití odpadního tepla ze serveroven se doporučuje pro **budovy s nepřetržitým provozem výpočetní techniky**, tedy tam, kde serverovny nebo větší ICT učebny generují stabilní množství tepla po celý rok. Před realizací projektu je nutné provést následující analýzu.

- **Tepelná bilance serverovny** – je nutné změřit množství odpadního tepla v průběhu dne i roku a porovnat jej s profilem spotřeby tepla v budově. Porovnáním určit optimální výkon výměníku nebo tepelného čerpadla a posoudit ekonomickou návratnost.
- **Zhodnocení technických možností budovy** – prověřit prostory pro umístění výměníků, čerpadel a potrubních rozvodů. Zvážit napojení na stávající topný okruh nebo vzduchotechniku a posoudit možnost integrace se stávající kotelnou nebo soustavou zásobování tepelnou energií.
- **Posouzení elektrické bilance** – provoz tepelných a oběhových čerpadel zvyšuje spotřebu elektřiny, je nutné vyhodnotit kapacitu stávajících přípojek a případně zvážit kombinaci s vlastním zdrojem elektřiny (FVE, KGJ).
- **Provozní omezení** – zohlednit možné negativní externality, jako je hluk kompresorů a čerpadel, riziko úniku chladiv a požadavky na pravidelnou údržbu. Posoudit také hygienické a stavebně-technické předpisy, které se vztahují k instalaci zařízení uvnitř veřejných budov.
- **Pilotní projekt a monitoring** – doporučeno je realizovat řešení nejprve v jedné vybrané budově, vyhodnotit přínosy na základě reálného provozu a teprve následně škálovat technologii do dalších objektů.

Ukázky dobré praxe využití odpadního tepla.

- Olympijský bazén z AI serverů, Paříž (více informací zde)
- Sídlo firmy Cloud&Heat Technologie (více informací zde)

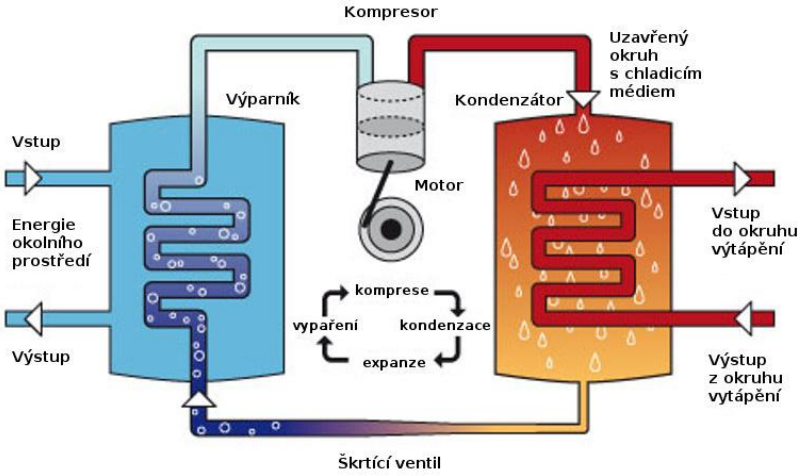
Tabulka 6 Klady a zápory využití odpadního tepla

Klady a zápory	
+ snížení spotřeby primárních paliv v otopném systému	– při nízké úrovni odpadního tepla (chlazení vzduchem) je nutné zapojit tepelné čerpadlo pro plné využití
+ částečné pokrytí tepelné spotřeby	
+ zvýšení energetické soběstačnosti budovy	– vyšší spotřeba elektřiny (kompresory, čerpadla a ventilátory)
+ nižší zatížení stávajících tepelných zdrojů	– integrace do stávajících systémů
+ vyšší účinnost při vodním chlazení	– vysoká cena a dlouhodobá návratnost

Zdroj: vlastní zpracování

2.8.4 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo (dále také jako „TČ“) je zařízení, které využívá **nízkopotenciální teplo z okolního prostředí** a převádí jej na teplotní hladinu využitelnou pro **vytápění budovy nebo přípravu teplé vody**. Tento proces je umožněn pomocí kompresorového cyklu, při němž pracovní médium (chladivo) přechází mezi kapalným a plynným stavem a **přenáší teplo mezi zdrojem a topným systémem**.



Obrázek 7 Princip tepelného čerpadla
Zdroj: zdrave-bydleni.com

Zdrojem energie pro tepelná čerpadla může být:

- venkovní vzduch (vzduch–voda),
- zemní kolektor nebo vrt (země–voda),
- podzemní voda (voda–voda),
- odpadní nebo šedá voda z objektů.

Účinnost tepelných čerpadel je charakterizována topným faktorem (COP) nebo sezónním topným faktorem (SPF). Faktor vyjadřuje **poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektřinou**. Při vhodném návrhu a použití nízkoteplotní topné soustavy (např. 40-60 °C) lze dosahovat velmi vysoké účinnosti, a tím i významných úspor primární energie.

TČ pro nízkoteplotní sítě

Nízkoteplotní sítě jsou **systémy centrálního zásobování teplem**, ve kterých se pracuje s **nižší teplotou topné vody** než u klasických soustav. Zatímco tradiční teplovodní rozvody používají teploty v rozmezí 70-90 °C, nízkoteplotní sítě pracují s teplotami přibližně 40-60 °C. Nižší teplota má zásadní vliv na účinnost systému, při menším teplotním rozdílu mezi zdrojem tepla a topným médiem totiž tepelné čerpadlo dosahuje vyšší účinnosti (vyšší topný faktor COP). Využití tepelných čerpadel pro nízkoteplotní sítě je vhodné pro budovy s **nízkoteplotními otopnými systémy**, např. novostavby, rekonstruované objekty po zateplení, školy či úřady.

Tabulka 7 Klady a zápory čerpadel pro nízkoteplotní sítě

Klady a zápory	
+ nižší spotřeba primární energie	– závislost výkonu na venkovní teplotě (nutnost záložního zdroje při velmi nízkých teplotách)
+ snížení emisí při využití elektřiny z OZE	
+ vyšší účinnost při kombinaci s rekuperací, FVE či odpadním teplem	– hluk kompresorů a venkovních jednotek
+ nižší tepelné ztráty topné vody	– vyšší spotřeba elektrické energie

Zdroj: vlastní zpracování

TČ využívající energii z odpadní vody

Odpadní voda z domácností, budov nebo kanalizačních stok má celoročně poměrně **stabilní teplotu** (10-20 °C). Teplota odpadních vod je dostatečně vysoká na to, aby mohla být využita jako **zdroj energie pro TČ**. Díky stabilní teplotě vody je možné dosáhnout vysokého SPF a tím efektivního provozu.

V systému se nejprve instaluje **výměník tepla**, přes který se energie přenáší z odpadní vody na pracovní médium tepelného čerpadla. Tepelné čerpadlo poté **zvýší teplotní hladinu** na úroveň využitelnou pro vytápění nebo přípravu teplé vody a dodává ji do nízkoteplotní sítě (např. 40-60 °C).

Tabulka 8 Klady a zápory pro tepelná čerpadla využívající energie z odpadních vod

Klady a zápory	
+ stabilní zdroj tepla po celý rok	– zanášení výměníků nečistotami
+ vyšší účinnost než u vzduchových tepelných čerpadel	– vyšší investiční náklady na integraci
	– prostorové nároky
+ využití odpadního tepla	– závislost na stabilním průtoku odpadní vody

Zdroj: vlastní zpracování

Princip získávání tepla z odpadní vody je výhodný pro větší budovy nebo komplexy budov, kde **odpadní voda proudí nepřetržitě**. Může se jednat například o nemocnice, bazény, školy, domovy pro seniory nebo čistírny odpadních vod.

Kaskádové zapojení TČ

Kaskádová TČ jsou **navzájem propojena do jednoho celku** a pracují ve vzájemné součinnosti. Cílem systému je **dosažení vyšších výstupních teplot či zajištění efektivního pokrytí proměnlivých potřeb budovy**. Každý stupeň kaskády zvyšuje teplotní hladinu o určitou část, čímž se snižuje zatížení jednotlivých kompresorů a zlepšuje se celková účinnost systému.

Speciální aplikací je kombinace kaskádového TČ s mikrokogenerační jednotkou. Tato varianta umožňuje přizpůsobit provoz potřebám objektu, kdy v době vysoké spotřeby teplé vody může systém preferovat vyšší tepelný výkon na úkor výroby elektřiny.

Tabulka 9 Klady a zápory kaskádového zapojení tepelných čerpadel

Klady a zápory	
+ flexibilní řízení výkonu	– vyšší hluk a vibrace než u samostatného TČ
+ vyšší výstupní teploty	– prostorové nároky
+ vyšší účinnost celého systému	– složitější regulace a údržba
	– vysoká spotřeba elektrické energie
+ spolehlivost a záložní provoz	– vyšší investiční náklady na TČ a řídicí systém

Zdroj: vlastní zpracování

Kaskádové zapojení TČ je vhodné pro budovy s **velmi vysokými nároky na teplou vodu** a **proměnlivým profilem spotřeby**. Může se jednat o sportovní haly, plavecké bazény nebo nemocnice. V těchto budovách lze systém efektivně kombinovat vytápění s přípravou teplé vody a pružně reagovat na špičkové zatížení.

2.8.5 Fotovoltaické elektrárny

Jak již bylo uvedeno v úvodní kapitole, v současné době je **v provozu 18 FVE** a další dvě instalace jsou ve fázi přípravy. Celkový instalovaný výkon těchto systémů činí **616,96 kWp** s předpokládanou **roční výrobou 636 MWh** elektrické energie. Součástí provozovaných systémů jsou akumulátory s energetickou kapacitou **221,7 kWh**, která zvyšuje míru vlastní spotřeby a provozní stabilitu lokálních zdrojů.

V nejbližším období je plánována instalace a zprovoznění FVE na dalších **devíti objektech s celkovým výkonem 330,45 kWp**. Tím dojde k dalšímu navýšení podílu OZE v majetku města a k posílení energetické soběstačnosti z hlediska pokrytí spotřeby elektrické energie.

Pro úplné pokrytí celkové roční spotřeby elektrické energie města, která v současnosti činí přibližně **29 661 MWh**, by bylo nutné instalovat zhruba **31 MWp fotovoltaických zdrojů** doplněných o odpovídající akumulační systémy. Potřeba akumulace je dána zejména tím, že není zajištěna soudobost mezi výrobou a spotřebou elektrické energie, navíc značnou část spotřeby představuje veřejné osvětlení provozované v době, kdy FVE nevyrábějí. Odhad výroby elektrické energie z FVE vychází z předpokládané doby využití instalovaného výkonu přibližně 950 hodin ročně.

Pro další rozvoj OZE je identifikováno 72 městských objektů vhodných pro instalaci FVE s celkovým potenciálem **4 920 kWp** a očekávanou roční výrobou přibližně **4 674 MWh** elektrické energie. Přehled těchto objektů, včetně základních technických parametrů a odhadovaného energetického přínosu, je uveden v příloze tohoto dokumentu.

V budoucnu se nabízí nejen instalace nových FVE, ale i rozšiřování stávajících instalací o akumulační kapacity a jejich **propojení do integrovaných energetických celků**. Lze uvažovat o kombinaci FVE s TČ, KGJ či solárními termickými systémy, čímž by se zvýšila míra soběstačnosti jednotlivých objektů i celého města. Další rozvojový potenciál spočívá také ve **využití ploch velkých veřejných budov nebo parkovišť** pro výstavbu **větších solárních systémů**.

Ohrožení soběstačnosti

Přechod na decentralizovanou, lokálně řízenou energetiku přináší klíčové benefity spočívající ve snížení provozních nákladů, zvýšení kontroly nad dodávkami a snížení uhlíkové stopy. Tento proces s sebou však nese i řadu rizik. V tradičním modelu byla rizika spjata především se závislostí na jednom či dvou externích dodavatelích energií, v novém modelu se rizika přesouvají do oblastí **technologie, dodavatelských řetězců a kybernetické bezpečnosti**. Proaktivní přístup k identifikaci, řízení a zmírnění těchto rizik je klíčovým předpokladem pro vybudování nejen soběstačného, ale především **stabilního a odolného** energetického systému.

Energetická transformace je globálním procesem, který vede ke zvýšené poptávce po klíčových komponentech, jako jsou fotovoltaické panely a bateriové články pro **systémy akumulace energie** a **navazující výkonová elektronika**, kam spadají nejen střídače či měniče, ale také systémy řízení baterií (Battery Management System – BMS), optimizéry či centrální řídicí jednotky, zajišťující optimální a bezpečný provoz celého zdroje. Výroba všech těchto strategických technologií je přitom vysoce koncentrována v několika málo regionech, především v Asii.

Povaha moderních energetických zdrojů, které jsou z principu **digitálně řízené a softwarově definované**, otevírá zcela novou rizikovou oblast. Již se nejedná pouze o otázku spolehlivosti hardwaru, ale především o kybernetickou integritu a datovou bezpečnost celého systému. Připojení těchto zařízení k internetu a jejich napojení na cloudové platformy výrobců, přestože je nutné pro monitoring a dálkovou správu, je vystavuje

hrozbám vzdáleného přístupu a manipulace. Tato koncentrace výroby pak představuje několik **zásadních rizik** v následujících oblastech.

- **Narušení dodavatelských řetězců:** geopolitické napětí, logistické krize nebo obchodní spory mohou vést k náhlému prodloužení dodacích lhůt nebo skokovému nárůstu cen. To přímo ohrožuje časový plán a rozpočet projektů.
- **Životnosti a servisu:** trh je zaplaven širokou škálou výrobců. Zejména u levnějších, méně etablovaných značek existuje reálné riziko absence lokální technické podpory, nedostupnosti náhradních dílů nebo dokonce zániku výrobce v horizontu několika let. Selhání klíčového komponentu (např. centrálního střídače nebo BMS baterie) bez možnosti servisu může následně znehodnotit celou investici.
- **Technologické kompatibility:** snaha kombinovat komponenty od různých výrobců může vést k problémům s kompatibilitou řídicích systémů, snížení celkové účinnosti nebo k nestabilitě provozu.
- **Nedůvěryhodní dodavatelé:** z tohoto důvodu regulátoři (včetně Národního úřadu pro kybernetickou a informační bezpečnost – NÚKIB) a provozovatelé sítí intenzivně posuzují nejen technické parametry, ale i **důvěryhodnost výrobce** a **transparentnost jeho softwaru**.
- Zařízení, u jejichž řídicích softwarů existuje podezření na možnou kontrolu ze strany cizího aktéra, jsou z připojování do kritické infrastruktury vylučována. Tato debata je pak analogickou k situaci v sektoru telekomunikačních sítí 5G.
- **Ochrana provozních dat:** optimalizace provozu vyžaduje sběr podrobných dat o výrobě a spotřebě energie v městských budovách. Vzhledem k jejich citlivému charakteru představuje jakýkoliv únik nebo neoprávněné využití těchto dat významné bezpečnostní riziko. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby město **systematicky řídilo celý životní cyklus dat**, uplatňovalo zásady tzv. data residency – s preferencí ukládání na serverech v rámci EU – a jednoznačně definovalo pravidla přístupu.

Správa energetických systémů

Rozvoj OZE energie, zejména instalace nových FVE a akumulačních systémů, přináší **nové požadavky na odbornou správu, monitoring a koordinaci provozu těchto technologií**. S rostoucím počtem instalací a rozšiřováním energetické komunity města Plzně bude nezbytné posílit personální kapacity zajišťující technickou správu, dohled a plánování rozvoje lokálních zdrojů. Nově vytvořené pracovní pozice se zaměří především na **provozní diagnostiku, vyhodnocování výkonu systémů, optimalizaci vlastní spotřeby, administraci smluvních vztahů a evidenci provozních dat**.

Do budoucna je nutné s ohledem na požadavky legislativy i **zavedení systému energetického managementu podle normy ISO 50001 na celé energetické hospodářství města.** Tento systém vyžaduje koordinovaný přístup ke sběru dat, vyhodnocování úspor a řízení spotřeby energie napříč městskými objekty. Z tohoto důvodu bude vhodné vyčlenit odborné pracovníky zodpovědné za metodické vedení a koordinaci činností v oblasti energetického hospodářství, včetně školení správců objektů a technického personálu.

2.8.6 Solární přístřešky

Solární přístřešek (carport) je konstrukce, která slouží především k **ochraně zaparkovaných vozidel a zároveň umožňuje využití své střešní plochy pro instalaci fotovoltaických panelů**. Tento typ řešení patří mezi moderní a prostorově úsporné způsoby rozvoje FVE v městském prostředí. Carport se skládá z ocelové nebo hliníkové nosné konstrukce, na jejíž střešní části jsou umístěny fotovoltaické moduly. Přístřešek lze navrhnout jako samostatně stojící nebo integrovaný do stávajících parkovacích ploch.

Elektrická energie vyrobená solárními panely může být **přímo využívána v přilehlém objektu**, **akumulována do baterií nebo použita k nabíjení elektromobilů**. V kombinaci s nabíjecí infrastrukturou tak carport slouží nejen jako zdroj obnovitelné energie, ale i jako prvek podpory elektromobility. Carporty lze je **realizovat modulárně a postupně**, podle potřeb a finančních možností města.

Ukázky dobré praxe solárních carportů.

- Areál České Zbrojovky v Českém Brodě (více informací zde).
- Jaderná elektrárna Dukovany (více informací zde).
- Areál THMP na Praze 8 (více informací zde).
- Sídlo společnosti Coca-Cola (více informací zde).

Klady a zápory	
+ efektivní využití prostorové kapacity	– vyšší počáteční investice do zařízení
+ ochrana zaparkovaných vozidel	– požadavky na prostor a vhodné stavební podmínky
+ vyšší flexibilita a modulární řešení	– složitější projektová příprava
+ podpora elektromobility a nabíjecí infrastruktury	– vyšší náklady na údržbu a provozní servis

Zdroj: vlastní zpracování

2.8.7 Akumulace elektrické energie

Akumulace elektrické energie představuje jeden z klíčových prvků pro stabilní a efektivní provoz městských budov i celých energetických soustav. Umožňuje **ukládat přebytky vyrobené elektřiny** a využívat je v době, kdy je spotřeba vyšší nebo je elektřina v síti dražší. Díky tomu lze **zvýšit vlastní spotřebu vyrobené energie**, **omezit odběrové špičky**, **zlepšit stabilitu sítě** a posílit celkovou energetickou soběstačnost města. Ve městech je akumulace důležitá i z hlediska záložního napájení pro kritickou infrastrukturu. Významně se uplatňuje zejména při využívání vlastních zdrojů, jako jsou FVE, KGJ nebo bioplynové stanice.

V Plzni je již instalováno několik akumulátorů propojených s městskými FVE o energetické kapacitě **221,7 kWh**. Akumulátory umožňují **ukládat denní přebytky výroby z FVE** a spotřebovávat je v odpoledních a večerních hodinách, kdy je odběr energie z distribuční sítě nejvyšší. Takto fungující systém zvyšuje **energetickou soběstačnost objektů o 20-40 %**, podle charakteru jejich provozu a velikosti akumulace. Do budoucna lze rozšířením kapacity akumulátorů na úroveň jednotek MWh dosáhnout schopnosti **stabilizovat odběrové diagramy městských budov** a aktivně řídit spotřebu podle ceny elektřiny.

Novela energetického zákona Lex OZE III, účinná převážně od 1. srpna 2025 (část o akumulaci od 1. října 2025), zavádí ucelená pravidla pro ukládání elektřiny a **umožňuje provoz bateriových úložišť jako samostatné činnosti** v energetice. Nově lze baterie připojit i samostatně k síti, bez přímé vazby na elektrárnu. **Licence na akumulaci** se vyžaduje až pro systémy s instalovaným výkonem nad 100 kW, což znamená, že menší projekty mohou fungovat i bez licence, pokud s uloženou elektřinou neobchodují na trhu.

Držitelé licence mají podobná práva a povinnosti jako výrobci elektřiny, **mohou dodávat energii zpět do sítě či poskytovat podpůrné služby v rámci dispečerského řízení**. Novela odstraňuje dvojí zpoplatnění uložené energie, elektřina, která se pouze uloží a znovu vrátí do sítě nepodléhá poplatku na podporu OZE ani systémovým službám, pokud **účinnost zařízení přesáhne 80 %.** Tyto úlevy zlepšují ekonomickou návratnost a flexibilitu bateriových systémů a otevírají cestu k jejich širšímu využití v městské energetice.

Lithiové baterie (Li-ion, $LiFePO_4$)

Lithiové baterie jsou dnes nejpoužívanější akumulační technologie pro budovy i elektromobilitu. Fungují na principu přenosu iontů lithia mezi anodou a katodou přes elektrolyt, přičemž ukládají energii s **vysokou účinností** (90-95 %) a **relativně velkou hustotou energie**. Díky modulárnímu provedení lze škálovat jejich kapacitu od menších systémů pro jednotlivé objekty (desítky kWh) až po velké bateriové kontejnery (jednotky MWh). Nejčastější varianty jsou NMC (nikl–mangan–kobalt) s vyšší hustotou energie a LFP (lithium–železo–fosfát) s delší životností a vyšší bezpečností.

Bateriové systémy lze provozovat ve **více režimech podle potřeb daného objektu**:

- **optimalizace vlastní spotřeby** – ukládání přebytků z FVE pro pozdější využití,
- **záložní napájení (UPS)** – okamžité přepnutí na bateriové napájení při výpadku sítě; zajišťuje chod důležitých zařízení, jako jsou osvětlení, IT systémy, čerpadla či ventilace,
- **řízení špiček spotřeby** – využití energie z baterie při krátkodobém zvýšení odběru, což snižuje poplatky za rezervovanou kapacitu a stabilizuje síť.

Z pohledu městské infrastruktury mohou být bateriová úložiště instalována **centrálně v rámci energetického uzlu** (např. pro skupinu objektů napojených na společnou FVE) nebo **decentralizovaně přímo v jednotlivých budovách**. Druhé řešení je výhodné zejména pro **budovy s požadavkem na záložní napájení**, jako jsou školy, úřady, nemocnice, dopravní dispečinky nebo datová centra. Pro správné fungování bateriového úložiště jako záložního zdroje, je nutné zajistit splnění odpovídajících technických podmínek a uspořádání elektroinstalace objektu. Většina městských budov má stále starší typ rozvodů, což bude vyžadovat k jejich úpravu.

Moderní bateriové systémy jsou řízeny pomocí **BMS,** který zajišťuje sledování napětí, teploty a stavu nabití jednotlivých článků a brání přehřátí či hlubokému vybití. V kombinaci s nadřazeným **energetickým managementem budovy (Energy Management System – EMS)** dokáže systém dynamicky řídit tok energie, reagovat na aktuální ceny elektřiny nebo optimalizovat čerpání z distribuční sítě.

Tabulka 10 Klady a zápory lithiových baterií

Klady a zápory	
+ vysoká účinnost cyklu (90–95 %)	– omezená životnost a postupná degradace
+ rychlá reakce a záložní provoz	– nutnost odborného servisu a řízení BMS
+ široká dostupnost na trhu	– prostorové nároky a riziko požáru

Zdroj: vlastní zpracování

Redox-flow baterie

Redox-flow, neboli průtočné baterie ukládají energii v tekutých elektrolytech, které proudí přes membránu v bateriovém článku. **Výkon systému je dán velikostí článků**, zatímco **kapacitu určují nádrže elektrolytu**, obě složky lze nezávisle škálovat. To umožňuje budovat vysokokapacitní úložiště v řádu MWh bez zásadní degradace a s životností přes 20 let. Velkou výhodou je prakticky neomezený počet nabíjecích cyklů, vysoká bezpečnost a možnost dlouhodobého vybití bez poškození. Nevýhodou je nižší energetická hustota než u Li-ion a potřeba většího prostoru pro instalaci nádrží, což z nich činí spíše řešení pro větší objekty nebo městské areály.

Tabulka 11 Klady a zápory Redox-flow baterií

Klady a zápory	
+ dlouhá životnost	– vyšší investiční náklady než u Li-ion baterií
+ bezpečný provoz	– vyšší prostorové nároky než u Li-ion baterií
+ škálovatelnost výkonu a kapacity	– menší rozšíření a omezená nabídka dodavatelů

Zdroj: vlastní zpracování

Ukázky dobré praxe instalace bateriových úložišť.

- Areál MND v Břeclavi (více informací zde).
- Areál Planá nad Lužnicí (více informací zde).

2.8.8 Komunitní energetika

Komunitní energetika představuje inovativní přístup výroby, sdílení a spotřeby energie na lokální úrovni, jehož cílem je **zvýšit energetickou soběstačnost** a omezit závislost na centrálních dodavatelích. Zároveň podporuje širší využívání OZE a zapojení místních aktérů do společné správy energetických zdrojů. Umožňuje **jednotlivcům, firmám, obcím či institucím** společně investovat do energetické infrastruktury – například do fotovoltaických či větrných elektráren – a sdílet mezi sebou vyrobenou energii podle stanovených pravidel.

Tento přístup posiluje lokální výrobu a spotřebu energie, čímž přináší významné ekonomické i environmentální přínosy. Účastníci komunitních projektů sdílejí náklady na pořízení a provoz technologií i samotnou energii, kterou společně vyrobí, což vede ke snížení celkových nákladů a zvýšení energetické nezávislosti. Klíčovou roli v rozvoji komunitní energetiky sehrávají FVE. Tím se zajišťuje širší dostupnost čisté energie a vytváří základ pro udržitelný a soběstačný energetický systém.

Sdílení elektřiny – účetní operace

Elektřinu vyrobenou a dodanou do distribuční sítě na jednom místě lze zaúčtovat vůči spotřebě na jiném místě.

Vyhodnocení každých 15 minut

Od aktuální spotřeby v dané čtvrthodině se odečte množství elektřiny vyrobené v dané čtvrthodině.

Rozdělení dle alokačního klíče

Poměrné (procentní) rozdělení vyrobené elektřiny pro každé předávací místo zapojení do sdílení energie.

Aktivní zákazník

Tento model je určen pro jednodušší případy, typicky pro jednotlivce, rodiny nebo firmy, které chtějí sdílet elektřinu mezi svými vlastními nemovitostmi nebo v rámci malé, předem definované skupiny.

- **Člen aktivního zákazníka**: jakákoliv fyzická nebo právnická osoba, která elektřinu nejen spotřebovává, ale také vyrábí (případně ukládá do baterie) a tuto vyrobenou elektřinu chce sdílet do svých dalších odběrných míst nebo jiným zákazníkům.
- **Právní forma**: pro tento model není nutné zakládat žádnou novou právnickou osobu. Sdílení organizuje přímo daný aktivní zákazník, jenž u EDC registruje tzv. skupinu sdílení.
- **Limit počtu předávacích míst**: toto je klíčový rozdíl oproti společenství. Skupina sdílení aktivního zákazníka je trvale omezena a může zahrnovat maximálně 11 předávacích míst.
- **Geografické omezení**: pro aktivního zákazníka neplatí žádné geografické omezení.

Město Plzeň aktivně vstoupilo do sdílení energie prostřednictvím aktivního zákazník, kterých aktuálně provozuje **celkem 9 na objektech a zdrojích** ve svém majetku.

Energetické společenství

Tento model je navržen pro organizovanou spolupráci více různých subjektů a je ideální pro realizaci větších komunitních projektů, například na úrovni spolupráce samosprávy, podnikatelů nebo občanů daného území:

- **Kdo může být členem:** členy mohou být fyzické osoby, malé a střední podniky, obce, dobrovolné svazky obcí, církve nebo jimi zřízené organizace. Velké podniky mohou být součástí energetického společenství pouze za předpokladu, že nebudou disponovat hlasovacími právy.
- **Právní forma:** pro tento model je nutné založit právnickou osobu – typicky spolek nebo družstvo – a zaregistrovat ji u ERÚ.
- **Limity počtu a území** (přechodné období do 30. června 2026): pro energetická společenství platí do poloviny roku 2026 dočasná omezení, která mají zajistit postupný náběh systému. Podle přechodných ustanovení energetického zákona platí, že:

- **Limit počtu míst**: jedna skupina sdílení v rámci společenství může zahrnovat max. 1000 předávacích míst, počet skupin sdílení není omezen.
- **Geografický limit**: energetické společenství musí dodržet pravidlo, že odběry musí být na souvislém území nejvýše 3 obcí s rozšířenou působností nebo na území hlavního města Prahy. Toto dočasné geografické omezení se týká pouze energetického společenství.

Trvalá pravidla platná od 1. července 2026 definují, že dojde ke zrušení **výše uvedených limitů**. Energetické společenství bude moci sdílet elektřinu mezi neomezeným počtem předávacích míst po celé České republice. Jedinou výjimkou zůstává „Společenství pro OZE“, u kterého zákon trvale vyžaduje, aby členové **s hlasovacím právem byli „v blízkosti“ zdrojů**, což je definováno právě jako území max. 3 ORP.

Sdílení energie prostřednictvím energetického společenství je administrativně a personálně náročnější varianta. Lze předpokládat, že s ohledem na rozsah hospodářství by to v prostředí města Plzně znamenalo navýšení interních kapacit na Odboru městské energetiky, které by zajišťovaly správu a provoz energetického společenství. Současná praxe také ukazuje, že v podmínkách České republiky prozatím nemají energetická společenství **dostatečnou provozní podporu**, proto ve většině případů jejich provoz není ekonomický rentabilní.

2.8.9 Termické kolektory

Solární ohřev vody lze realizovat dvěma základními způsoby. Prvním jsou **solární fototermické kolektory**, které **přímo využívají sluneční záření k ohřevu teplonosného média**. To následně předává teplo do zásobníku, kde slouží pro přípravu teplé užitkové vody nebo jako zdroj pro předehřev otopné soustavy. Kolektory se zpravidla instalují na střechy nebo fasády budov a bývají doplněny **akumulační nádrží**.



Obrázek 8 Ploché a trubicové solární kolektory
Zdroj: Viessman

Druhým přístupem je využití **FVE** k ohřevu vody v zásobnících. V tomto případě fotovoltaické panely vyrábějí elektřinu, která napájí topné spirály umístěné přímo v nádržích s vodou. Zásobníky se mohou ohřívat v době, kdy je elektřina na trhu levnější nebo v dobách, kdy fotovoltaické panely vyrábějí více elektrické energie, než budova v daném okamžiku spotřebuje. V časech dražší elektřiny lze využít uloženou teplou vodu bez nutnosti ohřívání, čímž se snižují provozní výdaje.

Oba způsoby lze také vhodně kombinovat. Termické kolektory mohou **zajišťovat základní potřebu tepla pro přípravu teplé vody**, zatímco FVE umožňují flexibilní ohřev vody při slunečných dnech nebo při přebytku elektřiny. Díky zapojení akumulačních zásobníků lze dosáhnout vyšší energetické soběstačnosti budovy a současně snížit provozní náklady i potřebu primárních paliv.

Pro pokrytí spotřeby tepla nutného na přípravu teplé vody (7 332 MWh) by bylo potřeba instalovat **ploché solární kolektory** na ploše **18 330 m²** při uvažování, že roční tepelný zisk plochého kolektoru se pohybuje kolem **400 kWh tepla na jeden metr čtvereční**. **Trubicové kolektory** jsou účinnější a jejich roční tepelný zisk se pohybuje kolem **550 kWh/m²**, pro pokrytí potřeby tepla na ohřev TV by bylo nutné pokrytí plochy **13 331 m²**.

Tabulka 12 Klady a zápory fototermických kolektorů

Klady a zápory	
+ maximální využití střechy budovy	– pravidelná údržba a čištění
+ snížení potřeby primárního paliva a emisí	– riziko přebytku tepla v letních měsících
+ kombinace s dalšími technologiemi	– složitá montáž

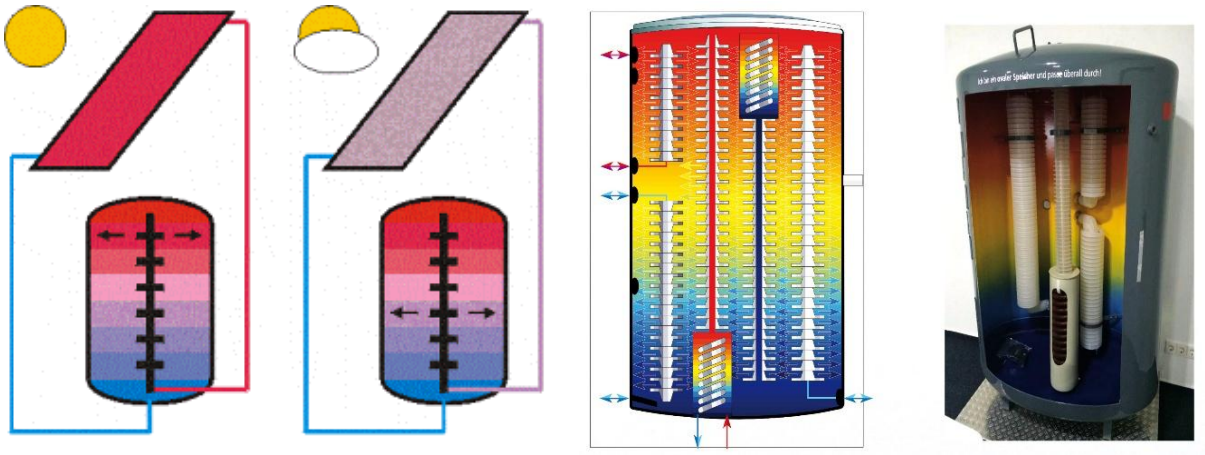
Zdroj: vlastní zpracování

Realizace termických solárních kolektorů je vhodná v objektech s vysokou a stabilní spotřebou teplé vody, kde lze vyrobené teplo efektivně uplatnit po celý rok. Jedná se zejména o budovy s velkým počtem uživatelů, sportoviště s intenzivním provozem sprch, domovy pro seniory, nemocnice, ubytovací zařízení nebo bytové domy s centrální přípravou teplé vody.

Instalace systému je dále vhodná také v objektech, kde lze solární energii využít také pro předehřev vody pro otopnou soustavu. Podobně jako v případě instalace fotovoltaických elektráren jsou vhodné budovy s volnými plochami střech s vhodným osluněním.

2.8.10 Pokročilá akumulace teplé vody

Akumulace teplé vody využívá **izolované zásobníkové nádrže**, které uchovávají teplou vodu a posléze s ní zásobují spotřebitele. Vhodné je **využití vrstvených zásobníků** (stratifikačních), kde se teplejší voda drží díky nižší hustotě nahoře a studenější dole, s minimálním mícháním vrstev. Díky tomu je možné efektivně odebírat teplou vodu s vyšší teplotou i při částečném vyprázdnění zásobníku, zatímco chladnější voda zůstává ve spodní části připravena k dalšímu ohřevu. Tento princip **zvyšuje účinnost využití uloženého tepla**, **snižuje potřebu častého dohřívání celého objemu nádrže**.



Obrázek 9 Princip teplotní stratifikace
Zdroj: oze.tzb-info.cz, ASB Portal

Stratifikované zásobníky se tak uplatňují zejména v budovách **s výraznými denními výkyvy ve spotřebě teplé vody**, kde přispívají k vyrovnání špiček a k úsporám provozních nákladů. Nádrže umožňují současné napojení více zdrojů tepla, například solárních kolektorů, tepelných čerpadel nebo systémů využívajících odpadní teplo.

Tabulka 13 Klady a zápory zásobníků tepla s řízeným teplotním vrstvením

Klady a zápory	
+ vyšší účinnost využití tepla	– vyšší pořizovací cena než u běžných zásobníků teplé vody
+ nižší potřeba dohřevu vody	– náročnější návrh a regulace (pro správnou funkci je nutné zajistit vhodné proudění a vrstvení, jinak hrozí promíchávání vrstev a ztráta výhod)
+ vyrovnání špiček ve spotřebě teplé vody	
+ odebírání vody s různou teplotou dle potřeby uživatele	

Zdroj: vlastní zpracování

2.8.11 Využití bioplynu či biometanu

Zemní plyn je možné částečně nebo úplně nahradit obnovitelnými plynnými palivy, konkrétně **bioplynem** či vyčištěným **biometanem**, jenž má téměř stejné vlastnosti jako zemní plyn a lze jej přímo vtláčet do plynárenské sítě. V praxi to znamená, že v kotelnách, průmyslových ohřívačích vody nebo KGJ lze místo čistého zemního plynu využívat i směs zemního plynu a biometanu, případně 100% biometan.

Bioplyn vzniká anaerobní fermentací biomasy (např. kejda, siláž, bioodpad). Obsahuje obvykle **50-65 % metanu**, zbytek tvoří oxid uhličitý, vodní pára a stopová množství síry a dalších nečistot. Proto má nižší výhřevnost než zemní plyn a při jeho spalování mohou být nutné úpravy technologií. Biometan je **naopak vyčištěný bioplyn**, u kterého byly odstraněny CO_2 a další nežádoucí složky. Díky tomu dosahuje téměř totožného složení i výhřevnosti jako zemní plyn a je možné jej bez omezení využívat v plynové infrastruktuře nebo v běžných plynových spotřebičích.

Využití gastroodpadu k produkci bioplynu

V současné době čelí města výzvám v oblasti energetické udržitelnosti a efektivního nakládání s odpady. Na území takřka všech obcí přitom vzniká značné množství biologicky rozložitelných odpadů (**bioodpadů**), jež představují dosud **málo využitý energetický potenciál**. Město Plzeň prostřednictvím svých příspěvkových organizací spravuje 27 školních jídelen, které jsou významnými producenty gastroodpadu a dalších organických zbytků. Zároveň i údržba veřejných ploch zeleně vede k další značné produkci bioodpadu v podobě posekané trávy, listí, větví atd.

Tento stabilní a diverzifikovaný proud odpadů je cennou **energetickou surovinou**. Cílem této kapitoly je analyzovat potenciál těchto zdrojů pro výrobu bioplynu, který může být následně využit zejména k **výrobě elektřiny** a **tepla**. Efektivním nástrojem pro tuto přeměnu je proces **anaerobní kofermentace**, jenž umožňuje společné a stabilní zpracování různých druhů bioodpadu. Využití těchto lokálních zdrojů přispívá ke zvýšení **energetické soběstačnosti** města a naplňuje principy **cirkulární ekonomiky**.

Při hledání udržitelných řešení pro nakládání s odpady se stále více pozornosti upírá k procesu zvanému **anaerobní digesce**. Jde o technologii, kde mikroorganismy v prostředí bez kyslíku **rozkládají organický materiál** (bioodpad) a přeměňují jej na bioplyn (zdroj energie) a digestát (hnojivo). Standardní digesce však často naráží na limity, pokud zpracovává pouze jeden druh materiálu, tzv. mono digesce, kdy proces nemusí být stabilní nebo dostatečně výnosný. A právě zde vstupuje do hry **anaerobní kofermentace** (či kodigesce).

Kofermentace je v podstatě vylepšená forma digesce. V principu se jedná o **záměrné a řízené míchání dvou či více různých typů organických materiálů**, tzv. substrátů, předtím, než vstoupí do fermentoru, nebo přímo v něm. Každý materiál má typicky jiné složení, kde jsou některé substráty např. bohaté na snadno dostupný uhlík, ale naopak chudé na dusík.

Uhlík v materiálech slouží jako zdroj energie a dusík slouží jako zdroj pro mikroby. Cílem kofermentace je namíchat takovou směs, která má ideální poměr živin a poměr uhlíku a dusíku, správnou vyváženost pH, a případně ředí různé problematické látky. Mikroorganismy pak pracují mnohem efektivněji, proces je stabilnější a výsledkem je výrazně vyšší produkce bioplynu.

Kofermentace je pak zvláště důležitá u **zpracování gastroodpadu**, kdy jeho biochemická podstata způsobuje nestabilitu procesu při samostatném zpracování. Tento odpad se vyznačuje **rychlou biologickou rozložitelností**, která vede k prudké produkci organických kyselin a následnému poklesu pH, což inhibituje klíčové mikroorganismy produkující metan. Proto je nutné u zpracování gastroodpadu **využít kodigesci**, kde je gastroodpad zpracováván společně s jiným typem substrátu (odpadu), jako je např. městská zeleň. Tímto způsobem se dosahuje vyvážení kritických parametrů, zejména poměru uhlíku a dusíku a pH, představující základní předpoklad pro stabilní a efektivní provoz.

Hluboké a detailní porozumění charakteristikám vstupních surovin je nezbytným a neopomenutelným předpokladem pro návrh úspěšného, stabilního a efektivního systému anaerobní digesce. Vlastnosti odpadu přímo určují optimální provozní parametry, nutnost předúpravy a celkový energetický potenciál.

Tabulka 14 Klady a zápory přechodu na bioplyn či biometan

Klady a zápory	
+ snížení emisí	– technologicky náročný proces výroby
+ možnost částečného přechodu bez výměny stávající technologie	– vyšší investiční náklady
+ kompatibilita biometanu s distribuční sítí	– nutnost kontroly kvality paliva (obsah síry a vlhkost)
+ energetická soběstačnost a nezávislost na zemním plynu	– při vyšším podílu bioplynu nutnost technologických úprav

Zdroj: vlastní zpracování

2.8.12 Zvýšení účinnosti elektrických pohonů

Elektrické pohony představují jednu z **největších skupin spotřebičů v městských budovách** jsou obsaženy v čerpadlech, ventilátorech, výtazích a eskalátorech. Jejich provoz často probíhá s rezervou výkonu nebo bez možnosti zpětného využití energie.

Moderní technologie však umožňují výrazně **zvýšit jejich účinnost**, a tím snížit celkovou spotřebu elektřiny. Mezi nejvýznamnější opatření patří instalace **frekvenčních měničů** pro regulaci otáček motorů a využití **regenerativních pohonů** u výtahů a eskalátorů, které dokáží část energie vracet zpět do sítě budovy.

Frekvenční měniče pro oběhová čerpadla a ventilátory

Frekvenční měniče (Variable Frequency Drives – VFD) umožňují **plynule regulovat otáčky elektrických motorů**. V otopných a větracích soustavách je často **instalováno čerpadlo nebo ventilátor**, tato zařízení běží na konstantní otáčky bez ohledu na skutečnou potřebu. Přitom spotřeba energie motoru výrazně roste s vyššími otáčkami, což má za následek, že i malé snížení rychlosti znamená velkou úsporu elektrické energie. Díky VFD lze průtok nebo tlak řídit přesně podle aktuálního zatížení soustavy.

Instalace frekvenčních měničů má nejvyšší přínos tam, kde elektrické motory pracují dlouhodobě a často v částečném zatížení. Typicky se jedná o **oběhová čerpadla v topných nebo chladicích systémech**, **ventilátory vzduchotechniky**, **čerpadla v bazénových technologiích** nebo vzduchové clony u vstupů budov. V těchto případech běží motory po většinu provozní doby na plný výkon, i když to není nutné, a regulace pomocí VFD umožní přizpůsobit otáčky skutečné potřebě systému. Opatření je vhodné především pro objekty, které mají proměnlivou obsazenost a zatížení – například školy, úřady, kulturní domy, sportovní haly či zdravotnická zařízení.

Potenciál úspor lze vyhodnotit z **provozních dat nebo krátkodobého měření příkonu motoru**. Pokud zařízení pracuje dlouhodobě v částečném zatížení, bývá **instalace frekvenčního měniče ekonomicky opodstatněná**. V praxi čerpadla či ventilátory často běží na plný výkon, i když skutečný požadavek dosahuje pouze 50-70 %, takže zavedení regulace otáček může snížit spotřebu elektřiny o 20-40 %. Kromě přímých úspor přinášejí měniče i delší životnost motorů, tišší provoz a stabilnější chod soustav.

Implementace

- instalace měničů na stávající motory čerpadel a ventilátorů,
- napojení na řídicí systém budovy (BMS) nebo jednoduché regulační čidlo (tlak, teplota, průtok),
- nastavení regulační logiky podle potřeby provozu.

Tabulka 15 Klady a zápory frekvenčních měničů

Klady a zápory	
+ úspora elektrické energie	– nutné odborné nastavení a údržba
+ delší životnost zařízení díky nižšímu mechanickému namáhání	– při špatném dimenzování negativní vlivy na síť (rušení)
+ nižší hlučnost zařízení	
+ přesná regulace soustavy podle aktuální spotřeby	– vyšší investiční náklady

Zdroj: vlastní zpracování

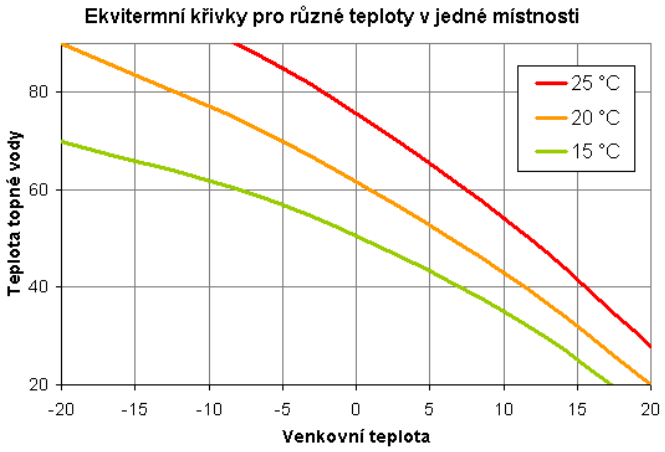
2.8.13 Pokročilé řízení systému vytápění

Efektivita provozu zdrojů tepla a souvisejících tepelných soustav má zásadní **vliv na celkovou energetickou bilanci budov**. V mnoha případech lze významných úspor dosáhnout nikoliv rozsáhlými stavebními rekonstrukcemi, ale využitím **pokročilých řídicích technologií a optimalizací provozu**. Moderní systémy řízení a regulace dokáží reagovat na aktuální potřebu tepla, přizpůsobovat se venkovním podmínkám a spotřebním profilům uživatelů či dokonce minimalizovat ztráty způsobené neefektivním řízením.

Vedle klasické ekvitermní regulace se v praxi uplatňují například algoritmy pro prediktivní řízení na základě počasí, systémy optimalizace spalovacího procesu, hydraulické vyvážení otopných soustav nebo využití nízkoteplotních otopných křivek. Specifické technologie, jako destratifikace vzduchu v halách či kondenzace spalin u plynových kotlů, dále zvyšují účinnost a komfort užívání. Správná volba a kombinace těchto postupů může přinést úspory energie v řádu jednotek až desítek procent ročně v závislosti na typu budovy a provozu.

Ekvitermní regulace a prediktivní algoritmy

Ekvitermní regulace je základní metoda řízení systému vytápění, při níž se **teplota otopné vody automaticky upravuje podle venkovní teploty**. Při oteplení se teplota vody snižuje, při ochlazení naopak zvyšuje, čímž se minimalizuje zbytečné přetápění a zvyšuje účinnost zdroje. Základem je tzv. **topná křivka**, která vyjadřuje vztah mezi venkovní teplotou a teplotou otopné vody. Každá budova může mít odlišnou křivku v závislosti na tepelných ztrátách a kvalitě obálky. Správné nastavení je klíčové, protože zvýšení průměrné teploty v interiéru o pouhý 1 °C může znamenat nárůst spotřeby tepla až o **6 %.**



Obrázek 10 Ekvitermní křivky
Zdroj: tzb-info.cz

V budovách města Plzně činí roční spotřeba **tepla na vytápění 35 566 MWh** a roční spotřeba zemního plynu **7 565 MWh**. Odpovídající úspory energie při snížení průměrné teploty na vytápění jsou uvedeny v následující tabulce. Tyto hodnoty vycházejí z nelineární metody, která zohledňuje **reálné chování budov**. Pokles o 1 °C odpovídá přibližně 6 % úspoře tepla, o 2 °C asi 11 % a o 3 °C zhruba 15 %. Tento přístup poskytuje realističtější pohled na efekt ekvitermní regulace, protože **s klesající vnitřní teplotou se zároveň snižuje teplotní rozdíl mezi interiérem a exteriérem**, a tím i samotné tepelné ztráty.

Tabulka 16 Úspora energií při snížení průměrné teploty na vytápění

Snížení průměrné teploty vytápění	Úspora tepla CZT [MWh/rok]	Úspora zemního plynu [MWh/rok]	Podíl z celkové spotřeby energií
o 1 °C	2 134	454	3,7 %
o 2 °C	3 912	832	6,9 %
o 3 °C	5 335	1 135	9,4 %

Zdroj: vlastní zpracování

Moderním rozšířením je **prediktivní regulace**, která kromě aktuálních teplot zohledňuje také **předpověď počasí**, **chování uživatelů** (např. pracovní dobu, špičky spotřeby) a **akumulační schopnost budovy**. Algoritmus dokáže předvídat, kdy a jak intenzivně topit, aby bylo dosaženo požadovaného komfortu s minimální spotřebou energie. Tím se předchází zbytečnému vytápění v době, kdy budova není plně využívána.

Ekvitermní regulaci lze nasadit v kotelnách a výměníkových stanicích, které jsou vybaveny **regulačním panelem a venkovním čidlem**. Termostatické ventily uvnitř budov pak slouží k jemnému doladění teploty v jednotlivých místnostech, zatímco zásadní úsporný efekt přináší především centrální regulace teploty otopné vody.

Tabulka 17 Klady a zápory ekvitermní regulace a prediktivní regulace

Klady a zápory	
+ úspory tepla oproti neregulovaným systémům	– závislost na venkovním čidle (správné umístění a kvalita)
+ zvýšení tepelného komfortu	– odborný servis, pravidelná údržba
+ stabilnější teplota v interiéru	– vyšší cenové nároky na prediktivní algoritmy a nutnost připojení k datovým službám
+ omezení zbytečného vytápění v době, kdy není budova obsazená	

Zdroj: vlastní zpracování

Ekvitermní a prediktivní řízení představují rychlý, levný a systémově účinný způsob, jak omezit zbytečné přetápění, snížit spotřebu energie a přispět k vyšší soběstačnosti města bez nutnosti nových investic do výroby. Ekvitermní řízení je vhodné prakticky pro všechny typy budov, zejména školy, administrativní budovy a bytové domy. Prediktivní algoritmy se uplatní v objektech s **výrazným kolísáním provozu**, jako jsou školy, kulturní domy.

Optimalizace spalovacího procesu

Efektivní spalování závisí na **správném poměru mezi palivem a vzduchem**. Pokud je vzduchu příliš málo, spalování je neúplné, vznikají **zvýšené emise oxidu uhelnatého a sazí**. Naopak nadbytek vzduchu vede k ochlazování spalin a zbytečným tepelným únikům komínem. Hlídání správného poměru mezi palivem a vzduchem je zajištěno pomocí kyslíkové (lambda) sondy, která je umístěna v kouřovodu a **kontinuálně měří obsah kyslíku ve spalinách**. Podle výsledků upravuje množství přiváděného vzduchu, a tím udržuje optimální poměr paliva a kyslíku v celém rozsahu provozních podmínek.

Systém lze aplikovat nejen v teplovodních nebo parních kotlích, ale také u průmyslových ohřívačů vody a velkokapacitních bojlerů **spalujících zemní plyn, kapalná paliva, biomasu nebo uhlí**, kde přesné řízení poměru vzduchu a paliva výrazně zlepšuje účinnost spalování. Naopak u elektrických kotlů a elektrických bojlerů tuto technologii nelze využít, protože v nich žádný spalovací proces neprobíhá.

Tabulka 18 Klady a zápory optimalizace spalovacího procesu

Klady a zápory	
+ zvýšení účinnosti spalování a úspora paliva	– vyšší investiční a servisní náklady oproti standardní regulaci
+ stabilní provoz zařízení i při změnách zatížení	– nutnost pravidelné kalibrace sondy
+ snížení emisí	– méně efektivní u malých kotlů a domácích ohřívačů, kde je přínos marginální

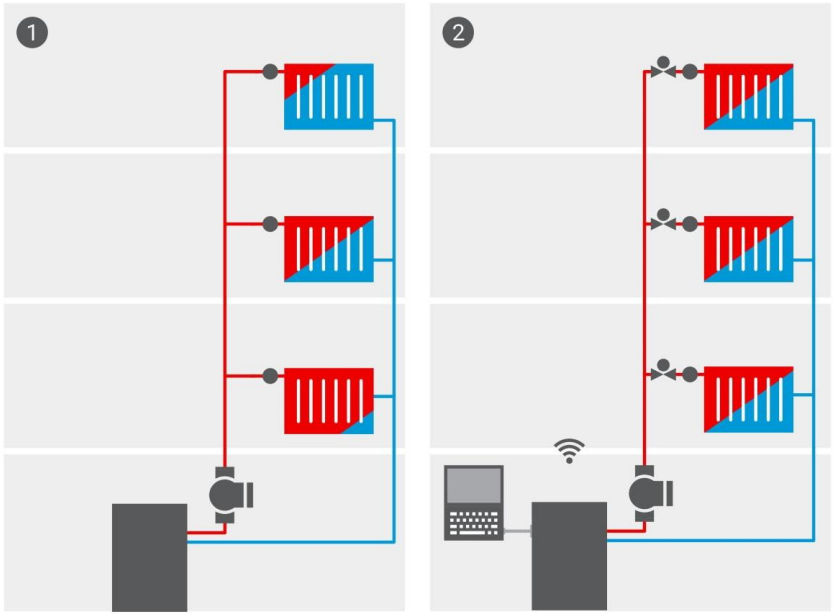
Zdroj: vlastní zpracování

V běžném provozu je systém optimalizace spalovacího procesu plně automatický a nevyžaduje zásah obsluhy. Kyslíková (lambda) sonda je pevnou součástí kouřovodu a její činnost zajišťuje řídicí jednotka kotle. Správný provoz systému je nutné pravidelně ověřovat v rámci každoroční servisní prohlídky, která zahrnuje **kalibraci sondy, kontrolu spalovacího poměru a případné doladění hořáku**. Tyto úkony provádí autorizovaný servisní technik pomocí měření spalin. Životnost kyslíkové sondy se pohybuje **obvykle mezi 3 až 5 lety**, poté se doporučuje její výměna. Optimalizace spalování tak v praxi představuje spíše rozšíření standardní servisní péče než zcela nové opatření, a umožňuje dlouhodobě udržovat vysokou účinnost i stabilní emisní parametry zařízení.

Optimalizace spalovacího procesu je vhodná pro **plynové kotelny**, **průmyslové ohřívače vody a velkokapacitní bojlery** využívané ve školách, nemocnicích, sportovních halách nebo bazénech. Ve větších objektech s velkým odběrem tepla a teplé vody dokáže optimalizování spalovacího procesu přinést rychlé a stabilní úspory. U menších zdrojů se tato technologie nevyplatí z důvodu nižšího zatížení a spotřeby kotlů.

Hydraulické vyvážení otopné soustavy

V otopných soustavách voda proudí vždy cestou nejmenšího odporu. To znamená, že některé radiátory nebo okruhy dostávají **více teplonosné látky**, než potřebují, zatímco vzdálenější části soustavy mohou být **nedostatečně zásobovány**. Výsledkem je **nerovnoměrné vytápění**, kdy jsou některé místnosti přetápěny, a jiné jsou naopak chladné. Kvůli nerovnoměrnému vytápění dochází k nárůstu spotřeby energií pro vytápění a sníženému teplotnímu komfortu ve vzdálenějších částech soustavy.



Obrázek 11 Nevyvážená (vlevo) a vyvážená (vpravo) otopná soustava
Zdroj: Viessmann

Hydraulické vyvážení spočívá v **nastavení průtoků topné vody** tak, aby každý radiátor či okruh dostával potřebné množství teplonosného média. Hydraulické vyvažování se provádí buď pomocí **ručních vyvažovacích ventilů**, nebo modernějších **automatických regulátorů průtoku**, jež se instalují do stoupaček, větví soustavy nebo přímo do jednotlivých otopných těles. Často se používají také termostatické ventily, které umožňují jemné nastavení maximálního průtoku do každého radiátoru.

Z provozního hlediska představuje hydraulické vyvážení jedno z nejúčinnějších nízkonákladových opatření pro snížení spotřeby tepla v budovách. Ve špatně vyvážených soustavách cirkuluje zbytečně velké množství topné vody, oběhové čerpadlo pracuje s vyššími otáčkami a uživatelé často kompenzují chladné místnosti zvyšováním teploty otopné vody. Tím dochází k přetápění jiných zón a zbytečné ztrátě energie.

Při vyvážení otopné soustavy se teploty ve všech místnostech sjednotí a oběhová čerpadla pracují s nižším výkonem. Typická **úspora tepla dosahuje 5-10 %** a **úspora elektřiny na provoz čerpadel 10-20 %** v závislosti na stavu soustavy a typu regulace. Pro městské budovy s roční spotřebou tepla 35 566 MWh to odpovídá snížení o **1 800 až 3 500 MWh nutných na vytápění ročně**, tedy přibližně **2,5-5 % z celkové spotřeby všech energií**.

Hydraulické vyvážení otopné soustavy se provádí po rekonstrukci topného systému, při výměně čerpadel nebo radiátorů, případně **jednou za 10-15 let**, pokud se výrazně změnilo uspořádání soustavy. Měření a nastavení se provádí pomocí diferenčního tlakoměru nebo ultrazvukového průtokoměru, obvykle v kombinaci s úpravou otáček čerpadel a seřízením termostatických ventilů. Hydraulické vyvážení otopné soustavy se obvykle ekonomicky **vrací v horizontu několika let (zpravidla 3-6)** a díky dlouhé životnosti použitých prvků poskytuje dlouhodobý provozní přínos bez nutnosti dalších zásahů.

Tabulka 19 Klady a zápory hydraulického vyvážení otopné soustavy

Klady a zápory	
+ rovnoměrné vytápění všech místností	– nutnost odborného projektu a nastavení
+ vyšší komfort a stabilní teplota	– investiční náklady na ventily a měření
+ nižší nároky na oběhová čerpadla	– nutné opětovné seřízení při výměně radiátorů
+ ekonomická návratnost v jednotkách let	– cena v závislosti na rozsahu otopné soustavy

Zdroj: vlastní zpracování

Hydraulické vyvážení patří mezi **nejúčinnější a zároveň nejdostupnější technická opatření** v oblasti správy budov. Nevyžaduje rozsáhlé stavební zásahy, přináší okamžité úspory energie a zajišťuje **efektivnější využití stávajících regulačních prvků**. V kontextu městské energetické bilance představuje trvalé snížení potřeby dodávaného tepla, a tím i **zvýšení lokální energetické soběstačnosti**, aniž by bylo nutné rozšiřovat vlastní zdroje výroby.

Kondenzace spalin

Při spalování zemního plynu, kapalných paliv nebo biomasy **vznikají spaliny**, které kromě oxidu uhličitého a dusíku obsahují také **vodní páru**. V tradičních atmosférických kotlích pára uniká komínem a její teplo se nevyužívá. V kondenzačních kotlích se spaliny ochladí pod rosný bod (cca 55 °C), kdy vodní pára zkondenzuje a uvolní **latentní teplo kondenzace**, to se dále využívá pro **ohřev otopné vody**.

Díky využití kondenzačního tepla může kotel dosáhnout účinnosti přes **100 % (vztaženo k výhřevnosti paliva)**. Aby však kondenzační efekt nastal, je nutné, aby teplota vody vracející se z otopné soustavy zpět do kotle byla **dostatečně nízká** (pod 50 °C). Toho se nejlépe dosahuje u systémů s nízkoteplotními topnými křivkami nebo při využití podlahového vytápění.

Možnosti instalace

- **Kondenzační kotel** – technologie kondenzace je pevně zabudována přímo do konstrukce kotle, kde jsou spaliny vedeny přes speciální výměník z odolného materiálu (nerezová ocel, slitiny hliníku). Většina stávajících plynových kotlů v městských objektech je již kondenzačních, proto lze doporučit v pokračování tohoto trendu modernizace a zvyšování účinnosti než zásadní změnu koncepce vytápění.
- **Dodatečná instalace výměníku** – u některých větších průmyslových nebo teplárenských kotlů je možné přidat **kondenzační výměník spalin** na výstup kouřovodu. Ten funguje podobně jako integrovaný systém v kondenzačních kotlích, ale vyžaduje přizpůsobený komín, odvod kondenzátu a vhodné materiály.
- **Atmosférické kotle** – u běžných malých atmosférických kotlů není možné kondenzaci jednoduše dodělat.

Tabulka 20 Klady a zápory kondenzačních kotlů

Klady a zápory	
+ vyšší účinnost než u klasických kotlů	– nutnost odvodu kondenzátu a vyvložkování komína
+ nižší emisní stopa	
+ vhodná kombinace s nízkoteplotními otopnými systémy	– nižší účinnost při vyšších teplotách otopné vody

Zdroj: vlastní zpracování

V ČR i celé EU už atmosférické plynové kotle nesplňují požadavky ekodesignu a od roku 2015 není povoleno atmosférické kotle uvádět na trh ani instalovat. Stávající kotle provozovat lze, ale postupně jsou nahrazovány kondenzačními.

2.8.14 IRC zónová regulace

Instalace **zónové regulace IRC systému** představuje moderní řešení pro správu vytápění ve veřejných budovách, zejména v administrativních a školských objektech. Tento systém umožňuje nezávislé řízení teploty v každé jednotlivé místnosti, která je vybavena teplotním čidlem a regulační hlavicí. Cílem je udržet v každé místnosti **optimální tepelný komfort a zároveň flexibilně reagovat** na aktuální potřeby objektu, což přispívá k efektivnímu využívání energie a zajištění tepelného pohodlí.

Důležitým přínosem tohoto systému je, že umožňuje snížit náklady na vytápění, a to až **o 15 až 20 % v závislosti na typu budovy**. Tento efekt je výsledkem inteligentního řízení teploty, jež se přizpůsobuje aktuálním podmínkám, čímž se zamezí nadměrnému vytápění nevyužívaných prostor. Snížená spotřeba energie vede k menším emisím skleníkových plynů, což lze využít pro výpočty emisní stopy v rámci plnění **ESG požadavků**.

Dalším přínosem zónové regulace je instalace **magnetických kontaktů do oken**, které informují správce budovy o jejich otevření. Tyto kontakty mohou sloužit k zajištění vyšší bezpečnosti budovy, zejména v objektech jako školy, kde mohou přispět k ochraně proti vniknutí nebo jiným bezpečnostním rizikům.

V rámci dobré praxe **realizace projektů** systému byly zaznamenány pozitivní výsledky nejen v oblasti energetické efektivity, ale i v rámci **monitorování spotřeby energie** a plnění legislativních požadavků souvisejících s **energetickou hospodárností veřejných budov**. Realizace zónové regulace tedy nejen zhodnocuje nemovitý majetek, ale také podporuje ekologické a bezpečnostní standardy, jež stále nabývají více na důležitosti.

Srdcem systému je řídicí jednotka, umístěná v rozvaděči, jež zajišťuje komunikaci mezi jednotlivými komponenty. Tento mikroprocesorový systém **shromažďuje data ze senzorů a čidel**, vyhodnocuje je a na jejich základě vydává pokyny akčním členům – například regulačním hlavicím. Součástí rozvaděče jsou potřebné elektrické obvody, PLC jednotky, relé a stykače, které umožňují přesné řízení vytápění, větrání i udržování kvality vnitřního prostředí.

Magnetické detektory otevírání oken **automaticky vypínají vytápění při otevření okna**, čímž zabraňují zbytečným tepelným ztrátám. Zároveň informují správce objektu o aktuálním stavu oken, což lze využít i pro zajištění vyšší bezpečnosti budovy. Bezdrátové detektory mají dlouhou životnost, dosah signálu minimálně 50 metrů a nevyžadují častou údržbu.

Pro vlastní regulaci topných těles se používají termoelektrické hlavice, jež přijímají pokyny z řídicího systému a upravují průtok topného média. Tyto hlavice mohou být napájeny buď kabelově, nebo bezdrátově, přičemž moderní varianty využívají Peltierův článek Díky tomu jsou zcela bezúdržbové a nevyžadují výměnu baterií. Komunikace probíhá prostřednictvím rádiové frekvence 868 MHz, jež je **stabilní, spolehlivá a odolná vůči rušení**.

Dalším prvkem systému jsou termostaty, které měří teplotu a vlhkost v místnostech. Tyto informace se přenášejí do centrálního řídicího systému, jenž na základě nastavených parametrů automaticky upravuje výkon topení. Bezdrátové termostaty mají rovněž vlastní diagnostiku a dlouhou životnost baterií, obvykle až deset let.

V některých případech je vhodné využít zařízení zvané bridge, které umožňuje kombinovat bezdrátové ovládání s kabelovým propojením jednotlivých topných těles. Toto řešení se uplatňuje především v místnostech s více radiátory, kde je potřeba zajistit jejich jednotné řízení bez nutnosti stavebních úprav. Bridge se napájí ze sítě a komunikuje bezdrátově s centrální bránou systému.

Součástí moderních systémů zónové regulace **bývají i čidla kvality vnitřního prostředí**, která měří koncentraci oxidu uhličitého v místnostech. Na základě naměřených hodnot dokáží signalizovat potřebu větrání, a tím přispívají k udržování zdravého a komfortního prostředí. Tato funkce má zvláštní význam ve školských zařízeních, kde stanoveny přísné hygienické požadavky na kvalitu vnitřního prostředí.

Systémy zónové regulace IRC tak představují komplexní řešení, které umožňuje **efektivní řízení tepelného komfortu**, kvality vzduchu a energetické efektivity budov. Díky propojení moderních technologií, bezdrátové komunikace a inteligentního vyhodnocování dat přinášejí výrazné úspory energie, snižují provozní náklady, zvyšují bezpečnost uživatelů a zároveň pomáhají naplňovat legislativní i ekologické požadavky na provoz moderních veřejných objektů.

Ukázky dobré praxe instalace zónové regulace.

- Základní škola Hořovice (více informací zde)
- Administrativní budova Blanická 1008 (více informací zde)
- Střední odborná škola civilního letectví Praha
- Budova MMP Škroupova 5

Tabulka 21 Klady a zápory zónové regulace

Klady a zápory	
+ zhodnocení nemovitého majetku	– vyšší investiční náročnost
+ vyšší bezpečnost pro uživatele budov	– vyšší nároky a odbornost na obsluhu
+ úspora energie na vytápění budovy	
+ snížení emisí skleníkových plynů	– složitější příprava projektu

Zdroj: vlastní zpracování

2.8.15 Síť sdílení tepla mezi budovami

V Plzni již funguje **soustava centrálního zásobování teplem,** který je provozovaný Plzeňskou teplárenskou, a.s. Budování paralelní sítě by bylo **neefektivní a ekonomicky nevýhodné**. Pokud město uvažuje o sdílení tepla mezi svými budovami, musí to být buď v rámci lokálních okruhů, nebo v úzké spolupráci s teplárnou.

Napojení lokálních zdrojů (mikrokogenerace, TČ, solární systémy) do distribuční sítě tepla **není automatické**. Teplárna určuje **technické a provozní podmínky**, protože nese odpovědnost za dispečerské řízení, kvalitu a stabilitu dodávek. Zpětné vtlačování tepla do sítě CZT je možné jen po dohodě a v přesně řízeném režimu.

Sdílení tepla dává smysl v případě:

- **krátké vzdálenosti, areálová řešení** – např. propojení školy, haly a úřadu jedním okruhem,
- **sdílení za výměníkem** – mezi objekty napojenými na stejnou přípojku CZT, po dohodě s teplárnou,
- **budovy s vlastními zdroji tepla** – mikrokogenerace, TČ nebo solární ohřev s akumulací, kde je vysoká samospotřeba a krátkodobé přebytky.

Tabulka 22 Klady a zápory místního sdílení tepla

Klady a zápory	
+ optimalizace a rozvoj lokálních dostupných zdrojů	– vyšší technická, investiční a koordinační náročnost
+ snížení potřeby dodatečné výroby tepla	– nutnost spolupráce s teplárnou
+ nižší ztráty v přenosu díky lokálnímu propojení	– vyšší spotřeba elektrické energie pro provoz oběhových čerpadel
+ vyšší soběstačnost a možnost záložního zdroje	– legislativní omezení a nejednoznačné ekonomické přínosy pro město či teplárnu

Zdroj: vlastní zpracování

2.8.16 Obchodování na denním trhu

Moderní energetický management městských budov nemusí být založen pouze na úsporách, ale také na **aktivním řízení nákupu a spotřeby elektřiny**. Klíčovým předpokladem je **zavedení průběhového měření**, které poskytuje detailní data o zatížení budovy v čase. Tato data umožňují zapojení do denního a vnitrodenního trhu s elektřinou, kde cena elektřiny kolísá podle aktuální nabídky a poptávky. Úspory lze dále znásobit využíváním flexibility spotřeby, tedy **posouváním či omezováním vybraných spotřebičů tak**, aby se jejich provoz přizpůsobil levnější energii nebo přebytkům z vlastní výroby.

Tabulka 23 Klady a zápory obchodování na denním trhu

Klady a zápory	
+ úspora nákladů díky nákupu elektřiny v době nízkých cen	– složitější administrativa
+ příjmy z poskytované flexibility	– vyšší úroveň řízení
+ zvýšení povědomí o energetické náročnosti budovy díky průběhovému měření	– přizpůsobování provozu aktuálním cenám na krátkodobých trzích
	– volatilní a nepredikovatelné ceny na denních trzích

Zdroj: vlastní zpracování

Ukázky dobré praxe pro zvyšování efektivity a soběstačnosti budov tvoří **přílohu č. 5 tohoto dokumentu**.

3. Návrhová část

Cílem návrhové části je prezentovat a vyhodnotit soubor opatření, která povedou ke zvýšení energetické soběstačnosti, efektivity provozu a snížení provozních nákladů městských objektů. Na základě poznatků z analytické části jsou zde rozpracována konkrétní technická a organizační řešení, jejichž realizace přispěje k dlouhodobé stabilitě a udržitelnosti energetického hospodářství města.

Navrhovaná opatření jsou rozdělena do dvou hlavních skupin – **klíčových a podpůrných**. Toto členění umožňuje odlišit **zásadní investiční zásahy, jež mají přímý vliv na energetickou bilanci objektů** od doplňkových technických a provozních úprav, jež podporují efektivní využívání energie a zajišťují optimální fungování celého systému.

3.1 Doporučení pro zvýšení energetické efektivity objektů

Klíčová opatření představují **hlavní investiční zásahy s přímým a měřitelným dopadem na energetickou bilanci** městských budov. Jsou volena podle energetického přínosu, ekonomické návratnosti a technické proveditelnosti v konkrétních objektech. V této části jsou pro vybrané pilotní budovy **zpracovány konkrétní návrhy včetně dimenzování, předpokládaných úspor energie, investičních nákladů, provozních dopadů a doby návratnosti**.

3.1.1 Mikrokogenerační jednotky

Instalace mikrokogeneračních jednotek ve školách

V rámci strategie zvýšení energetické soběstačnosti města Plzně byly identifikovány **tři pilotní základní školy** vhodné pro instalaci kogeneračních jednotek, konkrétně **16. ZŠ Plzeň**, **ZŠ Božkov** a **ZŠ Újezd**. Tyto objekty využívají vlastní plynové kotelny pro vytápění a přípravu teplé vody a vyznačují se stabilní tepelnou potřebou v průběhu topné sezóny, díky čemuž umožňují instalaci mikrokogeneračních zdrojů přímo v místě kotelny.

Cílem navrhovaného řešení není pouze částečně zefektivnit provoz stávajících plynových kotelen, ale **nahradit kotelnu KGJ jako hlavním zdrojem tepla,** a tím zvýšit soběstačnost ve výrobě elektrické energie i tepla. KGJ by pracovala jako **dlouhodobě provozovaný stabilní zdroj**, zatímco plynové kotle by zůstaly pouze **doplňkovými špičkovými a záložními zdroji tepla**. Záměrem je dosažení nejvyššího možného pokrytí spotřeby tepla (přibližně 90 % roční potřeby tepla), čímž by se minimalizovalo využívání samostatných plynových kotlů.

Návrh KGJ

Dimenzování výkonu KGJ vychází primárně z **potřeby pokrytí tepla**, kogenerace je navržena tak, aby dokázala po většinu roku dodávat teplo pro vytápění a ohřev teplé vody a současně vyrábět elektřinu, jež se přednostně spotřebovává v budově školy. Předpokládá se, že přebytečná elektrická energie, která nebude v objektu spotřebována, bude sdílena v rámci energetické komunity do dalších budov v majetku města.

Pro účely výpočtů byla uvažována plynová mikrokogenerace s elektrickou účinností přibližně 30 % a tepelnou účinností přibližně 60 %, tedy s celkovou využitelností energie paliva na úrovni 90 %. Provozní režim jednotek je uvažován jako dlouhodobý s roční dobou chodu přibližně **4 400 hodin**. Tento režim odpovídá provozu jednotky v průběhu topné sezóny a větší části školního roku, zatímco v době extrémních špiček (nejchladnější dny roku, náběh tepelného zdroje po víkendu) zůstává v záloze ponechán stávající plynový kotel.

Velikost jednotlivých KGJ byla stanovena na základě roční spotřeby zemního plynu, a tím odvozené **reálné potřeby tepla v jednotlivých objektech**. Z hodnot ročního odběru plynu byla po zohlednění účinnosti stávajících kotelen (odhad 92 %) **stanovena skutečná dodávka tepla** do systému vytápění a ohřevu teplé vody. Pro návrh výkonu KGJ bylo cíleno na **pokrytí 90 % této roční potřeby tepla**, což odpovídá provozu jednotky v základním zatížení po většinu roku. Na základě takto stanoveného ročního množství tepla byla pomocí předpokládané roční doby provozu určena velikost tepelného výkonu jednotlivých jednotek, ze které byl následně dopočítán i odpovídající elektrický výkon při poměru 2:1 mezi teplem a elektřinou.

Tento postup byl aplikován jednotně na **všechny tři pilotní objekty**. Výsledkem je návrh instalovaných výkonů KGJ, odhad jejich ročního využití, množství elektřiny dostupné nejen pro vlastní potřebu školy, ale i pro sdílení v rámci energetické komunity města Plzně a orientační ekonomické vyhodnocení jejich provozu. Výsledky a vstupní předpoklady jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 24 Instalace mikrokogeneračních jednotek do základních škol

Vstupní předpoklady pro instalaci KGJ			
Cílové pokrytí tepla kogenerací	90 %		
Účinnost výroby tepla	60 %		
Účinnost výroby elektrické energie	30 %		
Poměr tepelného a elektrického výkonu	2:1		
Doba provozu KGJ [h/rok]	4 400		
Celková cena EE [tis. Kč/MWh]	4,5		
Cena EE bez DS poplatků [tis. Kč/MWh]	2,25		
Celková cena ZP [tis. Kč/MWh]	1,7		
Měrné investiční náklady KGJ [tis Kč/kWe]	82		
Technické parametry stávající plynové kotelny	**16. ZŠ**	**ZŠ Božkov**	**ZŠ Újezd**
Spotřeba ZP [MWh/rok]	315	147	115,5
Spotřeba tepla [MWh/rok]	289,8	135,2	106,3
Spotřeba EE [MWh/rok]	34	38	19
Výkon stávající plynové kotelny [kW]	168,2	120	96
Účinnost stávající plynové kotelny	0,92	0,92	0,92
Technické parametry KGJ	**16. ZŠ**	**ZŠ Božkov**	**ZŠ Újezd**
Celkový jmenovitý tepelný výkon [kWt]	59,3	27,7	21,7
Celkový jmenovitý elektrický výkon [kWe]	29,6	13,8	10,9
Teplo vyrobené KGJ [MWh/rok]	260,8	121,7	95,6
Celková EE vyrobená KGJ [MWh/rok]	130,4	60,9	47,8
EE spotřebovaná v objektu [MWh/rok]	30,6	34,2	17,1
EE sdílená v rámci EK [MWh/rok]	99,8	26,7	30,7
Spotřeba ZP [MWh/rok]	434,7	202,9	159,4
Navýšení spotřeby ZP [MWh/rok]	119,7	55,9	43,9
Ekonomické parametry KGJ	**16. ZŠ**	**ZŠ Božkov**	**ZŠ Újezd**
Investiční náklady KGJ [tis. Kč]	2 430	1 134	891
Dodatečné náklady na ZP [tis. Kč/rok]	203	95	75
Finanční úspora za vlastní spotřebu EE [tis. Kč/rok]	137,7	153,9	76,95
Finanční úspora při sdílení EE [tis. Kč/rok]	225	60	69
Celková roční úspora [tis. Kč/rok]	159	119	71

Zdroj: vlastní zpracování

Další potenciálně vhodné objekty pro instalaci mikroKGJ dle kategorií je součástí přílohy č. 3 tohoto dokumentu.

Výsledky návrhu

Výsledkem návrhu jsou jednotky o tepelném výkonu přibližně **22 až 59 kWt** a elektrickém výkonu **11 až 30 kWe** dle velikosti objektu. Tyto výkony zajišťují pokrytí přibližně 90 % ročního tepla potřebného pro provoz školy, přičemž vzniklá elektrická energie je zčásti využita přímo v objektu a **přebytky jsou sdíleny** v rámci městské energetické komunity. Takto dimenzovaný systém zaručuje stabilní a hospodárný provoz KGJ, maximální využití vyrobeného tepla a minimalizaci ztrát v době sníženého odběru.

Kombinovaná výroba tepla a elektřiny vede ke zvýšení celkové účinnosti využití paliva na úroveň přibližně 90 %, a to i přes skutečnost, že **spotřeba zemního plynu v jednotlivých objektech mírně narůstá oproti současnému stavu.** Tento nárůst je kompenzován odpovídajícím **snížením potřeby nakupované elektrické energie z distribuční sítě**, neboť významná část spotřeby elektřiny je kryta z vlastní výroby KGJ. Současně vzniká **možnost sdílení přebytků elektřiny v rámci městské energetické komunity**, čímž se dále zvyšuje využití vyrobené energie a snižuje závislost města na externích dodavatelích.

Z ekonomického hlediska se návratnost investice pohybuje mezi **10 a 15 lety v závislosti na velikosti objektu a charakteru spotřeby**. Nejlepších výsledků dosahuje projekt v ZŠ Božkov, kde je návratnost odhadována přibližně na 9,5 roku díky **vyššímu využití vyrobené elektřiny pro vlastní spotřebu**. Také u ostatních škol je investice považována za dlouhodobě efektivní, a to s ohledem na životnost technologie 15-20 let a možnost zapojení do dotačních programů podporujících kombinovanou výrobu energie. KGJ zároveň představuje **stabilní a predikovatelný energetický zdroj**, který na rozdíl od FVE zajišťuje spolehlivý výkon nezávisle na počasí.

Doporučení k realizaci

Na základě výsledků hodnocení lze doporučit zahájit **přípravu pilotního projektu v objektu ZŠ Božkov**, který vykazuje nejlepší poměr mezi velikostí spotřeby, investičními náklady a provozními přínosy. Součástí další fáze by mělo být **zpracování detailní studie proveditelnosti,** jež bude mít za následek zpřesnění reálného odběrového diagramu tepla a elektřiny, návrh optimálního výkonu jednotky pro zajištění **maximálního využití vyrobeného tepla**.

Z dlouhodobého hlediska se doporučuje **rozšířit koncept instalace KGJ do dalších městských objektů**, které mají vlastní plynovou kotelnu a celoroční tepelnou potřebu (např. sportovní areály, bazény či domovy pro seniory). Zároveň je doporučeno **rozvíjet systém městské energetické komunity** umožňující sdílení přebytků elektřiny mezi jednotlivými zdroji a odběrnými místy. Tímto směrem může město Plzeň postupně vybudovat decentralizovanou síť stabilních zdrojů, které doplní výrobu z FVE, posílí energetickou soběstačnost města a zvýší jeho odolnost vůči výkyvům na trhu s energiemi.

3.1.2 Instalace VZT s rekuperací na budovu 11. ZŠ

Budova 11. základní školy v Plzni je již zateplená, a proto zde převažují **tepelné ztráty způsobené větráním**. Pro výpočet byla uvažována kapacita **660 žáků a** hygienický požadavek **20 m³/h čerstvého vzduchu na žáka**, což odpovídá celkovému průtoku **13 200 m³/h**.

Při vnitřní teplotě 20 °C, průměrné venkovní teplotě v otopném období 3,3 °C a délce provozu 1 500 hodin ročně vychází potřeba tepla na ohřev větracího vzduchu bez zpětného získávání tepla **přibližně 112 MWh/rok**. Bližší informace jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 25 VZT s rekuperací na budově ZŠ

Vstupní předpoklady pro instalaci VZT s rekuperací	
Spotřeba tepla na vytápění [MWh/rok]	233
Spotřeba EE [MWh/rok]	53
Kapacita žáků [osoby]	660
Koeficient obsazenosti [-]	0,75
Technické parametry	
Hygienický požadavek větrání na žáka [m³/h]	20
Minimální vnitřní teplota učeben [° C]	20
Vnější výpočtová teplota [° C]	3,3
Relativní doba provozu VZT [h/rok]	1 500
Příkon VZT [kW]	6
Roční potřeba tepla na větrání [MWh]	84
Budova s rekuperací	
Celkový přívod čerstvého vzduchu [m³/h]	9 900
Účinnost VZT s rekuperací	0,8
Roční potřeba tepla na větrání [MWh]	17
Roční úspora tepla na větrání [MWh]	67
Navýšení spotřeby elektrické energie [MWh]	9
Ekonomické parametry	
Cena EE [tis. Kč/MWh]	4,5
Cena tepla [tis. Kč/MWh]	3
Investiční náklady na rekuperaci [tis. Kč/žáka]	9,8
Celková roční úspora [tis. Kč/rok]	163,5
Investiční náklady [tis. Kč]	6 468

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky návrhu

Instalací systému nuceného větrání s rekuperací o účinnosti 80 % se spotřeba tepla na větrání sníží z původních 112 MWh na 22 MWh, což představuje úsporu přibližně **90 MWh tepla ročně**. Provoz decentrálních větracích jednotek s celkovým příkonem 6 kW zvýší spotřebu elektřiny o **9 MWh/rok**.

Instalace VZT s rekuperací tak přináší **výraznou energetickou úsporu při zanedbatelném nárůstu spotřeby elektřiny** a zároveň zlepšuje kvalitu vnitřního prostředí učeben. Jedná se o energetické opatření s vysokou investiční náročností, prostá doba návratnosti se pohybuje na úrovni desítek let. Následným krokem by měla být studie proveditelnosti spolu s podrobným návrhem vzduchotechnického systému a posouzení napojení na stávající otopnou soustavu školy. Doporučení energetického auditu

Energetický audit města Plzně identifikoval **instalaci vzduchotechnických jednotek se systémem ZZT** jako jedno z klíčových opatření, které výrazně přispívá ke snížení spotřeby energie na vytápění a současně ke **zlepšení kvality vnitřního prostředí budov**. Navržené systémy s účinností rekuperace 70-90 % jsou **řízeny na základě koncentrace CO_2** pro udržení kvality vzduchu pod 1 500 ppm. Opatření je určeno pro různé typy objektů, zejména **školy a vzdělávací zařízení**, kde je tento systém dle legislativních požadavků povinný při zlepšení tepelně-technických parametrů obálky budovy.

Projekt počítá s instalací centrálních i decentrálních jednotek v závislosti na charakteru budovy a provozu. Při **investičních nákladech 151,6 mil. Kč** přinese opatření **úsporu přibližně 6 100 MWh energie ročně**, což odpovídá snížení nákladů o **5,5 mil. Kč ročně** a významnému poklesu emisí CO_2. Realizace představuje dlouhodobě efektivní krok ke zvýšení energetické soběstačnosti a komfortu městských objektů.

3.1.3 Modelový příklad využití odpadního tepla ze serverovny

V následující tabulce je uveden **ukázkový výpočet přibližné úspory tepelné energie**, který demonstruje potenciál **využití odpadního tepla ze serverovny pro pokrytí tepla na vytápění**. Jako modelový objekt byla zvolena budova SITmp Dominikánská 4, jež odebírá teplo z centrálního zásobování teplem. Cílem výpočtu je orientačně posoudit, jaký přínos by mohlo mít využití tepla vznikajícího při provozu serverové techniky pro vytápění objektu.

Tabulka 26 Ukázka úspory tepla při využití serverovny na budově SITmp Dominikánská

Základní informace	
Roční spotřeba tepla na vytápění	51 MWh
Roční spotřeba EE	352 MWh
Celkový tepelný výkon	40 kW
Doba provozu	8 760 hodin/rok
Vzduchové chlazení s TČ	
Zachytitelný podíl tepla	60 %
COP tepelného čerpadla	2,2
Dostupné nízkopotenciální teplo	210 MWh
Užitečné teplo	385 MWh
Spotřeba EE TČ	175 MWh
Teplovodní chlazení	
Zachytitelný podíl tepla	80 %
Užitečné teplo	280 MWh
Spotřeba elektrické energie oběhových čerpadel	4 MWh

Zdroj: vlastní zpracování

Budova SITmP Dominikánská odebírá z centrálního zásobování teplem **přibližně 51 MWh ročně** na vytápění budovy a roční spotřeba elektrické energie budovy **činí 352 MWh**. Pokud by se odpadní teplo ze serverovny vůbec nevyužívalo, potřeba tepla na vytápění by byla i nadále kryta dodávkou z CZT a budova by zůstala plně závislá na externím zdroji tepla, bez jakéhokoli posunu směrem k vlastnímu využití odpadního tepla.

Uvažované možnosti chlazení serverovny

První uvažovanou možností je varianta se **vzduchovým chlazením serverovny**. V tomto případě se teplo odvádí do vzduchu, ze kterého jej lze pomocí výměníků částečně zachytit. Zachytí se přibližně 60 % celkového tepla, ovšem má pouze nízkou teplotní hladinu (kolem 30-35 °C), není přímo využitelné pro ohřev vody nebo vytápění. Proto je nutné jej **převést na vyšší teplotu prostřednictvím tepelného čerpadla**. Tepelné čerpadlo přidáním elektrické energie zvýší teplotu na potřebných 55-60 °C. Díky tomu lze pokrýt spotřebu tepla na vytápění, čímž se podíl CZT na zásobování budovy výrazně sníží.

Druhou uvažovanou možností je varianta s **teplovodním chlazením**, kdy servery místo vzduchu ochlazuje vodní okruh. Voda se ohřívá přímo při průchodu serverovou technologií a dosahuje teploty okolo 60–65 °C. Tato teplota je již **dostatečná pro přímé využití v otopné soustavě**, z toho důvodu není potřeba tepelné čerpadlo. Technologie tak tvoří zejména oběhová čerpadla a výměník, který odvádí teplo do stávající soustavy.

Výsledky modelového příkladu

Obě varianty přinášejí výrazné **snížení potřeby dodávek tepla z CZT**, jelikož výkon serverovny je dostatečný k pokrytí celé roční potřeby tepla pro vytápění objektu. Varianta se vzduchovým chlazením a tepelným čerpadlem umožňuje **vyšší míru využití odpadního tepla**, avšak za cenu složitější technologie, vyšších investičních nákladů a **zvýšené spotřeby elektřiny**.

Naproti tomu teplovodní varianta dokáže dodat teplo přímo bez nutnosti tepelného čerpadla, což znamená **levnější provoz s minimálními dodatečnými náklady**. Tato varianta je však technologicky náročnější, neboť vyžaduje **speciální vodní chladicí okruhy** a pečlivé technické řešení. Vzhledem k tomu, že dostupný výkon serverovny převyšuje tepelnou potřebu objektu, bude nutné přebytečné teplo odvádět jiným způsobem nebo hledat jeho další využití v okolí.

Výběr vhodného přístupu proto závisí nejen na možnostech napojení do budovy, ale i na technických podmínkách a úrovni vybavení samotné serverovny. Jinou vhodnou lokalitou k realizaci využití odpadního tepla by mohla být serverovna s tepelným výkonem 26 kW na adrese Sokolovská 54.

3.1.4 Využití tepelných čerpadel

Pro návrh instalace tepelných čerpadel byly vybrány tři budovy, **ZŠ Tyršova**, **16. ZŠ Radčice** a administrativní objekt v ulici **Divadelní 3**. Výpočet byl proveden na základě reálné roční spotřeby zemního plynu a elektrické energie, přičemž byla uvažována účinnost stávajících plynových kotelen na úrovni 92 %. Z těchto údajů byla odvozena skutečná potřeba tepla pro vytápění a přípravu teplé vody.

Bylo uvažováno, že nově instalované **TČ pokryje přibližně 80 % roční potřeby tepla**, zatímco zbylých 20 % zůstane zajištěno plynovým kotlem jako špičkovým a záložním zdrojem. Pro školy byla uvažována roční doba provozu 4 400 hodin a pro administrativní objekt 6 000 hodin. Byly zpracovány dvě varianty, TČ **vzduch-voda** (SCOP = 3,0) a TČ **země-voda** (SCOP = 4,0).

Tabulka 27 Nahrazení plynových kotelen TČ

Vstupní předpoklady pro instalaci TČ			
Cílové pokrytí tepla TČ	80 %		
Celková cena elektrické energie [tis. Kč/MWh]	4,5		
Cena zemního plynu [tis. Kč/MWh]	1,7		
SCOP vzduch-voda	3		
SCOP země-voda	4		
Investiční náklady vzduch-voda [tis. Kč/kW]	30		
Investiční náklady země-voda [tis. Kč/kW]	50		
Technické parametry stávající plynové kotelny	**Tyršova ZŠ Černice**	**16. ZŠ Radčice**	**Divadelní 3**
Účinnost stávající plynové kotelny	0,92	0,92	0,92
Spotřeba zemního plynu [MWh/rok]	188,1	78,8	90,3
Spotřeba tepla [MWh/rok]	173,1	72,5	83,0
Spotřeba elektrické energie [MWh/rok]	42	20,9	10
Technické parametry TČ	**Tyršova ZŠ Černice**	**16. ZŠ Radčice**	**Divadelní 3**
Teplo dodané TČ [MWh/rok]	138,5	58,0	66,4
Teplo dodáno plynovými kotli [MWh/rok]	34,6	14,5	16,6
Doba provozu TČ [h/rok]	4 400	4 400	6 000
Potřebný výkon TČ [kW]	31,5	13,2	11,1
Celková spotřeba ZP po realizaci [MWh]	37,6	15,8	18,1
Roční úspora ZP [MWh]	151	63	72
Ekonomicko-technické parametry TČ vzduch-voda	**Tyršova ZŠ Černice**	**16. ZŠ Radčice**	**Divadelní 3**
Spotřeba EE TČ [MWh]	46,2	19,3	22,1
Celková spotřeba EE [MWh]	88,2	40,2	32,1
Celkové náklady na instalaci TČ [tis. Kč]	944	395	332
Roční úspora nákladů [tis. Kč]	48	20	23
Prostá doba návratnosti [let]	20	20	14
Ekonomicko-technické parametry TČ země-voda	**Tyršova ZŠ Černice**	**16. ZŠ Radčice**	**Divadelní 3**
Spotřeba EE TČ [MWh]	34,6	14,5	16,6
Celková spotřeba EE [MWh]	76,6	35,4	26,6
Celkové náklady na instalaci TČ [tis. Kč]	1 574	659	554
Roční úspora nákladů [tis. Kč]	100	42	48

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky výpočtu ukazují, že instalací tepelných čerpadel lze pokrýt většinu tepelné potřeby objektů při výrazném snížení spotřeby zemního plynu. Roční spotřeba plynu klesne **přibližně na pětinu původní hodnoty**, zatímco spotřeba elektrické energie budovy se zvýší v rozmezí **15-45 MWh/rok podle velikosti objektu**. Potřebné tepelné výkony navrhovaných čerpadel se **pohybují v rozmezí 11-32 kW,** což odpovídá velikosti budov a jejich provozu.

Varianta TČ země-voda dosahuje díky vyššímu sezónnímu topnému faktoru lepší provozní účinnosti, a tím i nižších ročních nákladů na teplo. Návratnost investice se pohybuje v **rozmezí 12-16 let**, přičemž ekonomicky výhodněji vychází varianta TČ země-voda. Cena tepelného čerpadla země-voda se odvíjí mimo jiné i od náročnosti a hloubky vrtů, které mohou mít zásadní vliv na celkovou cenu realizace.

Analýza ukazuje, že tepelná čerpadla jsou technicky využitelná u všech tří hodnocených objektů, ale jejich vhodnost se výrazně liší. Nejvýhodnějším kandidátem pro první realizaci je administrativní objekt Divadelní 3, kde díky celoročnímu provozu a menšímu potřebnému výkonu vychází nejnižší doba návratnosti.

Při výběru objektů je nutné zohlednit teplotní spád soustavy, reálnou dobu provozu, dostupnost prostoru pro technologii a možnost kombinace s FVE. Nejefektivnějším postupem je zahájit instalaci pilotního projektu v objektu Divadelní 3, vyhodnotit provozní výsledky a následně rozšiřovat TČ do dalších vhodných administrativních a školských objektů s vlastní kotelnou. Instalací tepelných čerpadel dojde ke **změně v energetické bilanci města**. Sníží se závislost na zemním plynu, ale na druhou stranu vzroste spotřeba elektrické energie. Tu lze pokrývat z městských OZE, zejména ze stávajících FVE.

Do budoucna lze očekávat, že role tepelných čerpadel bude v městské infrastruktuře dále růst, zejména v souvislosti s rozvojem nízkoteplotních sítí a integrací OZE. Vhodným směrem rozvoje je **kombinace tepelných čerpadel s fotovoltaickými systémy a s akumulací tepla**, která umožní ještě efektivnější využití vyrobené elektřiny v místě spotřeby. Při vhodném řízení a využití dat z energetického managementu města může být dosaženo nejen významné **dekarbonizace městských budov**, ale i vysoké **energetické soběstačnosti** s minimální závislostí na dodávkách zemního plynu.

Analýza pokrytí celkové spotřeby tepla využitím TČ

Pro pokrytí veškeré spotřeby tepla města ve výši přibližně **42 900 MWh** ročně by bylo nutné instalovat TČ o výkonu **5,5-8,5 MWt** v závislosti na předpokládané roční době provozu. Instalovaný výkon udává, jak velký okamžitý tepelný výkon je zařízení schopno dodat do soustavy.

Pro jednotlivé varianty TČ platí **odlišné sezónní topné faktory** (SCOP), jež vyjadřují, kolik jednotek tepla zařízení dodá z jedné jednotky elektrické energie. Rozdílné hodnoty SCOP jsou uvedeny v tabulce níže. Na jejich výši je přímo závislá vlastní spotřeba elektřiny tepelných čerpadel, která se při plném pokrytí spotřeby tepla pohybuje v rozmezí **10,7-14,3GWh ročně**.

Při uvažovaném pokrytí značné části spotřeby tepla pomocí tepelných čerpadel bude nezbytné zohlednit **navýšení instalovaného výkonu vlastních energetických zdrojů** (FVE, KGJ, BPS), aby bylo možné vyrovnat zvýšenou spotřebu elektřiny. Je nutné zdůraznit, že se jedná o informativní výpočet, v němž je uvažována celková potřeba tepla pro vytápění i přípravu teplé vody dohromady, a to v rámci celého městského hospodářství.

Tabulka 28 Instalovaný výkon a porovnání jednotlivých technologií

Základní provozní informace TČ				
Roční provoz TČ (h/rok)	5 000	6 000	7 000	8 000
Instalovaný výkon TČ (MWt)	8,58	7,15	6,13	5,36
Porovnání technologií	**přibližný SCOP faktor**		**spotřeba elektrické energie [MWh]**	
TČ země-voda	4		10 725	
TČ vzduch-voda	3		14 299	

Zdroj: vlastní zpracování

Další potenciálně vhodné objekty pro instalaci tepelných čerpadel dle kategorií je součástí přílohy č. 3 tohoto dokumentu.

3.1.5 Realizace bioplynové stanice

Město Plzeň disponuje **značným potenciálem** pro energetické **využití místně vzniklého bioodpadu**. V rámci analýzy potenciálu bylo nejprve uvažováno využití pouze gastroodpadu ze školních jídelen, jež spadají přímo do správy města. Právě gastroodpad je považován za energeticky velmi bohatý zdroj, jehož zpracování na bioplyn podporuje principy cirkulární ekonomiky. Bohužel potenciál pouze tohoto zdroje odpadu by představoval výrobu energie **na úrovni přibližně 50 MWh**, což s ohledem na složitost realizace a výši investice není z pohledu navyšování soběstačnosti zajímavé.

V souvislosti s výše uvedeným byl pro další analýzu potenciálu realizace bioplynové stanice mezi klíčové zdroje zařazen odpad z údržby městské veřejné zeleně a bioodpad ze ZOO, což by bylo nutné konzultovat s příslušnými organizacemi individuálně a projednat případné požadavky spolupráce. Tento postup by vyžadoval jednání také se společností Čistá Plzeň s.r.o., jež v současnosti zajišťuje veškeré služby v oblasti odpadového hospodářství.

Na základě dostupných dat, informací poskytnutých zástupci města a odhadů z odborné literatury bylo kvantifikováno orientační roční množství bioodpadu, ke kterému má město přímý přístup. **Celkové roční disponibilní množství pro produkci bioplynu** bylo odhadnuto následovně:

- Gastroodpad: 145 tun.
- Městská zeleň (tráva, listí, větve): 4 302 tun.
- Bioodpad ze ZOO: 2 400 tun.

Na základě těchto odhadů a průměrné výtěžnosti bioplynu z jednotlivých materiálů byl stanoven **celkový roční potenciál produkce bioplynu** na **přibližně 667 tisíc m^3**. Dílčí zdroje se pak na celkové produkci bioplynu bez uvažování zvyšování výtěžnosti při kofermentaci podílí následovně: 4 % gastroodpad, 74 % městská zeleň a 24 % bioodpad ze zoologické zahrady.

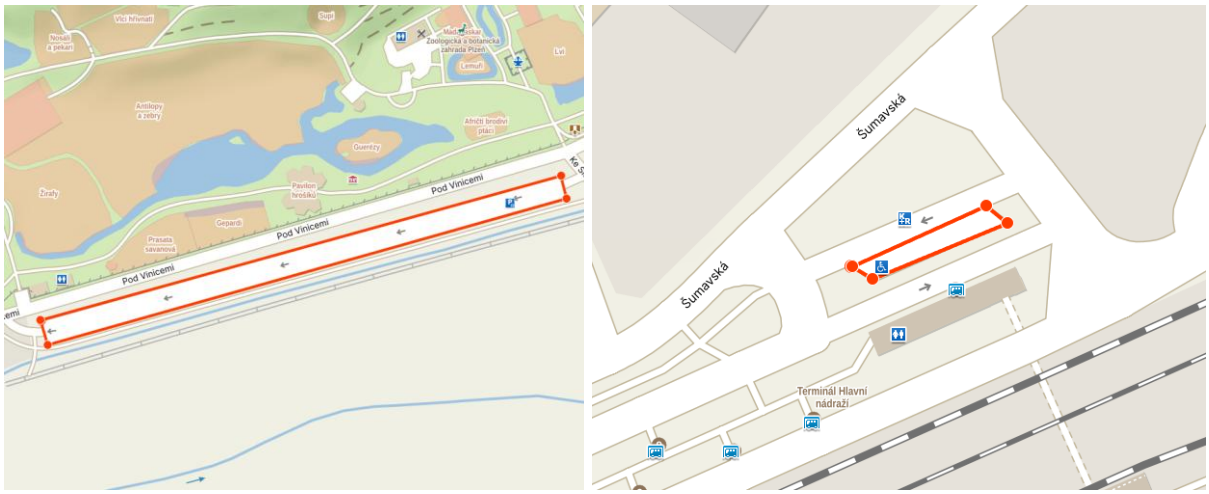
Při uvažované výhřevnosti bioplynu **18,82 MJ/m^3** a jeho využití v kogenerační jednotce byl následně odhadnut **roční energetický potenciál**. Při účinnosti výroby tepla 60 % to představuje **2 094 MWh tepelné energie** a při účinnosti výroby elektřiny 30 % **1 047 MWh elektrické energie**.

Využití tohoto množství energie z místních odpadních bioproduktů by **významně přispělo k udržitelnosti města**. Tento přístup podporuje decentralizaci energetiky, využití OZE a aplikaci principů cirkulární ekonomiky prostřednictvím lokálního zpracování odpadů.

Ekonomická rentabilita případné městské bioplynové stanice je však závislá na výši investičních nákladů a na zajištění stabilních dodávek bioodpadu. V budoucnu by mohlo dojít k navýšení dostupné suroviny, a to zejména díky edukaci obyvatel a důrazu na důslednější třídění bioodpadu z běžného komunálního odpadu. Předpokládané investiční náklady na vybudování bioplynové stanice se **pohybují na úrovni 100 mil. Kč**.

3.1.6 Návrh pilotní instalace fotovoltaických přístřešků nad parkovacími plochami

Pro pilotní realizaci **fotovoltaických přístřešků nad parkovacími plochami (carportů)** byly vybrány dvě vhodné lokality, jedná se o parkoviště pro osobní automobily v blízkosti autobusového terminálu a parkoviště č. 2 v blízkosti městské ZOO. Tyto lokality byly zvoleny s ohledem na svou dopravní vytíženost, dostupnou plochu a vhodnou orientaci vůči slunečnímu záření. V případě **autobusového terminálu** je návrh carportu omezen pouze na část určenou pro osobní vozidla. Pro krytí stání autobusů by bylo nutné navrhnout **speciální, podstatně robustnější konstrukci**, která není v současnosti běžně dostupná ani technicky standardizovaná, a proto nebyla do tohoto návrhu zahrnuta.



Obrázek 12 Umístění carportů ZOO (vlevo) a autobusové nádraží (vpravo)
Zdroj: vlastní zpracování pomocí mapy.cz

Základní technické parametry, počet instalovaných panelů a předpokládané investiční náklady pro obě lokality jsou uvedeny v následující tabulce. Tyto údaje slouží jako podklad pro posouzení ekonomické a energetické efektivity projektu.

Tabulka 29 Parametry instalací solárních přístřešků

Carport		
Cena nosné konstrukce [tis. Kč/carport]	170	
Instalovaný výkon [kWp/carport]	8	
Zastavěná plocha [m²]	35	
Umístění	**ZOO P2**	**Autobusový terminál**
Maximální využitelná plocha [m²]	2 800	130
Počet carportů [ks]	80	3
Instalovaný výkon [kWp]	640	24
Cena technologie [tis. Kč/ kWp]	25	35
Vyrobená elektrická energie [MWh]	608	23
Celková investice [tis. Kč]	29 600	1 350

Zdroj: vlastní zpracování

Výsledky návrhu ukazují, že vybrané lokality mají dobrý potenciál pro instalaci solárních přístřešků. Na parkovišti ZOO P2 lze umístit až **80 carportů** s celkovým výkonem **640 kWp** a očekávanou roční výrobou přibližně **608 MWh elektrické energie**. Celková investice se odhaduje na **30 mil. Kč**. Na menším parkovišti u autobusového terminálu je navržena instalace **3 carportů** o výkonu **24 kWp** s výrobou kolem **23 MWh ročně** a investičními náklady **1,3 mil. Kč**.

Obě lokality potvrzují vhodnost konceptu carportů jako doplňkového řešení pro výrobu elektřiny z OZE v městském prostředí. Instalace přinese nejen energetický přínos, ale také zlepší komfort parkování, umožní integraci nabíjecích stanic pro elektromobily a přispěje k naplňování cílů města v oblasti udržitelné energetiky.

3.1.7 Analýza přínosů akumulace energie v kombinaci s FVE

Objekt s roční výrobou **100 MWh z FVE** dokáže s využitím baterie o kapacitě **200 kWh** uchovat **až třetinu vyrobené energie**, která by jinak odtekla do distribuční sítě. Díky akumulátoru se snižuje odběr elektřiny ze sítě a provozní náklady mohou klesnout o 90-130 tisíc Kč ročně v závislosti na úspoře a ceně elektrické energie. Systém pracuje s účinností 90-95 % a životnost lithiových baterií dosahuje 10-15 let.

Tabulka 30 Praktický příklad

Příklad objektu s instalovanou FVE o výkonu 100 kWp a akumulátorem o kapacitě 200 kWh.	
Ukazatel	**Hodnota**
Průměrná roční výroba FVE	100 MWh
Uložení vyrobené elektrické energie	až 25-35 % výroby
Zvýšení vlastní spotřeby	z 40 % na cca 70 %
Roční úspora z nákupu elektřiny	15-20 MWh (cca 90-130 tis. Kč)
Orientační investice (baterie + řízení)	2-3 mil. Kč
Účinnost nabíjení/vybíjení	90-95 %
Životnost baterie	10-15 let (3 000-6 000 cyklů)
Předpokládaná návratnost	8-12 let

Zdroj: vlastní zpracování

Návratnost samotné investice do baterie by při současných cenách elektřiny **přesahovala 20 let**, avšak při kombinaci přímých úspor, snížení špičkového odběru a zejména při využití dotační podpory se doba návratnosti může zkrátit na 8-12 let. Baterie tak nejen zvyšuje ekonomickou efektivitu provozu, ale zároveň zajišťuje záložní napájení při výpadku sítě a **posiluje energetickou soběstačnost** i provozní bezpečnost budovy.

3.1.8 Využití fototermických kolektorů a stratifikačních zásobníků v praxi

Pro vyhodnocení potenciálu solárního ohřevu teplé vody byly posouzeno pět objektů s významnou spotřebou tepla na přípravu teplé vody, jedná se o základní školy s bazénem, základní školu se sportovní halou, samotnou základní školu a zařízení sociálních služeb Čtyřlístek.

Z provedeného výpočtu vyplývá, že u všech hodnocených objektů lze instalací fototermických kolektorů výrazně snížit spotřebu tepla z CZT na přípravu teplé vody. Míra využitelnosti solárního tepla se liší podle **provozního charakteru jednotlivých budov a jejich denního či sezónního režimu**. Nejlépe vycházejí objekty s trvalým nebo dlouhodobým odběrem teplé vody, zatímco školské budovy jsou limitovány víkendovými odstávkami a letními prázdninami. Tepelný zisk kolektorů byl uvažován **0,55 MWh/m²·rok**, přičemž využitelné teplo závisí na velikosti plochy střechy a spotřebě tepla na přípravu teplé vody.

U škol s bazénem (1. ZŠ a 33. ZŠ) dosahuje využitelnost solárního systému s klasickou akumulační nádrží přibližně 75 %, což odpovídá roční soběstačnosti v ohřevu TV kolem 70-75 %. Díky pravidelnému odběru tepla po většinu roku se tyto objekty řadí mezi **nejvhodnější pro využití solární energie**. Při použití stratifikovaného zásobníku se efektivita dále zvyšuje, soběstačnost může dosáhnout až 90 %, jelikož dochází k **lepšímu využívání solárního tepla i při nižší intenzitě slunečního záření**. Naopak u škol bez bazénu (31. ZŠ a Bolevecká ZŠ) je využitelnost nižší, pohybuje se kolem 60 % při klasické akumulaci a 80 % se stratifikací. Hlavním důvodem je omezený provoz během víkendů a prázdnin, kdy kolektory vyrábějí teplo, ale není dostatečný odběr.

Domov se zvláštním režimem Čtyřlístek vykazuje **stabilní celoroční spotřebu teplé vody**, což zajišťuje vysokou využitelnost tepla z termických kolektorů i při použití standardní akumulační nádrže. Tento objekt dosahuje nejvyšší absolutní úspory energie ze všech posuzovaných budov. Avšak má **nejdelší dobu návratnosti**, jelikož cena nakupovaného tepla je přibližně poloviční oproti ostatním porovnávaným objektům, což snižuje finanční efekt úspor dosažených produkcí tepla ze solárních kolektorů.

Do budoucna lze očekávat, že využití fototermických systémů se stane součástí budov pro přiblížení se k soběstačnosti městských objektů. Pro školy je vhodné volit **menší kolektorová pole a větší akumulační objemy**, případně uvažovat o sdílení přebytků tepla mezi více objekty. U sociálních zařízení, kde je odběr tepla stabilní, se naopak doporučuje **maximální využití dostupných střech a optimalizace zásobníků na teplou vodu**.

Tabulka 31 Využití termických kolektorů

Zisk tepla kolektorů					
Tepelný zisk kolektoru [MWh/m²·rok]	0,55				
Investiční náklady [tis. Kč/kW]	36,6				
Technické parametry	**1. ZŠ + BAZÉN**	**31. ZŠ + HALA**	**33. ZŠ + BAZÉN**	**Bolevecká ZŠ**	**DZR Čtyřlístek**
Spotřeba CZT do TV [MWh/rok]	188	140	111	151	358
Cena CZT do TV [tis. Kč/MWh]	2,8	2,9	2,8	3,2	1,5
Maximální využitelná plocha střechy [m²]	2 000	975	800	2 385	586
Instalovaný výkon [kW]	158	118	94	128	271
Odběr s klasickou akumulační nádrží					
Využitelnost solárního tepla v objektu	0,75	0,60	0,75	0,60	0,75
Spotřeba CZT na TV po realizaci [MWh]	47	56	28	61	90
Celková investice [tis. Kč/rok]	5 793	4 319	3 434	4 669	9 934
Finanční úspora [tis. Kč/rok]	395	244	234	291	403
Odběr se stratifikovaným zásobníkem					
Využitelnost solárního tepla v objektu	0,90	0,80	0,90	0,80	0,90
Spotřeba CZT na TV po realizaci [MWh]	19	28	11	30	36
Celková investice [tis. Kč/rok]	7 242	5 399	4 293	5 837	12 417
Finanční úspora [tis. Kč/rok]	474	325	281	388	483

Zdroj: vlastní zpracování

Energetický audit města Plzně doporučuje **instalaci solárních termických kolektorů** jako efektivní způsob na **snížení spotřeby energie na ohřev teplé vody** a současně zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie. Předpokládá se instalace kolektorů spolu s novými zásobníky na teplou vodu, přičemž systém má pokrýt zhruba 50 % roční potřeby energie pro ohřev vody. Při **investičních nákladech 31,4 mil. Kč** lze očekávat **úsporu přibližně 895 MWh energie ročně**, což odpovídá snížení provozních nákladů o zhruba **1,07 mil. Kč ročně**.

3.2 Podpůrné aktivity pro zvýšení energetické soběstačnosti města

Podpůrné aktivity zahrnují především **pokročilé řízení systémů vytápění** popsané v analytické části, které vede k výraznému zvýšení účinnosti provozu bez nutnosti rozsáhlých investic. Dále sem patří **možnost sdílení tepla a elektřiny v rámci městských areálů**, jež podporuje lokální využití vyrobené energie. Na tyto návrhy navazují tradiční opatření doporučená v energetickém auditu. Jedná se například o zateplení obvodových konstrukcí a stropů, výměnu otvorových výplní či modernizaci osvětlení. Tento soubor opatření doplňuje klíčové projekty a společně vytváří základní rámec pro **dlouhodobé zvyšování energetické efektivity a soběstačnosti města.**

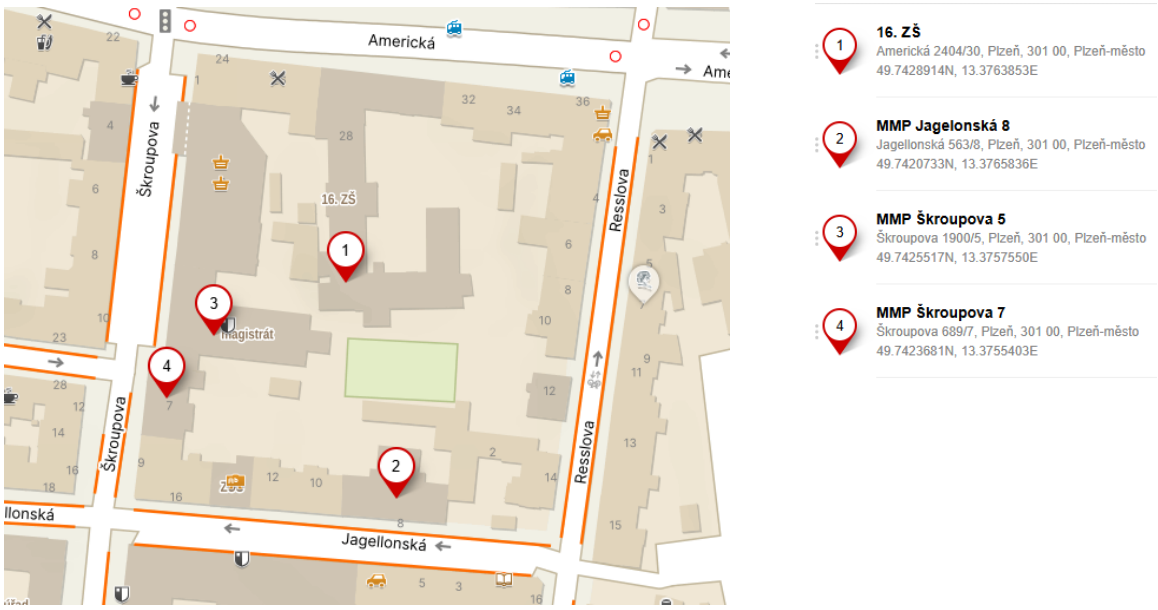
3.2.1 Sdílení energií mezi ZŠ a budovami MMP

Uvažovat o **lokálním sdílení tepla mezi budovami** lze v bloku budov, kde se v úzké blízkosti nachází budova 16. ZŠ a tři budovy MMP (OVS MMP Jagellonská 8 a OVS MMP Škroupova 5 a 7). V současnosti jsou budovy MMP napojeny na CZT a budova školy má vlastní plynovou kotelnu. V systému CZT není možné teplo z jednoho objektu jednoduše přepouštět do druhého, protože soustava je dispečersky řízená a vyžaduje jednotné parametry. Jakékoliv zpětné vtlačování tepla do CZT by proto muselo být technicky i smluvně dohodnuto s teplárnou.

V rámci předchozích opatření byla navržena **instalace KGJ v budově 16. Základní školy.** KGJ vyrábí současně **elektřinu a teplo**, přičemž vyrobená elektřina může být sdílena s okolními objekty prostřednictvím energetické komunity nebo pro **vyšší finanční úspory lze v tomto případě sdílet energii kabelovým vedením**. Škola by mohla částečně zásobovat administrativní budovy města v Jagellonské a Škroupově ulici a zlepšit jejich elektrickou soběstačnost.

Pokud by byla KGJ dimenzována na vyšší tepelný výkon, mohla by kromě elektřiny pokrývat i **tepelné potřeby přilehlých budov**. V tom případě by dávalo smysl vybudovat **malou lokální teplovodní síť,** která by umožnila přímé sdílení tepla mezi školou a okolními objekty. Taková síť by fungovala jako doplňkový okruh mimo hlavní CZT a využívala by přebytky tepla z KGJ. Tento princip by zvýšil celkové využití lokálně vyrobené energie a snížil odběr tepla z CZT.

Z teoretického hlediska by tak **instalace KGJ na 16. ZŠ mohla sloužit jako pilotní projekt** pro lokální mikrosíť tepla a elektřiny. Vyrobené teplo by zajišťovalo vytápění školy a přilehlých objektů, elektřina by byla sdílena v rámci energetického společenství města. Tím by vznikl model **městského energetického uzlu**, který by zvyšoval soběstačnost území a zároveň zefektivňoval využití místních zdrojů.



Obrázek 13 Areál ZŠ a budov MMP
Zdroj: vlastní zpracování

3.2.2 Pokročilé řízení kotelen

Zavedením pokročilého řízení systémů vytápění lze v městských budovách dosáhnout výrazného zvýšení účinnosti provozu bez nutnosti rozsáhlých investic. Kombinací ekvitermní a prediktivní regulace, optimalizace spalovacího procesu, hydraulického vyvážení a využití kondenzačních technologií lze dosáhnout celkových úspor tepla v rozsahu **10-20 % ročně**, což při stávající roční spotřebě 35 566 MWh odpovídá **snížení o 3 500-7 000 MWh/rok**. Současně může dojít k poklesu spotřeby zemního plynu o **9-15 %** (cca **700-1 200 MWh/rok**). Tato opatření přinášejí významné provozní úspory a snižují uhlíkovou stopu městských objektů.

Z ekonomického hlediska se jedná o opatření s krátkou návratností investic obvykle **v řádu jednotek let** a dlouhodobým efektem v podobě úspor provozních nákladů o 5-10 %, tedy v řádu **statisíců až jednotek milionů Kč ročně**, v závislosti na rozsahu implementace. Pokročilé řízení systémů vytápění tak představuje efektivní krok k vyšší **energetické soběstačnosti města**, snížení provozních ztrát a stabilizaci spotřeby tepla i při proměnlivých cenách energií.

3.2.3 Zateplení obvodových stěn

Zateplení obvodových stěn představuje jedno z klíčových investičních opatření ke **snížení energetické náročnosti městských budov a zlepšení jejich tepelně-technických vlastností**. Opatření spočívá v aplikaci tepelné izolace z EPS o tloušťce 50-300 mm, která zajistí dosažení součinitele prostupu **tepla $U_{rec,20}$ = 0,25 W·m^{-2}·K^{-1}**, jenž vyplývá z energetického auditu. Zateplením se omezí tepelné ztráty obvodovými konstrukcemi, sníží spotřeba energie na vytápění a zlepší tepelný komfort uživatelů. Projekt vychází z doporučení energetického auditu města a je realizovatelný s přiměřenou ekonomickou návratností, přičemž přináší i environmentální přínosy v podobě snížení emisí CO_2.

Před samotnou realizací je nutné prioritizovat vhodné objekty dle výsledků auditu, zpracovat technické studie a projektovou dokumentaci, a zároveň prověřit možnosti kombinace s dalšími úspornými opatřeními (např. výměnou oken, zateplením stropů či modernizací vytápění). Důležitým krokem je i zajištění spolufinancování z dotačních programů, jako jsou OPŽP, NPŽP nebo Modernizační fond.

Při celkových investičních nákladech přibližně **323 mil. Kč** se očekává úspora energie 3 373 MWh/rok, což odpovídá snížení nákladů na vytápění **přibližně o 5,35 mil. Kč ročně**. Projekt tak představuje významný krok ke zvyšování energetické efektivity, ekonomické úspornosti a klimatické odolnosti městských budov do roku 2030.

3.2.4 Zateplení stropu a střešních konstrukcí

Zateplení stropu je zaměřeno na **snížení tepelných ztrát budov** aplikací **minerální izolace o tloušťce 60-300 mm**, která zlepší tepelně-technické vlastnosti konstrukcí a zajistí dosažení požadovaného součinitele prostupu tepla $U_{rec,20}$ = 0,4 W·m^{-2}·K^{-1}. Opatření díky nižším investičním nákladům nabízí rychlou návratnost. Při celkových **nákladech cca 41,7 mil. Kč** přinese úsporu **493 MWh/rok** (**0,9 mil. Kč/rok**) a snížení emisí CO_2.

Stejně tak zateplení střešních konstrukcí vede ke **snížení tepelných ztrát budov a zlepšení jejich energetické účinnosti** prostřednictvím izolace minerální vatou (40-440 mm). Při celkových investičních nákladech přibližně **257,4 mil. Kč** přináší **úsporu energie 1 525 MWh/rok**, tedy přibližně **2,43 mil. Kč/rok** a snížení emisí CO_2. Výhodou je možnost spolufinancování z dotačních titulů (OPŽP, NPŽP, Modernizační fond).

3.2.5 Výměna otvorových výplní

Výměna otvorových výplní je zaměřena na **náhradu technicky a energeticky nevyhovujících oken a dveří**, které nesplňují současné požadavky na tepelně-technické vlastnosti. Navržena je instalace nových výplní s izolačním dvojsklem nebo trojsklem se součinitelem prostupu tepla **U = 0,8-1,2 W·m^{-2}·K^{-1}**, přičemž u **památkově chráněných objektů** je plánována repase původních oken při zachování jejich historického vzhledu.

Při **celkových nákladech 68,3 mil. Kč** přinese opatření **úsporu energie 498 MWh/rok**, odpovídající zhruba **812 tis. Kč/rok**, a významné snížení emisí CO_2. Projekt může být taktéž spolufinancován z dotačních programů (OPŽP, NPŽP, Modernizační fond).

3.2.6 Výměna stávajících svítidel za LED technologie

LED technologie představuje moderní a vysoce efektivní způsob osvětlení, který významně přispívá ke **snížení energetické náročnosti městských budov**. Projekt výměny stávajících svítidel je zaměřen na nahrazení zastaralých zářivkových, halogenových, žárovkových a výbojkových svítidel moderními LED zdroji s vyšší účinností, delší životností a nižšími provozními náklady.

Opatření je efektivní v prostorech s dlouhodobým svícením (např. učebny, chodby, tělocvičny či kanceláře), zatímco v místnostech s občasným využitím se návratnost investice mírně prodlužuje. Projekt výměny osvětlení vychází z **energetického auditu města Plzně**, přinese při **celkových nákladech 83,4 mil. Kč** úsporu přibližně **978 MWh energie ročně**, což odpovídá snížení nákladů zhruba o **8,2 mil. Kč ročně** a významné redukci emisí CO_2.

3.2.7 Modernizace zdrojů vytápění

Výměna zdrojů vytápění představuje účinné opatření zaměřené na **modernizaci vytápěcích systémů** městských budov v návaznosti na další energeticky úsporné kroky, jako je zateplení obálky budovy a výměna výplní otvorů. Vhodné jsou **plynové kondenzační kotle s účinností 98-109 %**, které umožní výrazné snížení spotřeby energie na vytápění i přípravu teplé vody. Zdroje tepla musí být dimenzovány tak, aby odpovídaly **aktuálním tepelným ztrátám po realizaci úsporných opatření**, čímž se zajistí hospodárný a spolehlivý provoz.

Opatření, vycházející z energetického auditu města Plzně, počítá se **zachováním stávajících otopných soustav** a rekonstrukcí spalinových cest při výměně kotlů. Při **investičních nákladech 2,9 mil. Kč** lze očekávat **úsporu energie ve výši 28 MWh/rok (cca 20 tis. Kč/rok)** a snížení emisí CO_2, přičemž realizaci lze podpořit z dotačních programů OPŽP a NPŽP. Opatření tak představuje praktický a finančně dostupný krok k modernizaci tepelného hospodářství a zvýšení energetické efektivity městských budov.

3.2.8 Modernizace veřejného osvětlení

Město Plzeň disponuje rozsáhlou sítí veřejného osvětlení, jejíž správu zajišťuje městská organizace Správa veřejného statku města Plzně. Provoz a údržbu této soustavy zajišťují Plzeňské městské dopravní podniky, a.s. Na území města je nainstalováno celkem 22 696 světelných bodů. Spotřeba elektrické energie na provoz VO se **pohybuje kolem 10 900 MWh**.

Pro efektivní rozvoj a modernizaci veřejného osvětlení v městě byla vypracována Koncepce veřejného osvětlení do roku 2030. Tato koncepce obsahuje základní plán, který mimo jiné určuje doporučené typy a parametry svítidel pro různé oblasti města. Dále se zaměřuje na návrhy modernizačních opatření pro celkový systém veřejného osvětlení a stanovuje implementační fáze pro dosažení stanovených cílů.

Město Plzeň se nyní aktivně připravuje na komplexní obnovu a modernizaci veřejného osvětlení, která zahrne výměnu světelných bodů a více než 15 tisíc stožárů. Tento ambiciózní projekt, jehož celkové náklady jsou **odhadovány na 1 až 1,5 miliardy korun**, bude realizován formou veřejně–soukromého partnerství, tzv. PPP kontraktu. Přípravu zadávacího řízení pro tento projekt již schválilo Zastupitelstvo města Plzně, a samotná realizace by měla trvat přibližně čtyři roky. Očekává se, že modernizovaný systém veřejného osvětlení přinese městu výrazné úspory energie a nákladů.

3.2.9 Rozšíření hranice energetického managementu

Energetické hospodářství města Plzně **zahrnuje širokou škálu objektů** a veřejné osvětlení, jež tvoří samostatnou skupinu. Část objektů spadá pod správu organizace (Obytné zóny Sylván, a.s.), která se specializuje na správu městských domů, bytů a nebytových prostor. Zbytek budov je využíván různými městskými složkami a příspěvkovými organizacemi.

Energetický management je v současnosti zaveden ve 179 městských objektech prostřednictvím aplikace ENEMA, která zajišťuje pravidelný sběr dat a jejich analýzu. Certifikovaný systém řízení energií dle normy ČSN EN ISO 50001 je zaveden v devíti objektech, kde přispívá k efektivnějšímu řízení spotřeby a poskytuje vyšší úroveň kontroly nad provozem energetického hospodářství.

Pro zvýšení účinnosti hospodaření s energií by mělo město **rozšířit energetický management na všechny objekty**. Integrace těchto budov do systému energetického řízení by přinesla lepší koordinaci, zvýšení soběstačnosti a efektivnější využívání energetických zdrojů. Od 1. 1. 2026 vstupují v platnost novelizace legislativy, jež stanovuje povinnost zavést systém řízení energií dle ČSN EN ISO 50001 na celé energetického hospodářství města.

3.3 Návrh scénářů navýšení energetické soběstačnosti.

Kapitola představuje návrh tří variant možného vývoje energetického systému města Plzně v navýšení soběstačnosti **do roku 2035**. Jejich cílem je ukázat různé směry, jakými lze dosáhnout vyšší úrovně soběstačnosti v oblasti elektrické a tepelné energie. Scénáře vycházejí z analytických podkladů dostupných v průběhu zpracování studie a současných trendů v oblasti energetiky. Zohledňují také ekonomické a environmentální aspekty realizace jednotlivých opatření.

Každý scénář představuje odlišnou úroveň ambice a míru investic potřebných k dosažení stanovených cílů v oblasti soběstačnosti. **Pesimistický scénář** pracuje s minimální implementací navržených opatření a předpokládá setrvalý rozvoj FVE a komunitní energetiky. **Optimistický scénář** naopak předpokládá dynamický rozvoj OZE, rozsáhlé využívání moderních technologií v podobě KGJ nebo TČ či investici do BPS využívající gastroodpad. **Realistický scénář** představuje kompromis mezi těmito přístupy – reflektuje reálné možnosti města, současný legislativní rámec i finanční kapacity, přičemž směřuje k postupnému, avšak stabilnímu posilování energetické soběstačnosti.

Výsledkem kapitoly je srovnání jednotlivých scénářů z hlediska dosažené úrovně soběstačnosti, investiční náročnosti a dalších přínosů pro město. Scénáře slouží jako podklad pro strategické rozhodování a plánování konkrétních kroků, jež umožní městu dlouhodobě posílit jeho odolnost, nezávislost a udržitelnost v oblasti tepelné a elektrické energie.

3.3.1 Pesimistický scénář

Cíl scénáře: Navýšení soběstačnosti v oblasti elektřiny a tepla na úroveň 2,6 %

Okrajové předpoklady:

- instalace FVE o výkonu 2 000 kWp s akumulací,
- sdílení energie v rámci komunitní energetiky.

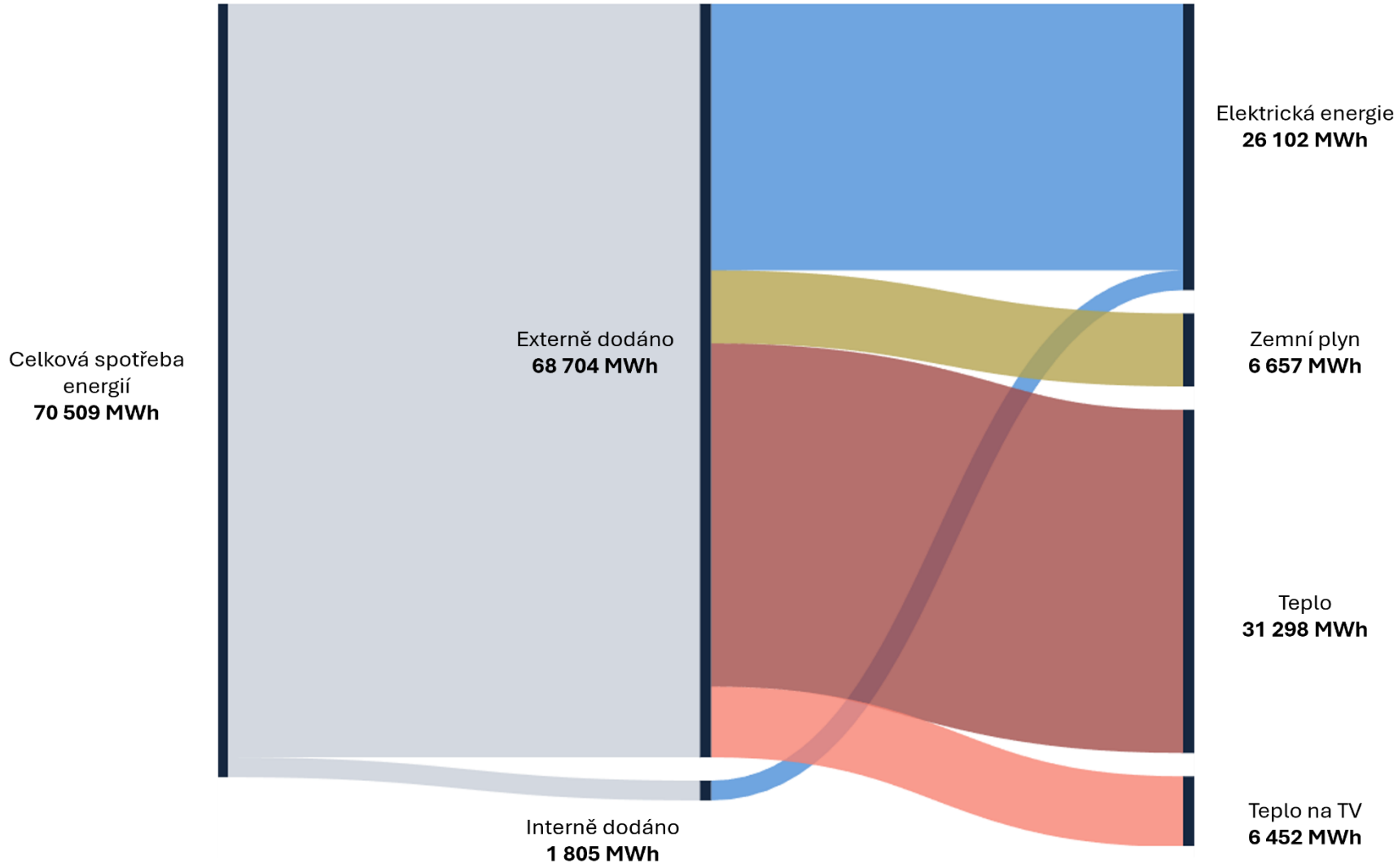
Město Plzeň v současné době podniká kroky ke zvýšení své energetické soběstačnosti, především prostřednictvím instalace FVE na objektech v jeho vlastnictví. Pesimistický scénář tedy předpokládá, že současné tempo rozvoje a investiční aktivity města zůstanou na stávající úrovni, bez výraznější akcelerace či zapojení nových významných zdrojů energie.

Tento scénář tak reflektuje možnost, že město v následujících letech nevyužije plný potenciál rozvoje lokální energetiky a zůstane zaměřeno především na projekty, pro které je již zmapován potenciál a probíhá jejich příprava pro budoucí realizaci. Současně scénář předpokládá pokračování sdílení energie v rámci aktivního zákazníka také u nově instalovaných zdrojů.

V rámci tohoto scénáře se počítá s roční výrobou elektřiny z instalovaných fotovoltaických systémů na úrovni **přibližně 1 900 MWh**. Z celkového objemu vyrobené energie se očekávají **přetoky do distribuční sítě ve výši kolem 5 %**, tedy asi **95 MWh** ročně. To znamená, že reálná využitelná výroba pro vlastní spotřebu města dosáhne přibližně **1 805 MWh za rok**.

Realizací výše uvedených opatření je město na cestě k dosažení soběstačnosti v oblasti energií ve výši 2,6 %. Předpokládané investiční nároky tohoto scénáře se pochybují **ve výši téměř 63 mil. Kč**. Energetická bilance daného scénáře je uvedena níže.

Energetická bilance – soběstačnost 2,6 % v oblasti elektrické a tepelné energie



Graf 3 Energetická bilance pro pesimistický scénář
Zdroj: vlastní zpracování

3.3.2 Realistický scénář

Cíl scénáře: Navýšení soběstačnosti v oblasti elektřiny a tepla na úroveň 9,6 %

Okrajové předpoklady:

- instalace FVE o výkonu 4 680 kWp s akumulací,
- sdílení energie v rámci komunitní energetiky,
- instalace KGJ o instalovaném výkonu 500 kWe,
- instalace tepelných čerpadel o výkonu 300 kW.

Realistický scénář představuje proveditelnou variantu rozvoje městské energetiky. Předpokládá, že město Plzeň bude v následujících letech aktivně pokračovat v naplňování své energetické strategie a cíleně rozšiřovat portfolio obnovitelných a nízkoemisních zdrojů energie. Tento přístup vychází z předpokladu, že město dokáže efektivně využít stávající potenciál svých objektů pro navyšování soběstačnosti.

Realistický scénář zahrnuje instalaci FVE o **celkovém výkonu 4 680 kWp**, což představuje **kompletní potenciál střech a ploch budov ve vlastnictví města Plzně**. V geografických a klimatických podmínkách města lze při této úrovni instalovaného výkonu předpokládat roční výrobu elektrické energie na úrovni **4 446 MWh**. Po zohlednění přetoků a technických ztrát se počítá s reálným využitelným potenciálem **4 224 MWh za rok**, jež mohou být přímo využity v rámci městské infrastruktury – především ve školských, administrativních a sportovních objektech.

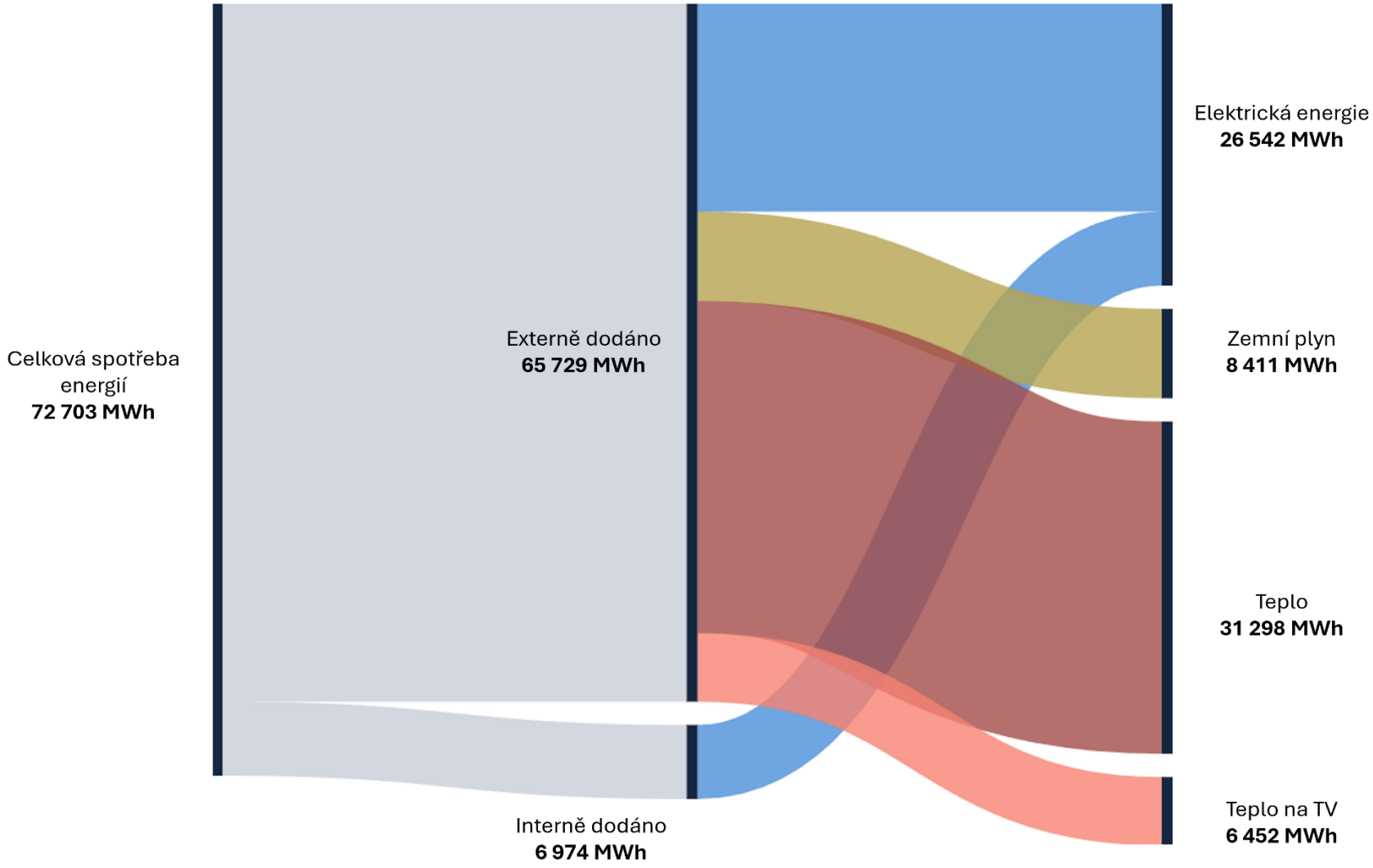
Dalším opatřením v rámci realistického scénáře je **instalace mikrokogeneračních jednotek** o celkovém elektrickém výkonu **500 kW**, které budou využívat **zemní plyn jako primární palivo**. Předpokládaná výroba těchto zařízení činí **2 750 MWh elektrické energie** a zároveň **5 500 MWh tepelné energie** ročně. KGJ jsou navrhovány primárně do objektů využívající zemní plyn pro vytápění prostřednictvím plynové kotelny. Samotná instalace jednotek vede k vyšší spotřebě zemního plynu, jelikož účinnost výroby tepla je nižší než u moderních kondenzačních plynových kotlů při dodání stejného množství tepla. To se promítá do nárůstu spotřeby zemního plynu v energetické bilanci, ale navíc přináší výrobu elektrické energie.

Přestože toto opatření povede k navýšení spotřeby zemního plynu, z hlediska **emisních faktorů jednotlivých komodit** dojde k **celkové úspoře emisí skleníkových plynů** oproti současnému stavu, neboť kombinovaná výroba tepla a elektřiny zvyšuje účinnost využití primárního paliva. Podrobný výpočet dopadu na uhlíkovou bilanci je uveden v **kapitole 3.4**.

Součástí navrhovaných opatření je rovněž **instalace TČ** o celkovém výkonu **300 kW**, jež umožní lokální výrobu tepelné energie přibližně **1 320 MWh ročně**. Implementace těchto zařízení sice povede k navýšení spotřeby elektrické energie, avšak tato zvýšená potřeba může být **částečně pokryta z vlastních OZE**, především z nově instalovaných FVE. Tím se zajistí vyšší míra energetické soběstačnosti a zároveň snížení emisní zátěže spojené s provozem budov.

Realizací výše uvedených opatření město směřuje k dosažení soběstačnosti v oblasti elektrické a tepelné energie ve výši 9,6 %. Předpokládané investiční náklady spojené s realizací scénáře **jsou ve výši téměř 241 mil. Kč**. Energetická bilance daného scénáře je uvedena níže.

Energetická bilance – soběstačnost 9,6 % v oblasti elektrické a tepelné energie



Graf 4 Energetická bilance pro realistický scénář
Zdroj: vlastní zpracování

3.3.3 Optimistický scénář

Cíl scénáře: Navýšení soběstačnosti v oblasti elektřiny a tepla na úroveň 16,4 %

Okrajové předpoklady:

- instalace FVE o výkonu 5 280 kWp s akumulací,
- sdílení energie v rámci komunitní energetiky,
- instalace KGJ o instalovaném výkonu 750 kWe,
- instalace tepelných čerpadel o výkonu 600 kW,
- realizace BPS o výkonu 250 kWe.

Optimistický scénář představuje ambiciózní, avšak při vhodném nastavení investičních a organizačních podmínek stále realizovatelnou variantu rozvoje energetické soběstačnosti města Plzně. Tento scénář vychází z maximálního využití dostupného potenciálu OZE, zejména fotovoltaiky, a současně předpokládá rozšíření kombinované výroby elektřiny a tepla, rozvoj akumulace i zapojení prvků komunitní energetiky.

Scénář cílí na **plné využití energetického potenciálu budov ve vlastnictví města** a zároveň rozšíření o **projekty fotovoltaických carportů** na parkovištích a dalších vhodných plochách. Celkový instalovaný výkon FVE je uvažován **na úrovni 5 280 kWp**, což představuje přibližně o 14 % vyšší výkon než v realistickém scénáři. V podmínkách města Plzně by takový výkon znamenal **roční výrobu elektrické energie přibližně 5 016 MWh**, z čehož se předpokládá využití 95 % pro vlastní spotřebu. To odpovídá **4 765 MWh elektřiny ročně**, které by mohly být přímo použity v rámci městské infrastruktury. Zbylých 5 % produkce by tvořily přetoky do distribuční sítě.

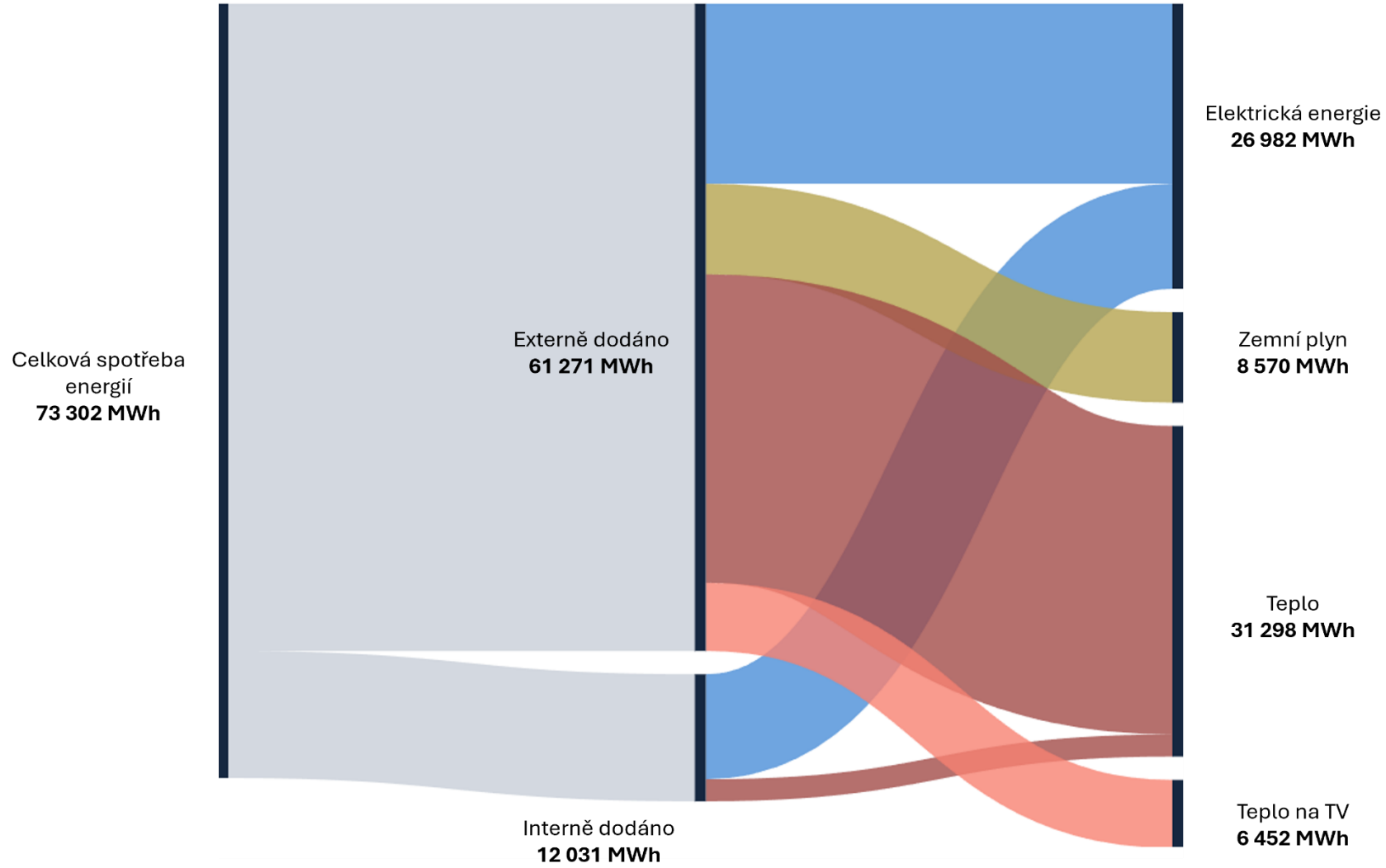
Oproti realistickému scénáři dochází k **navýšení výkonu mikrokogeneračních jednotek** na celkových **750 kW**. Tyto jednotky by v optimistickém scénáři přispívaly k energetické bilanci **4 125 MWh elektrické energie** a **8 250 MWh tepelné energie** ročně. Přestože mikrokogenerace využívá vyšší množství zemního plynu, vysoká účinnost systému a jeho kombinace s OZE umožní významnou redukci emisí CO_2 a zvýšení celkové efektivity městské energetické soustavy.

Dalším významným opatřením je rozšíření instalace TČ o **celkovém výkonu 600 kW**, tedy dvojnásobně oproti realistickému scénáři. Tato zařízení by zajišťovala **lokální výrobu tepelné energie** pro účely vytápění a přípravy teplé užitkové vody **v objemu 2 640 MWh ročně**. V důsledku tohoto opatření sice dojde k nárůstu spotřeby elektrické energie, avšak tato zvýšená potřeba může být pokryta z vlastních zdrojů elektrické energie – buď z fotovoltaických systémů umístěných přímo na daných objektech, nebo prostřednictvím **sdílení elektřiny v rámci komunitní energetiky** mezi jednotlivými městskými subjekty.

Do optimistického scénáře je zahrnuta rovněž **realizace bioplynové stanice**, která by zpracovávala **biologicky rozložitelné odpady** (zejména gastroodpad). Výsledný bioplyn by byl využíván pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Toto řešení by přineslo do energetické bilance města přibližně **1 047 MWh elektrické energie** a **2 094 MWh tepelné energie** ročně, a to **bez navýšení spotřeby zemního plynu z distribuční sítě**. Současně by přispělo ke snížení množství odpadu a podpořilo by oběhové hospodářství města.

Implementací jednotlivých opatření z výše uvedeného scénáře město aspiruje na dosažení soběstačnosti **v oblasti elektrické a tepelné energie ve výši 16,4 %.** Předpokládané investiční náklady spojené s realizací **scénáře jsou téměř 404 mil. Kč**. Energetická bilance daného scénáře je uvedena níže.

Energetická bilance – soběstačnost 16,4 % v oblasti elektrické a tepelné energie



Graf 5 Energetická bilance pro optimistický scénář
Zdroj: vlastní zpracování

3.4 Zhodnocení dopadu na životní prostředí a kvalitu života

Součástí analýzy je posouzení tří klíčových oblastí: **emise skleníkových plynů**, **hluková zátěž** a **kvalita vnitřního prostředí**. Hodnocení emisí sleduje, do jaké míry mohou plánovaná opatření přispět k naplňování klimatických cílů města a snížení jeho uhlíkové stopy. Analýza hlukové zátěže se zaměřuje na potenciální změny v akustické pohodě obyvatel v souvislosti s rozvojem nových zdrojů energie a úpravou dopravní či technologické infrastruktury.

Posouzení kvality vnitřního prostředí pak reflektuje dopady opatření na komfort a zdraví uživatelů budov – například zlepšení mikroklimatických podmínek, kvality vzduchu nebo regulace teploty a vlhkosti v interiérech. Tyto aspekty společně vytvářejí komplexní obraz dopadů navrhovaných opatření na životní prostředí a kvalitu života ve městě.

3.4.1 Emise skleníkových plynů

Emisní faktor představuje **množství CO_2 uvolněného při výrobě nebo spotřebě jednotky energie**. Jeho hodnota závisí na typu použitého energetického zdroje a jeho účinnosti. Pro hodnocení environmentálních dopadů provozu budov byly pro elektrickou energii a zemní plyn použity emisní faktory podle údajů Ministerstva průmyslu a obchodu. Emisní faktor centrálního zásobování teplem není v jednotlivých lokalitách shodný, **odvíjí se od konkrétní teplárny**, její účinnosti výroby a skladby palivových zdrojů.

Uvedené emisní faktory umožňují stanovit **celkovou uhlíkovou stopu** spojenou se spotřebou elektřiny, zemního plynu a tepla z CZT, a následně vyhodnotit potenciál pro její snížení prostřednictvím úsporných opatření. Emisní faktory a celkové vyprodukované emise jsou shrnuty v následující tabulce.

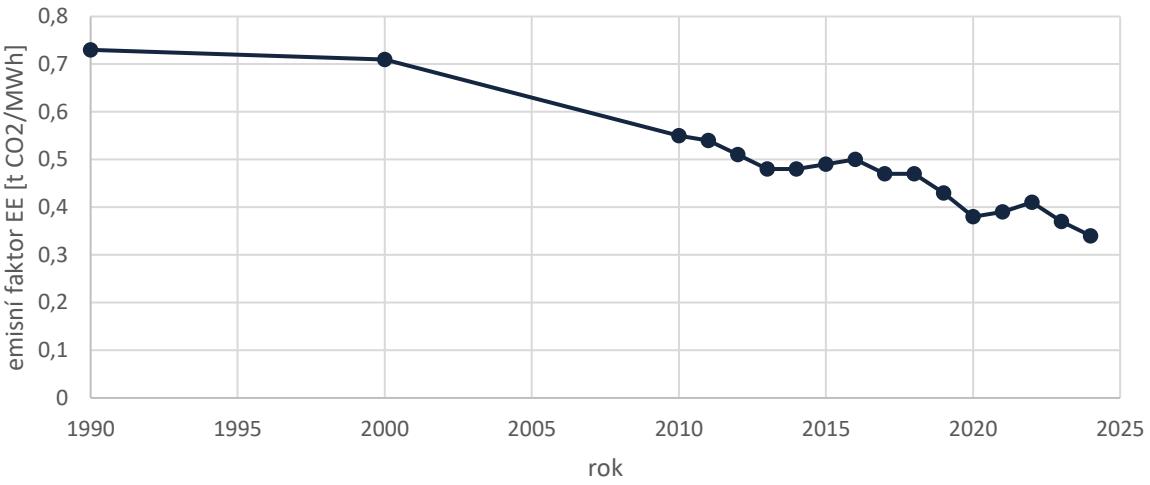
Tabulka 32 Emisní faktory energetických komodit a celkové vyprodukované emise CO_2

Energetická komodita	Emisní faktor [t CO_2/MWh]	Spotřeba budov [MWh/rok]	Vyprodukované emise [t CO2/rok]
Elektrická energie	0,34	29 038	9 873
Zemní plyn	0,2	7 565	1 513
CZT (teplo a teplá voda)	0,16	42 898	6 855
Celkem		**79 501**	**18 241**

Zdroj: MPO

Z tabulky vyplývá, že **nejvyšší podíl na celkových emisích CO_2** připadá na **elektrickou energii**, následovanou **centrálním zásobováním teplem** a **zemním plynem.** Celková uhlíková stopa sledovaných objektů činí přibližně **18,2 tisíce tun CO_2 ročně**.

Emisní faktor elektrické energie **dlouhodobě vykazuje klesající trend**, jak je patrné z následujícího obrázku. V devadesátých letech dosahoval hodnot přibližně 0,7 t CO_2/MWh, nyní je téměř na poloviční hodnotě. Postupný pokles je výsledkem postupné **dekarbonizace elektroenergetiky**, kdy došlo ke snižování podílu výroby z uhlí a k rozvoji nízkoemisních a bezemisních zdrojů.



Graf 6 Vývoj emisního faktoru CO2 z hrubé výroby elektřiny
Zdroj: Oddělení analýz a datové podpory koncepcí MPO, červen 2025

Další snižování emisního faktoru podporuje také zvyšování účinnosti výroby a zavádění moderních technologií v elektrárnách a distribučních soustavách. V následujících letech lze očekávat pokračující pokles emisního faktoru, především díky postupné transformaci české energetiky.

Vlivem realizace energeticky úsporných opatření do roku 2035 dochází ke snížení spotřeby energií o 12 %, což v konečném důsledku přináší také snížení emisí skleníkových plynů. Předpokládaný stav spotřeby energie a emisní situace je vyobrazen v následující tabulce. Tento stav byl stanoven za výchozí s ohledem na analýzu emisních úspor při zavedení jednotlivých scénářů.

Tabulka 33 Emisní faktory energetických komodit a celkové vyprodukované emise CO_2 v roce 2035

Energetická komodita	Emisní faktor [t CO_2/MWh]	Spotřeba budov [MWh/rok]	Vyprodukované emise [t CO2/rok]
Elektrická energie	0,34	26 102	8 875
Zemní plyn	0,2	6 657	1 331
CZT (teplo a teplá voda)	0,16	37 750	6 032
Celkem		**70 509**	**16 238**

Zdroj: vlastní zpracování, MPO

Pesimistický scénář

Dopad pesimistického scénáře do konečné energetické bilance je čistě kladný. Scénář zahrnuje pouze instalaci FVE, jež pro svůj provoz nevyžadují dodatečnou energii, ale využívají dostupné sluneční záření. Implementací tohoto scénáře se předpokládá **úspora skleníkových plynů ve výši 614 tCO_2 oproti předpokládanému stavu v roce 2035**.

Tabulka 34 Změna emisí skleníkových plynů pro pesimistický scénář

Energetická komodita	Emisní faktor [t CO_2/MWh]	Změna bilance [MWh/rok]	Změna emisí [t CO2/rok]
Elektrická energie	0,34	-1 805	-614
Zemní plyn	0,2	0	0
CZT (teplo a teplá voda)	0,16	0	0
Celkem		**-1 805**	**-614**

Zdroj: vlastní zpracování

Realistický scénář

V rámci realistického scénáře dochází realizací KGJ k navýšení spotřeby zemního plynu za účelem navýšení vlastní výroby elektrické e tepelné energie. Nicméně přesto je celkový dopad do energetické bilance a na emise skleníkových plynů kladný. Při realizaci daného scénáře dojde k **úspoře emisí skleníkových plynů ve výši 1 871 tCO_2 oproti předpokládanému stavu v roce 2035**.

Tabulka 35 Změna emisí skleníkových plynů pro realistický scénář

Energetická komodita	Emisní faktor [t CO_2/MWh]	Změna bilance [MWh/rok]	Změna emisí [t CO2/rok]
Elektrická energie	0,34	-6 534	-2 221
Zemní plyn	0,2	+ 1 754	+ 351
CZT (teplo a teplá voda)	0,16	0	0
Celkem		**-4 780**	**-1 871**

Zdroj: vlastní zpracování

Optimistický scénář

Optimistický scénář cílí na komplexní řešení zdrojové základny v majetku města, což zahrnuje instalaci FVE, KGJ, tepelných čerpadel a realizace BPS pro výrobu bioplynu. Výsledkem scénáře je kladná energetická bilance a výrazné **snížení emisí skleníkových plynů ve výši 3 032 tCO_2 za rok tCO_2 oproti předpokládanému stavu v roce 2035**.

Tabulka 36 Změna emisí skleníkových plynů pro optimistický scénář

Energetická komodita	Emisní faktor [t CO_2/MWh]	Změna bilance [MWh/rok]	Změna emisí [t CO2/rok]
Elektrická energie	0,34	-9 057	-3 079
Zemní plyn	0,2	+ 1 913	+ 383
CZT (teplo a teplá voda)	0,16	-2 094	-335
Celkem		**-9 238**	**-3 032**

Zdroj: vlastní zpracování

3.4.2 Hluk

Hluk z energetických technologií ovlivňuje komfort a zdraví uživatelů budov i okolních obyvatel. Nejčastěji vzniká **činností kompresorů, motorů a ventilátorů**, šíří se vzduchem i konstrukcemi a může se kumulovat při současném provozu více zařízení. Návrh proto musí kombinovat **vhodné umístění, akustická opatření** a řízení provozu tak, aby byla dodržena hygienická kritéria pro den i noc a současně nebyl nadměrně omezován provoz technologií.

Mikrokogenerační jednotky

KGJ jsou zdrojem jak **mechanického hluku** ze spalovacího motoru a ventilátorů, tak i hlukových emisí, které vznikají při odvodu výfukových plynů. Tyto projevy mohou ovlivňovat akustický komfort uživatelů i okolních obyvatel, zejména při umístění zařízení v blízkosti obytné zástavby. Účinná opatření zahrnují především vhodnou volbu umístění strojovny uvnitř objektu, použití **akustických krytů a opláštění**, **tlumičů hluku na sání i výfuku**, **pružné uložení stroje** a oddělení potrubních rozvodů od stavebních konstrukcí, aby se omezil přenos vibrací.

V případech, kdy se jednotka nachází v blízkosti obytných fasád, je vhodné vést výfukové potrubí delší trasou s **dodatečným tlumením** a vyústěním mimo směry k citlivým oknům nebo venkovním prostorům. Dalším efektivním nástrojem je **řízení provozu podle denní doby**, kdy lze omezit výkon či přerušit chod jednotky

v nočních hodinách, a naopak plánovat špičkový provoz do denní doby, čímž se zamezí překračování hygienických limitů hluku.

Tepelná čerpadla

Dominantním zdrojem hluku u TČ a chladicích systémů jsou **ventilátory a kompresory**, které vytvářejí jak aerodynamický hluk proudícího vzduchu, tak **mechanické vibrace** přenášené konstrukcí. Umístění venkovních jednotek proto zásadně ovlivňuje šíření zvuku. Nevhodné je jejich osazení do uzavřených dvorů nebo vnitrobloků, kde může docházet k **odrazu a zesílení hluku** mezi stěnami a k jeho kumulaci v prostoru bez úniku. Vhodnější je instalace na střechu nebo na volně větrané místo, kde se zvuk může přirozeně rozptýlit.

K omezení hlukové zátěže dále přispívají **akustické clony**, **pružné antivibrační uložení** a **tlumení potrubních rozvodů**. U systémů s více jednotkami (např. kaskádové zapojení) hrozí vzájemné zesílení hluku při současném provozu, což lze zmírnit skupinovým řízením otáček nebo nočním režimem s omezením výkonu. V interiéru se doporučuje akusticky izolovaná technická místnost a elastické napojení potrubí, které zamezuje přenosu vibrací do stavební konstrukce.

Vzduchotechnika se ZZT

Hluk ve VZT systémech vzniká především **činností ventilátorů** a **prouděním vzduchu v potrubních rozvodech**, zejména v místech s vyššími rychlostmi proudění nebo změnami směru. Správný návrh systému by měl proto vycházet z **optimalizovaných rychlostí vzduchu v kanálech**, které minimalizují turbulentní proudění.

K utlumení hluku se využívají **tlumiče hluku** na přívodním i odtahovém potrubí, **pružné vložky u ventilátorů** zabraňující přenosu vibrací a **akusticky izolované strojovny**, které snižují celkovou hladinu hluku v budově. Zvýšenou pozornost je nutné věnovat také **koncovým prvkům systému**, zejména v učebnách, kancelářích a jiných citlivých prostorech. Vhodná **volba difuzorů** a **řízení průtoku vzduchu** zajišťuje rovnoměrné proudění bez lokálních šumových efektů a přispívá k akustickému komfortu v interiéru.

Využití odpadního tepla ze serveroven

Kompresory, čerpadla a ventilátory jsou obvykle umístěny v uzavřených technických místnostech, takže jejich přímý vliv na venkovní prostředí bývá zanedbatelný. Důležité je však zabránit **přenosu vibrací a hluku do konstrukcí budovy a přilehlých využívaných prostor**, zejména učeben a kanceláří. Standardním řešením je pružné uložení zařízení, oddělení potrubních tras od stavebních konstrukcí a akustická úprava strojovny, například pomocí absorpčních obkladů. Tato opatření zajišťují stabilní akustický komfort bez omezení funkce technologií.

Pokročilé řízení kotelny, hydraulické vyvážení, frekvenční měniče

Správné vyvážení soustav a **regulace otáček čerpadel/ventilátorů** snižují aerodynamický hluk i vibrace. U VFD je nutné odborné nastavení, aby nedocházelo k nežádoucím rezonancím. Kondenzační kotle se neliší hlukem od běžných, ale vyžadují tlumiče na spalinových cestách.

3.4.3 Kvalita vnitřního prostředí

Vnitřní kvalitu prostředí určují **větrání, filtrace a provozní režim** budov. Základem je omezit lokální emise, zlepšovat kvalitu vnitřního vzduchu a průběžně monitorovat jednotlivé ukazatele kvality vzduchu (CO_2, vlhkost).

Vzduchotechnika se ZZT

Rekuperace sama o sobě emise nevytváří, ale zásadně zlepšuje kvalitu vnitřního ovzduší **snížením CO_2 a zachycením jemných částic na filtrech**. Pro školy a kanceláře je nutné volit vhodné a kvalitní filtry. Důležité je také nastavit větrání podle CO_2 nebo obsazenosti místnosti. Nedostatečná údržba filtrů může naopak vést ke **zvýšené prašnosti a tlakovým ztrátám**, nutný je pravidelný servis a kontrola.

3.5 Návrh akčního plánu

Kapitola představuje soubor prioritních a pilotních projektů navržených k naplnění cílů studie v krátkodobém horizontu. Navazuje na analytickou a návrhovou část dokumentu a vychází z **realistického scénáře energetické soběstačnosti**, který zohledňuje technologické, ekonomické i organizační možnosti města. Akční plán převádí dlouhodobé cíle do konkrétních kroků s důrazem na efektivní využití dostupných zdrojů a maximální přínos pro město i jeho obyvatele.

Hlavním pilířem akčního plánu a cesty k navýšení soběstačnosti je **instalace mikrokogeneračních jednotek**, **tepelných čerpadel** a **FVE**, které tvoří základ rozvoje decentralizované a nízkoemisní energetiky. Tyto projekty přispějí ke zvýšení efektivity výroby a spotřeby energie, snížení závislosti na externích dodávkách a využívání lokálních OZE. Akční plán tak představuje první krok k systematické transformaci městské energetiky směrem k vyšší soběstačnosti a udržitelnosti.

Instalace FVE s akumulací

Cíl opatření: Rozšíření výroby elektrické energie z OZE a zvýšení energetické soběstačnosti města prostřednictvím instalace FVE na objektech v majetku města Plzně.

Opatření přímo navazuje na **aktuální trend města v oblasti instalace OZE** a rozšiřuje dosavadní úspěšné projekty. V průběhu následujících **dvou let** se předpokládá realizace fotovoltaických systémů o **celkovém instalovaném výkonu 1 000 kWp**, umístěných především na střechách škol, sportovních objektů, administrativních budov a technické infrastruktury města.

Navrhovaný výkon odpovídá **předpokládané roční výrobě přibližně 950 MWh elektrické energie**, která bude využita **převážně pro vlastní spotřebu** v městských objektech. Přetoky elektřiny do distribuční sítě budou minimalizovány díky propojení objektů v rámci **městské energetické komunity** a řízení spotřeby prostřednictvím energetického managementu města. Celkové investiční náklady jsou odhadovány na 45 mil. Kč.

Přínosy opatření:

- **Zvýšení energetické soběstačnosti** města a snížení závislosti na dodávkách elektřiny z distribuční sítě.
- **Snížení provozních nákladů** městských objektů díky využívání vlastní vyrobené energie.
- **Snížení emisí CO_2** a podpora naplňování klimatických cílů města.
- **Rozvoj městské energetické komunity** a podpora sdílení energie mezi jednotlivými odběrnými místy.
- **Zvýšení povědomí o udržitelné energetice** mezi obyvateli města prostřednictvím viditelných realizací na veřejných budovách.

Návazné realizační kroky

- Výběr a prioritizace vhodných lokalit pro instalaci dle zmapovaného potenciálu.
- Zpracování technicko-ekonomických studií a prověření připojitelnosti do sítě.
- Příprava projektové dokumentace pro realizaci technického řešení.
- Zajistit vhodné financování projektu vybraného řešení na objektech.
- Výběr dodavatele a realizace FVE.
- Vyhodnocení dosažených úspor energie.

Instalace mikrokogeneračních jednotek

Cíl opatření: zvýšení energetické soběstačnosti a efektivity využití energie v objektech základních škol prostřednictvím instalace mikrokogeneračních jednotek (kombinovaná výroba tepla a elektřiny).

V rámci návrhu se předpokládá instalace mikrokogeneračních jednotek s tepelným výkonem **22-59 kWt** a elektrickým výkonem **11-30 kWe**, v závislosti na velikosti a energetické náročnosti jednotlivých objektů. Tyto jednotky zajistí pokrytí přibližně **90 % roční potřeby tepla** pro provoz školních budov.

Vyrobená **elektrická energie** bude zčásti využívána přímo v daném objektu, zatímco **přebytečná elektřina** bude sdílena v rámci **městské energetické komunity**. Takto dimenzovaný systém umožňuje stabilní a hospodárný provoz, maximální využití vyrobeného tepla a minimalizaci ztrát v době sníženého odběru.

Přínosy opatření:

- zvýšení celkové účinnosti využití paliva až na **90 %** díky kombinované výrobě tepla a elektřiny,
- **snížení spotřeby nakupované elektřiny** z distribuční sítě díky pokrytí významné části spotřeby z vlastní výroby,
- **možnost sdílení přebytků elektřiny** mezi objekty města, což dále zvyšuje efektivitu a soběstačnost městské infrastruktury,
- **stabilní výkon** nezávislý na počasí či denní době, na rozdíl od fotovoltaických systémů,
- **snížení emisí CO_2** v důsledku vyšší účinnosti využití zemního plynu.

Tabulka 37 Vhodné objekty pro instalaci mikrokogenerační jednotky

Instalace mikrokogenerační jednotky	16. ZŠ	ZŠ Božkov	ZŠ Újezd
Technické parametry KGJ			
Celkový jmenovitý tepelný výkon [kWt]	59,3	27,7	21,7
Celkový jmenovitý elektrický výkon [kWe]	29,6	13,8	10,9
Teplo vyrobené KGJ [MWh/rok]	260,8	121,7	95,6
Celková EE vyrobená KGJ [MWh/rok]	130,4	60,9	47,8
EE spotřebovaná v objektu [MWh/rok]	30,6	34,2	17,1
Spotřeba zemního plynu [MWh/rok]	434,7	202,9	159,4
Ekonomické parametry KGJ			
Investiční náklady KGJ [tis. Kč]	2 430	1 134	891
Dodatečné náklady na zemní plyn [tis. Kč/rok]	203	95	75
Finanční úspora za vlastní spotřebu EE [tis. Kč/rok]	137,7	153,9	76,95
Finanční úspora při sdílení EE [tis. Kč/rok]	225	60	69
Celková roční úspora [tis. Kč/rok]	159	119	71

Zdroj: vlastní zpracování

Návazné realizační kroky

- Zpracování studie proveditelnosti a návrhu technického řešení.
- Příprava projektové dokumentace a získání povolení (zejména připojení do sítě).
- Zajistit vhodné financování projektu vybraného řešení na objektech.
- Výběr dodavatele a realizace instalace KGJ.
- Vyhodnocení dosažených úspor energie.

Instalace TČ

Cíl opatření: snížení spotřeby zemního plynu a zvýšení podílu OZE na výrobě tepla prostřednictvím instalace tepelných čerpadel v městských budovách (školy, administrativní a sportovní objekty).

Instalací tepelných čerpadel bude možné **pokrýt většinu tepelné potřeby** objektů, čímž dojde k výraznému snížení závislosti na zemním plynu. Výsledky výpočtů ukazují, že roční spotřeba plynu klesne přibližně **na pětinu původní hodnoty**, zatímco **spotřeba elektrické energie** se zvýší o **15-45 MWh/rok** podle velikosti budovy.

Navrhovaná TČ disponují **tepelným výkonem v rozmezí 11-32 kW**, což odpovídá potřebám jednotlivých objektů i jejich provoznímu režimu. Z technického hlediska je doporučováno využití systému země-voda, který díky vyššímu sezónnímu topnému faktoru (SCOP) dosahuje lepší provozní účinnosti a nižších ročních nákladů na výrobu tepla než varianta vzduch-voda.

Přínosy opatření:

- snížení spotřeby zemního plynu až o 80 % oproti současnému stavu,
- pokrytí většiny tepelné potřeby objektu prostřednictvím OZE,
- zvýšení energetické soběstačnosti díky možnosti napájení TČ z městských FVE,
- snížení emisí CO_2 a přispění k dekarbonizaci městské infrastruktury,
- příprava na budoucí integraci do nízkoteplotních soustav a systémů chytrého řízení spotřeby energie.

Tabulka 38 Vhodné objekty pro instalaci TČ vzduch-voda

Instalace TČ	16. ZŠ Radčice	Divadelní 3
Technické parametry TČ		
Teplo, které má dodat TČ [MWh/rok]	58,0	66,4
Teplo z plynového kotle [MWh/rok]	14,5	16,6
Doba provozu TČ [h/rok]	4 400	6 000
Potřebný výkon TČ [kW]	13,2	11,1
Ekonomicko-technické parametry TČ vzduch-voda		
Spotřeba EE TČ [MWh]	19,3	22,1
Celková spotřeba EE [MWh]	40,2	32,1
Celkové náklady na instalaci TČ [tis. Kč]	395	332
Roční úspora nákladů [tis. Kč]	20	23

Zdroj: vlastní zpracování

Návazné realizační kroky

- Příprava projektové dokumentace a získání povolení.
- Zajistit vhodné financování projektu vybraného řešení na objektech.
- Výběr dodavatele a realizace instalace TČ.
- Vyhodnocení dosažených úspor energie.

Realizací projektů uvedených v akčním plánu bude dosaženo **navýšení soběstačnosti přibližně o 2 %,** což odpovídá trajektorii **zvyšování podílu vlastní výroby** v průběhu následujících let dle realistického scénáře.

4. Závěrečné shrnutí a doporučení studie

Studie energetické soběstačnosti města Plzně představuje dokument, jehož cílem je stanovit realistické možnosti postupného zvyšování energetické soběstačnosti města, **optimalizovat využívání dostupných zdrojů** a podpořit rozhodování města v oblasti investic a rozvoje městské energetiky.

Závěry vychází z analytického zhodnocení výchozího stavu, které mapovalo **energetické bilance 151 objektů ve vlastnictví města** včetně soustavy veřejného osvětlení a kolektorů, včetně jejich spotřeb tepla, zemního plynu a elektrické energie. Získaná data vytvořila výchozí rámec pro návrhovou část studie, v níž byly vypracovány tři možné scénáře rozvoje pro navýšení soběstačnosti — pesimistický, realistický a optimistický.

Pesimistický scénář představuje konzervativní přístup, který předpokládá zachování současného tempa rozvoje a pouze realizaci již připravovaných projektů. Město by v tomto případě dosáhlo energetické soběstačnosti přibližně **2,6 %**, s roční výrobou elektřiny z FVE na úrovni kolem **1 900 MWh** a investičními náklady ve výši zhruba **63 mil. Kč**. Tento přístup by neumožnil výraznější pokrok v soběstačnosti z dlouhodobého hlediska.

Optimistický scénář naopak představuje ambiciózní variantu s maximálním využitím dostupného potenciálu obnovitelných zdrojů, rozvojem bioplynových stanic, dvojnásobným nasazením tepelných čerpadel a rozšířením mikrokogenerací. Přestože by mohl přinést až **16,4 % energetickou soběstačnost**, vyžadoval by investice přesahující **404 mil. Kč** a výrazné organizační i technické zajištění. Tento scénář proto představuje dlouhodobou vizi, nikoli bezprostředně realizovatelný cíl.

Jako **nejvhodnější a proveditelná varianta** se na základě komplexního hodnocení technických, ekonomických a organizačních podmínek jeví **realistický scénář**. Ten kombinuje dosažitelný rozsah investic, ověřené technologie a postupnou realizaci opatření s významným přínosem pro město. Studie proto doporučuje jeho přijetí jako **východiska pro další rozvoj energetické soběstačnosti Plzně**.

Doporučený – realistický scénář rozvoje

Realistický scénář předpokládá **výkon fotovoltaických elektráren v celkové výši 4 680 kWp**, jež využijí maximální potenciál střech a vhodných ploch na městských objektech. Roční výroba těchto systémů dosáhne přibližně **4 446 MWh**, z čehož přibližně **4 224 MWh** bude přímo využito pro potřeby města.

Součástí scénáře je také **instalace mikrokogeneračních jednotek o celkovém výkonu 500 kW**, které budou kombinovaně vyrábět elektřinu a teplo s roční produkcí **2 750 MWh elektřiny** a **5 500 MWh tepla**. Tyto jednotky umožní efektivní využití zemního plynu s celkovou účinností systému přes 85 % a současně přispějí k výraznému snížení emisní zátěže.

Doplňkovým opatřením je **instalace tepelných čerpadel o výkonu 300 kW**, jež zajistí dodatečnou výrobu přibližně **1 320 MWh tepla ročně** a sníží spotřebu zemního plynu v příslušných objektech až o 80 %. Vyšší spotřeba elektřiny bude částečně kryta z vlastních obnovitelných zdrojů, čímž se posílí synergie mezi jednotlivými technologiemi.

Realizací uvedených opatření město dosáhne energetické soběstačnosti přibližně **9,6 %**. **Předpokládané investiční náklady** realistického scénáře činí přibližně **241 mil. Kč**, přičemž návratnost jednotlivých opatření se odhaduje v rozmezí **8-12 let** v závislosti na cenách energií a dostupných dotačních zdrojích. Tento scénář představuje **rovnováhu mezi ambicí a proveditelností**, která umožňuje postupné navyšování soběstačnosti bez nadměrného zatížení rozpočtu města.

Doporučení pro další kroky

Na základě zpracovaných podkladů a výsledků studie se doporučuje následující **postup implementace a přípravy projektů** vycházejících z realistického scénáře:

1. **Prioritizace a příprava projektů**

- Zpracovat **plán realizace opatření**, jenž určí pořadí a časový harmonogram investic dle technické připravenosti, úspor energie a návratnosti.
- Upřednostnit projekty s **nejvyšším přínosem pro soběstačnost**, zejména instalace FVE na školských a administrativních objektech a první mikrokogenerační jednotky.
- Vytvořit **centralizovanou pasportizaci městských objektů** s údaji o technickém stavu a využívaných technologií – vzduchotechnika, servery, klimatizace atd.

2. **Zajištění vhodného financování**

- Aktivně využít dotační programy z národních a evropských zdrojů – zejména Modernizační fond, OP Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost, OP Životní prostředí a případně Národní plán obnovy.
- Zvážit **kombinaci vlastních investic a externích zdrojů** (např. revolvingové fondy, EPC projekty nebo partnerství veřejného a soukromého sektoru).
- Zřídit **městský investiční rámec pro obnovitelné zdroje**, který by umožnil flexibilní financování projektů s průběžným návratem prostředků.

3. **Koordinace a organizační zajištění**

- Posílit roli **energetického managementu města** jako centrálního koordinátora všech projektů v oblasti městské energetiky.
- Zajistit **meziodborovou spolupráci** mezi správci majetku, odborem investic, školským úřadem a Správou informačních technologií města Plzně pro efektivní přípravu a provoz zařízení.
- Rozšiřovat **městskou energetickou komunitu**, která umožní sdílení většího množství elektřiny mezi další objekty a navyšování profitu z vlastní vyrobené energie v rámci města.

4. **Implementace a rozvoj inovací**

- Postupně zavádět digitální řízení spotřeby a prediktivní systémy, které umožní efektivnější využívání vlastní výroby a podpoří efektivitu energetického managementu.
- Rozvíjet systémy akumulace energie (bateriové úložiště) v návaznosti na provoz FVE a mikrokogenerací, což posílí flexibilitu a stabilitu městské energetické soustavy.
- Sledovat a vyhodnocovat přínosy realizovaných projektů s cílem postupného snižování uhlíkové stopy města.

Závěr

Realistický scénář rozvoje energetické soběstačnosti města Plzně představuje **strategicky vyváženou a ekonomicky proveditelnou cestu**, jež umožní dosáhnout významného pokroku směrem k udržitelné a nízkoemisní městské energetice. Jeho realizace přinese nejen **zvýšení soběstačnosti až na 9,6 %**, ale také snižování provozních nákladů, zvýšení energetické bezpečnosti a snížení emisí CO_2.

Z dlouhodobého hlediska vytvoří tento přístup pevné základy pro další rozvoj komunitní energetiky, rozšíření sdílení energie mezi městskými objekty a postupnou transformaci Plzně v **energeticky odpovědné, moderní a odolné město**.

Rejstřík zkratek

Zkratka	Význam
AP	Akční plán
BIM	Building Information Model
BPS	Bioplynová stanice
CO_2	Oxid uhličitý
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČOV	Čistička odpadních vod
ČR	Česká republika
DD	Dětský domov
DJKT	Divadlo Josefa Kajetána Tyla Plzeň
DPH	Daň z přidané hodnoty
DS	Distribuční soustava
DUF	Doplňující údaje pro fakturaci
DUFMO	Doplňující údaje pro fakturaci – měřicí odběrná místa
DUFVO	Doplňující údaje pro fakturaci – výrobní odběrná místa
DZR	Domov se zvláštním režimem
EA	Energetický audit
EDC	Elektroenergetické datové Centrum
EE	Elektrická energie
EnMS	Systém managementu hospodaření s energií
EPC	Energy Performance Contracting (Energetické služby se zaručeným výsledkem)
ERÚ	Energetický regulační úřad
ESG	Environmentální, sociální a správní kritéria
EU	Evropská unie
EU ETS	Evropský systém pro obchodování s emisemi
EV	Elektrické vozidlo
FTE	Full-time equivalent (Ekvivalent plného pracovního úvazku)
FVE	Fotovoltaická elektrárna
GWe	Gigawatt elektrický
GWh	Gigawatt hodina
IAD	Individuální automobilová doprava
ICT	Informační a komunikační technologie
IoT	Internet of Things (Internet věcí)
IRC	Individual Room Control (Systém individuální regulace teplot)
IT	Informační technologie
KM	Kilometr
kV	Kilovolt
KGJ	Kogenerační jednotka
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
kWp	Kilowatt-peak
LDS	Lokální distribuční soustavy
MMP	Magistrát města Plzně

Zkratka	Význam
MP	Městská policie
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu České republiky
MŠ	Mateřská škola
MÚSS	Městský ústav sociálních služeb
MW	Megawatt
MWe	Megawatt elektrický
MWh	Megawatthodina
MWp	Megawatt-peak
MWt	Megawatt tepelný
MZI	Modrozelená infrastruktura
NAP ČM	Národní akční plán čisté mobility
NIS	Network and Information Security (Síť a informační bezpečnost)
NPO	Národní plán obnovy
NN	Nízké napětí
NPŽP	Národní program Životní prostředí
NÚKIB	Národní úřad pro kybernetickou a informační bezpečnost
OP	Operační program
OPŽP	Operační program Životní prostředí
ORP	Obec s rozšířenou působností
OSI	Odbor správy infrastruktury
OVS	Odbor vnitřní správy
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PT	Plzeňská teplárenská
PVC	Polyvinylchlorid
SA	Sportovní areál
SC	Smart City (Chytré město)
SDH	Sbor dobrovolných hasičů
SEK	Státní energetická koncepce
SH	Sportovní hala
SIT	Správa informačních technologií
SITMP	Správa informačních technologií města Plzně
SPF	Sezonní topný faktor
SŠ	Střední škola
SVJ	Společenství vlastníků jednotek
SVSMP	Správa veřejného statku města Plzně
SW	Software
ŠJ	Školní jídelna
TČ	Tepelné čerpadlo
TDD	Typový diagram dodávky
TV	Teplá voda
ÚEK	Územní energetická koncepce
ÚEKmP	Územní energetická koncepce města Plzně
ÚKEP	Útvar koncepce a ekonomického plánování

Zkratka	Význam
ÚKR	Útvar koncepce a rozvoje
ÚMO	Úřad městské oblasti
VFD	Variable Frequency Drives (Frekvenční měniče)
VN	Vysoké napětí
VO	Veřejné osvětlení
VTE	Větrná elektrárna
VTP	Vědecko-technický park
VZT	Vzduchotechnická jednotka
ZČU	Západočeská univerzita
ZEVO	Zařízení na energetické využití odpadů
ZŠ	Základní škola
ZP	Zemní plyn
ZZT	Zpětné získávání tepla
ŽP	Životní prostředí

Seznam tabulek

Tabulka 1 Objekty v majetku města 13
Tabulka 2 Měsíční úhrn trvání slunečního svitu v letech 2013–2023 z ČHMÚ stanice Plzeň – Mikulka 14
Tabulka 3 FVE na objektech města 15
Tabulka 4 Klady a zápory provozu mikrokogeneračních jednotek 25
Tabulka 5 Klady a zápory provozu vzduchotechniky se ZZT 26
Tabulka 6 Klady a zápory využití odpadního tepla 28
Tabulka 7 Klady a zápory čerpadel pro nízkoteplotní sítě 29
Tabulka 8 Klady a zápory pro tepelná čerpadla využívající energie z odpadních vod 29
Tabulka 9 Klady a zápory kaskádového zapojení tepelných čerpadel 29
Tabulka 10 Klady a zápory lithiových baterií 33
Tabulka 11 Klady a zápory Redox-flow baterií 33
Tabulka 12 Klady a zápory fototermických kolektorů 36
Tabulka 13 Klady a zápory zásobníků tepla s řízeným teplotním vrstvením 37
Tabulka 14 Klady a zápory přechodu na bioplyn či biometan 38
Tabulka 15 Klady a zápory frekvenčních měničů 39
Tabulka 16 Úspora energií při snížení průměrné teploty na vytápění 40
Tabulka 17 Klady a zápory ekvitermní regulace a prediktivní regulace 40
Tabulka 18 Klady a zápory optimalizace spalovacího procesu 41
Tabulka 19 Klady a zápory hydraulického vyvážení otopné soustavy 42
Tabulka 20 Klady a zápory kondenzačních kotlů 43
Tabulka 21 Klady a zápory zónové regulace 44
Tabulka 22 Klady a zápory místního sdílení tepla 45
Tabulka 23 Klady a zápory obchodování na denním trhu 45
Tabulka 24 Instalace mikrokogeneračních jednotek do základních škol 47
Tabulka 25 VZT s rekuperací na budově ZŠ 49
Tabulka 26 Ukázka úspory tepla při využití serverovny na budově SITmp Dominikánská 50
Tabulka 27 Nahrazení plynových kotelen TČ 52
Tabulka 28 Instalovaný výkon a porovnání jednotlivých technologií 53
Tabulka 29 Parametry instalací solárních přístřešků 55
Tabulka 30 Praktický příklad 56
Tabulka 31 Využití termických kolektorů 57
Tabulka 32 Emisní faktory energetických komodit a celkové vyprodukované emise CO_2 67
Tabulka 33 Emisní faktory energetických komodit a celkové vyprodukované emise CO_2 v roce 2035 68
Tabulka 34 Změna emisí skleníkových plynů pro pesimistický scénář 68
Tabulka 35 Změna emisí skleníkových plynů pro realistický scénář 69
Tabulka 36 Změna emisí skleníkových plynů pro optimistický scénář 69
Tabulka 37 Vhodné objekty pro instalaci mikrokogenerační jednotky 72
Tabulka 38 Vhodné objekty pro instalaci TČ vzduch-voda 73

Seznam grafů

Graf 1 Energetická bilance města Plzně – výchozí stav 18
Graf 2 Rozdělení spotřeby energie dle jednotlivých komodit 23
Graf 3 Energetická bilance pro pesimistický scénář 62
Graf 4 Energetická bilance pro realistický scénář 64
Graf 5 Energetická bilance pro optimistický scénář 66
Graf 6 Vývoj emisního faktoru CO2 z hrubé výroby elektřiny 68

Seznam obrázků

Obrázek 1 Mapa energetického hospodářství města Plzně 12
Obrázek 2 Mapa všeobecných větrných podmínek ve výšce 10 m nad povrchem 16
Obrázek 3 Mapa řek Plzeňského kraje Zdroj: Řeky Plzeňského kraje, dostupné zde. 16
Obrázek 4 Schéma využití energií při instalaci mikrokogenerační jednotky 24
Obrázek 5 Zpětné získávání tepla 25
Obrázek 6 Schéma využití odpadního tepla z datového centra 27
Obrázek 7 Princip tepelného čerpadla 28
Obrázek 8 Ploché a trubicové solární kolektory 35
Obrázek 9 Princip teplotní stratifikace 36
Obrázek 10 Ekvitermní křivky 39
Obrázek 11 Nevyvážená (vlevo) a vyvážená (vpravo) otopná soustava 41
Obrázek 12 Umístění carportů ZOO (vlevo) a autobusové nádraží (vpravo) 55
Obrázek 13 Areál ZŠ a budov MMP 58
Obrázek 14 Ilustrace pasivního domu v Hostětíně 91
Obrázek 15 Nové ústředí ČSOB Group v Praze – Radlicích 92
Obrázek 16 Budova EINPARK 93
Obrázek 17 Realizovaná živá hala pod záštitou společnosti LIKO-S 94
Obrázek 18 Městský plavecký bazén v Litomyšli 95
Obrázek 19 Budova Heliotrop 96
Obrázek 20 BedZED. 97
Obrázek 21 (a) Dům BIQ, Hamburk a (b) panel použitý jako součást fasády 98
Obrázek 22 Aktivní dům B10 99
Obrázek 23 Pohled na Bosco Verticale 100
Obrázek 24 The Edge 101
Obrázek 25 Ilustrace lampy na základě mikrobiálního palivového článku 102
Obrázek 26 Amager Bakke / CopenHill 103
Obrázek 27 Schematické znázornění principu vyhřívání bazénu 104
Obrázek 28 Velkokapacitní TČ v čistírně odpadních vod v Simmeringu 105

Příloha č. 1 – Spotřeby energií jednotlivých objektů v majetku města

Objekt	Spotřeba tepla [MWh]	Spotřeba tepla na TV [MWh]	Spotřeba zemního plynu [MWh]	Spotřeba elektřiny [MWh]	Spotřeba celé skupiny budov [MWh]
OVS MMP - komplex radnice	648,38	0,00	17,42	150,40	3 308
OVS MMP (TÚ) - Škroupova 5 a 7	369,91	46,67	0,00	154,81	
OVS MMP (OSS) - Škroupova 4	89,69	6,67	0,00	15,39	
OVS MMP (archiv) - Veleslavínova 19	0,00	0,00	56,11	61,94	
OVS MMP (ÚSO) – Kopeckého s. 11 a Martinská 2	426,76	165,38	0,00	130,68	
OVS MMP - Tylova 36	71,17	0,00	0,00	27,56	
OVS MMP - nám. Republiky 16	202,68	0,00	0,00	98,50	
OVS MMP Koterovská 162	155,54	0,00	0,00	165,20	
OVS MMP Jagellonská 8	181,45	37,68	0,00	27,95	
OSI MMP sportovní areál Štruncovy sady	1 570,00	383,33	131,19	1 118,65	20 272
OSI MMP, sportovní areál Luční ul.	1 281,09	9,17	0,00	200,98	
OSI MMP, plavecký bazén Slovany	2 408,89	1 933,33	0,00	1 493,89	
OSI MMP, plavecký bazén Lochotín	314,17	500,00	0,00	480,56	
OSI MMP, zimní stadion	1 881,75	500,00	0,00	2 041,87	
OSI MMP, atletický stadion	222,78	50,00	0,00	98,78	
OSI MMP, městská sportovní hala	1 231,67	283,33	9,30	668,68	
OSI MMP, hala Prokopávka	467,96	216,67	8,74	282,39	
OSI MMP, hokejbalová hala	94,59	23,33	0,00	32,77	
OSI MMP, sportovní hala Krašovská	177,09	0,00	0,00	155,43	
ÚMO 1 alej Svobody 60	167,70	0,00	0,00	45,47	2 466
7. MŠ Kralovická 35	204,17	17,50	0,00	55,56	
60. MŠ Manětínská 37	214,17	23,06	0,00	45,83	
78. MŠ Sokolovská 30	172,50	36,11	0,00	33,33	
81. MŠ Břeclavská	73,89	29,44	0,00	25,00	
87. MŠ Komenského 46	206,94	34,72	0,00	44,72	
90. MŠ Západní 7	439,17	26,39	0,00	60,83	
91. MŠ Jesenická 11 - 13	356,67	24,44	0,00	70,28	
46. MŠ Fibichova 4	0,00	0,00	50,00	7,78	
ÚMO 2 - Koterovská 83	265,00	16,67	0,00	103,33	1 518
2. MŠ U Hvězdárny 26	34,17	8,06	0,00	10,83	
5. MŠ Zelenohorská 25	0,00	0,00	93,89	21,67	
17. MŠ Čapkovo nám. 4	38,89	28,89	0,00	18,33	
21. MŠ Na Celchu 33	61,67	0,00	18,61	15,00	
23. MŠ Topolová 3	72,22	0,00	5,83	15,28	
25. MŠ Ruská 83	89,17	0,00	3,61	23,61	
31. MŠ Spojovací 7	72,22	14,48	3,89	8,89	
37. MŠ Barvínková 18	0,00	0,00	35,56	6,11	
51. MŠ Částkova 6	81,39	0,00	0,00	19,17	
38. MŠ Spojovací 14	55,56	0,00	36,67	21,11	
80. MŠ Úslavská 40	53,89	0,00	0,00	26,67	
89. MŠ Habrová 8	110,56	0,00	0,00	27,22	

ÚMO 3 - sady Pětatřicátníků 1	121,11	0,00	0,00	36,11	2 494
ÚMO 3 - sady Pětatřicátníků 7-9	373,33	0,00	0,00	96,11	
16. MŠ Korandova 11	33,61	22,22	0,00	9,72	
22. MŠ Zikmunda Wintra 19	50,00	0,00	8,78	8,80	
22. MŠ Mánesova 67	41,53	0,00	3,14	9,05	
24. MŠ Schwarzova 4	97,24	16,67	0,00	19,73	
27. MŠ Dvořákova 4	127,92	17,64	0,00	23,42	
27. MŠ Dvořákova 18	0,00	0,00	45,43	5,62	
32. MŠ Resslova 22	82,22	0,00	8,84	13,14	
44. MŠ Tomanova 3,5	32,22	31,67	0,00	13,61	
49. MŠ Puškinova 5	198,06	0,00	0,00	21,67	
55. MŠ Mandlova 6	170,25	41,63	7,16	36,59	
61. MŠ Nade Mží 3	86,93	0,00	4,53	20,30	
61. MŠ Na Průhonu 9	0,00	0,00	47,03	3,99	
63. MŠ Lábkova 30	143,23	29,73	8,15	27,76	
63. MŠ Karla Steinera 25	112,70	30,51	5,08	17,44	
70. MŠ Walterova 26	92,78	6,67	0,00	33,05	
ÚMO 4 - Mohylová 55	188,33	0,00	0,00	33,33	1 203
ÚMO 4 - Mohylová 61	23,89	0,00	0,00	11,11	
ÚMO 4 - Zábělská 54B, D KLUB	83,33	16,39	0,00	13,06	
6. MŠ Republikánská 25	52,50	27,22	3,33	15,56	
33. MŠ Kyšická 51	0,00	0,00	35,28	4,17	
50. MŠ Družby 4	36,94	23,89	2,22	16,94	
54. MŠ Staniční 72	123,89	34,72	0,00	23,89	
57. MŠ Nad Dalmatinkou 1	138,61	33,33	3,33	27,78	
64. MŠ Pod Chlumem 3	127,50	48,37	7,78	46,39	
ÚMO 5 - Křimice + muzeum	0,00	0,00	39,31	39,27	151
MŠ Křimice, Vochovská 25	0,00	0,00	57,78	15,00	
ÚMO 6 - Litice	0,00	0,00	31,76	5,36	113
56. MŠ, Budilovo nám. 72 Litice	0,00	0,00	60,24	15,45	
ÚMO 7 - Radčice	0,00	0,00	57,69	7,78	65
ÚMO 8 - Černice	0,00	0,00	16,67	3,61	20
ÚMO 9 - Malesice	0,00	0,00	35,04	7,46	42
ÚMO 10 - Lhota K Návsi 29/4 + kaplička	0,00	0,00	21,92	15,30	221
ÚMO 10 - K Sinoru 62/51	0,00	0,00	30,67	7,33	
ÚMO 10 - Sokolovna	0,00	0,00	30,80	38,21	
MŠ Lhota, Ke Křížku 19	0,00	0,00	53,81	23,38	
SVSMP Klatovská 10-12	265,00	0,00	0,00	53,61	971
SVSMP U Velkého rybníka 24	0,00	0,00	36,39	8,89	
SVSMP PD Rychtářka	203,06	0,00	0,00	404,44	
Městská policie, Perlová 3	175,28	0,00	0,00	65,83	691
Městská policie, Dominikánská 12	162,50	0,00	0,00	19,86	
Městská policie, Heyrovského 40	53,93	0,00	0,00	4,07	
Městská policie, Karla Steinera 10A	20,00	3,96	0,00	9,57	
Městská policie, Polední 6	35,28	12,76	0,00	21,69	
Městská policie, Psí útulek, Daimlerova	0,00	0,00	0,00	106,14	

1. ZŠ Západní 18 + BAZÉN	1 177,11	187,97	64,78	238,31	19 437
2. ZŠ Schwarzova 20	394,17	66,67	0,00	125,78	
4. ZŠ Kralovická 12	487,78	149,92	0,00	186,78	
7. ZŠ Brněnská 36	487,19	34,71	0,00	96,47	
7. ZŠ (budova MŠ) Brněnská 38	192,82	8,88	0,00	54,69	
10. ZŠ nám. Míru 6	146,71	52,76	0,00	42,73	
10. ZŠ a 10. ŠJ nám. Míru 4	233,78	34,92	0,00	200,83	
11. ZŠ Baarova 31	233,78	34,92	0,00	52,96	
11. ŠJ Baarova 29	190,00	0,00	108,61	134,44	
13. ZŠ Habrmannova 45	178,61	78,90	0,00	33,94	
13. ŠJ Habrmannova	161,67	50,27	26,60	49,01	
14. ZŠ Zábělská 25	579,71	115,84	21,06	98,51	
15. ZŠ Terezie Brzkové 33-35	940,28	16,67	208,38	227,69	
16. ZŠ Americká 30 a Resslova 6	0,00	0,00	325,53	33,52	
16. ZŠ a MŠ Ke Kostelu 116/3	0,00	0,00	34,84	5,93	
16. ZŠ odloučené pracoviště Radčice	0,00	0,00	8,72	1,22	
16. ZŠ - MŠ Radčice, Stromková 170	0,00	0,00	78,79	20,91	
17. ZŠ a MŠ Malická 1 a Křížkova 2	392,41	66,14	8,15	85,84	
17. ZŠ a MŠ Zručská cesta 4	104,32	0,00	5,81	10,46	
20. ZŠ Brojova 13	279,38	0,00	27,25	111,05	
21. ZŠ Slovanská alej 13	362,22	83,44	8,33	71,04	
21. ZŠ, ŠJ Ruská 81	67,67	17,58	80,31	67,67	
22. ZŠ Na Dlouhých 49	510,00	96,94	63,06	95,47	
25. ZŠ Chválenická 17	768,16	0,00	143,22	202,25	
26. ZŠ Skupova 22	277,22	31,99	0,00	34,82	
26. ZŠ Přeučilova 12, Litice	176,50	0,00	0,00	41,83	
28. ZŠ Rodinná 39	432,50	26,67	25,11	183,21	
31. ZŠ E. Krásnohorské 10	347,31	128,44	10,94	140,39	
31. ZŠ E. Krásnohorské 10 HALA	124,26	11,71	0,00	97,29	
33. ZŠ Terezie Brzkové 31	400,28	111,43	25,49	114,48	
33. ZŠ Terezie Brzkové 31 BAZÉN	481,94	0,00	0,00	85,63	
34. ZŠ Gerská 32	328,06	120,30	0,00	93,09	
Benešova ZŠ, Doudlevecká 35	285,86	65,56	6,39	85,25	
Benešova ZŠ a MŠ, Doudlevecká 37	0,00	0,00	100,20	7,49	
Bolevecká základní škola	1 036,29	151,50	38,04	137,21	
Masarykova ZŠ Jiráskovo nám. 10	478,06	43,33	2,28	97,04	
Tyršova ZŠ a MŠ, U Školy 7	0,00	0,00	188,14	42,08	
Tyršova ZŠ a MŠ, Vltavínová 10	0,00	0,00	37,14	11,71	
ZŠ Újezd, Národní 1	0,00	0,00	121,44	18,68	
ZŠ Božkov, Vřesinská 17	0,00	0,00	149,30	38,12	
DJKT - Velké divadlo, Smetanovy sady 16	1 038,33	0,00	0,00	318,06	3 398
DJKT - Nové divadlo, Palackého nám. 30	605,56	130,28	0,00	757,22	
DJKT - Sedláčkova 2; Bezručova	0,00	0,00	143,06	6,67	
DJKT - dílny a sklady Kovářská 10	312,22	0,00	0,00	86,94	
Divadlo Alfa, Rokycanská	216,11	0,00	48,33	64,17	329
KMP Macháčkova 28	95,83	0,00	0,00	19,44	515

GATUM

KMP Studentská 22	42,22	7,78	0,00	15,28	
KMP B. Smetany 13	232,22	0,00	0,00	102,50	
ZaBZ - areál ZOO	0,00	0,00	1 802,78	1 454,44	3 964
ZaBZ - správní budova	0,00	0,00	20,56	500,83	
ZaBZ - AKVA Palackého 5	0,00	0,00	81,11	104,17	
SITmP, Dominikánská 4	50,56	0,00	1,80	351,39	1 994
SITmP, Cukrovarská ul.	0,00	0,00	244,44	103,89	
SITmP, Koterovská	572,78	53,33	0,00	615,84	
ÚKEP, Divadelní 3	0,00	0,00	90,28	10,00	100
Dětské centrum, Na Chmelnicích 6	161,67	32,78	6,03	72,14	428
Dětské centrum, Partyzánská 55	79,44	25,18	0,00	50,67	
MÚSS, DD a ÚSP Kotíkovská 15	923,89	358,06	164,17	545,83	3 343
MÚSS, Klatovská 90 - ředitelství	75,28	0,00	0,00	28,06	
MÚSS, Macháčkova 47 - vývařovna	30,83	10,83	27,50	56,39	
MÚSS, ÚSP - Bory, Klatovská 145	141,11	17,50	0,00	60,00	
MÚSS, ÚSP Rabštejnská 29	313,89	81,11	0,00	42,50	
MÚSS, DSZR a DSP Západní 7	399,44	15,28	0,00	51,67	
SHAK - areál ústředního hřbitova	0,00	0,00	1 883,61	130,00	2 014
Kolektory OSI MMP	0,00	0,00	0,00	97,47	97,47
VO SVSMP	0,00	0,00	0,00	10 966	10 966
CELKEM [MWh]	**35 566**	**7 332**	**7 565**	**29 661**	**80 124**

Příloha č. 2 – Vhodné objekty pro budoucí instalaci FVE

Objekt	Adresa	Spotřeba EE [MWh]	Využitelná část střechy [m²]	Možný instalovaný výkon [kWp]	Výroba EE [MWh]
1. Základní škola	Západní 18	212	2 000	300	285
10. ŠJ	nám. Míru 4	74	168	25	24
10. Základní škola	nám. Míru 6	33	518	78	74
11. ŠJ	Baarova 31	37	84	13	12
11. Základní škola	Baarova 31	26	513	77	73
13. Základní škola	Habrmannova 45 45	41	200	30	29
14. Základní škola	Zábělská 25	55	1 220	183	174
15. Základní škola	Terezie Brzkové 33-35	141	1 003	150	143
Bolevecká základní škola	nám. Odboje 18	122	2 385	358	340
16. Základní škola	Americká 30	27	182	27	26
16. Základní škola	Resslova 6	24	0	0	0
22. Základní škola	Na Dlouhých 49	70	140	21	20
25. Základní škola	Chválenická 17	96	375	56	53
26. Základní škola - BORY	Skupova 33	50	675	101	96
28. Základní škola	Rodinná 39	52	875	131	125
31. Základní škola	Elišky Krásnohorské 10	84	975	146	139
Gymnázium F. Křižíka	Sokolovská 54	88	1 050	158	150
33. Základní škola	Terezie Brzkové 31	154	800	120	114
34. Základní škola	Gerská 32	100	950	143	135
4. Základní škola	Kralovická 12	148	1 325	199	189
Akademie hotelnictví a cest. ruchu	Nade Mží 1	35	650	98	93
7. Základní škola	Brněnská 36	85	875	131	125
Sportovní hala Krašovská	Krašovská 32	115	452	68	64
Domov důchodců Bory	Klatovská tř. 145	200	213	32	30
Domov důchodců Lochotín	Kotíkovská 15	392	586	79	75
MÚSS, spec. ZŠ	Rabštejnská 29	52	386	58	55
Domov penzion pro důchodce	U Jam 23	23	736	110	105
Domov penzion pro důchodce	Krajní 5	44	205	31	29
Domov penzion pro důchodce	Prostřední 48	32	275	41	39
Knihovna města Plzně	Macháčkova 28	9	100	15	14
Knihovna města Plzně	Kralovická 22	10	125	19	18
Kojenecký ústav s dětským domovem	Partyzánská 55	10	100	15	14
Kojenecký ústav s dětským domovem	Na Chmelnicích 6	152	80	12	11
Kulturní zařízení ÚMO 2	Šeříková ul.	42	275	41	39
ÚMO 2	Koterovská 83	110	539	27	26
ÚMO 4	Mohylová 55	0	200	30	29
Sportovní stadion	Štruncovy sady 3	1 100	546	82	78

Sportovní areál-zázemí	Štruncovy sady 3	20	142	21	20
Sportovní hala (Lokomotiva)	Úslavská 75	500	1 613	242	230
Sportovní areál Prokopávka	K Prokopávce 45	200	500	75	71
Sportovní areál	Luční 60 A	0	375	56	53
Hokejbalová hala	Kralovická 35	30	563	84	80
DD Domino MÚSS	Západní 7	50	384	58	55
7. MŠ	Kralovická 35	53	418	63	59
multifunkční areál ÚMO 1	Žlutická 2	10	523	78	74
MŠ (pod 7.ZŠ)	Brněnská 38	22	155	23	22
24. MŠ	Schwarzova 4	18	101	15	14
27. MŠ	Dvořákova 4	25	77	11	11
32. MŠ	Resslova 22	10	23	3	3
91. MŠ	Jesenická 11,13	52	645	97	92
87. MŠ	Komenského 46	41	445	67	63
57. MŠ	Nad Dalmatinkou 1	20	331	50	47
64. MŠ	Pod Chlumem 3	27	1 204	181	172
50. MŠ	Družby 4	17	82	12	12
6. MŠ	Republikánská 25	15	70	11	10
63. MŠ	Lábkova 30	20	330	50	47
61. MŠ	Nade Mží 3	12	233	35	33
49. MŠ	Puškinova 5	20	245	37	35
21. MŠ	Na Celchu 33	25	149	22	21
23. MŠ	Topolová 3	9	97	15	14
25. MŠ	Ruská 83	14	102	15	15
80. MŠ	Úslavská 80	24	74	11	11
90. MŠ	Západní 7, 9	57	468	70	67
MP služebna	Heyrovského 40	55	56	8	8
MP služebna	Karla Steinera 10 a	55	73	11	10
MP psí útulek	Daimlerova	50	343	51	49
CELKEM		**5 496**	**31 602**	**4 677**	**4 443**

Příloha č. 3 – potenciální objekty pro instalaci mikroKGJ a tepelného čerpadla

Instalace KGJ				
kategorie objektu	**počet objektů**	**celková spotřeba elektrické energie [MWh]**	**celková spotřeba plynu [MWh]**	**navržený výkon KGJ [kW]**
MěÚ	2	166	301	60–100
ÚMO	2	77	70	60–100
ZŠ a MŠ	7	198	1 011	210–350
ostatní	4	2 189	3 788	120–200
Celkem	**15**	**2 631**	**5 170**	**450-750**
Instalace TČ				
kategorie objektu	**počet objektů**	**celková spotřeba elektrické energie [MWh]**	**celková spotřeba plynu [MWh]**	**navržený výkon TČ [kW]**
MěÚ	2	115	36	22–60
ÚMO	6	47	194	66–180
ZŠ a MŠ	11	84	512	121–330
ostatní	2	17	233	22–60
Celkem	**21**	**263**	**976**	**231–630**

Příloha č. 4 – Kroky pro založení a zprovoznění LDS

Po úspěšném získání licence od ERÚ je nutné provést registraci a další kroky u Operátora trhu (dále také jako „OTE“), aby mohla být LDS uvedena do provozu:

1. Registrace provozovatele a sítě u OTE

Prvním krokem po získání licence je registrace v systému OTE. Tento proces má dvě hlavní fáze:

- Registrace účastníka trhu: budoucí provozovatel se musí nejprve zaregistrovat jako účastník trhu. Tím získá své unikátní 13místné identifikační číslo (EAN RÚT) a zaregistruje svou první distribuční soustavu.
- Registrace dalších sítí: pokud provozovatel zakládá další LDS, postupuje již zjednodušeným procesem. Vyplní formulář pro registraci sítě a zašle jej na e-mail OTE. Na základě toho je síti přiděleno unikátní 4místné číslo a tzv. dopočtový EAN, který slouží pro evidenci a zúčtování ztrát v dané síti.

Aby mohla být síť aktivována a bylo možné do ní registrovat odběrná místa, je nutné splnit dvě klíčové podmínky:

- uzavřít smlouvu s provozovatelem nadřazené distribuční soustavy,
- přiřadit k dopočtovému EAN sítě obchodníka s elektřinou, jenž bude zodpovídat za odchylku.

2. Generování a přidělení EAN kódů odběrným místům

Po aktivaci sítě získá provozovatel LDS právo vytvářet 18místné EAN kódy pro jednotlivá odběrná a předávací místa (dále jen „OPM“) v rámci své soustavy.

- Struktura EAN kódu: kód má pevně danou strukturu 8591824XXXXYYYYYY, kde 8591824 je prefix, XXXX je 4místné číslo sítě přidělené OTE a za YYYYYY se dosazují hodnoty od 0000000 do 9999999, což je interní číslování provozovatele LDS.
- Nástroje pro generování: pro vytvoření správných EAN kódů včetně kontrolní číslice poskytuje OTE nástroje, jako je webový generátor nebo excelový soubor pro hromadné generování.

3. Registrace odběrných míst v systému OTE

Každé vytvořené odběrné místo (OPM) s přiděleným EAN kódem musí být zaregistrováno v systému OTE. To lze provést dvěma způsoby:

- Webový formulář: pro jednotlivou registraci přímo v portálu OTE.
- Hromadný import (XML zpráva): pro registraci většího počtu OPM je efektivnější využít excelový generátor, který na základě zadaných technických dat vytvoří XML soubor. Ten se následně nahraje do systému OTE.

Při registraci je nutné vyplnit základní technická data pro každé OPM, jako je napěťová hladina, typ měření (A, B, C) nebo třída typového diagramu dodávky (dále také „TDD“).

4. Přiřazení dodavatele a subjektu zúčtování

Samotná registrace OPM nestačí. Aby mohlo odběrné místo legálně odebírat elektřinu a vstupovat do zúčtování odchylek, musí k němu být přiřazen dodavatel elektřiny a subjekt zúčtování (ten, kdo nese odpovědnost za odchylku).

- Proces „Změna dodavatele“: toto přiřazení se provádí v portálu OTE prostřednictvím procesu „Změna dodavatele“. V tomto případě se nejedná o faktickou změnu, ale o prvotní nastavení.
- Hromadné podání: žádost lze podat hromadně až pro 1000 EAN kódů najednou. V žádosti se uvede EAN dodavatele a EAN subjektu zúčtování, který bude za odchylku v LDS zodpovídat.

- Schválení a aktivace: po podání žádosti ji musí schválit příslušný subjekt zúčtování. Po uplynutí zákonné lhůty (10 pracovních dnů) je změna vyhodnocena a dodavatel je k OPM přiřazen. Teprve od tohoto data vzniká provozovateli LDS povinnost předávat pro dané OPM naměřená data.

Příloha č. 5 – Ukázka dobré praxe – navýšení energetické soběstačnosti budov

Inovativní projekty – ČR a Slovensko

1. Ekocentrum a obecní úřad Hostětín (Česká republika)

Projekt v obci Hostětín (Zlínský kraj) vznikl z iniciativy a ve spolupráci několika organizací, především **Ekologického institutu Veronica a samotné obce**. Budova pasivního domu, sloužící jako obecní úřad a vzdělávací centrum, byla dokončena v roce 2006.

Cílem projektu bylo vytvořit **modelovou veřejnou budovu**, jež v praxi ukáže integrovaný přístup k udržitelnosti na úrovni obce. Záměrem bylo postavit budovu s téměř **nulovou spotřebou energie** z neobnovitelných zdrojů, která bude plně využívat místní zdroje a šetrné technologie. Projekt měl sloužit jako inspirace a „živá učebnice“ pro ostatní obce a města, jak lze stavět a provozovat veřejné budovy ekologicky a ekonomicky.

Budova v Hostětíně byla jednou z prvních veřejných staveb v pasivním standardu v České republice a stala se symbolem komunitní udržitelnosti. Její koncept je ideálně škálovatelný pro menší městské projekty, jako jsou komunitní centra, mateřské školy nebo pobočky knihoven. K dosažení cílů využívá kombinaci technologií.

- **Pasivní standard**: budova má vynikající tepelnou izolaci (z velké části z recyklovaného papíru), kvalitní okna a řízené větrání s rekuperací tepla, což minimalizuje potřebu vytápění.
- **Solární energie**: na fasádě a střeše jsou umístěny fotovoltaické panely pro výrobu elektřiny a solární termické kolektory pro ohřev vody.
- **Vytápění biomasou**: jako doplňkový zdroj tepla slouží kotel na místní dřevní štěpku, napojený na obecní výtopnu.
- **Kořenová čistírna a dešťová voda**: odpadní vody čistí kořenová čistírna a dešťová voda je využívána pro splachování a zalévání přilehlé přírodní zahrady.

Projekt dokazuje, že i menší veřejné budovy mohou být technologickými lídry a centry osvěty v oblasti udržitelného stavitelství.



Obrázek 14 Ilustrace pasivního domu v Hostětíně
Zdroj: https://hostetin.veronica.cz/pasivni-dum

2. Centrála ČSOB (Praha, Česká republika)

Projekt nové **centrály banky ČSOB v Praze-Radlicích** zaštítil architekt **Josef Pleskot** a jeho **studio AP atelier**. První budova (SHQ) byla dokončena v roce 2007, druhá (HHQ) v roce 2019.

Cílem projektu bylo vytvořit moderní a energeticky vysoce úsporné pracovní prostředí, které **minimalizuje svůj dopad na životní prostředí**. Záměrem bylo integrovat velký kancelářský komplex do okolní krajiny a vytvořit udržitelný kampus, který maximálně využívá OZE energie přímo na místě. Projekt měl ukázat, že i velká korporátní centrála může být postavena v souladu s nejpřísnějšími ekologickými standardy, což je inspirací pro jakoukoliv velkou veřejnou stavbu.

Budovy centrály ČSOB získaly nejvyšší mezinárodní certifikace zelených budov (LEED Platinum) a patří k nejekologičtějším kancelářským komplexům ve střední Evropě. Energetická náročnost je o více než 50 % nižší než u běžných budov. Toho je dosaženo kombinací několika technologií.

- **Geotermie a energetické piloty:** pro vytápění a chlazení budovy se primárně využívá systém 176 vrtů sahajících do hloubky až 150 metrů. Tyto vrty využívají stabilní teplotu země a fungují jako obří sezónní úložiště tepla a chladu, což je technologie přímo přenositelná na jakoukoliv větší novostavbu (např. univerzitní kampus, knihovna).
- **Zelené střechy:** rozsáhlé zelené střechy zadržují dešťovou vodu, zlepšují mikroklima a poskytují tepelnou izolaci.
- **Pasivní design a stínění:** orientace budov a vnější stínicí lamely maximalizují využití denního světla a zároveň zabraňují letnímu přehřívání.
- **Recyklace a hospodaření s vodou:** budova sbírá dešťovou a šedou vodu, kterou po přečištění využívá ke splachování a zavlažování.

Projekt je ukázkovým příkladem udržitelné komerční architektury, jehož technologické principy může město Plzeň využít při stavbě vlastních velkých budov nebo je vyžadovat od soukromých developerů.



Obrázek 15 Nové ústředí ČSOB Group v Praze – Radlicích
Zdroj: http://www.arch.cz/pleskot/?1100330012240076080017680

3. EINPARK (Bratislava, Slovensko)

Projekt kancelářské budovy EINPARK v Bratislavě realizovala **developerská společnost Corwin**. Budova, navržená architektem Iľjou Skočkem, byla dokončena v roce 2017.

Cílem projektu bylo postavit v rušné městské lokalitě budovu, která bude nejen energeticky efektivní, ale také aktivně přispěje ke **zlepšení kvality svého okolí**. Hlavním záměrem bylo vytvořit zdravé pracovní prostředí a zároveň pomocí inovativních prvků bojovat s negativními dopady městského prostředí, jako jsou hluk, prach a letní přehřívání. Projekt měl ambici stát se první budovou na Slovensku s nejvyšší certifikací zelených budov LEED Platinum, což se podařilo.

EINPARK je známý především díky své unikátní „**živé fasádě**" a je vzorem pro udržitelnou kancelářskou výstavbu, jejíž prvky může město aplikovat na vlastní budovy nebo je začlenit do podmínek pro novou výstavbu. Jeho přínosy jsou postaveny na několika technologiích.

- **Vertikální zelená stěna:** na fasádě budovy se nachází největší vertikální zelená stěna ve střední Evropě (přes 550 m²). Tisíce živých rostlin přirozeně ochlazují budovu, pohlcují CO_2, produkují kyslík, zachytávají prachové částice a tlumí hluk z přilehlé rušné komunikace. Jedná se o vysoce efektivní nástroj pro zlepšení mikroklimatu v ulicích.
- **Energetická efektivita:** budova využívá pokročilé technologie vytápění a chlazení, inteligentní systém řízení a úsporné osvětlení, díky čemuž dosahuje o 40 % nižší spotřeby energie.
- **Udržitelné materiály:** při stavbě byly použity materiály s vysokým podílem recyklovaného obsahu a nízkým obsahem těkavých organických látek.
- **Podpora alternativní dopravy:** projekt zahrnuje nadstandardní zázemí pro cyklisty (úschovny, sprchy) a nabíjecí stanice pro elektromobily.

Projekt EINPARK demonstruje, jak lze pomocí zelené infrastruktury integrovat velkou budovu do města a zároveň aktivně zlepšovat jeho životní prostředí, což je klíčová strategie udržitelného rozvoje.



Obrázek 16 Budova EINPARK
Zdroj: https://www.corwin.sk/cz/nas-projekt/einpark-offices

4. LIKO-Vo (Slavkov u Brna, Česká republika)

Projekt zaštítila česká rodinná firma **LIKO-S a.s.** pod vedením Libora Musila, ve spolupráci s architektem Zdeňkem Fránkem. Vývojové centrum, označované jako „první živá hala na světě“, bylo dokončeno a zprovozněno v roce 2019.

Cílem projektu bylo postavit a ověřit **funkčnost průmyslového objektu**, jenž funguje v symbióze s přírodou a **nepotřebuje klimatizaci**. Záměrem bylo vytvořit prototyp budovy, která dokáže přirozeně vzdorovat přehřívání, efektivně hospodařit s veškerou vodou a zároveň sloužit jako výzkumné pracoviště. Projekt měl dokázat, že i výrobní a kancelářská budova může být energeticky soběstačná, ekologicky přínosná a může aktivně ochlazovat své okolí, čímž bojuje proti efektu tepelného ostrova ve městech.

LIKO-Vo je považováno za první stavbu svého druhu. Díky kombinaci technologií a přírodních principů dosahuje budova v letních měsících teploty až o 10 °C nižší než její okolí. Toho dosahuje kombinací několika technologií.

- **Zelená fasáda a střecha:** plášť budovy je pokryt živou vegetací, která slouží jako přirozená tepelná izolace, ochlazuje budovu odpařováním vody (evapotranspirace), filtruje prach a snižuje hluk.
- **Kořenová čistírna odpadních vod:** veškerá odpadní voda z budovy (šedá i černá) je čištěna pomocí kořenového systému rostlin a následně znovu využita pro zavlažování zelené fasády a splachování.
- **Fotovoltaika a bateriové úložiště:** FVE na střeše pokrývá veškerou spotřebu energie a přebytky ukládá do bateriového systému pro pozdější využití.
- **Hospodaření s dešťovou vodou:** dešťová voda je sbírána do retenčního jezírka, které slouží jako zdroj vody pro zavlažování a zároveň podporuje lokální biodiverzitu.

Projekt se stal mezinárodně uznávaným příkladem udržitelné průmyslové architektury a je přímo aplikovatelný na nové veřejné budovy (školy, úřady, sportoviště) nebo na budovy v městských technologických parcích.



Obrázek 17 Realizovaná živá hala pod záštitou společnosti LIKO-S
Zdroj: https://www.liko-s.cz/cs/liko-s-predstavil-prvni-zivou-halu-na-svete

5. Využití odpadního tepla (Litomyšl, Česká republika)

Projekt propojující **městský plavecký bazén** a **soukromé datové centrum T-Mobile** realizovalo město Litomyšl ve spolupráci s provozovatelem centra. Systém byl spuštěn v roce 2021.

Cílem projektu bylo nalézt efektivní a ekologický způsob **vytápění městského plaveckého bazénu** a zároveň smysluplně využít **obrovské množství odpadního tepla**, které produkuje sousední datové centrum. Záměrem bylo vytvořit ukázkový příklad lokální průmyslové symbiózy, kde odpad jednoho provozu slouží jako cenný zdroj pro druhý. Město tím chtělo radikálně snížit provozní náklady bazénu, snížit jeho závislost na plynu a redukovat lokální emise CO_2.

Projekt je jedním z prvních svého druhu v České republice a je přímočarým, vysoce efektivním modelem, který může být replikován kdekoli, kde se v blízkosti městských nemovitostí (bazény, školy, bytové domy) nachází zdroj odpadního tepla (průmyslové provozy, datová centra, chladicí zařízení supermarketů).

- **Cirkulární ekonomika v praxi:** horká voda (cca 30 °C) z chladicího okruhu serverů je potrubím vedena do výměníkové stanice bazénu.
- **Tepelné čerpadlo:** v této stanici TČ „povýší“ teplotu vody na úroveň potřebnou pro vytápění bazénové vody (cca 28 °C), ohřev sprch (až 60 °C) a vytápění celé budovy.
- **Energetická a ekonomická úspora:** tento systém pokrývá až 90 % roční potřeby tepla bazénu. Město Litomyšl díky tomu ušetří miliony korun ročně a sníží svou uhlíkovou stopu o stovky tun CO_2.
- **Škálovatelnost:** princip je jednoduše přenositelný a představuje obrovský, dosud málo využitý potenciál pro snižování nákladů na energie ve městech.

Projekt je zářným příkladem chytrého a pragmatického řešení, které může město aktivně vyhledávat a iniciovat ve spolupráci se soukromým sektorem.



Obrázek 18 Městský plavecký bazén v Litomyšli
Zdroj: https://www.bazen-litomysl.cz/obazenu.php

Inovativní projekty – EU

1. Heliotrop (Freiburg, Německo)

Projekt zaštítěn architektem a vizionářem **Rolfem Dischem** (Rolf Disch SolarArchitektur). První prototyp byl dokončen v roce 1994.

Cílem projektu bylo vytvořit první obytný dům na světě, který **vyprodukuje výrazně více energie**, **než sám spotřebuje**, a to čistě **z OZE**. Koncept je založen na myšlence **dynamického přizpůsobení se slunci**. Heliotrop (název odvozený z řeckých slov pro „slunce“ a „otáčet se“) je navržen jako válec na centrálním otočném sloupu. Jedna strana domu je plně prosklená trojitými skly pro maximální solární zisky v zimním období, zatímco druhá strana je masivně izolovaná a bez oken. Budova se pomalu otáčí za sluncem, aby v zimě maximalizovala teplo a světlo, a v létě se naopak od slunce odvracela svou izolovanou stranou, aby se zabránilo přehřívání. Záměrem bylo dokázat, že i jednotlivá budova může fungovat jako malá, aktivní a zisková elektrárna.

Heliotrop je považován za první „PlusEnergy“ (**energeticky pozitivní**) dům na světě. V praxi **vyrobí přibližně 5-6krát více energie, než spotřebuje**. Toho dosahuje kombinací několika technologií.

- **Fotovoltaiky:** velký střešní fotovoltaický panel (6,6 kWp), jenž se nezávisle na budově také otáčí za sluncem, a maximalizuje tak výrobu elektřiny.
- **Solární termiky:** na zábradlí balkonů jsou integrovány vakuové trubicové kolektory, které zajišťují ohřev teplé vody a podporují vytápění.
- **Geotermie:** TČ země-voda využívá stabilní teplotu podloží.
- **Recyklace:** dům je vybaven systémem na čištění šedé vody (z koupelen a kuchyně) a kompostovací toaletou, čímž minimalizuje spotřebu pitné vody a produkci odpadu.

Projekt se stal ikonou udržitelné architektury a inspiroval další projekty Rolfa Dische, jako je solární sídliště „Solarsiedlung“ a komerční budova „Sonnenschiff“ ve stejné čtvrti ve Freiburgu.



Obrázek 19 Budova Heliotrop

Zdroj: https://rolfdisch.de/en/projects/das-heliotrop-2/, https://www.archilovers.com/projects/44203/heliotrop.html

2. BedZED (Londýn, Velká Británie)

Projekt s názvem Beddington Zero Energy Development, zkráceně jen BedZED, byl instalován v Hackbridge (Sutton, Londýn, Velká Británie) konsorciem, které tvoří organizace **BioRegional**, developerská společnost **Peabody Trust** a architektonické studio **ZEDfactory** (architekt Bill Dunster). Výstavba probíhala v letech 2000-2002, projekt byl dokončen v roce **2002**.

BedZED byl navržen jako první rozsáhlá, uhlíkově neutrální komunita ve Velké Británii. Záměrem bylo vytvořit dostupné a atraktivní bydlení, které by minimalizovalo ekologickou stopu svých obyvatel ve všech klíčových oblastech: spotřebě energie, vody, dopravě a odpadech. Projekt měl dokázat, že udržitelný životní styl je možný i v hustě osídleném městském prostředí, a to bez kompromisů v kvalitě života. Skládá se ze 100 bytových jednotek, kancelářských prostor a komunitních zařízení.

Monitoring po dokončení projektu prokázal významné úspory ve srovnání s průměrnými britskými domácnostmi.

- **Vytápění:** spotřeba energie na vytápění byla snížena o **88 %** díky pasivnímu solárnímu designu (orientace na jih), vynikající izolaci (300 mm) a rekuperaci tepla.
- **Elektřina:** spotřeba elektřiny byla o **25 % nižší**, částečně díky energeticky úsporným spotřebičům a 777 m² fotovoltaických panelů.
- **Voda:** spotřeba pitné vody se snížila o **50 %** díky úsporným armaturám a systému na sběr dešťové vody.
- **Doprava:** osobní automobilová doprava obyvatel byla o **65 % nižší**, a to díky podpoře chůze, cyklistiky, dobrému napojení na veřejnou dopravu a zavedení prvního car-sharingového klubu v Anglii. Ikonickým prvkem jsou barevné „**wind cowls**“ (větrné komíny) na střechách, které zajišťují pasivní ventilaci s rekuperací tepla. Ačkoliv původní KGJ na dřevní štěpku čelila technickým problémům, projekt zůstává globálním vzorem pro udržitelný urbanismus a komunitní bydlení.



Obrázek 20 BedZED.
Zdroj: Photo: ©Françoise Labbé, https://www.neighbourhoodguidelines.org/zero-energy-ecovillage-bedzed-uk

3. BIQ Dům (Hamburk, Německo)

Projekt s názvem Bio-Intelligent Quotient (BIQ) House, realizovaný v Wilhelmsburgu v německém Hamburku v roce 2013 pod vedením **Splitterwerk Architects** a **Arup** v rámci Mezinárodní stavební výstavy (IBA Hamburg).

Hlavním záměrem projektu bylo vytvořit a otestovat první budovu na světě s **bio-adaptivní fasádou**. Cílem bylo demonstrovat, jak lze biologické procesy (konkrétně růst mikroskopických řas) integrovat do architektury a využít je pro energetickou soběstačnost budovy. Fasáda měla plnit několik funkcí současně: poskytovat dynamické stínění, generovat teplo a produkovat biomasu jako OZE. Jedná se o průkopnický experiment na pomezí architektury, biologie a energetiky.

Fasáda se skládá ze 129 skleněných fotobioreaktorů naplněných vodou, do které jsou dodávány živiny a CO_2. V reaktorech rostou řasy (druh Chlorella). BIQ House disponuje:

- **dynamickým stíněním:** čím více svítí slunce, tím rychleji řasy rostou, a tím hustší je zelená suspenze, která přirozeně stíní interiér a zabraňuje jeho přehřívání,
- **produkcí tepla:** fasáda funguje jako solární termální kolektor. Voda s řasami se zahřívá a toto teplo je pomocí výměníků odebíráno a ukládáno do podzemních zásobníků pro vytápění budovy a ohřev vody,
- **produkcí biomasy:** „sklizené“ řasy (hustá biomasa) jsou fermentovány v externí BPS, kde se z nich vyrábí bioplyn. Tím budova aktivně produkuje OZE. Projekt prokázal, že koncept je funkční, i když jeho ekonomická návratnost a údržba jsou stále předmětem výzkumu. BIQ Dům získal celosvětovou pozornost a otevřel diskusi o nových formách živé, responzivní architektury.



Obrázek 21 (a) Dům BIQ, Hamburk a (b) panel použitý jako součást fasády
Zdroj: NordNordWest, Licence: Creative Commons by-sa-3.0 [CC BY-SA 3.0]

4. Aktivní dům B10 (Stuttgart, Německo)

Aktivhaus B10 ve Stuttgartu v Německu byl postaven a zprovozněn v roce 2014 společností architektů **Werner Sobek Group**.

Cílem projektu bylo postavit minimalistický, plně recyklovatelný a energeticky aktivní dům. Název „B10“ odkazuje na adresu Bruckmannweg 10. Dům měl fungovat jako výzkumná platforma pro testování inovativních technologií a materiálů. Hlavním záměrem bylo vytvořit budovu, která nejenže pokryje vlastní energetickou spotřebu, ale vyrobí **dvojnásobek své potřeby** z OZE. Tento přebytek energie měl být využíván pro napájení elektromobilů a sdílení se sousední budovou v rámci chytré sítě.

B10 je ukázkou maximální efektivity a inteligentního řízení, vyniká:

- **energetickou bilancí:** díky FVE na střeše a sofistikovanému energetickému managementu dům skutečně produkuje přibližně 200 % své energetické potřeby (cca 8 300 kWh/rok),
- **inteligentním řízením:** budova je vybavena prediktivním systémem, který se učí zvyky uživatelů a reaguje na předpověď počasí, aby optimalizoval výrobu, spotřebu a ukládání energie do baterií,
- **aplikací Cradle-to-Cradle:** dům je navržen podle principu „od kolébky ke kolébce“. Všechny materiály a konstrukční spoje jsou navrženy tak, aby bylo možné budovu na konci její životnosti snadno rozebrat a jednotlivé komponenty plně recyklovat nebo kompostovat,
- **inovacemi:** projekt využívá vakuová izolační skla, lehkou textilní fasádu a byl kompletně prefabrikován a na místě sestaven za jediný den. Přebytečná energie sloužila k dobíjení dvou elektromobilů a k napájení sousedního Weissenhofského muzea.



Obrázek 22 Aktivní dům B10
Zdroj: https://www.detail.de/de_en/modular-wooden-building-with-a-membrane-skin-stuttgarts-experimental-b10-house-26531?srsltid=AfmBOopva_XOG3V9-S4HObuIjiSYD175VJkIVhSNkjWfwq3qGCnpqVRo

5. Bosco Verticale (Milán, Itálie)

Projekt s názvem Bosco Verticale (Vertikální les) byl instalován **Studiem Boeri** (architekti Stefano Boeri, Gianandrea Barreca, Giovanni La Varra) v Miláně v Itálii v roce 2014.

Hlavním záměrem projektu nebylo pouze postavit obytné věže, ale vytvořit prototyp budovy, která aktivně přispívá k regeneraci městského prostředí a biodiverzity. Cílem bylo **integrovat živý les do vertikální stavby**, a tím bojovat proti negativním dopadům urbanizace, jako je znečištění ovzduší, tepelné ostrovy a ztráta zeleně. Dvě věže (vysoké 111 m a 76 m) jsou domovem pro více než 20 000 rostlin, včetně 800 stromů, 15 000 trvalek a 5 000 keřů, což odpovídá přibližně 2 hektarům lesa.

Bosco Verticale přispívá k energetické soběstačnosti především pasivními prostředky a zároveň poskytuje řadu environmentálních benefitů.

- **Snížení energetické náročnosti:** hustá vegetace funguje jako dynamický plášť budovy. V létě poskytuje stín, čímž snižuje teplotu v bytech a **redukuje potřebu klimatizace přibližně o 3 °C**. V zimě, po opadu listí, propouští sluneční světlo a teplo do interiérů.
- **Zlepšení mikroklimatu:** rostliny filtrují prachové částice, pohlcují přibližně 25 tun CO_2 ročně a produkují kyslík. Tlumí také městský hluk.
- **Podpora biodiverzity:** vertikální les se stal útočištěm pro mnoho druhů ptáků a hmyzu, čímž zvyšuje biologickou rozmanitost v centru města.
- **Další technologie:** projekt je doplněn fotovoltaickými panely na střeše, geotermálními TČ a systémem pro recyklaci šedé a dešťové vody, která se používá pro zavlažování vegetace. Bosco Verticale získalo řadu prestižních ocenění a inspirovalo vznik podobných projektů po celém světě.



Obrázek 23 Pohled na Bosco Verticale
Zdroj: https://www.stefanoboeriarchitetti.net/en/project/vertical-forest/

6. The Edge (Amsterdam, Nizozemsko)

Developer **OVG Real Estate** (nyní EDGE), hlavní nájemce Deloitte. Architekt: **PLP Architecture** dokončili v roce 2014 instalaci projektu s názvem The Edge. Realizace proběhla v Zuidasu, Amsterdamu v Nizozemsku.

Cílem bylo postavit nejudržitelnější a nejchytřejší kancelářskou budovu na světě. Záměr přesahoval pouhou energetickou úspornost; měl vytvořit pracovní prostředí, které se dynamicky přizpůsobuje potřebám svých uživatelů a optimalizuje každý aspekt svého provozu – od spotřeby energie po využití pracovních míst. Budova měla sloužit jako ukázkový příklad, jak digitalizace a udržitelný design mohou společně vést k energetické pozitivitě a zvýšené produktivitě zaměstnanců.

The Edge dosáhla v době svého dokončení nejvyššího hodnocení udržitelnosti BREEAM v historii (98,4 %). Je energeticky pozitivní, což znamená, že **ročně vyrobí o 2 % více energie, než spotřebuje**. Technologie The Edge:

- **výroba energie:** střecha a jižní fasáda jsou pokryty 6 000 m² fotovoltaických panelů,
- **vytápění a chlazení:** klíčovou technologií je **akviferové termální úložiště energie (ATES)**. Dva 130 metrů hluboké vrty pod budovou slouží k ukládání sezónního tepla a chladu. V létě je teplá voda ukládána do jednoho vrtu a studená čerpána z druhého pro chlazení budovy, v zimě se proces obrací. Tento systém je extrémně efektivní,
- **chytré technologie:** budova je vybavena cca **28 000 senzory**, které monitorují pohyb, světlo, teplotu a vlhkost. Zaměstnanci si pomocí mobilní aplikace mohou nastavit osvětlení a teplotu na svém pracovišti. Data ze senzorů optimalizují provoz vytápění, chlazení, osvětlení, a dokonce i úklid (uklízí se jen tam, kde se pracovalo),
- **úspora vody:** dešťová voda se sbírá a používá ke splachování toalet a zavlažování zeleně.



Obrázek 24 The Edge
Zdroj: https://www.archspace.cz/edge-chytra-kancelarska-budova

7. Living Light (Delft, Nizozemsko)

Designérka **Ermi van Oers** (studio Nova Innova) ve spolupráci s technologickou společností **Plant-e** zahájila v roce 2016 vývoj a pilotní instalaci projektu s názvem Living Light v Delftu/Rotterdamu.

Jde o vizionářský projekt na pomezí designu, biologie a technologie, jehož cílem je **vyrábět elektřinu pomocí živých rostlin** a mikroorganismů v půdě. Záměrem je vytvořit zcela novou, decentralizovanou a „živou“ formu OZE, která je uhlíkově negativní (rostliny při růstu spotřebovávají CO_2) a harmonicky se integruje do našeho životního prostředí. Cílem není nahradit tradiční zdroje, ale ukázat potenciál pro nízkopříkonové aplikace, jako je náladové osvětlení, napájení senzorů nebo osvětlení v parcích a odlehlých oblastech.

Technologie je založena na principu **mikrobiálního palivového článku (MFC)**, kdy během fotosyntézy rostlina produkuje organické sloučeniny. Až 70 % z nich nevyužije a vyloučí kořeny do půdy. Zde je přirozeně se vyskytující bakterie rozkládají, přičemž se uvolňují elektrony a protony. Anoda v půdě zachytává elektrony a katoda je přijímá, čímž vzniká elektrický proud. Projekt proto vyvinul pokojové lampy („Living Light“) a nyní testuje i větší moduly pro venkovní použití (např. v parcích v Rotterdamu).

V současné fázi je výkon stále velmi malý a stačí na napájení LED diod. Výhodou je, že systém funguje ve dne i v noci, dokud je rostlina živá a zdravá. Projekt je především důkazem konceptu a otevírá dveře budoucímu výzkumu v oblasti bio-elektrické energie. Ukazuje fascinující možnost, že by se naše budovy a města mohly v budoucnu částečně napájet z okolní zeleně.



Obrázek 25 Ilustrace lampy na základě mikrobiálního palivového článku
Zdroj: https://ars.electronica.art/newdigitaldeal/en/the-living-light/

8. Amager Bakke / CopenHill (Kodaň, Dánsko)

Provozovatel **Amager Ressourcecenter (ARC)** a skupina architektů **Bjarke Ingels Group (BIG)** společně zahájili v roce 2013 v Kodani v Dánsku stavbu s názvem Amager Bakke / CopenHill, jejíž provoz byl spuštěn v roce 2017. Rekreační areál byl plně otevřen v roce 2019.

Cílem projektu bylo nahradit starou, 45 let fungující spalovnu novým, vysoce efektivním zařízením na energetické využití odpadu (waste-to-energy). Záměr byl však mnohem ambicióznější: přeměnit čistě průmyslovou a obvykle nevzhlednou infrastrukturu na **architektonickou ikonu, centrum komunitního života a turistickou atrakci**. Projekt měl dokázat, že udržitelná energetika nemusí být skrytá, ale může se stát pozitivní a viditelnou součástí města. Na střeše spalovny tak vznikla celoroční sjezdovka, turistická stezka a nejvyšší umělá horolezecká stěna na světě.

CopenHill je jednou z nejčistších a nejefektivnějších spaloven na světě. Navíc disponuje:

- **energetickou produkcí:** zpracuje přibližně **440 000 tun odpadu ročně** od více než 700 000 obyvatel a desítek tisíc firem. Vyrobí čistou elektřinu pro cca 60 000 domácností a dálkové teplo pro **160 000 domácností**,
- **efektivitou a čistotou:** díky pokročilé technologii katalytické filtrace dosahuje extrémně nízkých emisí. Účinnost přeměny energie z odpadu dosahuje až 107 % (díky využití kondenzačního tepla ze spalin),
- **recyklací materiálů:** z popela se ročně získá a recykluje až 10 000 tun kovů, které by jinak skončily na skládce,
- **společenským dopadem:** projekt zcela změnil vnímání energetické infrastruktury. Místo odpudivé továrny vzniklo oblíbené místo pro sport a rekreaci, které ročně přiláká desítky tisíc návštěvníků a stalo se symbolem udržitelné Kodaně. Projekt získal ocenění Světová budova roku 2021.



Obrázek 26 Amager Bakke / CopenHill
Zdroj: https://www.stoplusjednicka.cz/kodansky-copenhill-lyzovacka-uprostred-mesta-na-strese-spalovny

9. Projekt GOL (Gothenburg, Švédsko)

Výzkumný projekt vedený **Chalmers University of Technology** ve spolupráci s energetickou společností **Göteborg Energi** a stavebními firmami s názvem Grundläggning och Geotermiskt Energilager (GOL) – Základy a geotermální úložiště energie byl instalován v Gothenburgu ve Švédsku. Výzkum a pilotní projekty probíhaly intenzivně kolem roku **2018** a v následujících letech.

Záměrem tohoto inovativního výzkumného projektu bylo prozkoumat a ověřit možnost **využití standardních základových pilotů budovy jako geotermálních výměníků**. Tradiční geotermální systémy vyžadují nákladné a hluboké vrty, jež se provádějí speciálně pro tento účel. Projekt GOL přišel s myšlenkou integrovat trubky pro teplonosné médium přímo do ocelových a betonových pilotů, které jsou nezbytné pro statické založení budovy v měkkém podloží, typickém pro Gothenburg. Cílem bylo výrazně snížit investiční náklady na geotermální energii a efektivně využít multifunkčnost stavebních prvků.

Výzkum a testovací instalace potvrdily, že koncept je technicky proveditelný a efektivní. Navíc byla potvrzena:

- **dvojí funkce:** piloti plní svou primární statickou funkci a zároveň fungují jako tepelné výměníky, které odebírají nebo ukládají teplo do země,
- **sezónní ukládání energie:** v létě, kdy je potřeba chladit, se přebytečné teplo z budovy odvádí do země a „nabíjí“ okolní podloží. V zimě se toto uložené teplo (plus přirozené zemské teplo) čerpá zpět a využívá se pro vytápění,
- **ekonomická úspora:** integrací do základů se eliminují náklady na samostatné geotermální vrty, což činí tuto technologii dostupnější pro širší spektrum staveb,
- **udržitelnost:** systém je vysoce udržitelný, využívá lokální OZE a je ideální pro hustou městskou zástavbu, kde je omezený prostor pro tradiční geotermální pole. Projekt GOL představuje významný krok k efektivnější integraci OZE přímo do konstrukce budov.

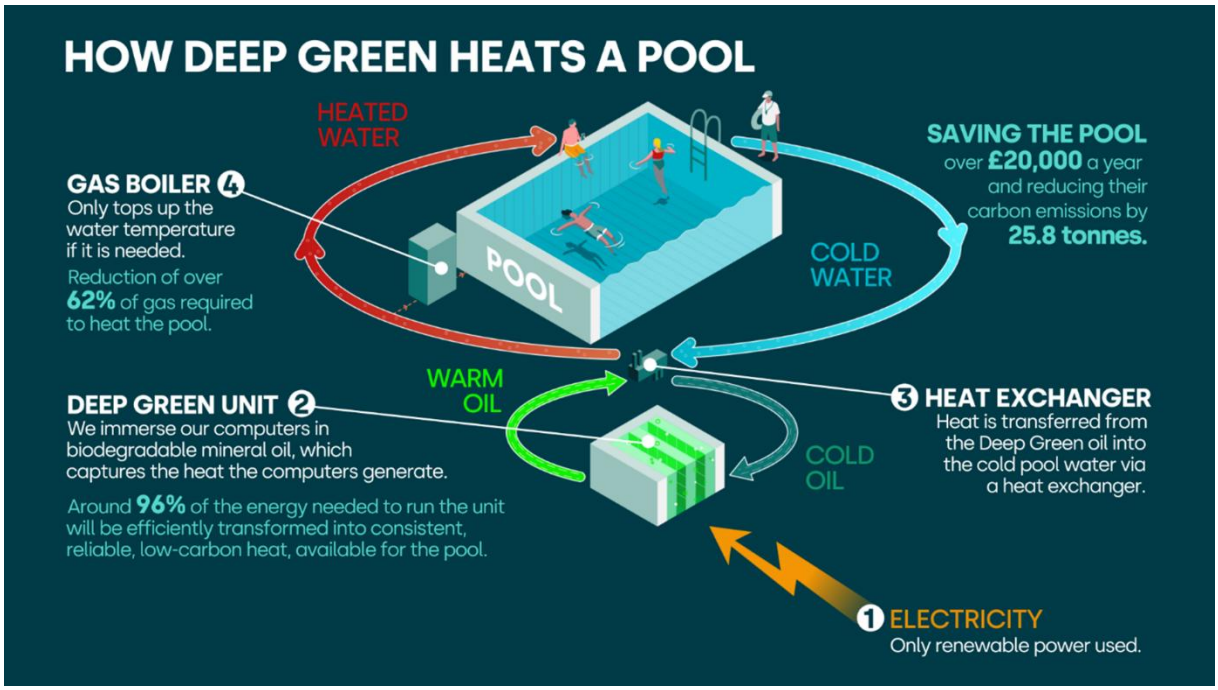
10. Využití odpadního tepla z datového centra (Paříž, Francie)

Equinix (provozovatel datového centra) ve spolupráci s městem Paříž a organizátory Olympijských her 2024 se rozhodl využít odpadního tepla z datového centra PA10 pro Olympijské plavecké centrum a přilehlou pařížskou čtvrť.

Datová centra typicky spotřebovávají obrovské množství elektřiny a generují značné množství odpadního tepla z chlazení serverů, které se obvykle bez užitku vypouští zpátky do atmosféry. Cílem tohoto projektu bylo **zachytit toto odpadní teplo** z datového centra Equinix PA10 a využít jej jako primární zdroj pro vytápění nově postaveného Olympijského plaveckého centra a přilehlé čtvrti Saint-Denis. Záměrem bylo demonstrovat princip **průmyslové symbiózy** v městském prostředí, kde odpad jednoho provozu slouží jako cenný zdroj pro druhý, a vytvořit tak udržitelný a inovativní energetický model pro olympijské hry.

Projekt úspěšně propojil datové centrum se systémem dálkového vytápění. Na základě provozu byla podpořena:

- **cirkulární ekonomika v praxi:** teplá voda z chladicího okruhu datového centra (o teplotě kolem 30-40 °C) byla vedena do tepelných výměníků a čerpadel, které ji převádějí do sítě dálkového vytápění a ohřívají vodu pro bazény a budovy,
- **energetická úspora a snížení emisí:** tento systém pokrývá významnou část energetické potřeby plaveckého centra, čímž snižuje jeho závislost na fosilních palivech a redukuje emise CO_2. Equinix se zavázal dodávat teplo zdarma po dobu 15 let,
- **škálovatelnost:** projekt je vzorovým příkladem, který může být replikován v mnoha městech po celém světě, kde se datová centra nacházejí v blízkosti obytných nebo komerčních zón,
- **udržitelnost olympijských her:** projekt přispěl k cíli Paříže 2024 uspořádat nejekologičtější olympijské hry v historii.



Obrázek 27 Schematické znázornění principu vyhřívání bazénu
Zdroj: https://fusionchat.ai/news/ai-server-heat-powers-paris-2024-olympic-pool

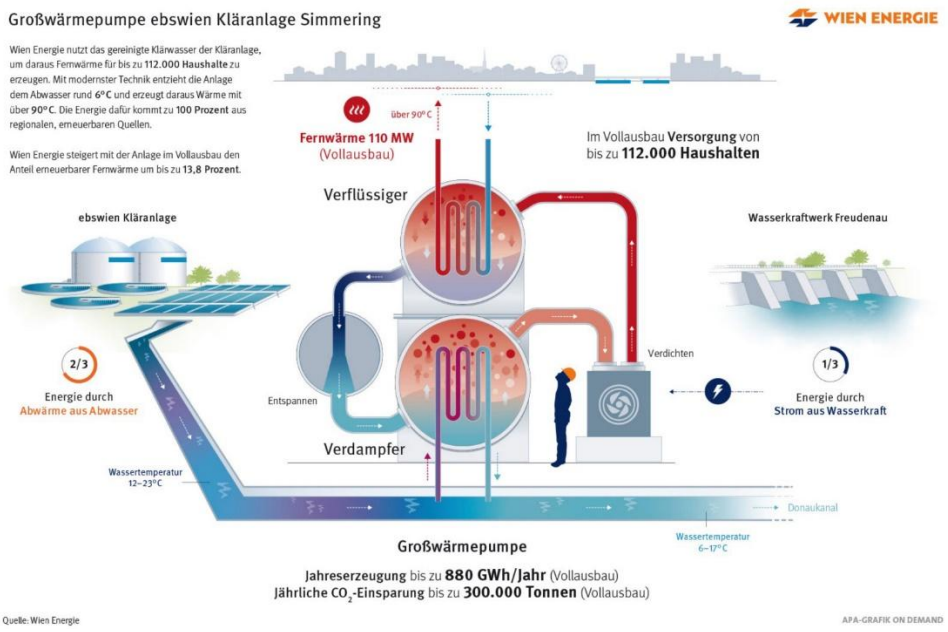
11. Využití odpadního tepla z ČOV (Vídeň, Rakousko)

Projekt velkokapacitního TČ v areálu čistírny odpadních vod v Simmeringu realizovalo město Vídeň prostřednictvím své **energetické společnosti Wien Energie**. Na dodávce klíčových technologií se podílely společnosti **Siemens Energy a Fernwärme Wien**. První fáze projektu byla spuštěna na konci roku 2023 s plánovaným plným dokončením do roku 2027.

Čistírny odpadních vod běžně vypouštějí obrovské množství vyčištěné vody o stabilní teplotě, jež představuje nevyužitý energetický zdroj. Cílem tohoto projektu bylo zachytit toto **nízkopotenciálové odpadní teplo z ČOV** Simmering a využít jej jako **masivní, ekologický zdroj pro vídeňskou síť dálkového vytápění**. Záměrem bylo demonstrovat princip průmyslové symbiózy v městském měřítku, kde odpadní produkt jednoho klíčového infrastrukturního provozu slouží jako cenný vstup pro druhý, a tím radikálně snížit závislost města na fosilním plynu.

Projekt úspěšně propojil čistírnu odpadních vod se systémem dálkového vytápění. Na základě provozu bylo dosaženo následujících přínosů.

- **Cirkulární ekonomika v praxi**: velkokapacitní TČ odebírají energii z vyčištěné odpadní vody (o teplotě cca 12 °C) a s využitím elektřiny z OZE ji „povýší“ na teplotu přibližně 90 °C, která je následně dodávána do městské topné sítě.
- **Energetická úspora a snížení emisí**: v první fázi systém s výkonem 55 MW zásobuje teplem 56 000 domácností. Po plném dokončení se výkon zdvojnásobí na 110 MW, což pokryje potřebu až 112 000 domácností a povede k roční úspoře přibližně 300 000 tun emisí CO_2.
- **Škálovatelnost**: projekt je vzorovým příkladem, jenž může být replikován v mnoha městech s centrálním zásobováním teplem. Ukazuje, jak efektivně integrovat obnovitelné zdroje tepla do stávající infrastruktury a snížit spotřebu primárních paliv.



Obrázek 28 Velkokapacitní TČ v čistírně odpadních vod v Simmeringu
Zdroj: Heat pumps, the largest in Europe derives energy from waste water - Égalité

Samostatné přílohy

ID	Název	Popis	Formát
1	Mapování potenciálu FVE	Přehled potenciálu instalace FVE na budovách města v GIS	.shp