

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**INTEGRACE OBNOVITELNÝCH  
ZDROJŮ ENERGIE DO TEPELNÝCH  
SÍTÍ DÁLKOVÉHO VYTÁPĚNÍ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Míchalová** Jméno: **Šárka** Osobní číslo: **491171**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**  
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Integrace obnovitelných zdrojů energie do tepelných sítí dálkového vytápění**

Název bakalářské práce anglicky:

**Integration of Renewable Energy Sources into District Heating Systems**

Pokyny pro vypracování:

Proveďte rešerši stávajícího stavu tepelných sítí v ČR (lokality, délka sítí, hlavní využívané zdroje energie, provozovatelé a jiné, např. ekonomické a provozní parametry) a rovněž rešerši obnovitelných zdrojů energie s potenciálem pro využití v sítích dálkového vytápění, s cílem dekarbonizovat a snížit energetickou náročnost při provozování a zachování výhod tohoto systému (přechod na nižší teploty apod.). V tématu se rovněž lze dotknout kombinované výroby tepla a elektřiny, akumulace tepla, systémů PowerToHeat (P2H) případně výroby a dodávky chladu. Vyhledejte příklady dobré praxe v ČR, ale především v zahraničí. Popište legislativní rámec a klíčové strategické dokumenty EU pro výhled do r. 2050.

Seznam doporučené literatury:

Základní strategické dokumenty MPO ČR a EU (např. Green Deal apod.) Dále dle potřeby rešeršní práce.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


**Ing. Jindřich Boháč, Ph.D. Ú 12116**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

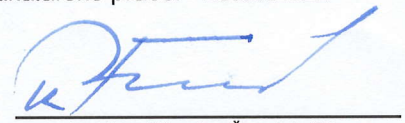
Datum zadání bakalářské práce: **29.04.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **29.06.2022**

Platnost zadání bakalářské práce:

  
Ing. Jindřich Boháč, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

  
doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

**29.04.22**

Datum převzetí zadání

**Míchalová**

Podpis studentky

## SOUHRN

Tato bakalářská práce se zabývá integrací obnovitelných zdrojů energie do tepelných sítí dálkového vytápění. Obsahuje popis centralizovaného zásobování teplem (výhody, nevýhody, využívaná zařízení a jednotlivé generace), vývoj a současný stav dálkového vytápění, kombinované výroby elektřiny a tepla, využívaného palivového mixu a emisí v teplárenství v České republice. Popisuje jednotlivé obnovitelné zdroje energie, jejich potenciál a možné využití v sítích zásobování teplem. Zahrnuje nejdůležitější strategické dokumenty Evropské unie i České republiky. Součástí je rešerše dálkového vytápění v zahraničí, především v severní Evropě a příklady praxe integrace obnovitelných zdrojů energie (v zahraničí i České republice).

## SUMMARY

This bachelor thesis deals with the integration of renewable energy sources into district heating networks. It contains a description of centralized heat supply (advantages, disadvantages, used equipment and new generations), development and current state of district heating, combined heat and power, used fuel mix and emissions in the heating industry in the Czech Republic. It describes particular renewable energy sources, their potential and possible use in heat supply networks. It includes the most important documents of the strategic European Union and the Czech Republic. It includes a search for district heating abroad, especially in northern Europe, and examples of the practice of integrating renewable energy sources (abroad and in the Czech Republic).

## PROHLÁŠENÍ O SAMOSTATNÉM VYPRACOVÁNÍ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Integrace obnovitelných zdrojů energie do tepelných sítí dálkového vytápění“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jindřicha Boháče, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 18. 06. 2022

Šárka Michalová

## PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování Ing. Jindřichu Boháčovi, Ph.D. za odborné vedení, podnětná doporučení, rady a podporu při psaní této práce. Dále děkuji své rodině, zejména Marcelu M., a přátelům, kteří mi byli podporou během celého studia.

# OBSAH

Soupis použitého značení a zkratk	8
1 Úvod	9
2 Výroba tepla	10
2.1 Centrální zásobování teplem	10
2.2 Individuální zásobování teplem	11
3 Centrální zásobování teplem	13
3.1 Zařízení pro výrobu tepla v CZT	13
3.2 Tepelné sítě	15
3.3 Generace dálkového vytápění a chlazení	15
3.4 Vývoj CZT v ČR	19
3.5 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	21
3.6 Trigenerace	22
4 Současný stav teplárenství v ČR	23
4.1 Dálkové vytápění	23
4.2 Kombinovaná výroba elektřiny a tepla	29
4.3 Vytápění domácností	31
4.4 Emise	33
5 Obnovitelné zdroje energie	38
5.1 Větrná energie	39
5.2 Vodní energie	40
5.3 Sluneční energie	41
5.4 Geotermální energie	43
5.5 Bioenergie	43
6 Strategie EU	52
6.1 Energetická unie	52
6.2 Strategie pro vytápění a chlazení	52
6.3 Evropská dlouhodobá strategická vize	52
6.4 Čistá energie pro všechny Evropany	53
6.5 Green Deal	53
6.6 Strategie EU pro integraci energetického systému	54
6.7 Evropský systém pro obchodování s emisemi	55
7 Strategie ČR	58
7.1 Strategický rámec udržitelného rozvoje pro ČR 2030	58

7.2	Státní politika životního prostředí ČR 2030 s výhledem do 2050 .....	58
7.3	Státní energetická koncepce .....	60
7.4	Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů .....	62
8	Dálkové vytápění v Evropě .....	63
8.1	Litva .....	63
8.2	Švédsko .....	65
8.3	Norsko .....	67
8.4	Dánsko .....	69
8.5	Finsko .....	72
9	Projekty integrace OZE do sítí dálkového vytápění v Evropě .....	74
9.1	Litva .....	74
9.2	Švédsko .....	75
9.3	Norsko .....	77
9.4	Dánsko .....	78
9.5	Finsko .....	80
10	Projekty integrace OZE do sítí dálkového vytápění v ČR .....	82
10.1	Biokotelna a soustava zásobování teplem v Dukovanech .....	82
10.2	Využití tepla obnovitelných zdrojů v Přešticích .....	83
10.3	Kotel pro spalování biomasy a rozvoj kogenerace v Jindřichově Hradci .....	84
10.4	Kotel na štěpku s tepelnými akumulátory v Dobrušce .....	85
10.5	Teplárna Písek .....	86
10.6	Teplárna Kladno .....	86
10.7	Plzeňská teplárenská .....	88
10.8	Plánované projekty .....	89
11	Závěr .....	91
	Seznam použité literatury .....	92

## SOUPIS POUŽITÉHO ZNAČENÍ A ZKRATEK

CFC	chlor-fluorované uhlovodíky
CO	oxid uhelnatý
CO <sub>x</sub>	oxidy uhlíku
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
CZT	centrální zásobování teplem
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
DPH	daň z přidané hodnoty
EU	Evropská unie
EU ETS	Evropský systém pro obchodování s emisemi
EUR	Euro
GJ	gigajoule
GWh	gigawatthodina
KVET	kombinovaná výroba elektřiny a tepla
kW	kilowatt
kWh	kilowatthodina
MPa	megapascal
MW	megawatt
NO <sub>x</sub>	oxidy dusíku
N <sub>2</sub> O	oxid dusný
OZE	obnovitelné zdroje energie
PJ	petajoule
PM <sub>2,5</sub>	pevná částice menší než 2,5 mikrometru
PM <sub>10</sub>	pevná částice menší než 10 mikrometrů
SO <sub>x</sub>	oxidy síry
SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
SPŽP	státní politika životního prostředí
TWh	terrawatthodina



# 1 ÚVOD

Lidstvo v současnosti čelí mnoha energetickým a ekologickým problémům. Životní prostředí je ohroženo antropogenní činností, která mimo jiné způsobuje globální oteplování a s tím související změnu klimatu. Ta má již v dnešní době spoustu negativních následků, jako například zvyšování hladiny moří a oceánů, tání permafrostu, ústup ledovců, vlny extrémního počasí, zvýšené množství lesních požárů, vyšší průměrné teploty, ztráta biodiverzity, vymírání organismů nebo migrace. Pokud nedojde v nejbližších letech ke zpomalení a následně zastavení globálního oteplování, bude problémů spojených s životním prostředím neustále přibývat, až se stanou nekontrolovatelnými a dojde k nevratným změnám klimatu.

Dominantní vliv na oteplování planety mají emise skleníkových plynů, převážně oxidu uhličitého, jejichž rapidní nárůst od průmyslové revoluce koreluje se zvyšujícími se teplotami. Státy po celém světě si tento problém uvědomují, díky čemuž v roce 2015 vznikla Pařížská dohoda, která formuluje dlouhodobý cíl ochrany klimatu – udržet nárůst průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C ve srovnání s úrovní před průmyslovou revolucí. [48]

Podstatným krokem ke snížení emisí je odklon od využívání fosilních paliv, která zajišťují energii pro většinu odvětví – dopravu, výrobu elektřiny nebo tepla. Jako možná alternativa se jeví integrace obnovitelných zdrojů energie, které jsou, co se týče produkce emisí, mnohem šetrnější k životnímu prostředí.

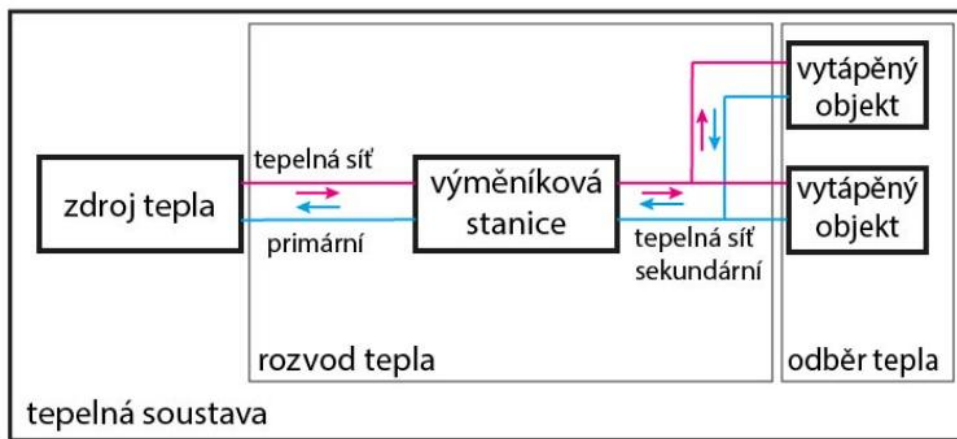
Tato bakalářská práce se týká integrování obnovitelných zdrojů energie do tepelných sítí dálkového vytápění. Hlavním cílem bylo vyhledat, jak je tato integrace rozšířená v zahraničí i v České republice a nalézt konkrétní úspěšné projekty. Mezi další cíle patřila rešerše tepelných sítí v ČR i samotných obnovitelných zdrojů energie, zhodnocení možností jejich využití a vyhledání strategických dokumentů, které s tímto tématem souvisejí.

## 2 VÝROBA TEPLA

Rozlišujeme dva hlavní způsoby výroby a dodávky tepla - centrálně vyráběné teplo a lokálně vyráběné teplo.

### 2.1 CENTRÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

Centrálním zásobováním teplem rozumíme systém, kdy se teplo vyrábí na jednom místě a následně je rozváděno do míst jeho spotřeby pomocí sítě dálkového vytápění. Tato síť se skládá ze souboru vzájemně propojených zařízení (potrubí, předávací stanice...), které vedou teplo do větších územních celků – měst, městských čtvrtí, sídlišť, obchodních nebo průmyslových zón. Mezi zdroje tepla patří zařízení s vyššími výkony (výtopny, teplárny, paroplynové teplárny, kogenerační motory). [2, 3, 5]



Obr. 1 Schéma dálkového vytápění [97]

#### VÝHODY CZT

Systém CZT je velmi bezpečný a spolehlivý. Teplo je do vytápěných objektů přiváděno pomocí médií (horká voda nebo pára), které nejsou výbušné, jedovaté či hořlavé, a proto nehrozí nebezpečí udušením od unikajících spalin nebo riziko výbuchu. Probíhají pravidelné servisní kontroly sítě a revize zařízení. Pokud dojde k poruše některého ze zdrojů, je možné použít záložní (špičkový) zdroj, který spaluje rozdílné druhy paliva. Díky tomu není systém závislý pouze na jednom zdroji nebo druhu paliva.

Cena tepla, nenáročnost provozu a uživatelský komfort patří k dalším výhodám, které mohou ocenit odběratelé tepla z CZT. V celkové ceně jsou již zahrnuty veškeré náklady výrobce spojené s výrobou, navíc odpadají výdaje na provoz, údržbu nebo instalaci vlastního zdroje vytápění. Zařízení zaujímají minimální prostor, jsou nehlukná a téměř bezobslužná. Odběr tepla lze pohodlně regulovat a monitorovat a je zcela individuální pro každého zákazníka.

V souvislosti se současnými trendy a strategiemi je velmi podstatnou výhodou účinnost systému a nižší ekologická zátěž. Vysoká účinnost a využití potenciálu paliva jsou zapříčiněny tím, že teplo je obvykle vyráběno společně s elektrickou energií technologií KVVET. K ekologičnosti přispívá využití obnovitelných zdrojů energie (převážně biomasy) a vybavení zařízeními pro čištění emisí. Většina tepláren využívajících tato zařízení je navíc umístěna mimo obytnou zástavbu, takže navíc díky vysokým komínům nemají negativní dopad na lokální prostředí.

Větší zdroje jsou již ekologizované, nebo jejich ekologizace probíhá, z důvodu plnění přísných evropských požadavků. Pokud by došlo k rozpadu soustavy CZT na více lokálních zdrojů, nastal by významný nárůst emisí  $\text{NO}_x$ , což dokazují tzv. rozptylové studie. V případě přechodu na lokální topeniště na tuhá paliva by nastal navíc i nárůst tuhých znečišťujících látek a emisí síry.

### NEVÝHODY CZT

Přestože tento způsob vytápění většinou vychází pro odběratele levněji než ostatní způsoby, má koncový zákazník prakticky nulovou možnost ovlivnit konečnou cenu tepla a je závislý pouze na jednom dodavateli tepla. Odpojováním ostatních spotřebitelů pro něho roste fixní cena. Taktéž mu chybí možnost operativní změny druhu paliva v závislosti na jeho aktuální ceně a dostupnosti.

Pro zprostředkovatele tepla jsou počáteční pořizovací náklady velmi vysoké, jelikož délka tepelné sítě je v tomto případě několikanásobná oproti decentralizovanému zásobování. Pravidelná údržba, provoz, výstavba čerpacích stanic a odstraňování případných havárií znamenají další náklady.

V současnosti jsou problémem nerovné podmínky na trhu mezi teplárnami a decentralizovanými zdroji. Pro větší teplárny, na jejichž ekologizaci jsou obvykle vynaloženy obrovské prostředky, platí navíc povinnost hradit poplatky za emisní povolenky, na rozdíl od lokálních zdrojů. Tuto nerovnost by bylo možné vyřešit zavedením uhlíkové daně pro decentralizované zdroje. [2, 4, 8]

## 2.2 INDIVIDUÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

Individuální, neboli decentralizovaná výroba tepla probíhá v lokálních zdrojích, individuálních tepelných zařízeních, kterými mohou být například kotle, tepelná čerpadla, kamna, elektrické přímotopy nebo solární kolektory. Z těchto zdrojů bývá vytápěna pouze část objektu (byt, několik místností nebo jen jedna místnost). Často se používají například i pro krátkodobě využívané budovy. Dalším a více rozšířeným způsobem je rozvod tepla pomocí

ústředního vytápění, které je sice zásobováno z jednoho zdroje tepla, ale chybí u něho rozsáhlejší rozvodná síť mimo daný vytápěný objekt. [1, 2, 4]

#### VÝHODY A NEVÝHODY INDIVIDUÁLNÍHO ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

Zásadní výhodou individuálního vytápění je nezávislost na dodavatelích tepla. Oproti starším systémům CZT disponuje jednodušší regulovatelností. Další výhody i nevýhody závisejí na typu zařízení, zdroje a používaného paliva.

Nejrozšířeněji se využívají kotelny na zemní plyn a tuhá paliva, jako například uhlí, dřevo nebo biomasa. Jejich poměr nákladů na palivo a vyrobené teplo je přijatelný. Nemají ale příliš vysokou účinnost a z uživatelského hlediska jsou nepříznivé vysoká počáteční investice a poměrně náročný provoz. Je potřeba dodržovat striktně bezpečnostní předpisy, provádět pravidelnou údržbu a revizi zařízení a fyzicky dodávat palivo. Omezení lokalit s možným využitím tohoto způsobu vytápění je v případě zemního plynu zapříčiněno nutností existence plynovodu. Obecně se nejedná o příliš ekologickou variantu - zdroj emisí bez jakéhokoliv čištění se nachází přímo v místě výroby (obytné oblasti) a ekologická zátěž je vyšší.

Vysokou účinnost mají elektrické přímotopy a kotle, jejichž provoz je navíc tichý a nenáročný, nejsou prostorově náročné a počáteční investice je nízká. Snad jediným záporem jsou nepoměrně vyšší náklady na spotřebovanou elektřinu oproti jiným zdrojům.

Tepelná čerpadla mohou dosáhnout za vhodných podmínek v podstatě beznákladového provozu. Z ekologického hlediska jsou pozitivní nulové emise nebo vysoká úspora odebírané elektřiny. Emisní zátěž se však přesouvá jinam – spotřebovávaná elektřina bývá totiž vyrobena v méně ekologických zdrojích. Při nižších teplotách se snižuje účinnost. Počáteční investice jsou vysoké, stejně jako hlučnost, navíc je potřebný záložní zdroj tepla. [2, 4, 6]

## 3 CENTRÁLNÍ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM

### 3.1 ZAŘÍZENÍ PRO VÝROBU TEPLA V CZT

**Výtopna** je samostatně stojící zdroj tepla, které není vyráběno kombinovaně společně s elektřinou a jeho jediným produktem je tedy teplo. Má nejjednodušší cyklus získávání energie ze všech zařízení využívaných pro zásobování dálkového vytápění teplem. Celý proces začíná spalováním paliva v kotli, při kterém dochází k ohřevu vody. Tepelná energie je přes tepelný výměník dodávána do rozvodné soustavy CZT. Tento cyklus může mít účinnost až 90 %. [3, 4, 5]

Podle média, jímž je teplo rozváděno, dělíme výtopny na parní, horkovodní, teplovodní a smíšené.

Pára dosahuje vyšších tlaků z důvodu následného lepšího dopravování, jelikož se vzrůstajícím tlakem páry klesá průměr parovodu. Tím se dají snížit jeho konstrukční náklady. Tlak je ale obvykle snižován škrcením, protože většina spotřebitelů nemá pro vyšší tlak páry využití. Z důvodu vysokých ztrát jsou parní tepelné sítě postupně nahrazovány horkovodními a teplovodními. [3, 4]

Horkovodní a teplovodní výtopny rozlišujeme pomocí výstupní teploty, která je u horkovodních výtopen vyšší než 110 °C, u teplovodních nižší. Na rozdíl od páry zde nejsou nároky na vyšší transportní tlaky. Transportní teplota by neměla být příliš vysoká, protože s klesající teplotou klesají i tepelné ztráty. Tyto druhy výtopen se v současnosti využívají nejvíce.

Dále můžeme výtopny dělit podle paliva (kapalná, plynná, tuhá a alternativní). [4]

V **teplárně** je vyráběno teplo v kombinovaném cyklu společně s elektřinou. Dělíme je podle používané technologie na teplárny s parními turbínami a se spalovacími (plynovými) turbínami.

V teplárnách s parní turbínou je energie získaná spálením paliva hnána na vysokotlakou parní turbínu, která je hřídelí spojena s generátorem elektřiny. Horká pára putuje do tepelného výměníku, kde předává teplo do soustavy CZT. Tyto teplárny pracují podle Rankin-Clausiova tepelného cyklu a jsou nejstarším typem zdroje pro dálkové vytápění, proto prošly dlouhodobým vývojem a stále neztrácejí dostatečnou konkurenceschopnost oproti jiným zdrojům. Přeměnit lze přibližně 18 % uvolněné energie na elektřinu a 72 % na předané teplo. Zbytek, tedy 10 %, tvoří ztráty. [3, 4, 5]

Teplárny se spalovacími plynovými turbínami využívají výrazně mladší technologii pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Pracují podle Braytonova cyklu a širšího využití v praxi dosáhly až v posledních padesáti letech. Jejich rozměry a hmotnost jsou malé, ale dosahují přibližně dvojnásobných hodnot modulu teplárenské výroby elektřiny než klasické

teplárny s parními turbínami, což má za následek úsporu paliva při KVET oproti oddělené výrobě. Celé jejich zařízení je jednodušší díky absenci těžké stroje, zároveň disponují vysokou provozní pružností (možnost rychlého spouštění a zatěžování) a nižším podílem škodlivin ve spalinách. [4]

Podobně jako teplárna může fungovat kondenzační elektrárna, ve které je při klasickém provozu emisní pára z parní turbíny pomocí chladiče vypuštěna chladicími věžemi do ovzduší bez užitku. Průměrně 38 % vstupní energie se přemění na elektřinu. Účinnost je možné zvýšit až na 65 % při odběru odpadového tepla putujícího přes CZT ke spotřebitelům. [5]

**Paroplynová teplárna** využívá k výrobě elektřiny a tepla kinetickou a chemickou energii plynů. Jedná se o spojení parní a spalovací turbíny v jeden celek, tedy o spojení Rankin-Clausiova a Braytonova cyklu. Proces začíná ve spalovací komoře, kde je zapálena směs vzduchu a zemního plynu. Hořením se zvětšuje její objem a dochází k roztočení plynové turbíny, která pohání generátor pro výrobu elektřiny. Horké spaliny potom předávají tepelnou energii vodě ve spalínovém kotli, čímž je generována pára, která následně prochází parní turbínou. Tím se vyrábí další elektřina. Na konci procesu pára odevzdá do výměníku zbylou tepelnou energii do soustavy CZT. Kromě páry může být použita taktéž horká voda.

Celková účinnost dosahuje až 85 % (47 % energie je přeměněno na elektřinu a 38 % na odevzdané teplo). Závisí zejména na účinnosti parního kotle a výstupní teplotě spalin, která by měla být co nejnižší. Obecně jsou paroplynové teplárny nejdokonalejší technologií pro KVET vzhledem k jejich vysokému teplotenskému modulu (až 1,4). [4, 5]

**Kogenerační motor** je upravený pístový motor, který je poháněn generátorem vyrábějícím elektřinu. Potenciální energie ze spáleného paliva je nejprve využita na výrobu elektrické energie a následně je tepelná energie, která se uvolní při spalování, využita na ohřev otopné soustavy nebo uložena do akumulčních nádrží. Teplo se kromě chlazení spalin získává i chlazením chladicí vody a oleje. [4, 5]

Nejčastěji je spalován zemní plyn, může být použit i bioplyn. Motor pracuje dle principu Ottova cyklu. Společně s generátorem a základním rámem je součástí celého zařízení i systém tepelných výměníků. Skládá se ze tří tepelných okruhů – primárního, sekundárního a technologického. Primární okruh odebírá teplo z pláště motoru a dále jej předává do sekundárního okruhu. Ten odebírá teplo spalinám odváděným výfukem a ze spalovacího motoru. V technologickém okruhu je odebíráno teplo uvolněné při stlačování palivové směsi v turbodmychadle. [3, 4]

Kogenerační jednotky jsou v podstatě teplárny lokálního významu. Nejčastěji se využívají tam, kde jsou vysoké nároky na okamžitý odběr tepla nebo jako záložní zdroje energie v případě výpadku dodávky elektřiny z vnější elektrizační sítě. Jsou vybaveny řídicím systémem

pro bezobslužný provoz s automatickým nastartováním a odstavením v závislosti na lokální elektrizační a otopné síti. Jsou schopny pracovat s účinností až 97 % (přibližně 40 % vstupní energie se přemění na elektřinu a 57 % na teplo), v praxi se hodnota jejich účinnosti pohybuje okolo 91 %. [4, 5]

## 3.2 TEPELNÉ SÍTĚ

Tepelné sítě dopravují tepelnou energii od zdroje ke spotřebitelům, jimiž mohou být jak domácnosti, tak průmysloví odběratelé. Jsou součástí každého systému CZT a dosahují délek až po několik desítek kilometrů. Vedeny jsou typicky dvěma potrubími, přívodním a vratným. Jako teplotné médium se v rozvodech tepla využívá pára, horká nebo teplá voda.

V případě páry jsou potrubí nazývána **parovody**. Mezi jejich výhody patří tlaková energie páry, která způsobuje její tok. Dosahuje teploty přibližně 240 °C a tlaku 1,8 MPa. Tyto parametry se upravují v předávacích stanicích a následně je pára využita k vytápění nebo ohřevu vody. Ve vratném potrubí proudí nazpět kondenzát.

V dnešní době se častěji využívají **horkovody**, z důvodu jejich nižších tepelných a tlakových ztrát. Dopravuje se v nich horká voda o teplotě 180 °C a tlaku 2,5 MPa do výměňkových stanic nebo přímo ke spotřebiteli. Pro zajištění proudění nestačí na rozdíl od páry pouze tlaková energie, je proto nutné zakomponovat napájecí čerpadla. Ve vratné větvi poté proudí chladná voda.

Parovody i horkovody mohou být uloženy pod povrchem i na povrchu nebo ve speciálních kanálech. U dálkových sítí představuje problém tepelná roztažnost potrubí, proto se u nich využívá kompenzátorů, které redukuje převážně axiální síly působící na potrubí, tlumí vibrace, tlakové rázy, otřesy i teplotní roztažnost. [4, 5, 22]

## 3.3 GENERACE DÁLKOVÉHO VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ

S postupem času docházelo k vývoji systémů dálkového vytápění, docházelo ke změnám používaných nosičů energie, uspořádání systému a snižování ztrát. Dle těchto kritérií a doby vzniku je lze dělit na pět generací.

**První generace** byla poprvé zavedena v USA v 80. letech 19. století. Téměř všechny systémy dálkového vytápění jak v USA, tak v Evropě, založené do roku 1930 spadají do této generace. Nosičem tepla byla pára proudící v betonových potrubích. Dalšími součástmi systému byly odvaděče kondenzátu a kompenzátory. Vysoké teploty páry generovaly značné tepelné ztráty a ani bezpečnost nebyla na vysoké úrovni – docházelo k vážným nehodám způsobeným výbuchy páry. Kvůli časté korozi vratného potrubí kondenzátu se kondenzát vracel v menším množství, čímž se snížila účinnost. Tato technologie je proto považována za zastaralou, přesto

se stále používá ve starých systémech například v New Yorku a Paříži. Obvykle ale dochází k jejich modernizaci (např. Salcburk, Hamburk, Mnichov, Kodaň).

Systémy **druhé generace** se poprvé objevily ve 30. letech a jako moderní systémy dominovaly až do 70. let 20. století. Energie se předávala prostřednictvím tlakové horké vody s přívodními teplotami většinou nad 100 °C. Potrubí byla opět v betonových kanálech. Zařízení měla vysokou hmotnost, materiálovou náročnost a zabírala značný prostor kvůli velkým trubkovým výměníkům tepla a mohutným těžkým ventilům. Tato technologie byla typická pro sovětské systémy dálkového vytápění, které bývaly nekvalitní a postrádaly jakoukoliv kontrolu spotřeby tepla. Mimo zemí bývalého SSSR byla kvalita systémů lepší. Jejich pozůstatky lze nalézt jako starší části současných systémů dálkového vytápění využívajících jako médium vodu.

**Třetí generace** byla představena v 70. letech a dominuje po celém světě mezi ostatními technologiemi od 80. let minulého století. Někdy je taktéž nazývána jako „skandinávská technologie dálkového vytápění“, protože mnoho výrobců komponentů pro třetí generaci pochází ze Skandinávie. Nosičem tepla je opět tlaková voda, ale přívodní teploty se snížily pod 100 °C. Typickými součástmi jsou prefabrikované, předem izolované trubky uložené v zemi a kompaktní rozvodny využívající deskové výměníky tepla z nerezové oceli. Hlavní motivací pro budování systémů třetí generace bylo zvýšení energetické účinnosti a bezpečnosti po dvou ropných krizích, při kterých došlo k přerušení dodávek ropy. Tyto systémy totiž obvykle využívají jako zdroj energie uhlí, biomasu nebo odpadní teplo, v ojedinělých případech i sluneční a geotermální energii (např. Paříž využívá od 70. let geotermální vytápění).

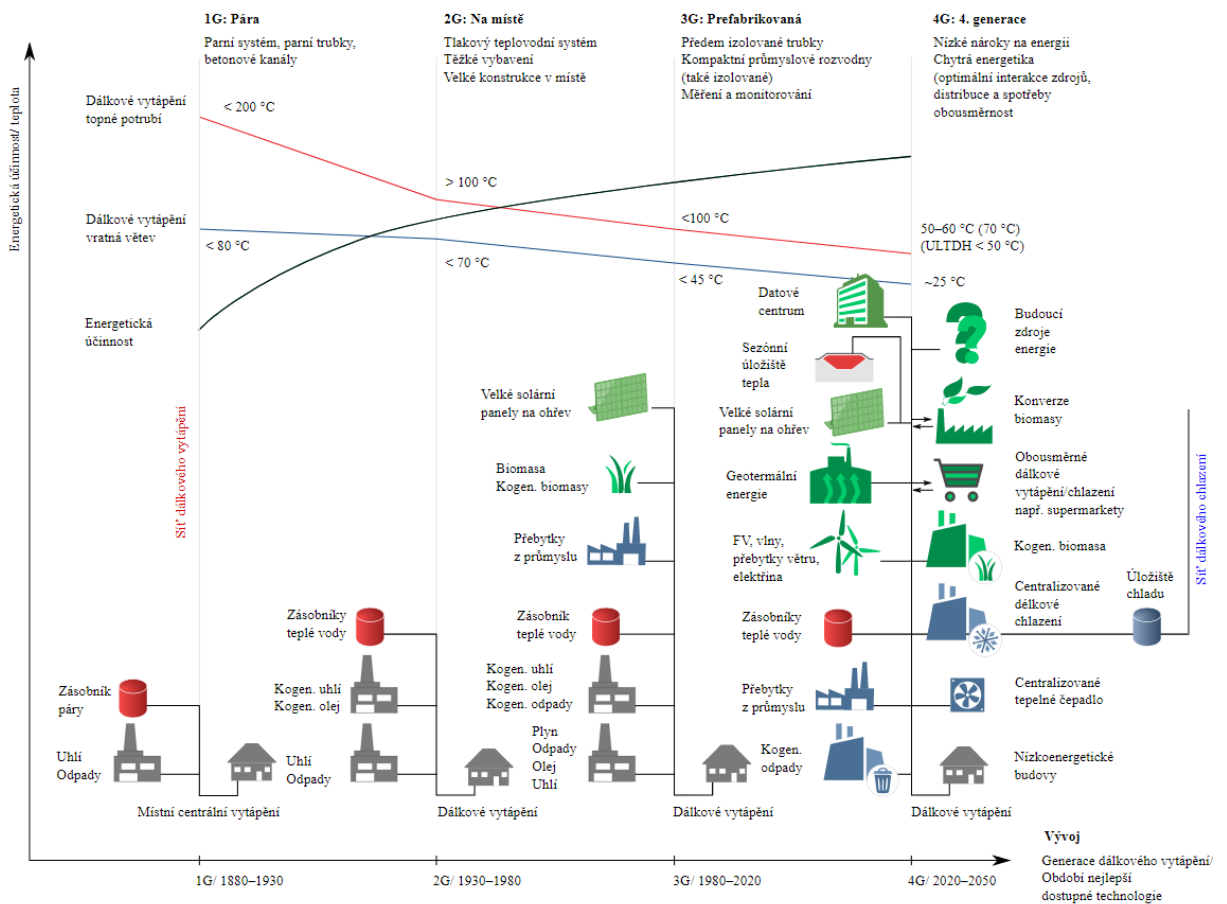
Budoucí **čtvrtá generace** se nyní vyvíjí, přičemž v Dánsku jeho integrace již probíhá. Hlavní motivací pro vývoj nové generace souvisí s adaptací na obnovitelné zdroje energie v reakci na změnu klimatu a s úsporou energie. Je třeba postupně snižovat ztráty v síti, využívat synergie a tím zvyšovat účinnost nízkoteplotních výrobních jednotek v systému. Požadavky na systémy čtvrté generace se dají shrnout do následujících pěti bodů:

1. Schopnost dodávat nízkoteplotní dálkové vytápění pro vytápění a ohřev užitkové vody do stávajících budov, energeticky renovovaných stávajících budov a nových nízkoenergetických budov
2. Schopnost distribuovat teplo v sítích s nízkými ztrátami v síti
3. Schopnost recyklovat teplo z nízkoteplotních zdrojů a integrovat obnovitelné zdroje tepla, jako je solární a geotermální teplo
4. Schopnost být integrovanou součástí inteligentních energetických systémů (integrované chytré elektrické, plynové, fluidní a tepelné sítě) včetně toho, že jsou integrovanou součástí systémů centrálního chlazení 4. generace



5. Schopnost zajistit vhodné plánovací, nákladové a motivační struktury ve vztahu k provozu i ke strategickým investicím souvisejícím s transformací na budoucí udržitelné energetické systémy

Ve vztahu k tématu práce je nejvýznamnější 3. bod. Systémy musí být navrženy tak, aby byly schopny se vyrovnat s kolísavým a přerušovaným charakterem OZE. Možnosti dosažení vhodné integrace je třeba hledat v kombinaci s okolním napájecím systémem – elektrárnami a KVET. Bude možné omezit závislost na biomase tím, že bude umožněno využití dalších OZE – velkých solárních termálních zdrojů, tepelných čerpadel, geotermálního tepla, průmyslového přebytečného tepla a spalování odpadu. [18]

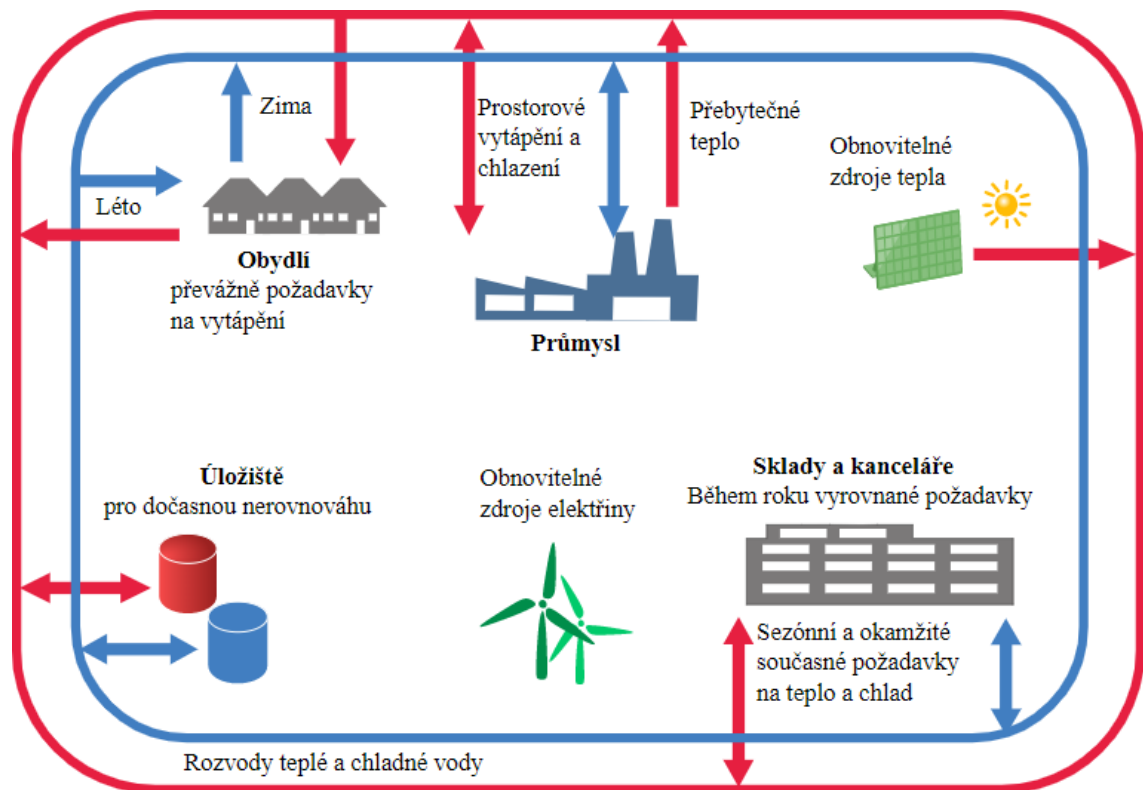


Obr. 2 Charakteristiky čtyř generací dálkového vytápění [18]

V odborné literatuře se objevuje i pojem **páté generace** dálkového vytápění, jež je nazývána také studeným dálkovým vytápěním. Za průkopníky této technologie lze považovat Německo a Švýcarsko. Teplo je rozváděno většinou při teplotě blízké teplotě okolního prostředí (pod 30 °C), což minimalizuje tepelné ztráty do země a snižuje potřebu izolace. Nejběžnější charakteristikou je dvoutrubková síť, využívající potrubí studené i teplé vody, která spolu s tepelným čerpadlem umístěným u koncového uživatele zajišťuje vhodnou teplotu.

Jednotrubková síť funguje stejným způsobem, spoléhá se však pouze na jednu smyčku okolní teploty, která dodává potřebnou tepelnou energii pro chlazení i vytápění v domácnostech. V období, kdy jsou současně požadavky na vytápění i chlazení, je možné využít odpadní teplo z chlazení v tepelných čerpadlech budov, které potřebují vytápět. Využívá se synergie kombinovaného vytápění a chlazení a odpadního tepla. Minimalizují se počáteční investiční náklady pro energetické společnosti, ačkoliv u koncových uživatelů naopak vzrostou.

Z širšího pohledu se v případě páté generace nejedná o vývoj čtvrté generace nebo její nahrazení novějšími technologiemi. Čtvrtá a pátá generace naopak stojí paralelně vedle sebe, vzájemně se nenahrazují, ale budou se doplňovat. [19, 20]



Obr. 3 Schéma dálkového vytápění páté generace [98]

Obdobné generace lze definovat i pro systémy dálkového **chlazení**. První generací byly potrubní chladicí systémy představené na konci 19. století, skládající se z centralizovaných kondenzátorů a decentralizovaných výparníků s chladivem jako distribuční tekutinou. Objevovaly se v severoamerických a evropských městech. Druhá generace se zaváděla od 60. let minulého století (poprvé v Hartfordu, Hamburku a oblasti La Défense u Paříže), využívající velké mechanické chladiče a studenou vodu jako distribuční tekutinu. V případě třetí generace se jedná o diverzifikovanější zásobování chladem založené na absorpčních chladičích, mechanických chladičích, přirozeném chlazení z jezer, přebytečných studených proudech a chladírenských skladech. Distribuční kapalinou je opět studená voda. Mnoho systémů chlazení

třetí generace bylo instalováno v 90. letech, kdy byla podle Montrealského protokolu zakázána CFC chladiva známá také pod názvem „freony“. V budoucí čtvrté generaci budou využity inteligentní systémy více interagující s rozvodnými sítěmi elektriny, dálkového vytápění a plynu. [18]

### 3.4 VÝVOJ CZT v ČR

Historie českého teplárenství se píše od 19. století. V tomto období byla jejím základem technologická pára, která se využívala pro vytápění továrních hal, nejvíce v textilním, papírenském a cukrovarnickém průmyslu. V roce 1895 začala být vytápěna parním rozvodem i radnice a škola v pražských Holešovicích. První městská teplárna byla vybudována v Ústí nad Labem. Jednalo se o původní elektrárnu, která byla v letech 1919 až 1920 přestavěna na teplárnu.

Přibližně od té doby se u nás začalo rozvíjet centralizované zásobování teplem. Zakládání prvních soustav obecně spadá do období **20. až 40. let** minulého století, které nyní považujeme za éru parních soustav s městskými teplárenskými zdroji spalujícími tuhá paliva. Začal se rozvíjet průmysl ve městech, který si žádal zvýšení potřeby množství tepla pro technologické účely a pro vytápění nových dělnických čtvrtí. Také bylo potřeba vyřešit dopravu a skladování velkého množství uhlí tak, aby byly omezeny důsledky jeho spalování v ekologickém aspektu. Teplárenství umožňovalo dopravu paliva ve velkém, rozptýl kouře vysokými komíny a odvoz zbytků spalování na úložiště, což nahrávalo k jemu postupnému rozšiřování. Ve 30. letech vznikly na svoji dobu vysoce moderní soustavy CZT se zdroji kombinované výroby elektřiny a tepla, které tvoří základ současných soustav dálkového vytápění. První systémy CZT se začaly objevovat po již zmíněném Ústí nad Labem i v dalších městech, jako například v Krnově, Mariánských lázních, Brně (Teplárna Špitálka) nebo v Praze (Elektrárna Holešovice).

V poválečném období v **50. a 60. letech** zaznamenáváme největší rozvoj velkých teplárenských soustav. Byl vyvolán především rozvojem těžkého průmyslu náročného na energetickou spotřebu a shromažďováním obyvatel do průmyslových aglomerací. Dalším důvodem bylo propojování regionálních elektrizačních soustav do jednotného systému, což vyžadovalo výstavbu velkých elektráren, jež se staly významnými zdroji tepla pro přilehlá města. Charakteristikou tohoto období je zakládání rozsáhlých soustav dálkového zásobování teplem převážně v průmyslových a vysoce urbanizovaných aglomeracích (Ostravsko, severní Čechy, Praha, Pardubice, Hradec Králové, Plzeň). Nově budované teplárny byly situovány mimo městská centra, kam se teplo dopravovalo horkovodními napáječi. Rozvody byly horkovodní.

Teplárenství v **70. a 80. letech** bylo ovlivněno budováním satelitních panelových sídlišť s blokovými zdroji tepla a počátkem integrování ušlechtilých paliv – topných olejů a následně i zemního plynu. V roce 1970 byla spuštěna první velká pražská teplárna – Malešice II. Ke konci sedmdesátých let byly vystavěny nebo dokončeny prakticky všechny dnes známé velké teplárenské systémy. Později byl vypracován plán výstavby oblastních soustav CZT, jehož cílem bylo vybudovat teplárenské sítě pokrývající větší oblastní celky, nejen velká města. Jádrem těchto systémů měla být vždy velká teplárna či jiný zdroj. Teplo mělo být přenášeno velkokapacitními napáječi k jednotlivým odběrovým místům. Předobrazem této vize měly být již vytvořené sítě – například sítě okolo Elektrárny Komořany (zásobuje Most, Chomutov, Litvínov, Jirkov a Janov), Elektrárny Opatovice (zásobuje Hradec Králové, Pardubice a Chrudim) a Elektrárny Poříčí (zásobuje Poříčí, Trutnov, Staré Město, Svobodu, Jánské Lázně a Úpici). Z plánovaných osmi soustav však došlo pouze k jedné praktické realizaci, a to k vybudování tepelného napáječe Mělník-Praha. V celkovém pohledu toto období začalo teplárenství technicky zaostávat. Budovaly se levné a energeticky vysoce náročné sídlištní soustavy s výtopenskými zdroji - sídlištními kotelny na zemní plyn. U rozsáhlejších soustav byly nadále také ponechány výtopenské zdroje kvůli nedostatku finančních prostředků. Zachovala se technologie klasických předávacích stanic a kanálové uložení sítí.

V **90. letech 20. století a v prvním desetiletí 21. století** nastal další rozvoj teplárenství. Porevoluční doba přinesla postupnou liberalizaci cen paliv a energií a utváření konkurenčního prostředí s příchodem zahraničních investorů. Došlo k přijímání nových energetických zákonů pro přiblížení naší legislativy k legislativě EU a nových technologií ze zahraničí. Kromě soustav se zdroji na biomasu stagnoval rozvoj CZT, naopak bylo přispěno k intenzifikaci celého procesu výroby a spotřeby tepla a dále se rozvíjela kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Porevoluční vývoj obecně přinesl do teplárenství požadavky na ekologizační investice, změny struktury ekonomiky a v jejím důsledku pokles spotřeby tepla v průmyslu, zejména v oblasti technologické páry a masivní investice do bytových domů pro snížení jejich energetické náročnosti (zateplení svislých konstrukcí a střech, výměny oken a dveří). Došlo k poklesu poptávky po teple ze systémů CZT (v řádech desítek procent) v důsledku společenských a ekonomických změn, čímž se změnila struktura teplárenských zdrojů. Velké teplárenské zdroje taktéž vstoupily na nové trhy, například trh silové elektřiny nebo trhy s podpůrnými službami organizovanými společnostmi ČEPS. [2, 12, 13]

Tab. 1 Charakteristické prvky teplárenství dle období [12]

OBDOBÍ CHARAKTERISTIKA	20. až 40. léta 20. století	50. a 60. léta 20. století	70. a 80. léta 20. století	přelom tisíciletí	20. a 30. léta 21. století
Charakteristika vývoje teplárenství v ČR	počátek teplárenství	extenzivní rozvoj	technické zaostávání	ekologizace racionalizace	intenzifikace kvalita
Typické zdroje nově budovaných SCZT	teplárny (výtopny)	elektrárny (teplárny)	výtopny (elektrárny)	malé teplárny	všechny typy
Typické druhy používaných paliv	uhlí	uhlí	topné oleje (uhlí)	zemní plyn (uhlí)	všechny druhy (biomasa)
Typicky používaná teplonosná látka	pára	horká voda (pára)	horká voda	teplá voda (horká voda)	teplá voda
Charakteristika zásobované oblasti	průmysl (sídliště)	města (průmysl)	sídliště (průmysl)	sídliště	části měst
Používaný způsob uložení teplných sítí	nadzemní (kanálové)	kanálové (nadzemní)	kanálové	bezkanálové podzemní	bezkanálové podzemní
Běžně používané typy odběrných zařízení	přímé odběry (objektové PS)	okrskové PS	okrskové PS	objektové PS (přímé odběry)	objektové PS (přímý odběr)

### 3.5 KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET), neboli kogenerace, zasahuje do obou typů výroby tepla, (centrální i individuální). Jedná se o efektivní cestu přeměny energie paliva na využitelnou energii (elektřinu a teplo).

Princip fungování kogenerační jednotky je popsán v kapitole „Zařízení pro výrobu tepla v CZT“. Vyrobená elektřina je vyráběna většinou na úrovni nízkého napětí a je tedy možné ji dodávat přímo do distribuční sítě nízkého napětí, v případě dodávky do distribuční sítě vysokého napětí se využívají transformátory.

V případě poruchy kogenerační jednotky je možné dodávat teplo z akumulačního zásobníku nebo ze záložního zdroje, například plynového kotle.

Existují tři základní druhy provozu kogeneračních jednotek:

- Paralelní provoz se sítí – vyrobená elektřina je dodávána do nadřazené distribuční soustavy
- Ostrovní provoz – bez připojení na nadřazenou distribuční soustavu, autonomní provoz pro vlastní spotřebu odběratele
- Nouzový provoz – kogenerační jednotka plní funkci záložního zdroje

K hlavním přínosům KVET patří využití energie z paliv s vysokou účinností. Je možné využívat různorodou škálu paliv. Díky moderním technologiím existuje možnost spalovat méně kvalitní a tím pádem i levnější paliva. Dají se využít i OZE, geotermální teplo, odpadní teplo z průmyslu, zejména ze sklářských pecí a hutí. Spalování komunálního odpadu má zároveň pozitivní vliv na lokální prostředí, jelikož dojde ke snížení objemu ukládaného odpadu na skládky. Obecně dochází ke snížení zátěže životního prostředí díky tomu, že k vyrobení určitého množství tepla a elektrické energie je zapotřebí méně paliva než při jejich oddělené výrobě. [2, 15, 16]

### 3.6 TRIGENERACE

Trigenerace na rozdíl od kogenerace zahrnuje navíc výrobu chladu. Není nezbytné dodávat současně elektřinu, teplo a chlad, lze dodávat i elektřinu v kombinaci pouze s teplem nebo pouze s chladem. Technologie pro trigeneraci se od kogenerační jednotky odlišuje přidáním absorpční chladicí jednotky, jež je samostatným dílem instalovaným v blízkosti kogenerační jednotky. Uplatnění nachází převážně mimo topnou sezonu, kdy samotná kogenerace není plně využívána. Jedná se tedy o zefektivnění ročního provozu jednotky. [2, 16]

## 4 SOUČASNÝ STAV TEPLÁRENSTVÍ V ČR

### 4.1 DÁLKOVÉ VYTÁPĚNÍ

Na současné struktuře dálkového vytápění se podílí přes 2000 licencovaných provozoven tepla, 655 firem s licenci na výrobu tepelné energie, 644 firem s licenci na rozvod tepelné energie a 2300 lokalit rozvodu. Celková délka rozvodů tepla činí přes 7500 km s instalovaným tepelným výkonem přibližně 39976 MW<sub>t</sub>. Parovody tvoří většinu instalovaného výkonu, a to přibližně 79 %, přestože jejich délka odpovídá jen necelým 18 % z celkové délky rozvodů. Zbytek tepelné sítě dotvářejí teplovodní a horkovodní rozvody. Přehled instalovaného tepelného výkonu a délky rozvodů tepla mezi lety 2014 a 2019 ukazuje následující tabulka.

Tab. 2 Vývoj instalovaného tepelného výkonu a délky rozvodů tepla [11]

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Délka rozvodů parní [km]	1 470,60	1 452,20	1 425,71	1 415,43	1 374,45	1 348,89
Délka rozvodů teplovodní [km]	3 509,10	3 439,80	3 449,09	3 454,98	3 441,96	3 473,44
Délka rozvodů horkovodní [km]	2 732,80	2 602,50	2 633,16	2 646,46	2 642,25	2 685,93
<b>Délka rozvodů celkem</b>	<b>7 712,50</b>	<b>7 494,50</b>	<b>7 507,96</b>	<b>7 516,87</b>	<b>7 458,66</b>	<b>7 508,26</b>
Tepelný výkon parní [MW <sub>t</sub> ]	26 043,40	27 978,40	29 319,14	31 318,47	30 515,66	31 636,95
Tepelný výkon teplovodní [MW <sub>t</sub> ]	4 645,10	4 718,40	4 732,42	4 551,54	4 436,23	4 386,24
Tepelný výkon horkovodní [MW <sub>t</sub> ]	6 758,20	4 680,20	4 429,28	4 072,54	4 545,68	3 952,57
<b>Tepelný výkon celkem</b>	<b>37 446,70</b>	<b>37 377,00</b>	<b>38 480,84</b>	<b>39 942,56</b>	<b>39 497,58</b>	<b>39 975,76</b>

Kromě těchto subjektů má navíc 575 firem koncesovanou živnost na výrobu a rozvod tepelné energie. Celkem tedy v tomto odvětví podniká více než 1100 subjektů. [11]

Zdroje dodávající teplo do dálkového vytápění je možné rozdělit do sedmi skupin:

- Velké zdroje s KVET využívající pevná fosilní paliva (hnědé a černé uhlí, případná kombinace s ostatními paliva)
- Velké zdroje s KVET využívající plynná nebo kapalná fosilní paliva (zemní plyn, technologické plyny, topný olej)
- Menší zdroje s KVET využívající zemní plyn
- Menší zdroje s KVET využívající biomasu a alternativní paliva
- Jaderné elektrárny
- Zdroje využívající chemické a odpadní teplo
- Výtopenké zdroje využívající fosilní a ostatní paliva [1]

Dominantním palivem pro výrobu prodaného tepla je hnědé i černé uhlí (přibližně 56 %), jeho podíl však dlouhodobě postupně klesá. Přibližně čtvrtinu zdrojů tvoří stabilně zemní

plyn. Naopak roste podíl obnovitelných zdrojů a druhotných zdrojů energie, kam se řadí například odpadní teplo z průmyslu. [1]

### INFRASTRUKTURA DÁLKOVÉHO VYTÁPĚNÍ

Nejvýznamnější tepelné energetické zdroje podle typu a krajů vyobrazuje následující tabulka. Rozděluje je do tří základních skupin – elektrárny, teplárny s výtopenami a závodní energetika.

Ve skupině elektráren se uvádí výroby původně konstruované jako klasické elektrárny. Do skupiny tepláren a výtopen spadají klasické teplárny, elektrárenské zdroje rekonstruované na dodávky tepla (např. Opatovice, Mělník I) a významnější systémy CZT zásobované téměř výlučně výtopenými zdroji. Třetí skupina zahrnuje závodní elektrárny. Jedná se o zdroje původně vybudované jako součásti průmyslových podniků. Nyní se mnohdy jedná o samostatné společnosti (dceřiné společnosti původních podniků). [14]

Tab. 3 Přehled nejvýznamnějších tepelných energetických zdrojů – dle typu a dle krajů [14]

kraj	elektrárny	teplárny a výtopeny	závodní energetika
Praha (PHA)	–	Praha-Malešice spalovna	–
Středočeský (STC)	Mělník II, Mělník III, Kladno	Mělník I, Příbram, Kolín	Mladá Boleslav, Kralupy
Jihočeský (JHC)	–	Čes. Budějovice, Tábor, Písek, Strakonice, Český Krumlov, Jindřichův Hradec	Planá nad Lužnicí
Plzeňský (PLK)	–	Plzeň (teplárna)	Plzeň (Škoda)
Karlovarský (KVK)	PPC Vřesová, Tisová II	Tisová I, Mariánské Lázně	ZE Vřesová
Ústecký (ULK)	Tušimice II, Prunéřov II, Počeradý, Ledvice	Komořany, Trmice, Děčín	Unipetrol, Mondi Štětí, Lovochemie
Liberecký (LBK)	–	Liberec, Jablonec nad Nisou	–
Královéhradecký (HKK)	–	Poříčí, Dvůr Králové, Náchod	–
Pardubický (PAK)	Chvaletice	Opatovice	Semtín
Vysočina (VYS)	–	Jihlava	–
Jihomoravský (JHM)	–	Hodonín, Brno (3 lokality), Kyjov	–
Olomoucký (OLK)	–	Olomouc, Přerov	–
Zlínský (ZLK)	–	Zlín, Otrokovice, Valašské Meziříčí	–
Moravskoslezský (MSK)	Dětmarovice	Třebovice, Karviná, ČSA, Přívoz, Krmov, Frýdek-Místek	TAMEH, Energetika Třinec

Následující mapa zobrazuje **nejvýznamnější soustavy zásobování teplem**, konkrétně na těchto lokalitách: Hodonín, Trutnov, Tisová, Prunéřov, Ostrava, Plzeň, České Budějovice, napáječ z Mělníka s rozvody v Praze, Strakonice, Karviná, Havířov, Olomouc, Přerov,



Frýdek-Místek, Ústí nad Labem, Zlín, Liberec, Brno, Hradec Králové, Mladá Boleslav, Příbram, Tábor, Štětí, Chomutov, Hodonín, Vítkovice, Litvínov, Opatovice, Kralupy nad Vltavou, Most – Komořany, Kopřivnice a Otrokovice. Jedná se o soustavy s přenosovou kapacitou nad 200 MW<sub>t</sub>.

Za rozsáhlejší plánovanou infrastrukturu pro dálkové vytápění v současnosti můžeme považovat pouze vyvedení tepla z jaderné elektrárny Temelín.

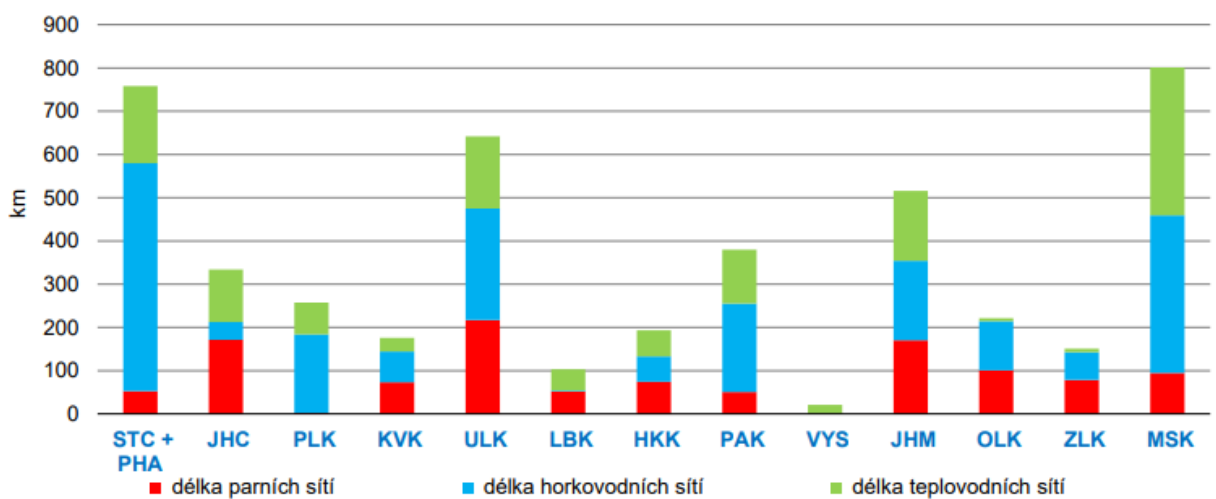
Tabulka 4 ukazuje rozsah těchto soustav dálkového vytápění a další doplňující informace – instalovaný tepelný výkon, roční dodávku tepla, délku parních/horkovodních/teplovodních sítí a hlavní palivo. Jedná se o 84 % parních, 78 % horkovodních a 39 % teplovodních sítí z celkové délky všech sítí CZT. [1, 14]



**Obr. 4** Mapa infrastruktury pro dálkové vytápění [17]

Tab. 4 Shrnutí údajů o systémech CZT podle krajů [14]

kraj	instalovaný tepelný výkon	roční dodávka tepla	délka parních sítí	délka horkovod. sítí	délka teplovod. sítí	hlavní palivo
	MW <sub>t</sub>	TJ	km	km	km	
Středočeský kraj + Praha	3 728	19 350	53	527	178	hnědé uhlí
Jihočeský kraj	950	4 370	171	41	121	hnědé uhlí
Plzeňský kraj	696	3 335	2	181	74	hnědé uhlí
Karlovarský kraj	1 585	4 560	73	71	31	hnědé uhlí
Ústecký kraj	3 183	30 610	217	258	167	hnědé uhlí
Liberecký kraj	248	820	52	2	49	zemní plyn
Královéhradecký kraj	709	1 520	75	59	60	hnědé uhlí
Pardubický kraj	982	5 825	51	205	124	hnědé uhlí
Vysočina	51	250	0	0	21	zemní plyn
Jihomoravský kraj	845	3 320	171	184	162	hnědé uhlí
Zlínský kraj	962	5 200	101	113	7	hnědé uhlí
Olomoucký kraj	382	3 010	79	64	8	černé uhlí
Moravskoslezský kraj	3 678	13 910	95	364	342	černé uhlí
<b>ČR celkem</b>	<b>18 001</b>	<b>96 080</b>	<b>1 140</b>	<b>2 070</b>	<b>1 344</b>	

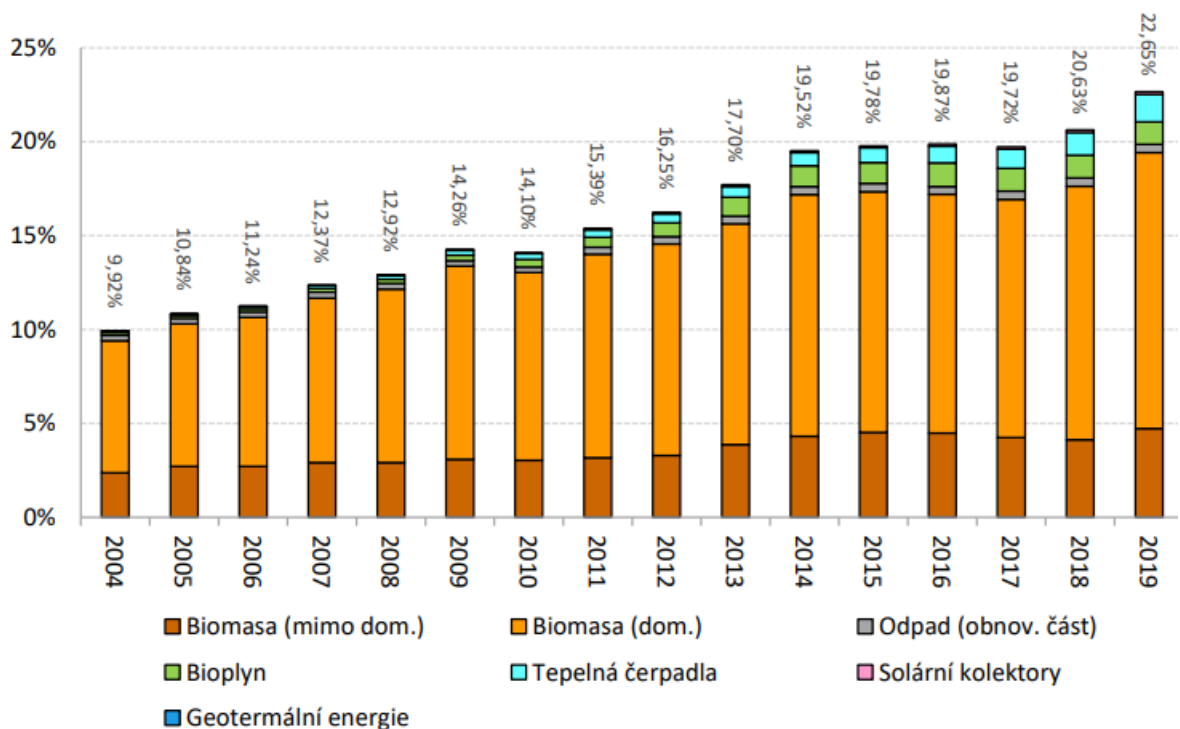


Obr. 5 Délky tepelných sítí v jednotlivých krajích [14]

V posledních patnácti letech již nedochází k intenzivnímu rozvoji nových soustav zásobování tepelné energie, protože ve větších městech (nad 50 000 obyvatel) je připojeno na dálkové vytápění 65 % domácností. Ve větších aglomeracích je tento podíl ještě vyšší. Probíhá spíše zahušťování již existujících soustav. [1]

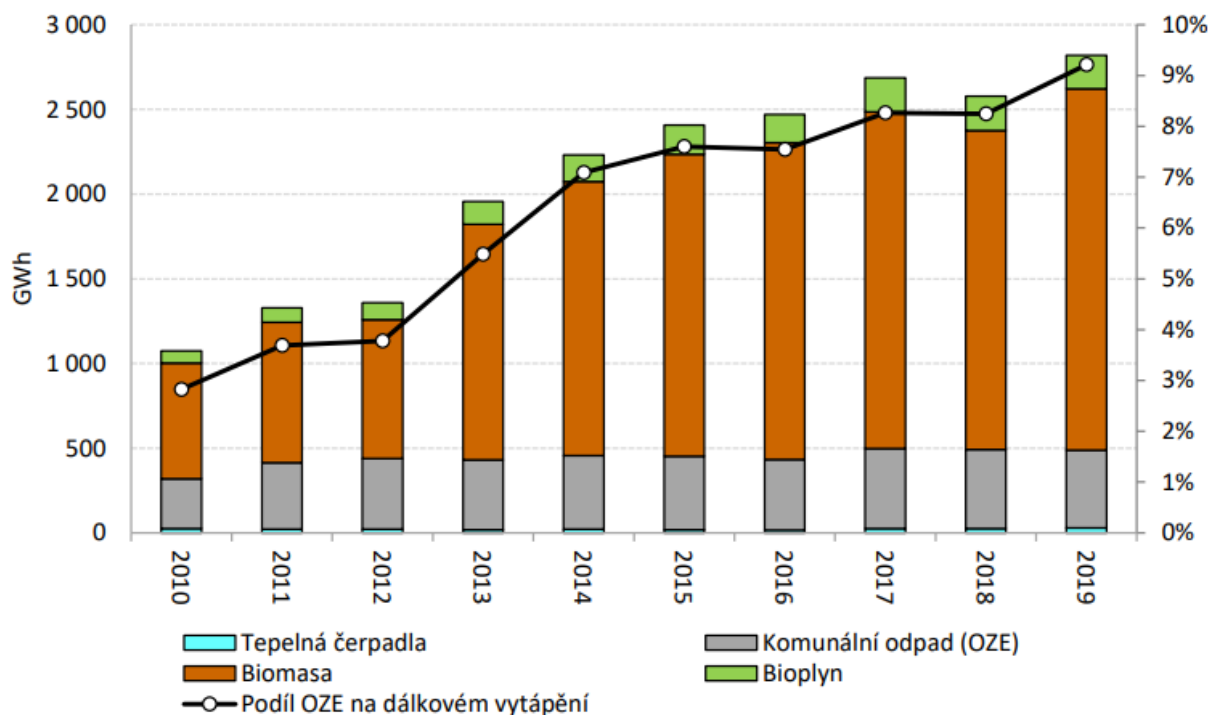
### OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V DÁLKOVÉM VYTÁPĚNÍ

Mezi zdroje pro dodávku tepla z OZE řadíme tepelná čerpadla, obnovitelnou část komunálního odpadu, biomasu, bioplyn a geotermální energii. Jejich podíl v sektoru vytápění a chlazení stále roste – v roce 2010 se jednalo o 14,1 %, zatímco v roce 2019 o 22,65 %. Mezi lety 2010 a 2019 tedy došlo k celkovému nárůstu podílu energie z OZE v konečné spotřebě energie v odvětví dálkového vytápění a chlazení o 8,55 %. Ve skladbě těchto OZE převažuje biomasa (85 %). Celkový podíl bioenergie, do níž spadá biomasa, odpady a bioplyn, tvoří přibližně 93 %, tedy majoritní část oproti ostatním OZE, kterými jsou tepelná čerpadla, solární kolektory a geotermální energie.



Obr. 6 Historický vývoj příspěvku jednotlivých paliv k podílu OZE v sektoru vytápění a chlazení (v %) [1]

V hrubé výrobě tepla z OZE došlo k nárůstu z 1 746 GWh v roce 2010 na 2 820 GWh v roce 2019. Největší podíl tvoří opět biomasa (75 %). Podíl hrubé výroby tepla z OZE v rámci dálkového vytápění narostl v letech 2010 až 2019 z hodnoty 2,82 % na 9,21 %. [1]



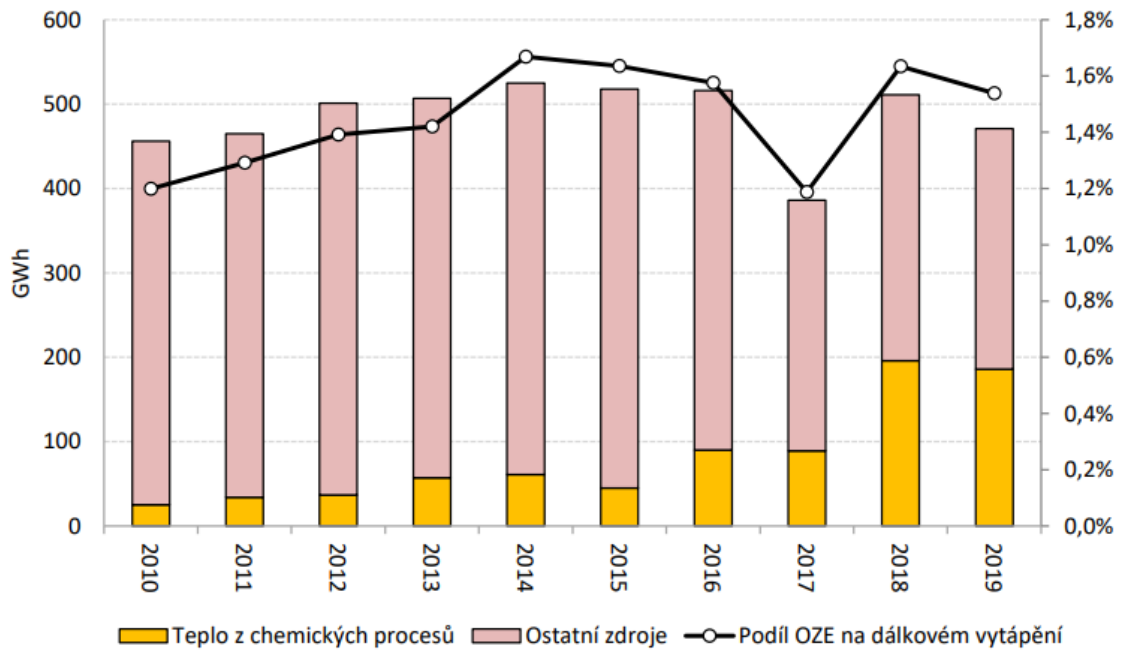
Obr. 7 Podíl OZE na dálkovém vytápění a příspěvek jednotlivých obnovitelných zdrojů [1]

Tab. 5 Vývoje podílu OZE na dálkovém vytápění v letech 2010-2019 (v %) [1]

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Podíl OZE na dálkovém vytápění	2,82	3,69	3,78	5,48	7,09	7,60	7,54	8,26	8,25	9,21

#### ODPADNÍ TEPLA V DÁLKOVÉM VYTÁPĚNÍ

Hrubá výroba odpadního tepla, které se získává z chemických procesů a jiných zdrojů, se v období 2010 až 2019 výrazně neměnila. Její podíl v konečné spotřebě dálkového vytápění se z hodnoty 1,2 % v roce 2010 zvýšil na hodnotu 1,54 % v roce 2019. Došlo tedy k výrazně menšímu nárůstu než v případě OZE. [1]

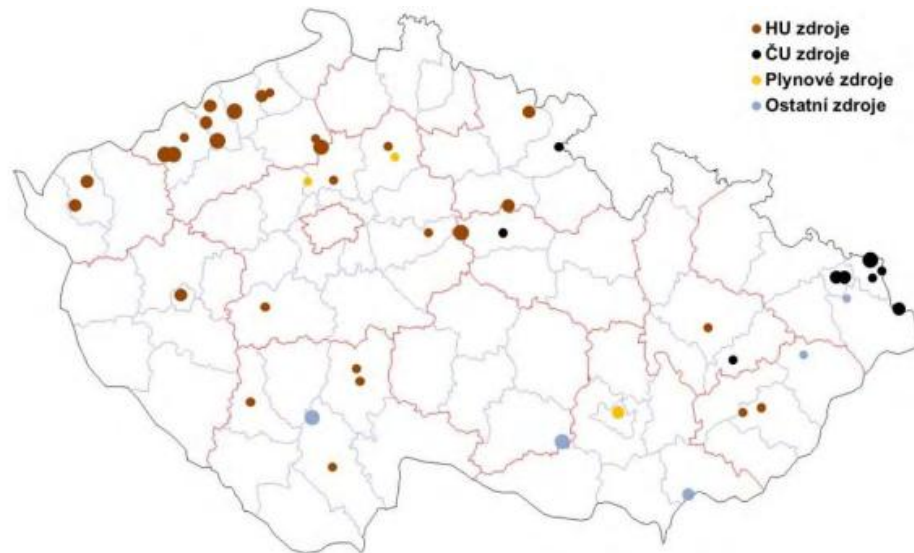


Obr. 8 Podíl hrubé výroby odpadního tepla v konečné spotřebě dálkového vytápění [1]

## 4.2 KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA

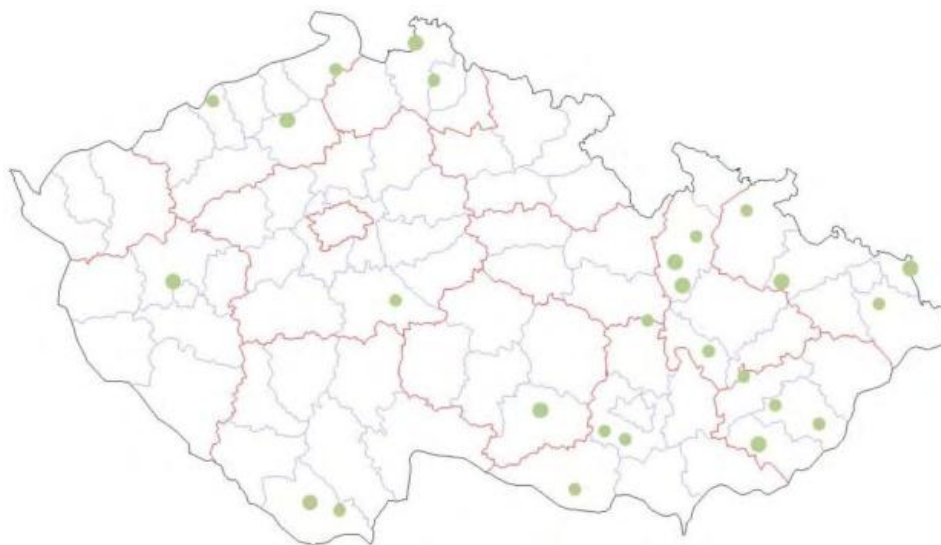
K hlavním výrobnám elektřiny s výrobou nad 20 GWh/rok, které využívají technologii KVET nebo jsou pro KVET vhodné se řadí: Ledvice, Mělník, Chvaletice, Tušimice, Počeradý, Poříčí, Pruněrov, Tisová, Trmice, Kladno, Zlín, Opatovice, Vřesová, Chomutov, Plzeňská energetika, Plzeňská teplárenská, České Budějovice, Olomouc, Kolín, Komořany, Příbram, Strakonice, Tábor, Ústí nad Labem, Štětí, Otrokovice, Planá nad Labem, Neratovice, Mladá Boleslav, Litvínov, Dětmarovice, Třebovice, Karviná, ČSA-Karviná, Přerov, Ostrava-Přívoz, Náchod, Trinec, Synthesia Pardubice, ArcelorMittal Ostrava, Vítkovice, Brno, Kralupy nad Vltavou, Dobruška, Hodonín, Biocel Paskov, Valašské Meziříčí, Temelín a Dukovany.

Většina tepelných elektráren s výrobou nad 20 GWh/rok má k dispozici osvědčení o původu elektřiny z vysokoúčinné KVET. Tato technologie není proveditelná u dalších 19 zdrojů, kterými jsou vodní, fotovoltaické a větrné elektrárny. Za ostatní zdroje se považují jaderné elektrárny a zdroje využívající dominantně biomasu a druhotné zdroje energie.



**Obr. 9 Výrobní elektrárny s technologií umožňující KVET [17]**

Plánují se výstavby dalších zařízení s technologií KVET. Následující mapa vychází z vydaných autorizací na výstavbu výroben elektřiny umožňujících KVET s plánovaným elektrickým výkonem nad 2 MW<sub>e</sub>.



**Obr. 10 Plánovaná zařízení s KVET [17]**

Většina instalovaného elektrického i tepelného výkonu připadá na parní elektrárny s výkonem nad 5 MW<sub>e</sub>. Na celkovém instalovaném elektrickém výkonu se podílejí z 92 % (10 082 MW<sub>e</sub> z celkových 10 907 MW<sub>e</sub>), na tepelném z 89 % (18 903,1 MW<sub>t</sub> z celkových 21 281,8 MW<sub>t</sub>).

Tab. 6 Výroba elektřiny a dodávky užitečného tepla z KVET v roce 2019 [1]

	KVET do 1 MWe včetně		KVET nad 1 MWe do 5 MWe včetně		KVET nad 5 MWe včetně		KVET celkem	
	Výroba elektřiny brutto	Dodávka užitečného tepla	Výroba elektřiny brutto	Dodávka užitečného tepla	Výroba elektřiny brutto	Dodávka užitečného tepla	Výroba elektřiny brutto	Dodávka užitečného tepla
	(GWh)	(TJ)	(GWh)	(TJ)	(GWh)	(TJ)	(GWh)	(TJ)
<b>KVET</b>	<b>1 604,8</b>	<b>4 974,0</b>	<b>1 303,5</b>	<b>7 153,4</b>	<b>6 990,2</b>	<b>87 161,9</b>	<b>9 898,5</b>	<b>99 289,3</b>
Biomasa	12,1	353,7	91,9	1 053,9	1 049,8	11 373,1	1 153,9	12 780,7
Bioplyn	1 140,4	1 308,4	574,6	572,8	34,0	90,8	1 749,0	1 972,0
Černé uhlí	0,1	2,5	27,8	985,5	761,8	10 117,7	789,7	11 105,7
Hnědé uhlí	11,2	1 047,4	25,7	825,2	3 965,1	52 653,7	4 002,0	54 526,2
Koks	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Odpadní teplo	0,0	0,0	17,3	541,7	14,4	156,0	31,7	697,7
Ostatní kapalná paliva	0,0	0,0	11,5	184,7	4,3	43,3	15,8	228,0
Ostatní pevná paliva	2,0	8,6	9,1	372,0	86,8	1 643,3	97,9	2 023,9
Ostatní plyny	4,4	31,1	58,4	215,9	277,0	4 204,3	339,8	4 451,3
Ostatní	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Topné oleje	5,3	4,6	0,4	0,4	1,3	19,5	7,6	24,4
Zemní plyn	429,4	2 217,8	486,1	2 401,5	795,6	6 860,2	1 711,2	11 479,5
<b>Celk. inst. el. výkon (MWe)</b>	<b>425,6</b>		<b>399,4</b>		<b>10 082,0</b>		<b>10 907,0</b>	
<b>Celk. inst. tep. výkon (MWt)</b>		<b>1 013,8</b>		<b>1 365,0</b>		<b>18 903,1</b>		<b>21 281,8</b>

Instalovaný výkon KVET má rostoucí tendenci u zařízení všech velikostí. Od roku 2014 do roku 2019 se zvýšil celkem o 360 MW<sub>e</sub>.

Tab. 7 Vývoj instalovaného výkonu MWe v období 2014–2019 (v MWe) [1]

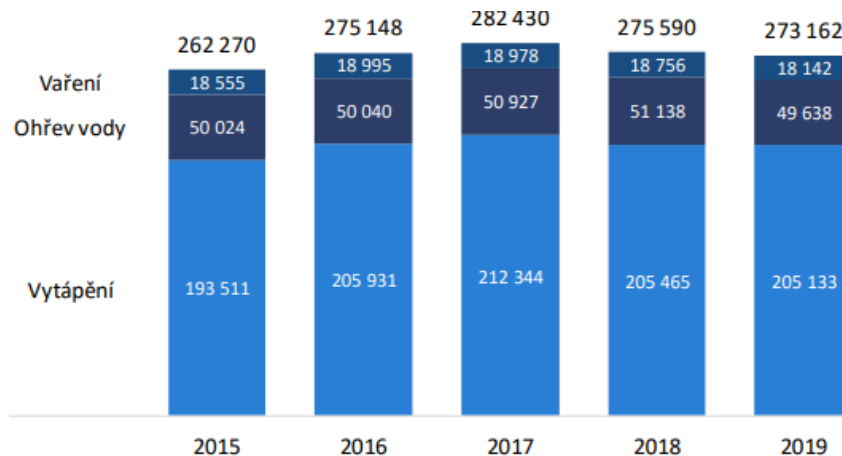
	KVET do 1 MWe včetně	KVET nad 1 MWe do 5 MWe včetně	KVET nad 5 MWe včetně	KVET celkem
2014	309,6	321,8	9 915,6	10 547,0
2015	320,2	347,3	10 032,0	10 699,5
2016	339,3	356,6	10 019,9	10 715,8
2017	396,4	389,1	10 392,1	11 177,6
2018	411,9	390,7	10 806,7	11 609,4
2019	425,6	399,4	10 082,0	10 907,0
rozdíl 2014-2019	116,0	77,6	166,4	360,0

### 4.3 VYTÁPĚNÍ DOMÁCNOSTÍ

Způsob vytápění domácností ovlivňuje mnoho faktorů, mezi ty hlavní patří dostupnost vytápěcích systémů, dostupnost a cena jednotlivých paliv nebo komfort obsluhy topného zařízení. V ČR se vytápění domácností liší v závislosti na kraji nebo době kolaudace bytu. V blízkosti větších aglomerací a měst, ze kterých lze využít zbytkové teplo, bývá rozšířenější napojení na soustavu dálkového vytápění než v menších městech a hůře dostupných obcích, kde převažuje individuální vytápění jednotlivých domů či bytových jednotek. Poměr způsobu

vytápění domácností se všeobecně v průběhu času mění velmi pomalu a je ovlivněn převážně výstavbou nových domů a bytů. [10]

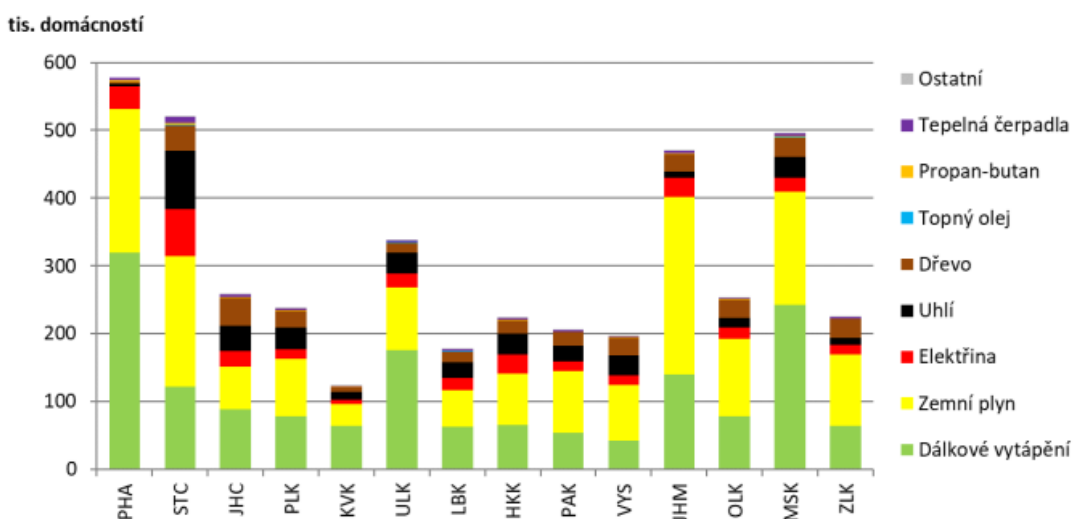
Spotřeba energií v domácnostech na vytápění, chlazení, ohřev vody a vaření meziročně stagnuje, což je patrné z následujícího grafu. V roce 2019 činila tato spotřeba přes 273 PJ paliv a energií, z toho 205 PJ (75 %) bylo spotřebováno na vytápění.



Obr. 11 Konečná spotřeba energie v sektoru domácností podle druhu [11]

Spotřeba pouze na vytápění v celém sektoru domácností byla pokryta ze 42 % biomasou a ostatními OZE, 24 % zemním plynem, 16 % uhlím a uhelnými produkty, 13 % teplem z dálkového vytápění, 5 % elektřinou a z necelého 1 % kapalnými palivy. [11]

V roce 2018 bylo registrováno dohromady 4 295 509 domácností. Dálkovým teplem bylo zásobováno 37,2 % z nich. Ve zbylých převažuje zemní plyn (37,8 %) a následují pevná paliva – uhlí (8,6 %) a dřevo (7,4 %). [10]



Obr. 12 Způsob vytápění domácností v krajích ČR [tis. domácností], 2018 [10]

U nových bytů kolaudovaných mezi lety 2010 a 2019 se podíly jednotlivých zdrojů na vytápění liší – převažuje zemní plyn (43 %) a elektřina (22 %). Dálkové vytápění je zastoupeno



pouze z 16 %, přičemž meziročně se jeho hodnota zastoupení pohybovala od 11 % do 19 %.

[11]

Tab. 8 Počet bytů [%] kolaudovaných v letech 2010–2019 podle hlavního zdroje vytápění [11]

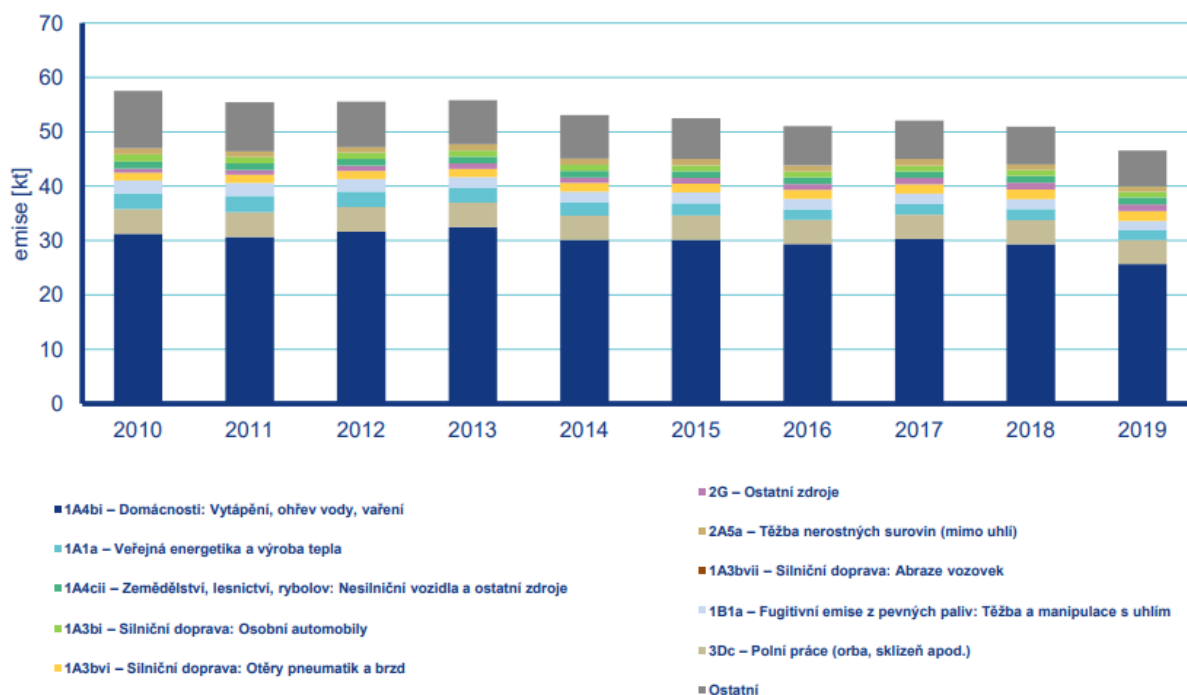
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	celkem
Centrální dálkové	16 %	11 %	12 %	12 %	16 %	14 %	19 %	19 %	18 %	18 %	16 %
Zemní plyn	55 %	52 %	50 %	46 %	42 %	45 %	36 %	38 %	35 %	34 %	43 %
Pevná paliva (biomasa a uhlí)	10 %	12 %	12 %	12 %	11 %	12 %	10 %	9 %	9 %	8 %	10 %
Elektřina	14 %	18 %	19 %	21 %	22 %	21 %	23 %	24 %	27 %	28 %	22 %
Tepelná čerpadla	4 %	7 %	7 %	7 %	8 %	8 %	9 %	10 %	11 %	11 %	8 %
Solární kolektory	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kapalná paliva (nafta, LTO, TTO atd.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Jiné (LPG, CNG, bioplyn, ostatní plyny atd.)	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %	1 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Neuvedeno	1 %	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Celkem	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

#### 4.4 EMISE

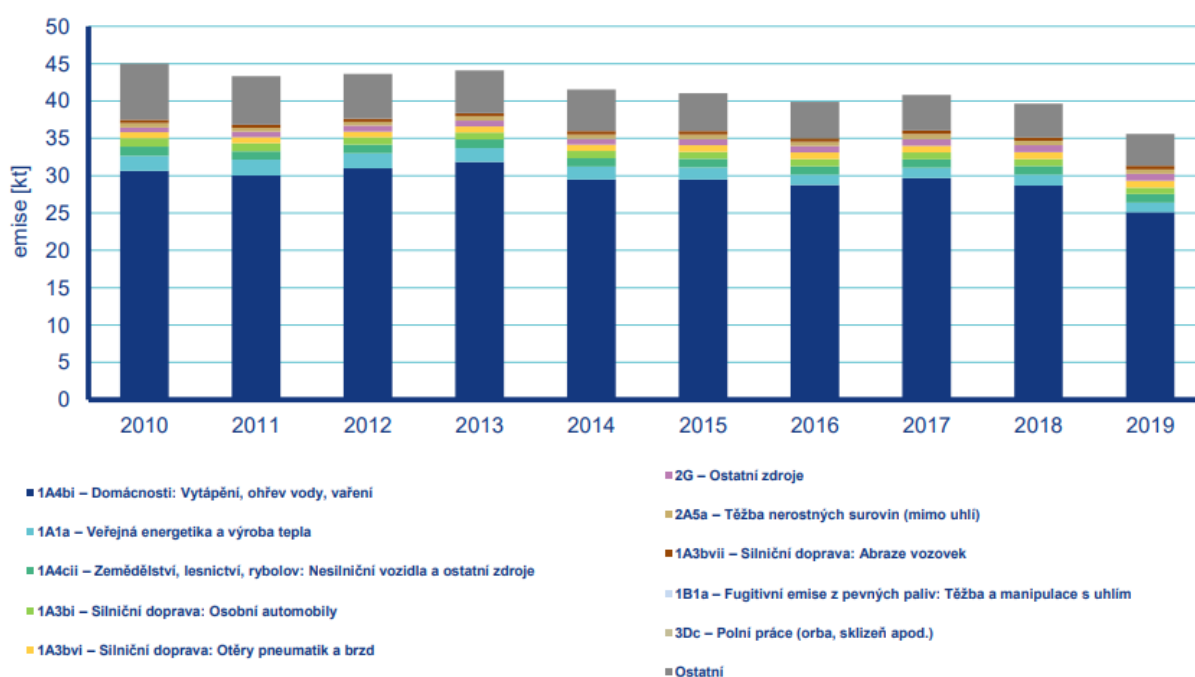
Hlavní problém kvality ovzduší v České republice představuje znečištění především benzo[a]pyrenem, přízemním ozonem a suspendovanými částicemi frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Přestože v posledních letech má většina imisních charakteristik klesající tendenci, jejich koncentrace stále překračují v řadě lokalit stanovené imisní limity, což má negativní dopad na lidské zdraví i ekosystém. Kromě množství emisí závisí úroveň znečištění ovzduší i na meteorologických a rozptylových podmínkách.

Výroba tepla a vytápění domácností se řadí k největším antropogenním zdrojům suspendovaných částic, benzo[a]pyrenu, oxidů dusíku, benzenu, olova, kadmia, arsenu, niklu, oxidu siřičitého a oxidu uhelnatého.

Vytápění domácností (spolu s ohřevem vody a vařením) je dominantním sektorem, který se podílí na znečišťování ovzduší **suspendovanými částicemi**. Z tohoto sektoru pocházelo v roce 2019 celkem 55,1 % emisí PM<sub>10</sub> a 70,5 % emisí PM<sub>2,5</sub>. Výroba tepla a veřejná energetika se na těchto emisích podílely z necelých 4 %, jak vyplývá z níže uvedených grafů.

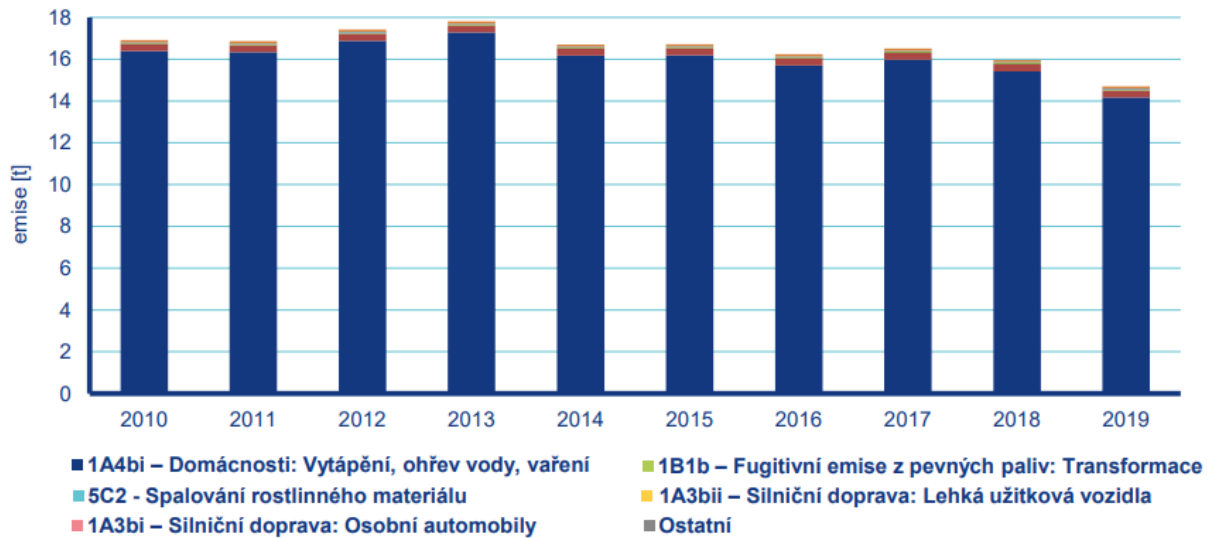


Obr. 13 Celkové emise PM10 v letech 2010–2019 [21]



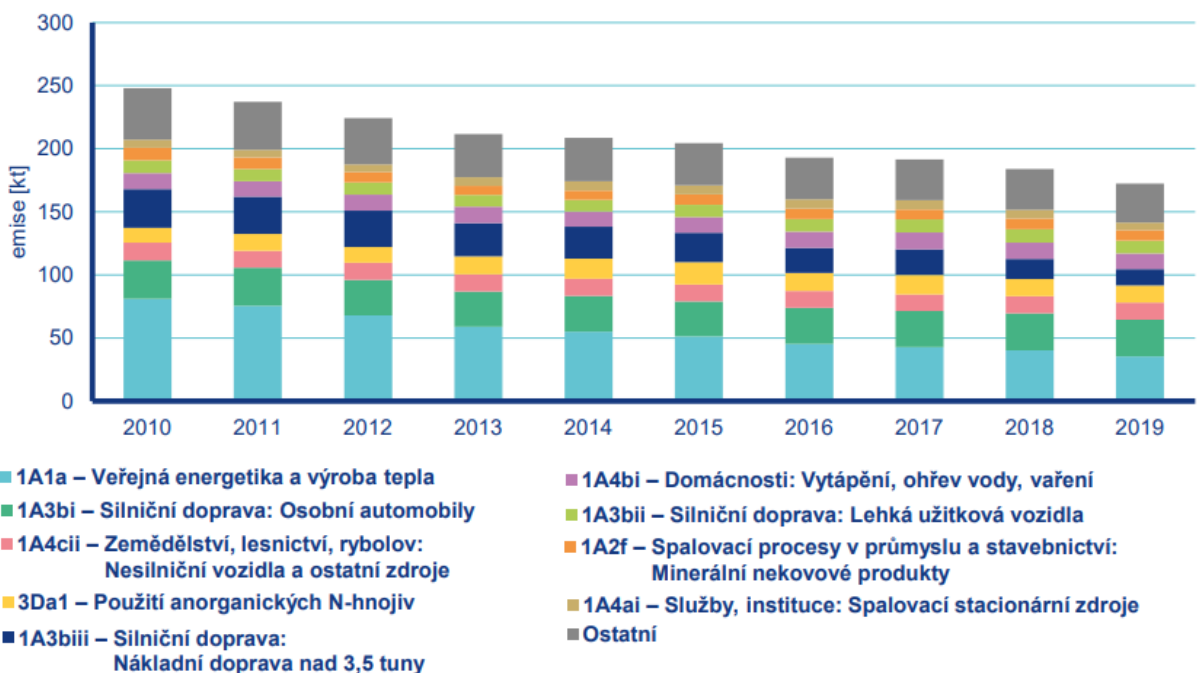
Obr. 14 Celkové emise PM2,5 v letech 2010–2019 [21]

Ještě větší podíl má vytápění domácností na emisích **benzo[a]pyrenu**. V roce 2019 se jednalo o 96,4 %. Tyto emise jsou tedy rozloženy na území obydlené zástavby celé ČR. Jejich množství je závislé na spotřebě pevných paliv v domácnostech. Zatížení ale není rovnoměrné, nejhorší situace je v Moravskoslezském kraji z důvodu vyššího podílu spalování černého uhlí v domácnostech v kotlích prohořivacího typu a také koncentrací hutního průmyslu a výroby koksů.



Obr. 15 Celkové emise benzo[a]pyrenu v letech 2010-2019 [21]

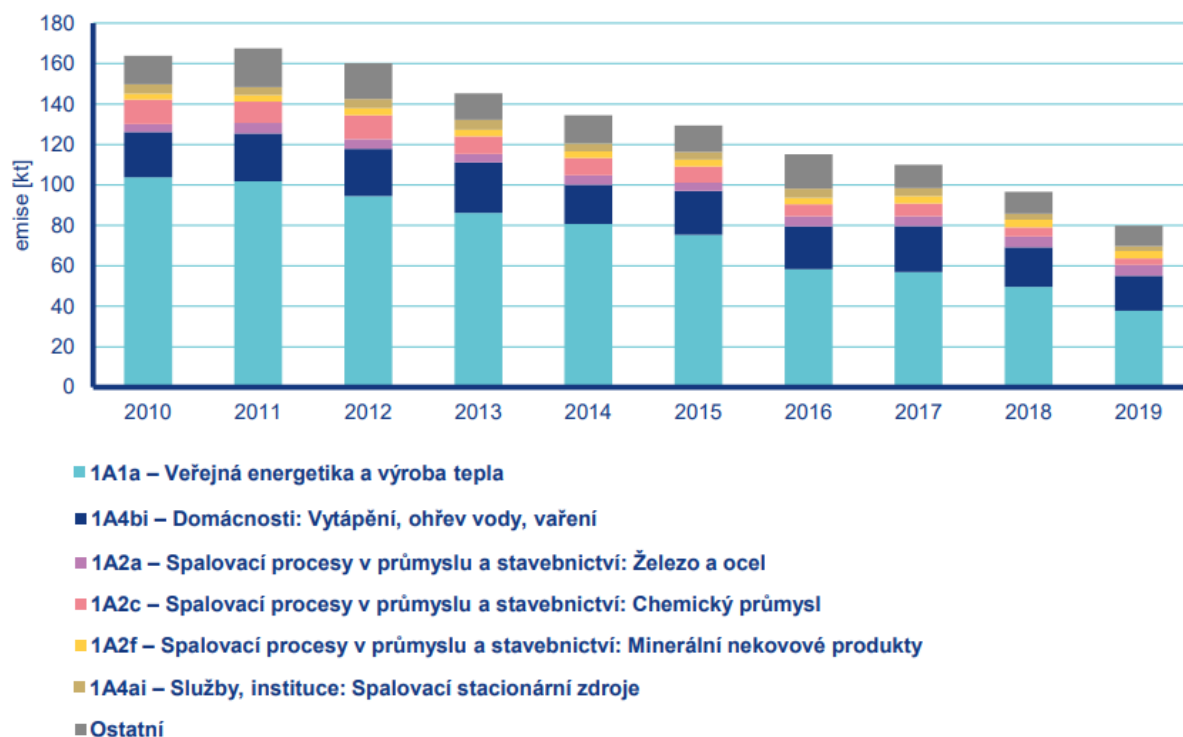
**Oxidy dusíku** se tvoří při spalování paliv. Podstatnými parametry jsou teplota spalování, obsah dusíku v palivu a přebytek spalovacího vzduchu. Největší množství pochází z mobilních zdrojů, veřejná energetika a výroba tepla tvoří přibližně pětinu celkových emisí NO<sub>x</sub>. Produkce je soustředěna především kolem dálnic a komunikací s intenzivní dopravou a ve velkých městech s významnými energetickými výrobními celky.



Obr. 16 Celkové emise NOx v letech 2010-2019 [21]

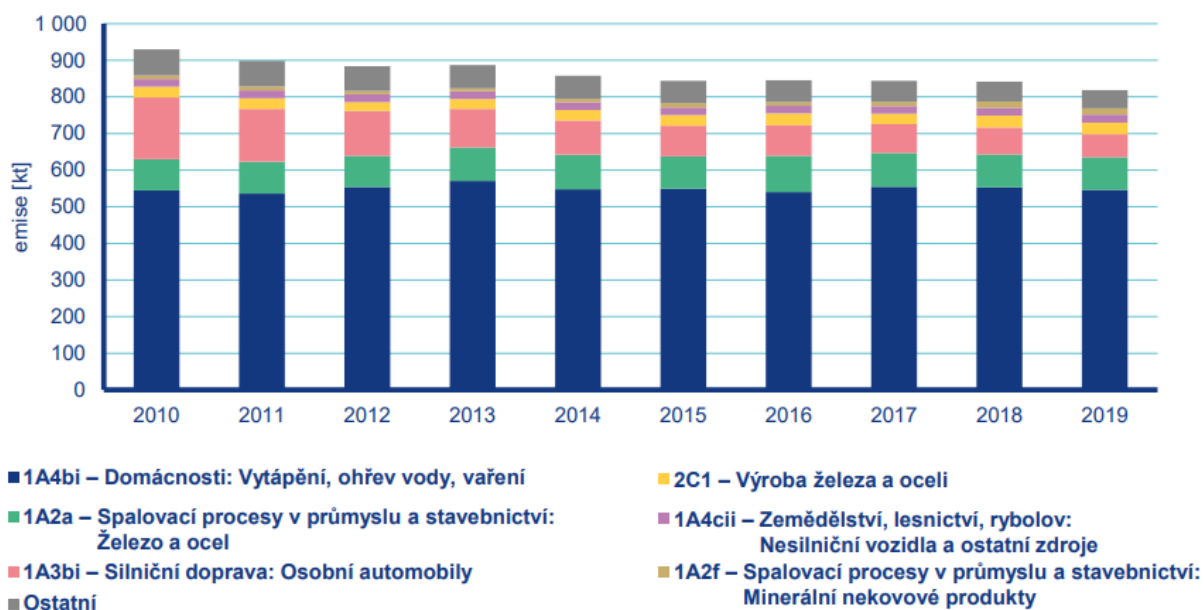
Tvorbu emisí **oxidů síry** způsobuje především spalování pevných fosilních paliv obsahujících síru. Necelá polovina emisí (47,2 % v roce 2019) pochází z veřejné energetiky a výroby tepla a další pětina (21,7 %) z vytápění domácností. Vzhledem k dominanci těchto

sektorů je většina emisí SO<sub>x</sub> koncentrována do Ústeckého, Moravskoslezského a Středočeského kraje, kde se nacházejí větší energetické výrobní celky.



Obr. 17 Celkové emise SO<sub>x</sub> v letech 2010–2019 [21]

**Oxid uhelnatý** vzniká spalováním paliv obsahujících uhlík při nízkých teplotách a nedostatku spalovacího vzduchu. Na celorepublikových emisích se z necelých 70 % podílí vytápění domácností, proto celkové množství každoročně závisí na spotřebě pevných paliv v domácnostech. Jsou rozloženy po celém území obydlené zástavby a také okolo komunikací s intenzivní dopravou. [21]



Obr. 18 Vývoj celkových emisí CO v letech 2010–2019 [21]

## 5 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE

OZE jsou nefosilní přírodní zdroje energie – energie vody, větru, slunečního záření, pevné biomasy a bioplynu, energie okolního prostředí, geotermální energie a energie kapalných biopaliv. Většina z nich má původ ve slunečním záření, pouze geotermální energie vzniká procesy v nitru země.

Ačkoliv je potenciál OZE obrovský, není neomezený. Pro využití větrné, vodní nebo geotermální energie je třeba najít lokalitu s vhodnými přírodními podmínkami, kde zároveň nebrání jiné zájmy, například nesouhlas místních obyvatel. Potenciál veškeré půdy a lesů na území ČR je odhadován na 700 PJ. Tohoto čísla však nemůžeme nikdy dosáhnout, protože půda musí být k dispozici i pro pěstování potravin a krmiv a z lesů čerpají i jiná odvětví (stavební, nábytkářský a papírenský průmysl). Pouze sluneční energie má téměř neomezený potenciál. Největšími nevýhodami v tomto případě je vysoká pořizovací cena solárních systémů a jejich omezená životnost.

Jedním z problémů je energetická účinnost přeměn. Ta je velmi nízká zejména u biomasy – sklizené rostliny obsahují méně než 1 % sluneční energie, navíc využíváme pouze některé části rostlin. Další ztráty vznikají při spalování.

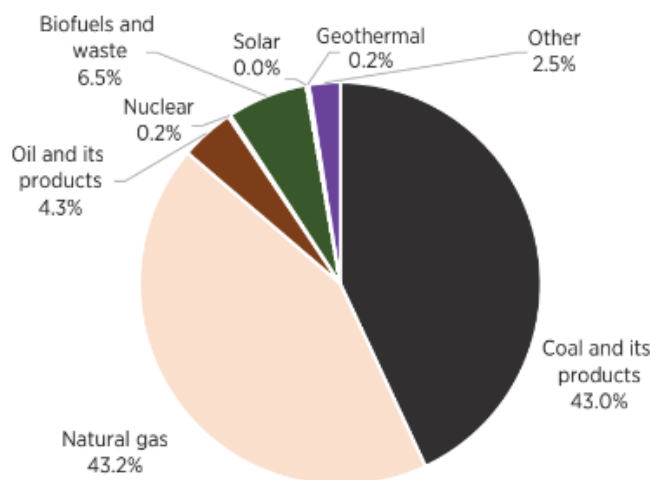
OZE napomáhají k energetické soběstačnosti na všech úrovních, ať už se jedná o samostatné domy, obce či regiony. Síť je využívána jako velký akumulátor, z něhož spotřebitelé odebírají energii nebo ji naopak dodávají. V roční bilanci dochází k vyrovnání výroby a spotřeby, čehož by se bez napojení na centrální systém dosahovalo složitěji. Energetická soběstačnost znamená mnoho výhod, například bezpečnost vůči výpadkům vnějších dodávek, zvýšení spolehlivosti celostátní energetiky, zlepšování ovzduší snižováním emisí z lokálních topenišť na fosilní paliva i globálním snižováním emisí (zejména CO<sub>2</sub>) nebo využití místních zdrojů. [24, 25]

Podíl obnovitelné energie na konečné spotřebě energie přesáhl v ČR v roce 2019 hranici 16 %. V předchozích letech měl tento podíl rostoucí tendenci. V porovnání s rokem 2010 vzrostl o necelých 6 %. Rozložení jednotlivých zdrojů znázorňuje následující tabulka. [24]

Tab. 9 Celková energie z obnovitelných zdrojů v roce 2020 [24]

	Energie z OZE celkem (GJ)	Podíl na energii z OZE (%)
Biomasa (mimo domácnosti)	54 783 418	25,54%
Biomasa (domácnosti)	86 182 159	40,18%
Vodní elektrárny	7 717 982	3,60%
Bioplyn	24 814 602	11,57%
Biologicky rozl. část TKO	4 012 912	1,87%
Kapalná biopaliva	15 675 987	7,31%
Tepelná čerpadla	9 786 587	4,56%
Solární termální systémy	788 597	0,37%
Větrné elektrárny	2 516 699	1,17%
Fotovoltaické elektrárny	8 233 250	3,84%
<b>Celkem</b>	<b>214 512 193</b>	<b>100,00%</b>

Ve světových systémech dálkového vytápění tvoří OZE pouze malou část spotřebované energie. Reálně by však mohly během několika let být zastoupeny více než 20 % při výběru a zavedení vhodných technologií a politik. Většinu energie zajišťují fosilní paliva, pouze přibližně 5 % OZE. V některých zemích je jejich podíl na dálkovém vytápění ale mnohem vyšší – například ve Švýcarsku a Dánsku tvoří více než 40 %. Nejvyužívanějšími alternativami k fosilním palivům bývají odpadní teplo a biopaliva, omezeněji pochází teplo z geotermální nebo sluneční energie. [23]



Obr. 19 Podíl paliv v systémech dálkového vytápění ve světě [23]

## 5.1 VĚTRNÁ ENERGIE

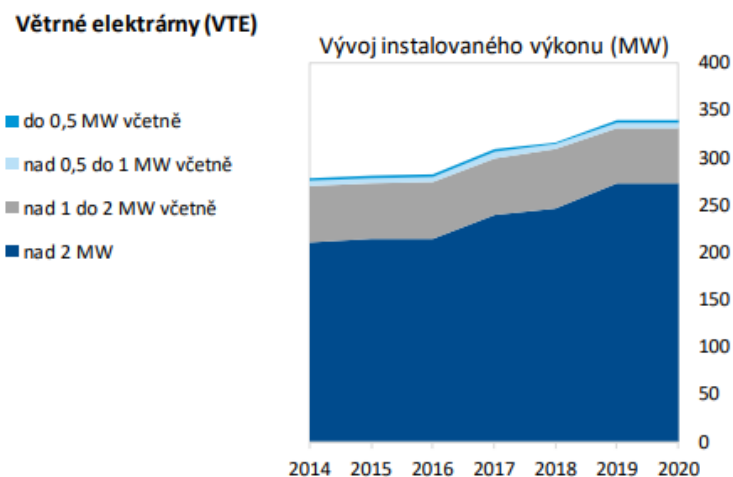
Větrná energie vzniká působením slunečních paprsků, které nerovnoměrně ohřívají atmosféru a zemský povrch, čímž způsobují změnu tlaku vzduchu a vznik větru. Pomocí větrných turbín se jeho energie mění na elektrickou energii.

Výhodou větrných elektráren je to, že během svého provozu nespotřebovávají žádné palivo a neprodukují emise. Díky tomu nevyvolávají dopravní zatížení a přispívají ke snížení

koncentrace CO<sub>2</sub> v atmosféře. Jejich výstavba není časově náročná. Výkon je však nerovnoměrný kvůli jeho závislosti na síle a směru větru. Současným trendem je výstavba stále vyšších elektráren s větším rotorem, jelikož rychlost větru roste s výškou nad terénem. Důvodem je i ekonomické hledisko – jedna velká elektrárna o výkonu 2 MW je levnější na výstavbu než čtyři menší o celkovém stejném výkonu. Dalším trendem, který je ovšem v ČR neuskutečnitelný, je výstavba „off-shore“ elektráren na moři, několik kilometrů od pevniny. Ty mají vyšší výkony než pevninské.

Hlavními nevýhodami je narušení přirozeného krajinného rázu a hlučnost, dále také kolize ptáků a netopýrů s rotorem elektrárny nebo relativně krátká životnost turbín. [25, 31]

Potenciál větrných elektráren využívá ČR velmi málo. Hodnota instalovaného výkonu je 339 MW. Komora OZE počítá do roku 2030 s jejím navýšením na 2 200 MW a v delším časovém horizontu je realizovatelný potenciál odhadován dokonce až na 5 800 MW (s roční výrobou 18 TWh), tedy téměř na devatenáctinásobek současné hodnoty. [30]



**Obr. 20** Vývoj instalovaného výkonu větrných elektráren (MW) [24]

Využití větrné energie není v systémech dálkového vytápění běžné. Příkladem je plánovaný systém založený na principu power-to-heat vedle spalovny odpady Spittelau ve Vídni, který přemění přebytečnou větrnou energii na teplo přiváděné do systému CZT. [32]

## 5.2 VODNÍ ENERGIE

Vodní energii lidstvo využívá již po staletí. Zpočátku se jednalo o přesun lidí a materiálu díky síle vodního toku, později s pomocí vodního kola poháněla mlýny nebo pily. Poskytuje kinetickou nebo potenciální energii. Kinetická energie v rovnotlakých turbínách využívá pohybu vody a závisí na rychlosti proudu, naopak potenciální v přetlakových turbínách



využívá působení gravitace a závisí na výškovém rozdílu hladin. Pro přeměnu vodní energie na elektrickou se dnes používají turbíny připojené na generátor. Nejstarším typem je Francisova, již lze použít také jako čerpadlo v přečerpávacích elektrárnách. Další rozšířené typy jsou Kaplanova, Peltonova nebo Bánkiho turbína.

Malé vodní elektrárny jsou v rámci ČR roztroušeny po celém území a díky jejich množství představují spolehlivý zdroj. Přečerpávací elektrárny, které mohou vodu zadržet na hrázi, jsou výhodné pro výrobu elektřiny v odběrových špičkách.

Mezi výhody patří eliminace emisí skleníkových plynů, možnost akumulování energie z jiných zdrojů, ochrana před povodněmi, využití jako zdroj pitné vody nebo prostor pro rekreaci nebo zvýšení okysličení vody a tím i její samočistící schopnosti u některých typů turbín. Nevýhody naopak zahrnují riziko protržení přehrady nebo negativní dopad na životní prostředí. Malé vodní elektrárny tvoří překážku v přirozeném toku, někdy může dojít až k zatopení cenných biotopů. Řešením je vybudování rybích přechodů, díky kterým se tok stane prostupnějším pro migrující vodní živočichy. V případě porušení předpisů některými provozovateli dochází k vypouštění nečistot do toku. [25, 33]

V ČR je instalovaný výkon vodních elektráren 1 093,9 MW, z toho 752,8 MW zahrnují velké vodní elektrárny (nad 10 MW). Potenciál je v tomto případě dobře využitý. Odhad možného nárůstu do roku 2030 je o necelá 3 % aktuálního instalovaného výkonu. [24, 30]

Studená voda z řek, jezer nebo moře se spíše než pro dálkové vytápění používá pro dálkové chlazení v oblastech s různorodými klimatickými podmínkami. Obecně se odpadní teplo z připojených budov převádí zpět do místního vodního útvaru. Systém zahrnuje vstupní potrubí, které přepravuje vodu do chladicího zařízení, kde je studená voda vstříkována přímo do systému dálkového chlazení, nebo případně připojena k síti s uzavřenou smyčkou přes tepelné výměníky.

Fungující systém se nachází například v Paříži, kde vodní útvar představuje řeka Seina. Ve městě je integrováno několik chladicích stanic. Většina chlazení je pokryta přirozeným vodním chlazením, zbytek pokrývají konvenční chladiče průmyslové velikosti. [23]

### 5.3 SLUNEČNÍ ENERGIE

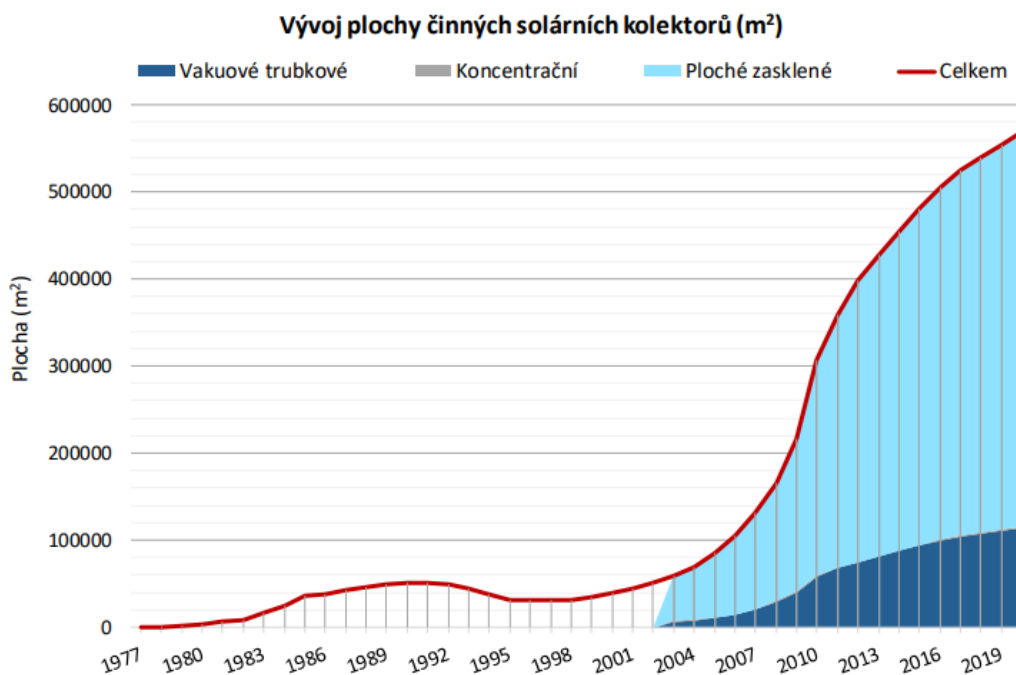
Sluneční energii lze proměnit na tepelnou i elektrickou energii. Díky jejímu působení vznikla většina ostatních OZE i fosilní paliva v průběhu tisíců let. Je možné ji využít pasivně působením skleníkového jevu, čehož se využívá v nízkoenergetických nebo pasivních domech. Aktivní a zároveň i efektivnější využití spočívá v instalaci solárních kolektorů pro ohřev vody a vytápění nebo fotovoltaických panelů pro výrobu elektřiny. Solární kolektory mají nižší pořizovací náklady a fungují na principu pohlcení sluneční energie tmavým povrchem panelů

a jejího následného vedení skrz solární systém. Cena fotovoltaických panelů je sice vyšší, ale postupně klesá díky zvyšujícímu se objemu produkce. Mohou pracovat po celý rok.

Čím je solární elektrárna větší, tím jsou nižší měrné investiční náklady. Při výstavbě elektrárny na volné ploše lze panely umístit s ideálním sklonem a orientací. Navíc lze nainstalovat i trackery, speciální konstrukce, které panely natačí tak, aby na ně sluneční záření dopadalo přímo (tím se produkce zvýší asi o 35 %).

V podstatě se jedná o nevyčerpatelný zdroj energie, navíc k provozu není zapotřebí žádné palivo (odpadá nutnost dopravy), nedochází k produkci odpadů, emisí, hluku nebo vibrací. V našich podmínkách se ovšem jedná o zdroj s nižší efektivitou a velkou kolísavostí, proto ho nelze využít jako samostatný zdroj. Dochází k narušení krajinného rázu, přestože elektrárny na volné ploše nejsou z dálky vidět, protože nedosahují velké výšky. Kvůli výstavbě může být nutný zábor zemědělské půdy. Po uplynutí životnosti elektrárny (20 – 25 let) lze však půdu opět zemědělsky využívat, protože nedochází k radikálním zásahům. [25, 34]

V roce 2020 činila v ČR celková instalovaná plocha činných solárních systémů 568 626 m<sup>2</sup> a odhad výroby využitě tepelné energie 788 597 GJ. Velkou měrou se na aktuálním instalovaném výkonu podílejí velkoplošné zdroje umístěné na zemědělské půdě, naopak podíl malých fotovoltaických zdrojů do výkonu 30 kW (převážně na střechách budov) tvoří necelých 12 %. Právě střešní instalace mají největší nevyužitý potenciál. Do roku 2030 lze získat instalovaný výkon 5 985 MW, celkový technický potenciál poté činí 11 816 MW. [24, 30]



Obr. 21 Vývoj plochy činných solárních kolektorů [24]

Solární kolektory slouží k ohřevu vody v rámci individuálního vytápění v mnoha zemích světa. Jeho integrace do městských systémů dálkového vytápění je ale méně běžná. Velkoplošné solární kolektory s akumulací nádržemi a sezónním provozem jsou hojně využívány ve městech v Dánsku. Další rozsáhlé instalace proběhly například v rakouském Štýrském Hradci nebo německém Mnichově.

Solární chladicí systémy se skládají z řady tepelných kolektorů, jejichž tepelný výkon pohání absorpční chladič pro zajištění chlazení. Do roku 2016 se centrální chlazení nevyužívalo, od té doby však došlo k úspěšné instalaci například v Singapuru, Phoenixu nebo Al Ainu. [23]

## 5.4 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

Geotermální energie využívá tepelné energie zemského jádra. Její působení lze pozorovat v přírodě na sopkách nebo v horkých pramenech. Rozšířeny jsou převážně v Itálii, Severní Americe nebo na Islandu. Riziko způsobují nesprávně provedené vrty, které mohou ohrozit hydrogeologické poměry v podloží.

V ČR je energetické využití geotermální energie teprve v začátcích a ani zdrojů není mnoho. Jedním z mála praktických příkladů je využití teplé podzemní vody v Děčíně, kde voda o teplotě 30 °C vytéká samovolně z hloubky 550 metrů. Pro přímé využití je tato teplota nízká. Proto se pomocí tepelných čerpadel ochlazuje na 10 °C a používá se jako pitná voda. Získané teplo putuje do městské teplárny. [25, 35]

Obecně přímé využívání geotermální energie není v ČR prováděno. Většina projektů na výrobu elektrické energie nepřímým způsobem je ve fázi příprav a úvah. Jeden z nich se chystá v Litoměřicích, kde se počítá s kombinovanou výrobou elektrické a tepelné energie. [24]

Geotermální energie se ve světě využívá i v systémech dálkového vytápění, přestože nedosahují vysokých teplot. Například ve Ferrare v Itálii propojuje síť CZT historické centrum s geotermálním vrtem na okraji města. Z geotermálních zdrojů těží i Mnichov (Německo), kde se zdroje nacházejí na více místech. [23]

## 5.5 BIOENERGIE

Pojem „biomasa“ zahrnuje veškerou organickou hmotu na naší planetě účastnící se koloběhu živin v biosféře, tedy těla živočichů, rostlin, bakterií, hub a sinic. Z energetického hlediska za ni považujeme jen biologicky rozložitelnou část výrobků, průmyslového a komunálního odpadu a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví. [26, 29]

Biomasu můžeme dělit na cíleně pěstovanou, volně se nacházející v přírodě a odpadní. Podle původu rozlišujeme fytomasu (rostlinného původu) a zoomasu (živočišného původu), přičemž k energetickým účelům se až na výjimky používá fytomasa.

- Zemědělská biomasa

Mezi zemědělskou biomasu patří agroekosystémní produkty využívané primárně k energetickým účelům. Ke sklizni **rychle rostoucích dřevin** (vrba, topol, akát, olše, jasan, javor) dochází k prvnímu obmýtí, neboli sklizni dřevin, zhruba za 3 roky, přičemž životnost plantáže je cca 25 let. Ekonomický zisk je závislý na typu pěstované dřeviny, nároků na sklizeň a transport nebo klimatických a geografických faktorech. U **cíleně pěstovaných plodin** využíváme pouze jejich nadzemní části. Dělí se na jednoleté (hořčice sareptská, čirok, len setý, řepka olejka, žito ozimé), víceleté (křídlatka, šťovík krmný, komonice bílá) a vytrvalé. Jednoleté rostliny mají sice rychlou produkci a sklizeň každým rokem, ale jejich energetické výnosy nejsou tak vysoké jako u víceletých a vytrvalých rostlin.

- Lesní biomasa

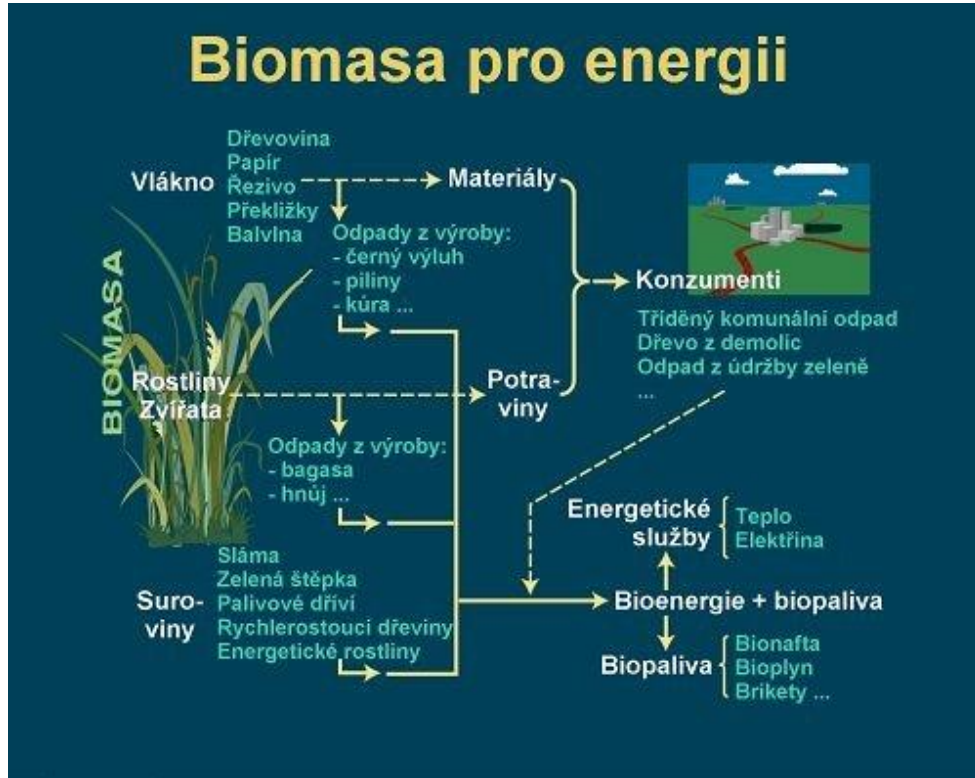
Tzv. dendromasa zahrnuje palivové dřevo, zbytky z dřevozpracujícího průmyslu, prořezávek a probírek a lesní těžařské zbytky. Je nutné dodržet princip šetrné těžby, jinak by mohlo dojít k destrukci nižších pater lesního ekosystému nebo oslabení ochranné a vyživovací funkce odumřelých stromů a větví. Také je třeba přihlédnout k nákladům na těžbu a transport kvůli možné nedostupnosti. **Palivové dřevo** se používá odnepaměti, je snadno dostupné, dobře skladovatelné a lehce využitelné. Pro dobré spalování je nutné řádné vyschnutí dřeva, vlhkost by neměla přesáhnout 25 %. Rychleji hoří měkká dřeva (smrk, borovice, modřín, jedle, topol, lípa). Oproti tomu tvrdá dřeva (buk, dub, akát, jasan, habr, tis, ořešák, bříza) hoří pomaleji a se stabilní intenzitou a jsou energeticky vydatnější.

- Odpadní biomasa

Do odpadní biomasy patří vedlejší produkty a zbytky z papírenského, dřevozpracujícího, kožedělného, potravinářského a farmaceutického průmyslu nebo odpady z jatek, lihovarů, cukrovarů a moštáren. Tato biomasa vzniká sekundárně při zpracování primárních zdrojů. Významnou měrou sem patří i odpadní složka z čističek odpadních vod. [27]

Nejstarší metodou **získávání energie z biomasy** je spalování. Na rozdíl od fosilních paliv se biomasa při spalování vyznačuje téměř nulovou bilancí CO<sub>2</sub>. Do vzduchu se uvolní přibližně stejné množství tohoto plynu jako množství, které rostliny absorbují během svého života při fotosyntéze. Kvůli vysokému podílu těkavých látek a různým spalovacím teplotám

vzniklých plynů se jedná o poměrně složité palivo a často se stává, že hoří jen jeho část. Nejúčinnější je využití biomasy k produkci tepla (účinnost nad 90 %), dále ke kombinované výrobě elektřiny a tepla (50 – 90 %) a nejméně účinná je samotná výroba čisté elektřiny (pod 50 %).



Obr. 22 Využití biomasy [29]

V rámci **zpracování** prochází biomasa mechanickými úpravami, které ji upravují do její předfinální nebo finální podoby. Tyto úpravy usnadňují přepravu i následné využití biomasy na získání energie, přestože přeprava na dlouhé vzdálenosti není z ekonomického hlediska efektivní. Příkladem je řezání (zpracování dřeva na řezivo a palivo), drcení (předstupeň výroby briket a pelet) nebo štěpkování a lisování briket a pelet. Mohou probíhat i termické procesy – karbonizace, pyrolýza a zplyňování nebo biochemické a chemické přeměny – alkoholová kvašení, metanové kvašení, esterifikace surových olejů. [29]

Tab. 10 Zpracování biomasy k energetickým účelům [26]

	Přímé spalování	Chemické procesy - suché			Chemické procesy - mokré	
		Fyzikálně chemické zpracování	Zplyňování	Pyrolýza	Alkoholové kvašení (fermentace)	Metanové kvašení
Energetické technické plodiny	***	***	*	*	***	**
Rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a po údržbě krajiny	***	*	**	**		**
Odpady z živočišné výroby	*		*	*		***
Kaly z čistíren odpadních vod	*		*	*		***
Komunální organické odpady	***		**	**		***
Organické odpady z potravin, výroby		** (oleje)				***
Odpady z dřevař. provozů	***		**	**		
Lesní odpad	***		**	**		
Získané produkty	teplo vázané na nosič	olej, metylester (bionafta)	hořlavý plyn	pevné palivo, dehtový plej, plyn	etanol, metanol	metan (bioplyn)

*Legenda: aplikace technologie v praxi*

*\* technicky zvládnutelná technologie, avšak v praxi zatím nepoužívaná*

*\*\* vhodné jen pro určité technicko-ekonomické podmínky*

*\*\*\* často používaná technologie*

Finálními produkty jsou:

- **Polenové dřevo** – kusy dřeva dlouhé 30 až 50 cm o tloušťce 10 až 20 cm, spaluje se po ztrátě vlhkosti (v opačném případě se snižuje výhřevnost a zvyšuje produkce emisí), musí se skladovat na suchém a větraném místě



Obr. 23 Polenové dřevo [27]

- **Štěpka** – malé kousky rozdrčeného dřeva o velikost 1 až 10 cm, vyrábí se ve štěpkovačích, dělení na zelenou (čerstvý klest z lesní těžby s jehličím a listím), hnědou (starý klest s větším podílem kůry bez jehličí a listí) a bílou (odpad na pilách) štěpku



Obr. 24 Štěpka [27]

- **Piliny a hobliny** – jsou podobné bílé štěpce, na rozdíl od ní mívají nízký obsah vlhkosti



Obr. 25 Piliny [27]

- **Brikety** – dřevěné částice slisované do válečků nebo mnohostěnů s průměrem 40 až 100 mm a délkou 300 mm, malý podíl vody, velká výhřevnost



Obr. 26 Brikety [27]

- **Pelety** – kostky rostlinné biomasy slisované do vysoce výhřevných granul o průměru 6 až 12 mm a délce 50 mm
- **Slámové balíky** – spalují se ve speciálních kotlích v elektrárnách, nevhodné pro domácí kotelny, mají velký objem a vysoký obsah popelovin po hoření



Obr. 27 Slámové balíky [27]

- **Kapalná paliva [27]**

Tab. 11 Výhřevnosti a objemové hmotnosti nejčastěji používaných tuhých biopaliv [26]

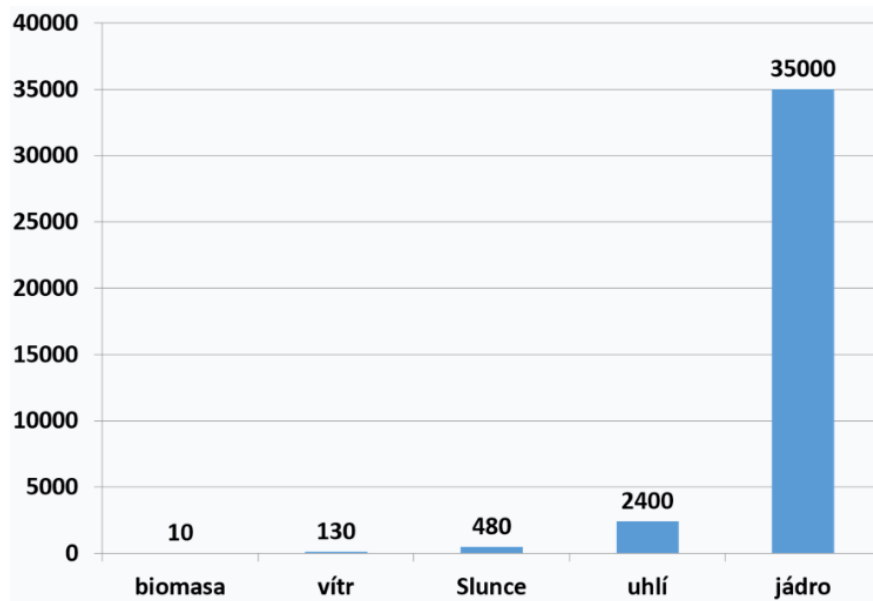
Druh paliva	Obsah vody [%]	Výhřevnost [GJ/t]	Objemová hmotnost volně loženého paliva [kg/m <sup>3</sup> ]
Polena (měkké dřevo)	0	18,6	355
	10	16,4	375
	20	14,3	400
	30	12,2	425
	40	10,1	450
	50	8,1	530
Dřevní štěpka (smrk)	10	16,4	170
	20	14,3	190
	30	12,2	210
	40	10,1	225
Dřevěné brikety	6 - 12	15,5 - 18,5	650 - 850
Dřevěné pelety	6 - 12	16,5 - 18	650 - 750
Sláma obilovin	10	15,5	120 (balíky)
Sláma kukuřice	10	14,4	100 (balíky)
Sáma řepky	10	16,0	100 (balíky)

Biomasa je prezentována jako perspektivní zdroj z více důvodů – je obnovitelná a trvale udržitelná, šetrná k životnímu prostředí, CO<sub>2</sub> neutrální a patří k domácím zdrojům (neprobíhá větší dovoz na naše území, naopak více než 200 000 tun pelet se exportuje).

Problémem biomasy je účinnost. Intenzivně ošetřované plodiny s dostatkem vody a živin mohou dosáhnout průměrně 2 % účinnosti, pokud hovoříme o efektivitě využívání primárního zdroje – slunečního záření. Nejproduktivnější lesy mírného i tropického pásma dosahují přibližně 1,5 % účinnosti. K získání dostatečného množství energie je proto zapotřebí velkých ploch. Při výrobě elektřiny získáme z 1 hektaru cca 10 MWh, což je asi padesátkrát méně než ze solární elektrárny na stejné ploše. Nejefektivnějším způsobem získávání energie je



prosté spalování, protože každou další úpravou biomasy dochází ke ztrátám, stejně tak klesá efektivita převozem na delší vzdálenosti kvůli spotřebě paliva.



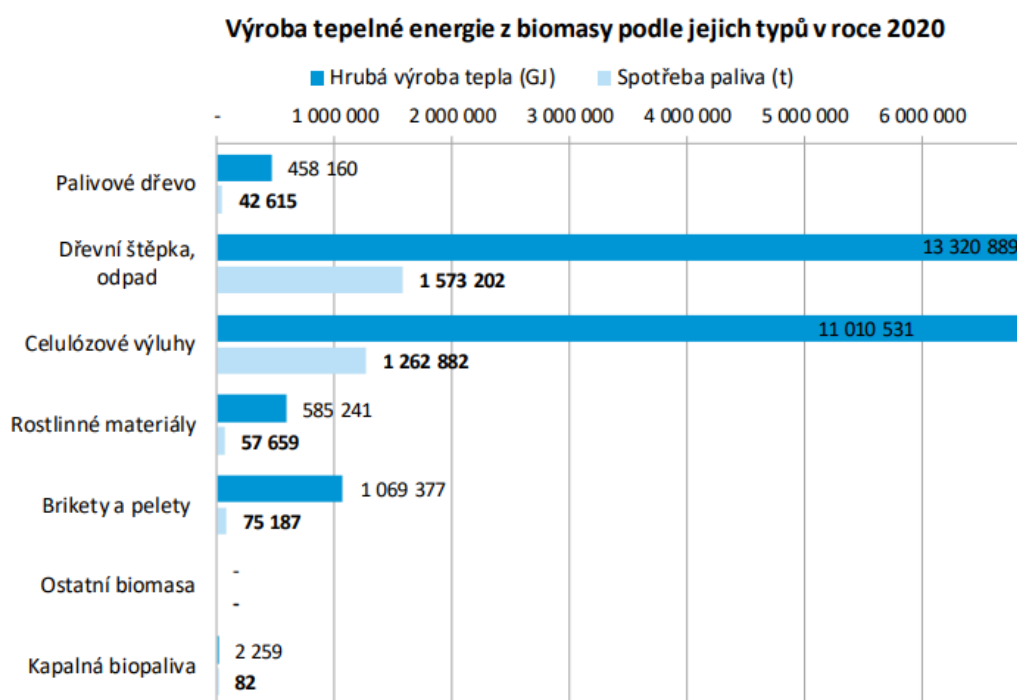
Obr. 28 Energetický zisk z různých zdrojů energie z plochy 1 ha (MWh) [28]

Otázkou je i šetrnost biomasy k životnímu prostředí. Pro posouzení ekologických dopadů je podstatná udržitelnost, neboli schopnost biologických systémů udržovat diverzitu a produktivitu v daném režimu po dobu neurčitou. Využívání biomasy je považováno za uhlíkově neutrální, nezohledňují se však emise CO<sub>2</sub> z fosilních paliv při přepravě a pěstování nebo energie na výrobu hnojiv a pesticidů. Pěstované rostliny odebírají z půdy množství prvků, o které ochuzuje zemědělskou půdu. Sušina dřeva obsahuje 45 – 50 % uhlíku, 43 % kyslíku, 6 % vodíku, 0,6 % dusíku, 0,2 % síry a menší podíl fosforu, draslíku, sodíku, hořčíku, vápníku, železa a dalších mikroprvků. V přírodních ekosystémech se po odumření rostlin tyto prvky mineralizují a znovu využívají pro další generace. V klimaxovém biotopu se vyplavené látky nahradí zvětráváním matečné horniny, kdy působením uhlíku a dusíku dochází k fixaci půdních bakterií a bakterií žijících v symbióze s některými rostlinami. Při sklizni a odvozu většiny narostlé hmoty je tento koloběh narušen, následuje úbytek dostupných živin, změna jejich vzájemných poměrů, pokles pH i úrodnosti.

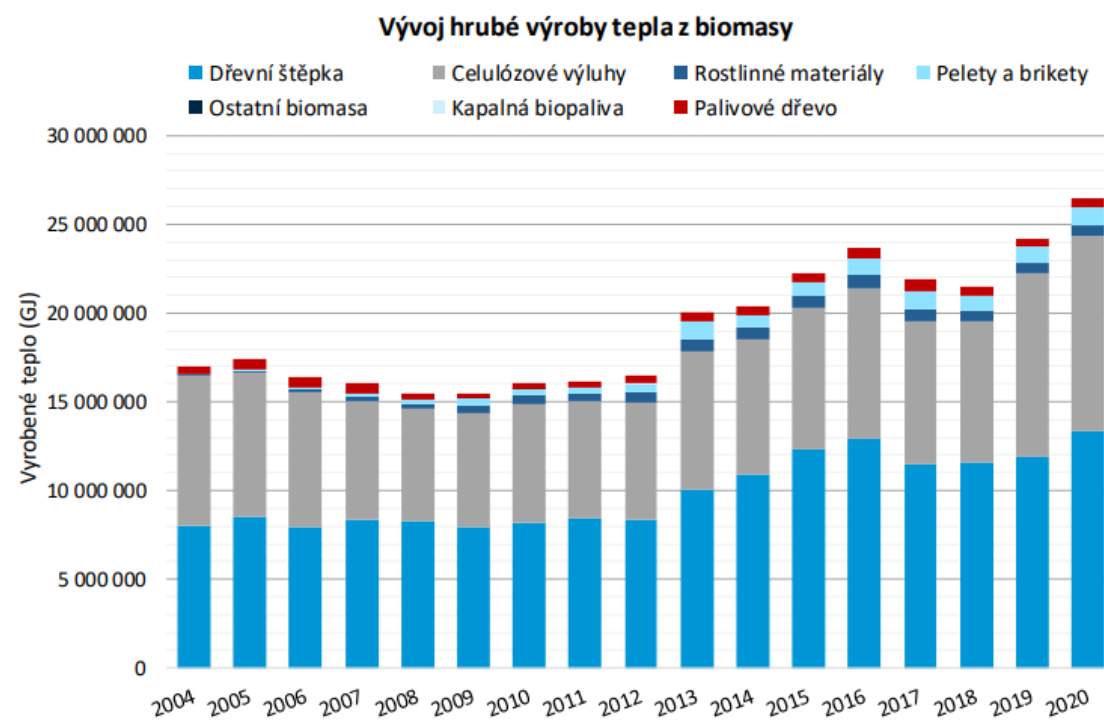
Pěstování energetických plodin by nemělo ohrožovat biodiverzitu – rozmanitost živých organismů. Pro dlouhodobé výnosy se používají umělá hnojiva a pesticidy, díky kterým je možné pěstovat na stejné ploše stejné plodiny několik let po sobě, což zhoršuje stav půdy. Při využití dendromasy dochází k odstraňování větví a veškerého kletu, na kterém je závislých 30 až 50 % lesních organismů. Půda ztratí kromě živin i schopnost poutat vodu, zároveň zmizí mikroskopické jednobuněčné organismy, bakterie, prvoci, saprofytické houby i hádátka a hmyz na ně vázaný. Kvůli tomu dojde i k úbytku hmyzožravých organismů.

Při pěstování biomasy jako emisního zdroje se předpokládá, že při opětovném růstu rostlin se pohlčí množství emisí oxidu uhličitého odpovídající vyprodukovaným emisím. Les však roste po desetiletí a snížení emisí nebude dosaženo během krátkého časového úseku. [28]

Pevná biomasa je dominantním OZE v ČR díky masivnímu využití ve vytápění domácností. Dřevo z lesů se využívá dostatečně, v jeho těžbě nemá příliš velké rezervy. Je možné zvýšit pěstování energetických plodin na zemědělské půdě – v roce 2030 by mohl instalovaný výkon dosáhnout hodnoty 900 MW, v dlouhodobém horizontu pak 1 650 MW. [30]



Obr. 29 Výroba tepelné energie z biomasy podle jejich typů v roce 2020 [24]



Obr. 30 Vývoj hrubé výroby tepla z biomasy [24]

Z hlediska dálkového vytápění je biomasa nejvíce využívána oproti ostatním OZE, proto jí byl věnován největší prostor.

## 6 STRATEGIE EU

### 6.1 ENERGETICKÁ UNIE

Zajištění bezpečné, dostupné a čisté energie si dává za cíl **Energetická unie**. Její strategie byla zveřejněna 25. 2. 2015 a od svého spuštění zveřejnila několik balíčků opatření a pravidelných zpráv o pokroku plnění této strategie. Jedním z jejích 15 akčních bodů je zvýšení energetické účinnosti budov, s čímž se pojí modernizace stávajících staveb za účelem plného využívání udržitelného vytápění a chlazení. [44, 45]

### 6.2 STRATEGIE PRO VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ

V únoru 2016 navrhla EU **strategii pro vytápění a chlazení** jako první krok k prozkoumání výzev, problémů a jejich řešení v tomto odvětví.

K vizím a cílům patří dekarbonizace budov, k čemuž přispěje dekarbonizovaná elektřina s dálkovým vytápěním nebo využití automatizace a regulátorů. Průmysl může realizovat posun stejným směrem, ovšem u procesů s velmi vysokou teplotou bude stále zůstat určitá poptávka po fosilních palivech. Průmyslové procesy však budou produkovat odpadní teplo a chlad, které lze využít v blízkých budovách.

Zmíněny jsou i možné překážky v realizování těchto vizí. V budovách často dochází k tepelným ztrátám kvůli tomu, že v EU byly dvě třetiny ze všech budov vystavěny v době, kdy požadavky na energetickou účinnost byly omezené nebo dokonce nulové. Velkých úspor lze dosáhnout jednoduchými úpravami (instalace izolace či vícenásobných vrstev prosklení, přírodní řešení zakomponováním zeleně), problém může nastat u budov, které patří do soukromého vlastnictví. Hlavními úskalími jsou v tomto případě předpisy upravující pronájem, finanční prostředky nebo nedostatečná motivace, na rozdíl od budov ve vlastnictví orgánů veřejné moci, kde převažuje problém s nedostatkem financí. [46, 47]

### 6.3 EVROPSKÁ DLOUHODOBÁ STRATEGICKÁ VIZE

V listopadu 2018 představila Komise EU svou vizi s podtituly **Čistá planeta pro všechny a Evropská dlouhodobá strategická vize** prosperující, moderní, konkurenceschopné a klimaticky neutrální ekonomiky. Pokrývá téměř všechny politiky EU a je v souladu s Pařížskou dohodou. Dle této vize většina bytového fondu, který bude existovat v roce 2050, existuje již dnes, a proto bude vyžadována vyšší míra renovací a přechod na jiné palivo. Velký počet domácností bude využívat energii z obnovitelných zdrojů, nejúčinnější spotřebiče, dokonalejší izolační materiály a řídicí inteligentní systémy. Kromě obnovitelných zdrojů bude i nadále hrát důležitou úlohu plyn (zkapalněný zemní plyn, smíšený s vodíkem, případně

e-methan vyrobený z bioplynu). Pro dekarbonizaci vytápění představuje velkou příležitost zavádění elektřiny z obnovitelných zdrojů prostřednictvím přímého využití elektřiny nebo nepřímým prostřednictvím e-paliv, či technologie Power2heat. [48, 49]

## 6.4 ČISTÁ ENERGIE PRO VŠECHNY EVROPANY

V roce 2019 došlo k přepracování rámce energetické politiky EU a vzniku dohody s názvem **Čistá energie pro všechny Evropany**. Obsahuje balíček osmi nových zákonů. Po politické dohodě Rady EU a Evropského parlamentu, která byla dokončena v květnu 2019, měly členské státy až 2 roky na to, aby nové směrnice převedly do svého vnitrostátního práva. Vzniklé směrnice se týkají mimo jiné energetické náročnosti budov, obnovitelné energie, energetické účinnosti nebo například regulace elektřiny. Směrnice o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů pojednává také o dálkovém vytápění a energii z obnovitelných zdrojů ve vytápění a chlazení. [50, 51]

## 6.5 GREEN DEAL

11. prosince 2019 byl představen do budoucna klíčový soubor opatření **Green Deal** (Zelená dohoda pro Evropu), která mají zajistit snížení produkce skleníkových plynů v EU. Hlavním závazkem je dosáhnout do roku 2050 uhlíkové neutrality a splnit tak závazky vyplývající z mezinárodní Pařížské dohody. Jeho součástí jsou plány na snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 o 55 % ve srovnání s rokem 1990 včetně vyhodnocených dopadů, investice do výzkumu a inovací, ochrany přírody a transformace ekonomik jednotlivých zemí pro dlouhodobou udržitelnost bez zatěžování životního prostředí. Řešení ekologických problémů má být komplexní a mají do něho být zahrnuta všechna klíčová odvětví (energetika, doprava, průmysl, zemědělství...). Přejít ke klimatické neutralitě s sebou nese potenciál pro hospodářský růst, nové obchodní modely a trhy, pracovní místa a technologický rozvoj.

V oblasti energetiky mají být více prosazovány OZE a propojování energetických soustav kvůli zlepšením kooperace při využívání nestálých zdrojů energie. Jako energetický zdroj by dále nemělo být využíváno uhlí, s čímž souvisí uzavírání uhelných elektráren.

Další opatření se týkají snížení znečištění ovzduší (úprava norem kvality ovzduší, předcházení velkým haváriím, snížení znečištění z velkých průmyslových areálů a řešení zvětšujícího se množství mikroplastů v prostředí), dopravy a mobility (ukončení dotací na fosilní paliva, podpora výstavby nových nabíjecích stanic pro elektromobily) nebo ochrany biodiverzity (obnova přirozených toků řek, snižování množství pesticidů v zemědělství, výsadba stromů za účelem udržování půdy). [59, 60, 61]

## EVROPSKÉ KLIMATICKÉ PRÁVO

V rámci Green Dealu navrhla Komise v březnu roku 2020 první evropský zákon o klimatu – **Evropské klimatické právo**. Cíl, aby se evropské hospodářství a společnost staly do roku 2050 klimaticky neutrálními, zapisuje do zákona a zároveň stanovuje průběžný cíl snížení čistých emisí skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 55 % ve srovnání s úrovněmi z roku 1990. Podle projekcí by mělo dojít k nejvýraznějšímu snížení emisí skleníkových plynů oproti roku 2005 v odvětví elektrické energie, včetně dálkového vytápění a kombinované výroby elektřiny a tepla, a to v objemu od 48 % až do 66 %. Vznik tohoto zákona, který vstoupil v platnost 29. 7. 2021, zajišťuje, že všechny politiky EU budou přispívat ke stanoveným cílům. [52, 53]

## FIT FOR 55

Další součástí Green Dealu je balíček **Fit for 55**, jenž je souborem návrhů na revizi právních předpisů ohledně klimatu, energetiky a dopravy a na zavedení nových legislativních iniciativ. Konkrétně se týkají systému pro obchodování s emisemi, emisí skleníkových plynů a jejich pohlcování v důsledku využívání půdy, emisí metanu, nařízení stanovujícím emisní normy CO<sub>2</sub> v dopravě, směrnice o OZE, energetické účinnosti a zdanění energie, mechanismu uhlíkového vyrovnání na hranicích, zavádění infrastruktury pro alternativní paliva a směrnice o energetické náročnosti budov. [61]

## 6.6 STRATEGIE EU PRO INTEGRACI ENERGETICKÉHO SYSTÉMU

S cílem dlouhodobé dekarbonizace vytápění a chlazení byla v červenci 2020 představena **Strategie EU pro integraci energetického systému**. Pod pojmem „integrace energetického systému“ se rozumí koordinované plánování a provoz energetického systému jako celku, napříč různými nosiči energie, energetickými infrastrukturami a odběratelskými odvětvími. Jsou upřednostňovány nejméně energeticky náročné možnosti a odpadové toky se opětovně využívají, čímž dochází k synergii mezi jednotlivými odvětvími.

V průmyslu připadá na výrobu tepla více než 60 % spotřeby energie. Průmyslová tepelná čerpadla v kombinaci s rekuperací odpadního tepla mohou napomoci dekarbonizaci nízkoteplotního zásobování teplem. Pro vysokoteplotní procesy se vyvíjejí nové technologie. Při jejich zavádění hrozí úskalí dlouhé časové návratnosti investic vzhledem k vysoké ceně elektřiny oproti plynu. Bude proto potřeba urychlit elektrifikaci spotřeby energie vypracováním konkrétnějších opatření k využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů ve vytápění a chlazení budov a průmyslu. Zároveň proběhne revize směrnice o obnovitelných zdrojích energie

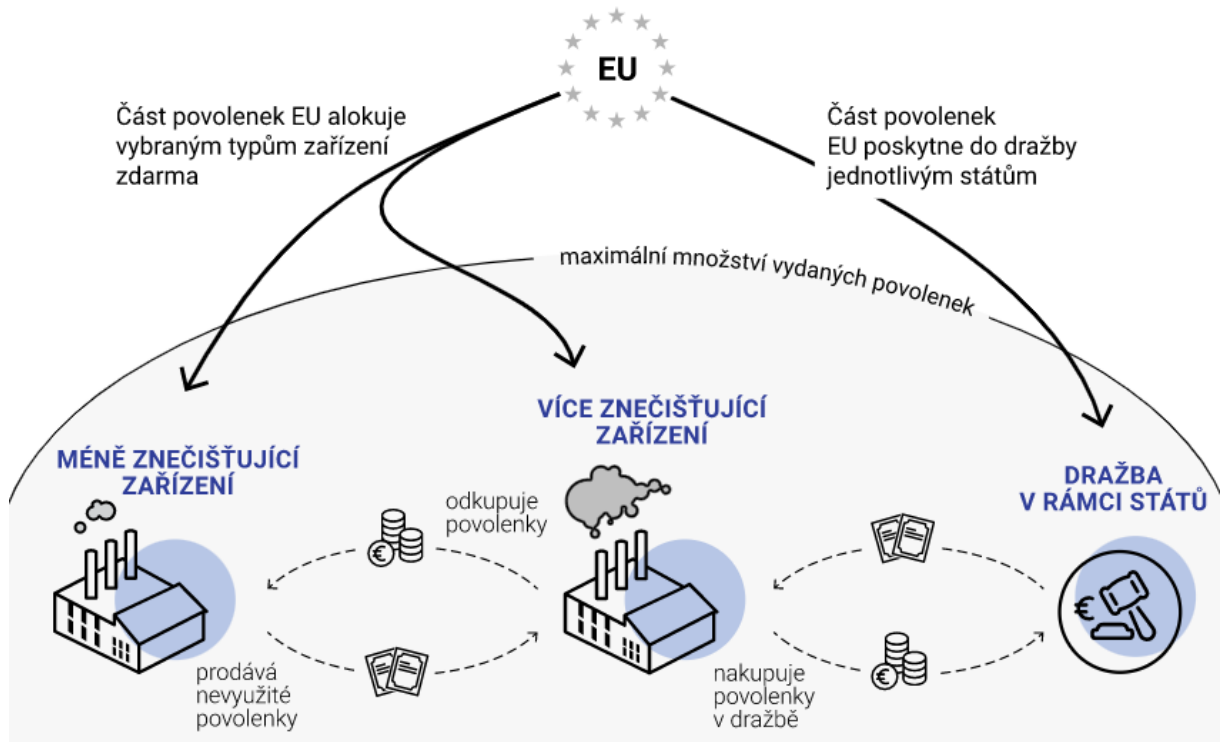
a posouzení možností podpory další dekarbonizace průmyslových procesů revidováním směrnice o průmyslových emisích.

Systémy nízkoteplotního dálkového vytápění dokážou propojit místní spotřebu s obnovitelnými a odpadními zdroji energie, jakož i se širší elektrickou a plynárenskou sítí. Tím pomohou optimalizovat nabídku a poptávku u více nosičů energie, a proto bude podporováno jejich rozšíření. V současnosti totiž představují pouze 12 % celkové konečné spotřeby energie na vytápění a chlazení. Navíc jsou silně soustředěny pouze v několika členských státech, přičemž některé z nich nejsou založené na OZE a mají nízkou účinnost. [54, 55]

## 6.7 EVROPSKÝ SYSTÉM PRO OBCHODOVÁNÍ S EMISEMI

**Systém EU pro obchodování s emisemi (EU ETS)** je základním kamenem politiky EU v oblasti klimatu, jež má za cíl regulovat a postupně snižovat emise skleníkových plynů prostřednictvím jejich zpoplatnění. Byl spuštěn v roce 2005 jako vůbec první systém obchodování s emisemi ve světě, jímž byl až do zahájení provozu čínského ETS v minulém roce. Kromě členských států EU pod něj spadají i Island, Lichtenštejnsko a Norsko a je propojen se švýcarským ETS. Jedná se o tržní mechanismus založený na principu, že za poškozování životního prostředí by měli znečišťovatelé platit, čímž dojde k jejich snaze snižovat ekologickou náročnost provozu.

Do systému jsou zahrnuty zejména větší zdroje v energeticky náročných odvětvích – elektrárny s tepelným příkonem nad 20 MW, ropné rafinérie, koksovny, železárny, ocelárny a další průmyslová výroba. V roce 2021 pokrýval více než 10 400 průmyslových závodů a elektráren a 350 leteckých společností.



Obr. 31 Jak funguje povolenkový systém EU [23]

Funkce systému je založena na existenci limitu (emisního stropu), který stanovuje celkový objem skleníkových plynů, které mohou zařízení kumulativně emitovat v daném roce. Prostřednictvím postupného snižování tohoto stropu se dosahuje stanovených cílů EU. Probíhá tak průběžná kontrola a redukce emisí ze zahrnutých sektorů. Jedna povolenka opravňuje k vypuštění jedné tuny  $\text{CO}_2$  (nebo ekvivalentního množství  $\text{N}_2\text{O}$  či perfluorovaných uhlovodíků). Emisní povolenky lze nakoupit v aukcích pořádaných Evropskou energetickou burzou nebo na otevřeném trhu. Část z nich (konkrétně 43 % v letech 2013 – 2020) je taktéž přidělována bezplatně především do emisně intenzivních průmyslových odvětví. Bezplatné přidělování povolenek má svůj smysl pro odvětví, ve kterých by bylo snadné přesunout výrobu do zemí, kde emise nejsou regulovány. Proto by nemělo docházet k odlivu výrobních závodů z EU a navyšování emisí v jiných zemích.

Firmy zapojené do EU ETS monitorují své emise a každoročně je posílají kontrolním orgánům (ministerstvu životního prostředí). Při překročení limitu emisí pokrytých zakoupenými povolenkami si musí buďto přikoupit další nebo uhradit pokutu ve výši sto eur za tunu vypuštěných emisí navíc.

V roce 2013 bylo vydáno 2,1 miliardy emisních povolenek, jejichž množství bylo každým rokem snižováno o 38 milionů, přičemž v následující dekádě bude snižování ještě rychlejší. Klíčovým parametrem je jejich cena. Méně povolenek v oběhu znamená rostoucí cenu. Poklesy cen bývají důsledkem oslabení ekonomiky, k čemuž došlo například během ekonomické krize v letech 2008 až 2009 nebo na počátku koronavirové pandemie v březnu roku



2020. Nízká cena mezi v období mezi lety 2013 a 2017 byla způsobena přebytkem povolenek. Během posledního roku došlo naopak k výraznému nárůstu, za čímž stojí kromě zpřísnování klimatických cílů i vysoká poptávka po energiích na celém světě, dále také znovuotevření továren po pandemii koronaviru, chystaný odklon Německa od jaderné energie, nepříznivé větrné podmínky na offshorových větrných elektrárnách u Baltského moře a růst poptávky po plynu a dalších méně ekologických zdrojů kvůli vyhnutí se blackoutům. [56, 57, 58]



Obr. 32 Vývoj cen emisních povolenek (EUR) [99]

## 7 STRATEGIE ČR

### 7.1 STRATEGICKÝ RÁMEC UDRŽITELNÉHO ROZVOJE PRO ČR 2030

Základním dokumentem zabývajícím se udržitelným rozvojem státu je Strategický **rámec udržitelného rozvoje České republiky 2030**. V oblasti tepelné energie uvádí tři hlavní cíle – umožnit využití nerecyklovatelných zbytků z komunálního odpadu pro výrobu tepla, k čemuž je potřeba vytvořit vhodné podmínky, dále podporovat kombinovanou výrobu elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů energie a zprolatnit produkované emise, čímž se vyrovnají podmínky pro různé typy výrobců a dodavatelů tepla.

Na tento základní dokument dále navazují **Státní politika životního prostředí** České republiky a **Státní energetická koncepce**. V nich jsou cíle popsány podrobněji, včetně opatření a akčních plánů pro jednotlivé oblasti (např. Akční plán pro biomasu v ČR, Národní akční plán pro obnovitelné zdroje energie a další). [36, 37]

### 7.2 STÁTNÍ POLITIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR 2030 S VÝHLEDEM DO 2050

Vymezuje hlavní problematické oblasti životního prostředí státu, podle kterých formuluje strategické a specifické cíle a zároveň uvádí jejich možná řešení na příkladech typových opatření pro efektivní ochranu životního prostředí a zlepšení jeho stavu. Řešená témata jsou rozdělena do tří hlavních oblastí (Životní prostředí a zdraví, Klimaticky neutrální a oběhové hospodářství, Příroda a krajina), 10 strategických cílů a 32 specifických cílů, přičemž ke každé oblasti je zároveň uvedena vize do roku 2050. Aktuální dokument nahrazuje předchozí Státní politiku životního prostředí z let 2012 – 2020 a představuje již šestý dokument podporující zlepšení stavu životního prostředí v ČR.

Další dekáda ochrany životního prostředí bude směřována k řešení důsledků destabilizace klimatického systému. Při zachování aktuálních trendů chování společnosti by do konce století došlo k oteplení planety až o 3 °C, přestože Pařížská dohoda usiluje o to, aby nárůst nepřekročil 1,5 °C. Mezi výzvy vyplývající z tohoto údaje proto patří zvýšení odolnosti vůči změně klimatu, transformace ekonomik na oběhové hospodářství, odklon od fosilních paliv a hledání nových zdrojů energie. [48]

Úkolem SPŽP 2030 je tedy pokračovat v ochraně životního prostředí a klimatu a pomoci dosažení mezinárodních Cílů udržitelného rozvoje 2030, Pařížské dohody a dalších mnohostranných environmentálních smluv, jichž je ČR smluvní stranou.

V rámci přechodu ke klimatické neutralitě patří ke specifickým cílům klesání emisí skleníkových plynů. Jejich hlavními zdroji jsou zejména sektory energetiky, dopravy

a průmyslu a odpadu. Sektor průmyslu a energetiky je regulován skrze evropský systém obchodování s emisními povolenkami (EU ETS). Jeho cílem je motivovat účastníky trhu k investicím do nízkouhlíkových technologií a zároveň tím neohrozit jejich konkurenceschopnost. Díky tomu je v zájmu ČR zajistit postupnou modernizaci a transformaci průmyslu, přičemž velkou roli bude hrát elektrifikace čistou energií.

V České republice je výroba elektrické energie centralizována do velkých elektráren. Decentralizace, tedy rozvoj menších zdrojů energie (např. solárních panelů na střechách, větrných elektráren a bioplynových stanic) vyžaduje kvalitativní přizpůsobení elektrické distribuční sítě včetně inteligentních prvků. Stát disponuje rozvinutým systémem teplařství. Ten je ovšem potřeba postupně transformovat pro využití nízkouhlíkových zdrojů energie včetně energie z odpadního tepla, kam patří také v souladu s Národním akčním plánem rozvoje jaderné energetiky i maximalizace využití tepla z jaderných elektráren. Mezi další možnosti decentralizace patří využívání místně dostupných zdrojů tepla, energetické využívání nerecyklovatelné spalitelné složky odpadů. Tím bude přispěno ke snížení závislosti na dovozu fosilních paliv a zároveň dojde k posílení místní ekonomiky.

Jedním z dalších specifických cílů je zvyšování energetické účinnosti. Zvyšování energetické účinnosti v sektorech konečné spotřeby (domácnosti, průmysl, služby a zemědělství) přispívá ke snížení spotřeby energie a tím i ke snížení emisí skleníkových plynů. Integrální řešení pro města a městské aglomerace (smart cities and regions) bývají často navázány na evropské iniciativy, dále existuje koncept inteligentních domů a bydlení.

Pro snížení spotřeby energie v budovách je třeba kombinovat snižování energetické náročnosti budov s ekologizací zdroje vytápění. Jedná se o používání kotlů na biomasu, tepelných čerpadel nebo plynových kondenzačních kotlů a podporu zavádění kogeneračních jednotek, které kombinují výrobu tepla a elektrické energie, či připojení na účinnou soustavu zásobování teplem. Jedním z typových opatření je proto podpora nárůstu podílu vysoce účinné kombinované výroby elektřiny a tepla a účinných soustav zásobování tepelnou energií, včetně souvisejícího snížení ztrát v distribuci tepla.

Posledním specifickým cílem v rámci přechodu ke klimatické neutralitě je zvyšování využívání obnovitelných zdrojů energie. Pro snižování tlaku na spotřebu fosilních paliv je nezbytné část energie vytvářet z obnovitelných zdrojů energie, přičemž při volbě konkrétního vhodného zdroje musí být brány v úvahu přírodní a geografické podmínky dané lokality. Masivní navýšení kapacity výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v evropském měřítku bude v blízké době vyžadovat výstavbu akumulčních systémů.

V České republice jsou příznivé větrné podmínky a převážně v horských oblastech a vrchovinách by bylo možné díky dostatečné rychlosti větru realizovat výstavbu větrných

elektráren. Také potenciál solární energie je z perspektivy současných společenských potřeb nevyčerpatelný – na naše území dopadá stokrát více energie, než je v současnosti spotřeba primárních energetických zdrojů.

Z hlediska teplotnosti je ale obnovitelným zdrojem energie s největším potenciálem do budoucna biomasa. Na produkci biomasy, která se dále využívá jako OZE, se významným způsobem podílí zemědělství a lesnické hospodářství. Zemědělská půda však musí zůstat primárně využívaná pro zajištění dostatku potravin pro lidskou výživu a produkci krmiv a steliv pro hospodářská zvířata. V budoucnu bude výměra půdy využitelné pro produkci biomasy tedy spíše stagnovat, přestože regionálně je vhodné využít zemědělsky neobhospodařovanou a hlavně erozně ohroženou půdu k rozšířenému pěstování rychle rostoucích dřevin. Důležitým aspektem, který je nyní nutno rozvíjet, je zvyšování získané energie na hektar a efektivnější využití energie z biomasy. Významný potenciál představuje produkce dřevní biomasy vzhledem k současnému nárůstu celkové těžby dřeva v důsledku kůrovcové kalamity a nasycení středoevropského trhu se surovým dřívím. Celkově můžeme předpokládat nárůst množství dřeva pro energetické i materiálové využití. Je potřebné zajistit integraci ohledů na biodiverzitu a ekosystémy, upřednostňovat druhy domácího původu či druhy bez nepříznivého dopadu na přirozené ekosystémy a v dlouhodobém horizontu nahrazovat při výrobě energie cíleně pěstovanou biomasu biologicky rozložitelnou složkou komunálních odpadů.

Usiluje se o dosažení podílu obnovitelných zdrojů energie na úrovni 22 % na hrubé konečné spotřebě do roku 2030. Tento podíl má stále rostoucí tendenci, jelikož cílem do roku 2020 byla úroveň 13 %. Jeho průměrný meziroční nárůst v sektoru vytápění a chlazení odpovídá 1 %.

Mezi typovými opatřeními pro tento specifický cíl jsou mimo jiné: podpora rozvoje OZE pro výrobu elektřiny, tepla, chladu a kombinovanou výrobu elektřiny tepla včetně uplatnění v rámci komunitní energetiky a přechod zejména středních a menších soustav zásobování teplem na vícepalivové systémy využívající lokálně dostupnou biomasu, zemní plyn, případně další palivo, kdy především zemní plyn bude plnit roli stabilizačního a doplňkového paliva. [38, 39]

### 7.3 STÁTNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE

Státní energetickou koncepcí vláda formuluje politický, legislativní a administrativní rámec pro dosažení spolehlivého, bezpečného, cenově dostupného a dlouhodobě udržitelného zásobování energií. K naplnění dlouhodobé vize energetiky ČR, mezi jejíž klíčová slova patří bezpečnost, konkurenceschopnost a udržitelnost, stanovuje strategické cíle a priority. Ty jsou definovány v horizontu stanoveném zákonem a zároveň na období, ve kterém je obvykle zajištěna ekonomická návratnost investic do všech typů zdrojů a sítí a ve kterém ještě lze

s vysokou přesností předvídat základní charakteristiky budoucího vývoje. Sepsání tohoto dokumentu předcházela příprava, v rámci které bylo zkoumáno spektrum možných alternativních scénářů budoucího vývoje energetického sektoru. Výsledkem je stanovení koridorů vymezujících přijatelný směr vývoje mixu primárních zdrojů energie a hrubé výroby elektřiny.

Současné znění koncepce schválila vláda v květnu 2015. Obsahuje nástin dlouhodobého vývoje české energetiky do roku 2040, přičemž nejpravděpodobnější vývoj představuje varianta nazvaná optimalizovaným scénářem. Ten předpokládá, že primárním zdrojem energie se stane jaderná energie, následovat budou zemní plyn, ropa a ropné produkty a obnovitelné zdroje.

Vize v oblasti plynárenství představuje jako významný zdroj zemní plyn, jenž umožní postupný odklon od užívání tuhých paliv v konečné spotřebě a v malých soustavách zásobování teplem. V oblasti výroby a dodávek tepla bude domácí uhlí nadále majoritním zdrojem, následovat budou zemní plyn, OZE, druhotné zdroje a odpady, využití tepla z jaderných elektráren a elektřina.

Mezi hlavní cíle patří zajistit co největší ekonomicky udržitelný rozsah soustav zásobování teplem, jejich konkurenceschopnost a srovnat ekonomické podmínky centralizovaných a decentralizovaných zdrojů tepla, pokud budeme brát v úvahu úhradu emisních povolenek a uhlíkové daně. Zejména u tepláren na hnědé uhlí má být podporována účinná kogenerační výroba. Dále by se měla prosazovat dlouhodobá dostupnost uhlí pro teplárenské systémy, jeho přednostní dodávky do soustav zásobování na úkor zdrojů s nízkou účinností, ale zároveň i využití biomasy (zejména střední a menší soustavy zásobování teplem). Má být zajištěn postupný přechod ke kogenerační výrobě spolu s efektivním využitím tepelných čerpadel u vytopen.

**Tab. 12 Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem dle optimalizovaného scénáře [6]**

SZT		2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Černé uhlí	PJ	16,8	16,3	14,5	14,3	9,8	7,9	8,2
Hnědé uhlí	PJ	53,0	47,0	42,4	32,4	25,4	23,9	18,1
Zemní plyn	PJ	24,0	25,3	25,3	25,4	25,4	24,8	25,0
Ostatní paliva	PJ	3,2	3,2	3,7	5,1	7,0	7,0	8,1
OZE	PJ	3,0	6,6	8,7	12,3	16,4	18,6	20,8
<b>Celkem</b>	<b>PJ</b>	<b>100,1</b>	<b>98,3</b>	<b>94,5</b>	<b>89,5</b>	<b>83,9</b>	<b>82,2</b>	<b>80,2</b>

Optimalizovaný scénář předpokládá v letech 2010 až 2040 pokles spotřeby v soustavách zásobování teplem díky úsporným opatřením na straně konečného spotřebitele i rozvodů tepla. Postupně klesá podíl černého a hnědé uhlí, jež jsou v současnosti dominantními zdroji

a naopak narůstá podíl obnovitelných a druhotných zdrojů energie. Spotřeba zemního plynu zůstává po celém období přibližně stejná, okolo 25 %.

Řada odborníků označuje koncepci za velmi konzervativní a neaktuální. Od data jejího schválení se na úrovni Evropské unie uskutečnila řada strategických změn. Tyto přijaté závazky a taktéž závěry Uhelné komise by měla zohlednit aktualizace dokumentu, kterou plánuje ministerstvo průmyslu a obchodu předložit ke schválení vládě do konce roku 2023. Úprava dokumentu zároveň prodlouží horizont koncepce o deset let, tedy do roku 2050. [40, 41]

## 7.4 NÁRODNÍ AKČNÍ PLÁN ČESKÉ REPUBLIKY PRO ENERGII Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

**Národní akční plán**, který schválila vláda v lednu 2016, byl sestaven v souladu se Státní energetickou koncepcí pro snížení závislosti ČR na fosilních palivech. Vychází ze směrnice Evropského parlamentu a Rady o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, kde byl pro ČR stanoven podíl energie z OZE minimálně 13 % na hrubé konečné spotřebě energie v roce 2020. [42]

Plány na budoucí podporu budování infrastruktury pro zásobování teplem nejsou zpracovány na centrální úrovni. Prozatím je její stávající rozsah dostačující - téměř ve všech větších městech již nějaká soustava zásobování teplem existuje. Je třeba se soustředit spíše na jejich obnovu a zvýšení hospodárnosti, tedy snížení ztrát tepla při rozvodu. Nové soustavy zásobování teplem mohou vznikat v menších sídlech, kde bude možné v dostatečném množství využít biomasu nebo bioplyn.

Příspěvek velkých zařízení využívajících solární a geotermální energii je v ČR v soustavách zásobování teplem minimální. Tyto zdroje energie jsou obtížně využitelné ve větším měřítku kvůli tomu, že ČR nedisponuje významnějšími a snadno dostupnými geotermálními zdroji a solární energie je k dispozici zejména mimo období potřeby dodávek tepla.

Národní akční plán pojednává i o režimech podpory státu určených k podpoře využívání energie z OZE při kombinované výrobě tepla a elektřiny, využívání ústředního vytápění a chlazení, vytápění a chlazení v malém rozsahu a vytápění a chlazení v průmyslových zařízeních. Mimo jiné zmiňuje možnosti investičních, státních a operačních programů (např. Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie Ministerstva průmyslu a obchodu, Nová zelená úsporám Ministerstva životního prostředí). [43]

## 8 DÁLKOVÉ VYTÁPĚNÍ V EVROPĚ

V Evropské unii dominuje Island s 92 procenty domácností využívajících dálkové vytápění. To je hojně využíváno dále například ve Švédsku, Finsku, Lotyšsku, Dánsku, Estonsku a Litvě. Z tohoto přehledu můžeme usoudit, že procento využití je vyšší v severních a severovýchodních zemích Evropy, kde je chladnější podnebí. Naopak jihoevropské země s teplejším podnebím v tomto ohledu zaostávají. Země střední a východní Evropy mají své systémy dálkového vytápění regulované. K výrobě energie využívaly fosilní paliva a situace se změnila až s novou politikou Evropské unie v oblasti obnovitelných zdrojů energie.

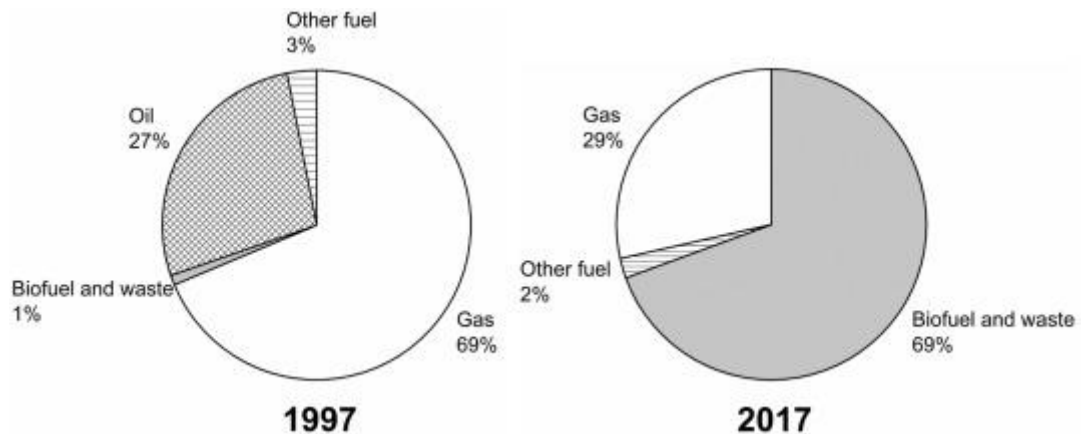
Systémy centrálního zásobování teplem mohou využívat různá paliva – například fosilní paliva, obnovitelné zdroje nebo průmyslové odpady a další. V Evropské unii je klíčovým obnovitelným zdrojem biomasa.

### 8.1 LITVA

Litva patří mezi země s chladným klimatem, kde centralizované systémy vytápění pokrývají přibližně 60 procent poptávky. Největší podíl je poskytován obyvatelům bytových domů (73 % z celkového množství tepla prodaného na trhu v roce 2016, přičemž toto procento se postupně zvyšuje díky nově postaveným domům napojeným na systém centrálního zásobování teplem), zbytek je rozdělen mezi průmyslová odvětví (13 %) a další instituce.

Průmyslový rozvoj biopaliv zde byl zahájen v roce 1994, kdy byly nainstalovány první kotelny využívající ve svém provozu piliny nebo dřevěné štěpky. Toto odvětví plně fungovalo již v roce 1999. Kvůli zvýšeným ekologickým požadavkům, otevření trhu s vytápěním nezávislým výrobcům tepla, zvýšení cen zemního plynu a topného oleje a rozvoji odvětví výroby biopaliv následoval další rozvoj systémů CZT, který využívá biopaliva. Litva je tedy příkladem toho, jak lze zvýšit energetickou nezávislost díky místnímu využívání biomasy.

Tuto tendenci lze vysledovat z Obrázku 33. V roce 1997 bylo v systému CZT spotřebovááno pouze 1 procento biopaliv, zatímco v roce 2017 to bylo 69 procent. Výrazně se snížila spotřeba fosilních paliv (zemní plyn byl v roce 1997 využíván z 69 %, o dvacet let později jen z 29 %).



**Obr. 33 - Struktura spotřeby paliva v letech 1997 a 2017 v Litvě v systému CZT [62]**

Litva vyrábí nejvíce tepla z biopaliv, což však způsobuje, že trh není diverzifikovaný. Pokud by proto došlo z určitých nepředvídaných důvodů k narušení získávání biopaliv, ovlivnilo by to celý trh v odvětví dálkového vytápění a růstu cen pro spotřebitele. Do budoucna je proto nutné trh diverzifikovat a zahrnout do něho co nejširší spektrum obnovitelných zdrojů tepla.

Přibližně 40 procent povrchu Litvy je zalesněno. Potenciální těžba dřeva se odhaduje na 10 milionů metrů krychlových za rok, statisticky je evidováno pouze o 8 milionů. Nejvíce dřevního odpadu v průmyslu produkují pily a výrobci překližky. Asi 1,5 milionu m<sup>3</sup> tohoto odpadu ročně by bylo možné využít jako zdroj energie.

V mnoha zemích je tuhý komunální odpad ukládán na skládky, jeho využití k výrobě tepla by tedy mohlo být dalším řešením, jak diverzifikovat trh. V Litvě je tento odpad druhým nejčastějším palivem z obnovitelných zdrojů energie v systémech CZT, přestože ještě v roce 2012 bylo cca 80 % z jeho celkového množství ukládáno na skládky. Mezi lety 2012 a 2017 však došlo k významným změnám v sektoru odpadového hospodářství a nyní se na skládky dostane pouze 27 % odpadu. Stalo se tomu tak ze dvou hlavních důvodů. K prvnímu došlo roku 2013 při zahájení provozu spalovny komunálního odpadu v Klaipedě. Druhým důvodem byla mechanicko-biologická zařízení na zpracování komunálního odpadu v několika regionech Litvy. Zde se odpady třídí, separují dle vhodnosti ke spalování či kompostování, čímž bylo množství odpadu, které směřuje na skládky, sníženo ze 78 % na 27 %. Další významné změny by mohly nastat se zahájením provozů kogeneračních elektráren Kaunas a Vilnius.

Staré systémy CZT získala Litva ze Sovětského svazu, kde ke hlavním spotřebitelům patřily průmyslové společnosti. V 90. letech minulého století však nastal výrazný nárůst cen fosilních paliv a tedy i cen tepelné energie. V důsledku toho se průmyslové podniky od dálkového zásobování teplem odpojily, přičemž následně se litevští výrobci tepla rozhodli zrekonstruovat staré kotle a upravit je pro spalování biopaliv. Na modernizaci poskytly dotace strukturální fondy Evropské unie. V současnosti ovládají nezávislí výrobci tepla velkou část



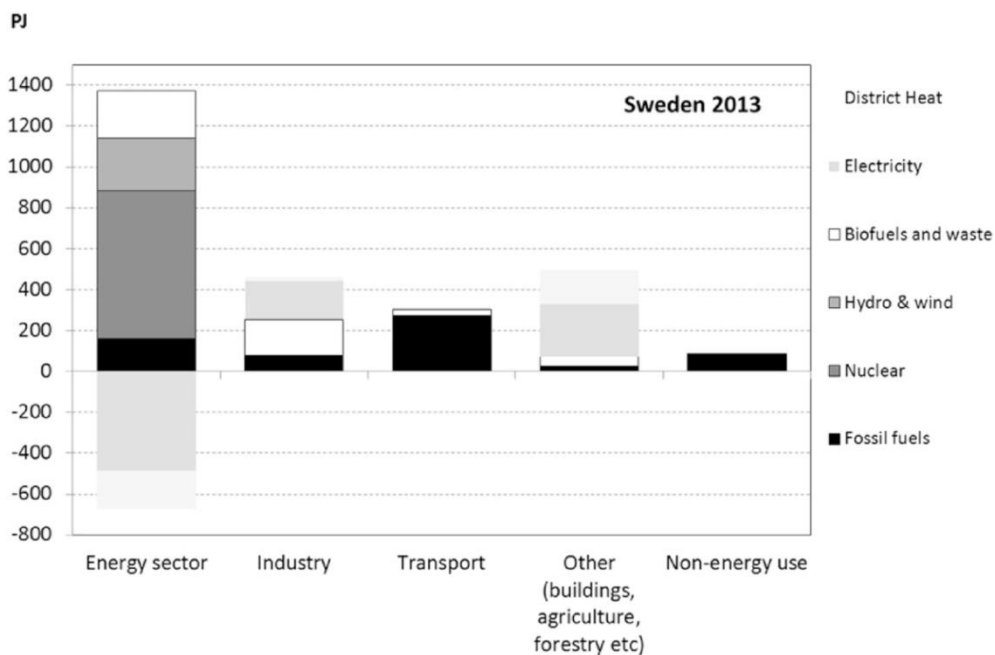
zařízení na pevná biopaliva dodávající teplo do sítě CZT. Teplárenské podniky jsou většinou městské podniky provozující tepelnou síť a zařízení na výrobu tepla. [62]

## 8.2 ŠVÉDSKO

Biomasa je ve Švédsku velmi významným zdrojem energie – roku 2013 představovala 23 % vnitrostátních dodávek energie a zároveň 8 % veškeré biomasy a odpadu využitých v Evropské unii. V přepočtu využití biomasy pro energetické účely na osobu je na druhém místě za Finskem.

Téměř polovina celkové spotřeby biomasy byla použita na výrobu elektřiny a tepla v dálkových sítích. Většina má původ z lesních zdrojů, vzhledem k tomu, že přibližně 57 % půdy je zalesněno. Biomasa pocházející ze zemědělské půdy hraje minoritní roli i přes snahy o podporu pěstování vrby na výrobu vrbové štěpky. Kromě toho se pěstují pšenice a ječmen na výrobu etanolu a řepka na bionaftu. Bioplyn se vyrábí hlavně z čistírenských kalů a odpadu z potravinářského průmyslu, domácností a restaurací.

V dálkovém vytápění jsou základem rekuperace tepla z jiných procesů využívajících primární zdroje energie a využití obnovitelných zdrojů primární energie. Mezi způsoby rekuperace tepla patří kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET), spalování odpadu a průmyslové procesy. K obnovitelným zdrojům energie patří solární a geotermální energie a biomasa. Teplo rekuperované nebo vyrobené je distribuováno potrubními sítěmi do stanic, které předávají teplo koncovým spotřebitelům. Dálkové vytápění je konkurenceschopné hlavně v hustých městských oblastech kvůli potřebným investicím do distribuční infrastruktury. Příliš nákladné je pro malé vesnice nebo řídké osídlené oblasti.



Obr. 34 - Struktura dodávek energie do různých sektorů v roce 2013 ve Švédsku [63]

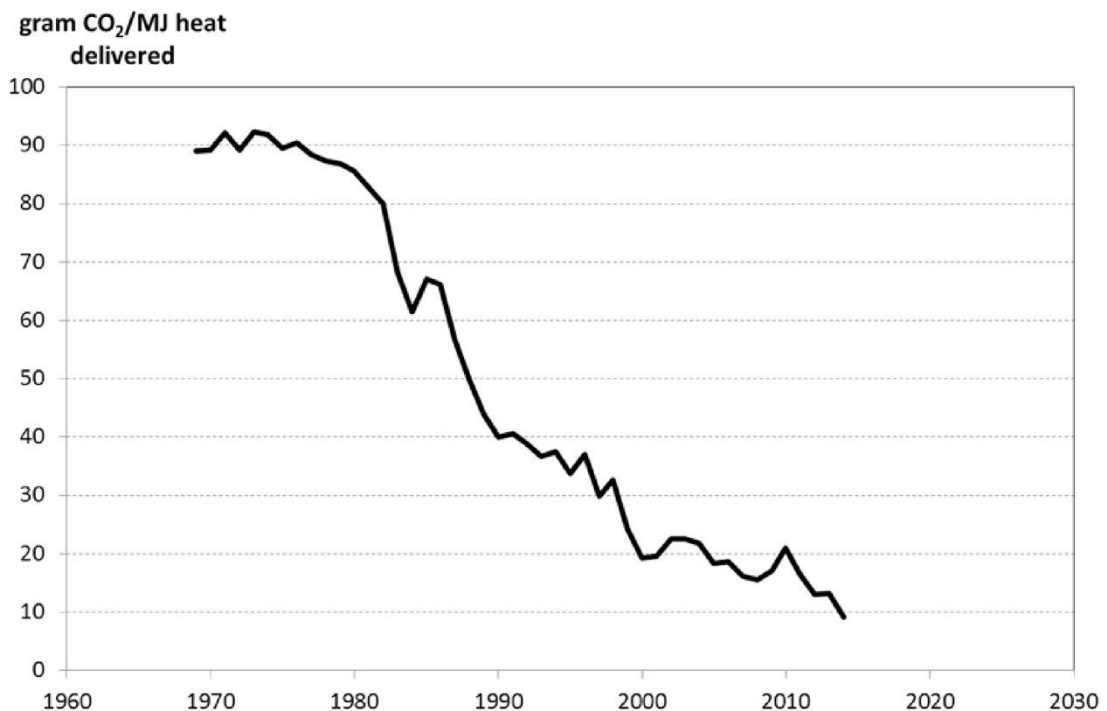
V 60. letech minulého století zaujímal dálkové vytápění pouze 3 % z celkového zásobování teplem, k pokrytí spotřeby se používal většinou topný olej. Zavedení a následné rozšíření dálkového vytápění zde nebylo iniciováno a řízeno žádnou konkrétní vládní politikou. Během 60. a 70. let bylo jejich rozšíření usnadněno vysokou mírou bytové výstavby a společenskými cíly, mezi které patřilo snížení spotřeby oleje pro individuální vytápění, lokální zlepšení kvality ovzduší a zmírnění změny klimatu.

Dnes dálkové vytápění dominuje mezi ostatními zdroji (představuje 58 % energie na vytápění). Asi 60 % dodávek tepla pochází od komunálních teplárenských společností, zbytek zajišťují tři energetické společnosti (E.ON, Vattenfall a Fortum) a soukromé společnosti. Hlavními konkurenty jsou lokální tepelná čerpadla a kotle na dřevěné pelety.

V systémech dálkového vytápění došlo v posledních desetiletích k velké transformaci energetických zdrojů. Na konci sedmdesátých let dominovala fosilní paliva, jejich využívání se ale postupně snižovalo a naopak rostla spotřeba biomasy a odpadu (komunálního i průmyslového). Biomasa se v těchto systémech začala objevovat okolo roku 1980, ale masivní nárůst využití proběhl až na počátku 90. let a pokračoval až do roku 2010, kdy došlo k ustálení.

V biomase používané v sektoru dálkového vytápění jsou nejvíce využívána dřevní paliva, především dřevní štěpka a piliny, které tvořily 70 % biomasy použité na výrobu dálkového tepla v roce 2013, dále dřevěné palety a brikety zastoupené 16 procenty, bio olej (5 %), talový olej, který je vedlejším produktem výroby buničiny (2 %) a dřevní odpady.

Postupné nahrazování fosilních paliv způsobilo významný pokles emisí oxidu uhličitého (z 90 g/MJ tepla v 70. letech na 9 g/MJ tepla v roce 2014).



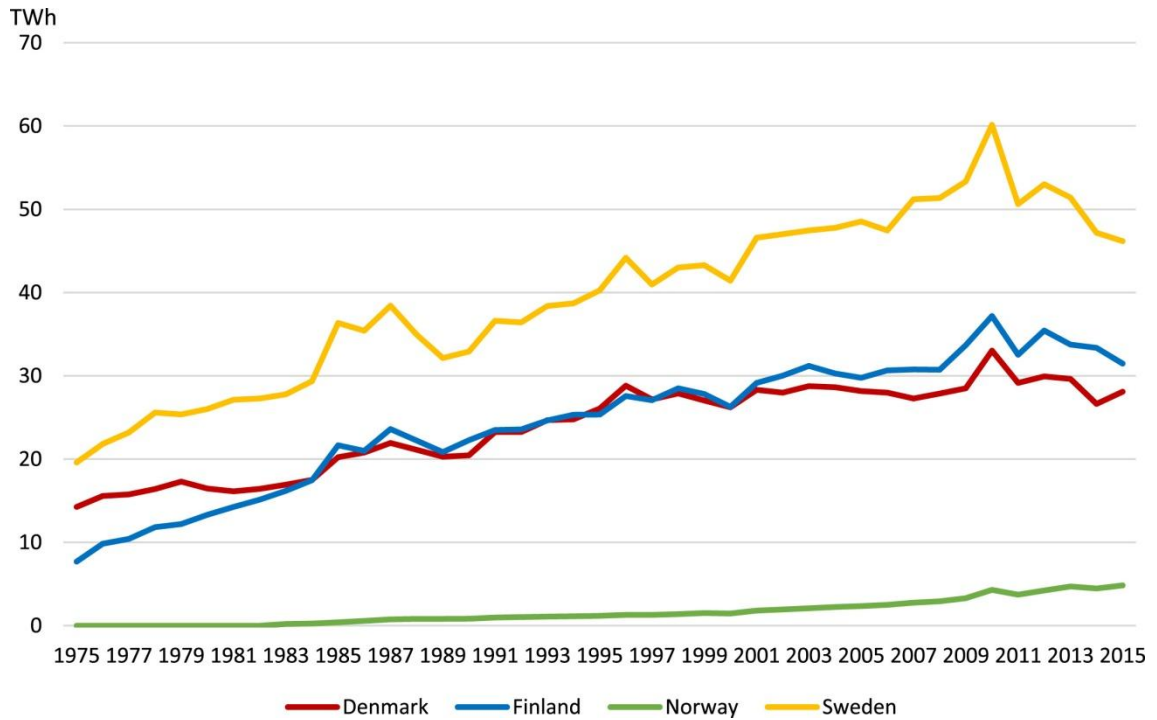
Obr. 35 - Emise oxidu uhličitého z dálkového vytápění ve Švédsku mezi lety 1970 a 2014 [63]

Očekává se, že konkurence v oblasti obnovitelných zdrojů energie a konkrétně biomasy v budoucnu poroste díky zavedeným klimatickým cílům. Jedním z příkladů je vize přijatá švédskou vládou v roce 2009 zacílená na dosažení nulových emisí skleníkových plynů do roku 2050. Dřevo ze švédských lesních zdrojů je využíváno především k výrobě dřevěných paliv, řeziva, celulózy a papíru. V budoucnu ale může být potřebné v biorafinériích například na výrobu dopravních paliv, chemikálií a plastů. Z tohoto důvodu bude potřeba pozměnit strategie v sektoru vytápění a více se zabývat myšlenkou rekuperace přebytků tepla. Získávání přebytečného tepla z průmyslových odvětví a biorafinérií se usnadní zavedením čtvrté generace dálkového vytápění, která umožní nižší teplotní dodávky. [63]

### 8.3 NORSKO

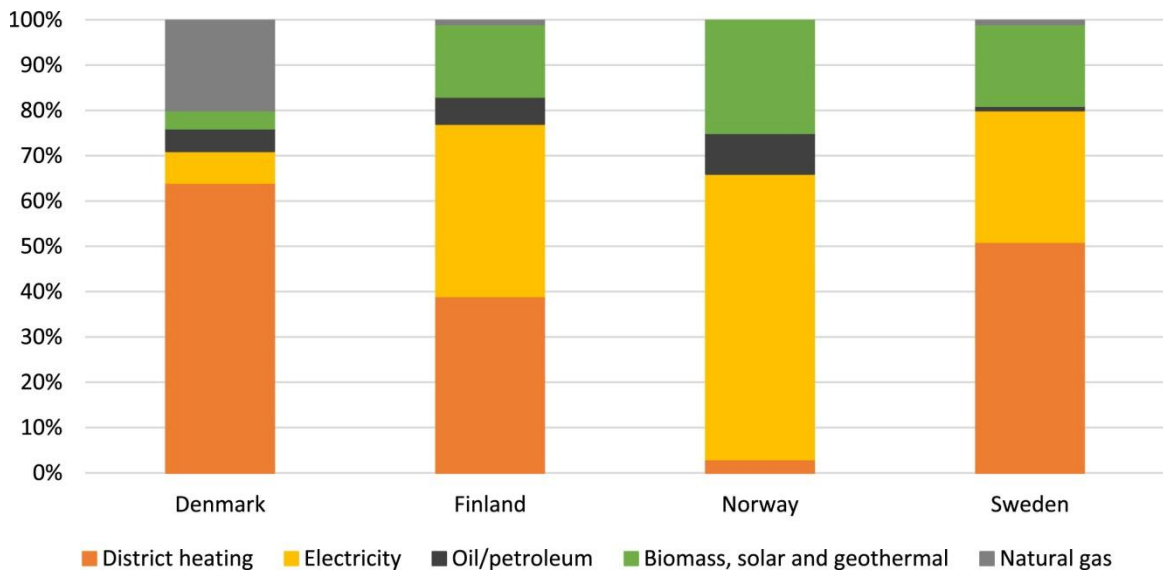
Co se týče rozvoje dálkového vytápění, Norsko za ostatními severskými zeměmi v průběhu minulého století výrazně zaostávalo – před 80. lety zde žádné dálkové vytápění neexistovalo. Mezi lety 1950 a 1980 došlo k masivnímu rozvoji vodní energie a výstavbě vodních nádrží díky množství hor, vodopádů a neobydlených ploch. Základním zdrojem energie pro vytápění se stala elektřina. Když rozvoj vodní energie začal zasahovat do přírodních lokalit s vysokou rekreační hodnotou, začalo se hovořit o potřebě nových alternativních zdrojů. Nově došlo k využívání komunálního odpadu.

V polovině 90. let bylo centrální zásobování teplem stabilně zavedenou formou vytápění v městských oblastech severských zemí kromě Norska. Zatímco v Dánsku, Švédsku a Finsku využívalo dálkové vytápění více než 50 % populace, v Norsku se jednalo o pouhé 1 %. V průběhu let se norský systém dálkového vytápění nevyznačoval výrazným vznikem nových závodů a míst se zavedeným CZT, ale především jejich zahušťováním a rozšiřováním.

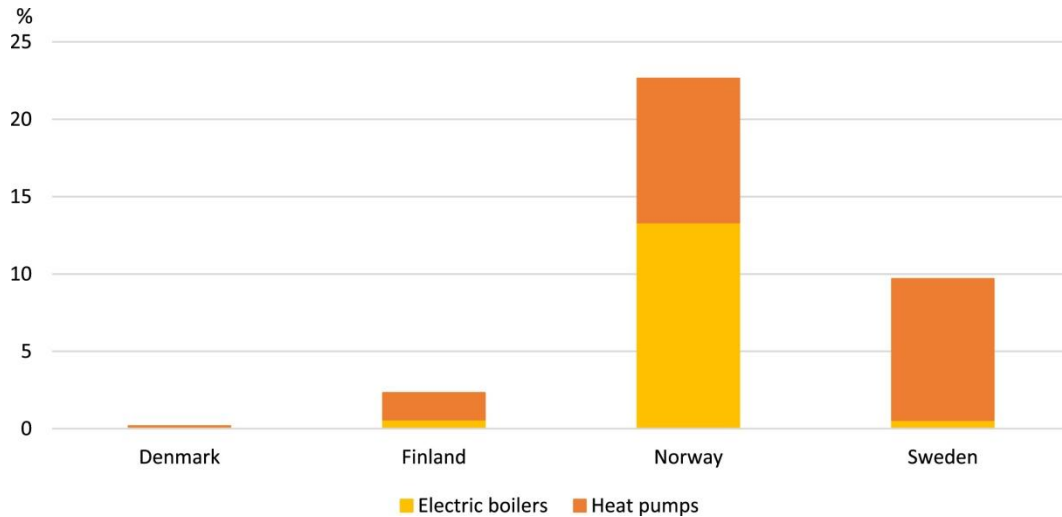


Obr. 36 Dodávka dálkového tepla mezi lety 1975 a 2015 v severní Evropě [64]

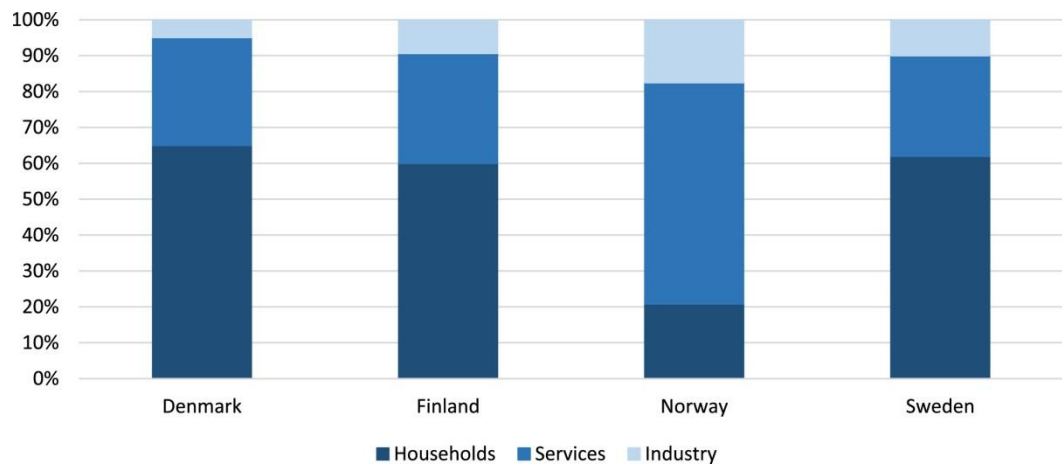
Norské domácnosti spotřebují mnohem více elektřiny na vytápění než ostatní severské země, přičemž podíl obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny byl 98 % v roce 2016. Vyšší využití elektřiny na vytápění má svůj význam, jelikož Norsko se řadí k významným vývozcům elektřiny. Podíl KVET na celkové výrobě elektřiny je zanedbatelný (0,5 % v roce 2013) stejně jako jeho podíl na CZT (1,5 %). Nejpoužívanějším palivem je komunální odpad – v roce 2016 pocházela téměř polovina výroby tepla ze spaloven odpadu. Fosilní paliva nejsou téměř využívána, a pokud ano, postupně jsou nahrazována dřevěnými palivy. [64]



Obr. 37 Zdroje používané v severní Evropě pro vytápění [64]



Obr. 38 Podíl dodaného tepla do CZT v severní Evropě [64]



Obr. 39 Spotřebitelská distribuce dálkového tepla [64]

## 8.4 DÁNSKO

Vývoj sektoru dálkového vytápění v Dánsku byl motivován snahou o cenově dostupné vytápění pro všechny, o dosažení vyšší energetické účinnosti recyklací odpadního tepla z tepelných elektráren, o stabilní a dostupné dodávky tepla po celé republice včetně menších měst a vesnic.

Dánsko bylo první severskou zemí, která zavedla dálkové vytápění. Poznatky ze zavádění dánského dálkového vytápění byly předávány do zahraničí, přičemž tento sektor byl ve světě považován za vedoucí v této oblasti a stal se příkladem a inspirací pro ostatní země.

První primitivní kogenerační jednotka byla postavena v tehdejší dělnické obci Frederiksberg v roce 1903 a zásobovala teplem blízké městské instituce. Spalovala domovní odpad, čímž řešila naléhavý problém likvidace odpadu vzhledem k nedostatku dostupné půdy pro skládky. V následujících desetiletích se technologie dálkového vytápění rozvíjely

a rozšiřovaly po celé zemi. Ve venkovských oblastech místní spolky společně investovaly do družstevně vlastněných tepláren, aby zajistily stabilní dodávky lokálního vytápění.

V 50. letech některé obce v městských oblastech investovaly do větších centralizovaných a energeticky účinných kogeneračních jednotek. Dominantním palivem byla ropa díky své dostupnosti, snadné přepravě a nízké ceně. V dalších letech došlo k expanzi energetického sektoru a pokrytí nových území sítěmi dálkového vytápění. Zároveň byl zahájen průzkum týkající se zemního plynu v dánském Severním moři.

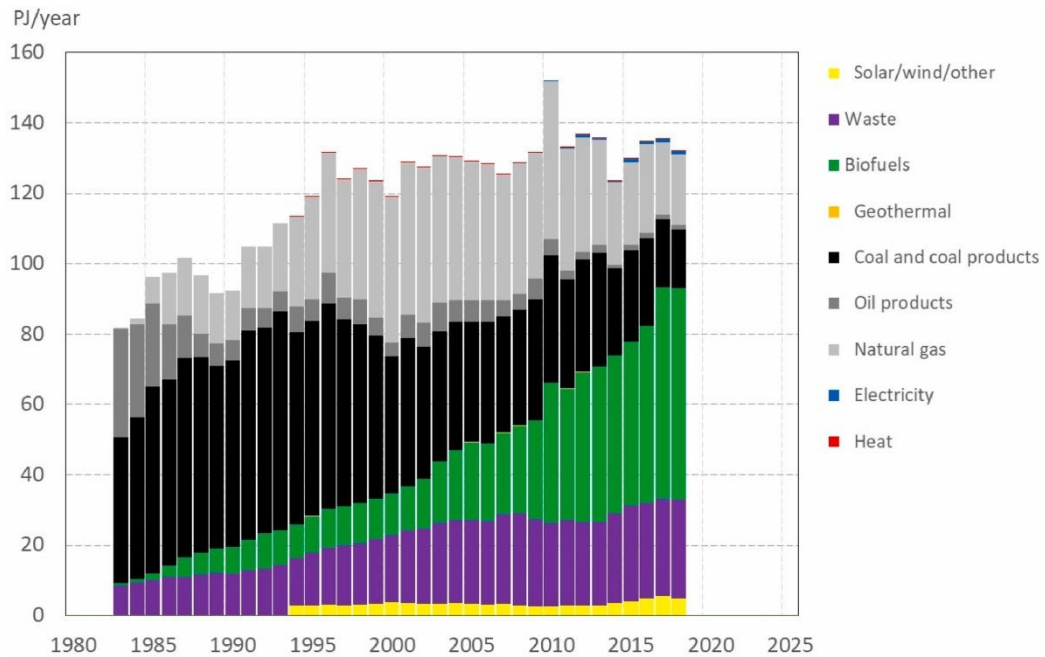
Největším problémem Dánska byla závislost na dovozu energie související s energetickou krizí, zhoršeným stavem ekonomiky a zvyšující se nezaměstnaností. Pro řešení byla v roce 1976 založena Dánská energetická agentura, jejímž úkolem bylo vyvíjet energetické strategie. Po třech letech přijala dánský zákon o zásobování teplem a poskytla právní rámec pro budoucí rozsáhlé iniciativy plánování infrastruktury dálkového vytápění, které do systému strategicky integrovalo kogenerační jednotky. Velkým otázníkem bylo zahrnutí jaderné energie jako alternativního zdroje do energetického systému, jež bylo nakonec odhlasováním vlády zamítnuto.

V roce 1990 zveřejnila dánská vláda Akční plán Energie 2000, který se stal první strategií přechodu na nízkouhlíkovou energetiku na světě. Zahrnoval plán postupného vyřazení uhlí ze systému a naopak upřednostňoval integraci obnovitelných zdrojů energie.

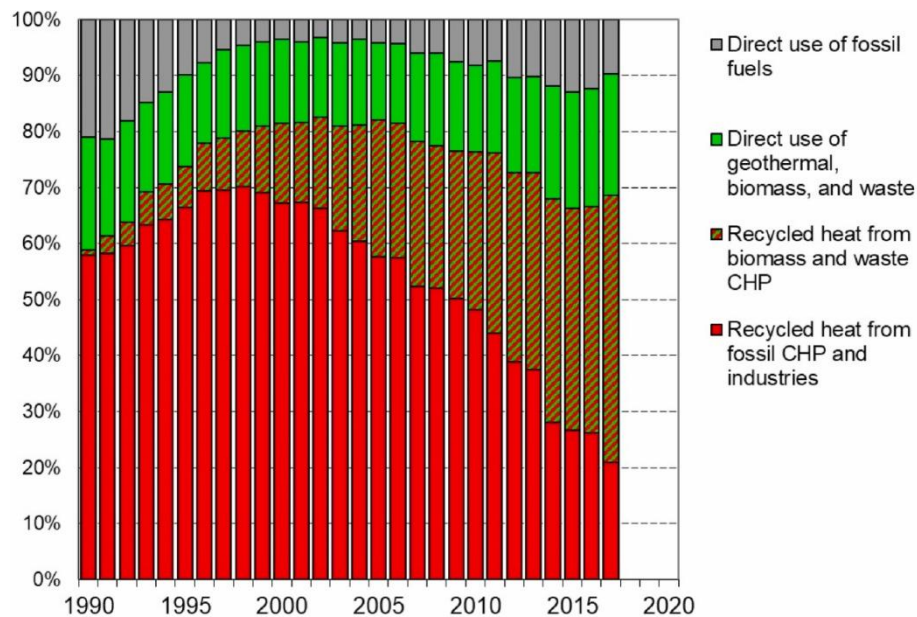
Plánování v sektoru teplárenství probíhalo decentralizovaně. Síť dálkového vytápění byly rozšířeny o decentralizované kogenerační jednotky obvykle poháněné zemním plynem a umístěné v oblastech s relativně nízkou hustotou obydlí. Zpočátku byl jejich provoz ekonomicky přijatelný, později s rostoucí cenou zemního plynu musely být dotovány řadou balíčků pomoci.

V 21. století byly do systémů dálkového vytápění rychle integrovány velké podíly obnovitelných zdrojů energie, zejména biomasy. Rostoucí spotřeba biomasy byla pokryta rozsáhlými mezinárodními dovozy.

V současnosti jsou přibližně dvě třetiny obytných domů napojeny na systém dálkového vytápění, jenž je tvořen přibližně 60 000 km potrubí. Z celkového distribuovaného tepla vyrobily největší procento kogenerační jednotky (67,7 %), zbytek (32,3 %) poskytly tepelné elektrárny. Centralizované kogenerační jednotky tvoří 33 % dálkového vytápění, decentralizované 15,1 % a KVET druhotných výrobců (např. v zařízeních na zpracování odpadu nebo průmyslových výrobnách) 19,6 %. Rozsáhlé centralizované kogenerační jednotky se nacházejí převážně v oblastech s vyšší hustotou zásobování, tedy v městských nebo příměstských oblastech, a obvykle kombinují více výrobních jednotek a mohou zahrnovat několik rozvodů tepla. Menší decentralizované kogenerační jednotky obsluhují oblasti s nízkou hustotou zásobování – menší města a vesnice, ty nejmenší systémy se skládají pouze z jedné distribuční sítě a jednoho zařízení (doplňného o záložní jednotku).



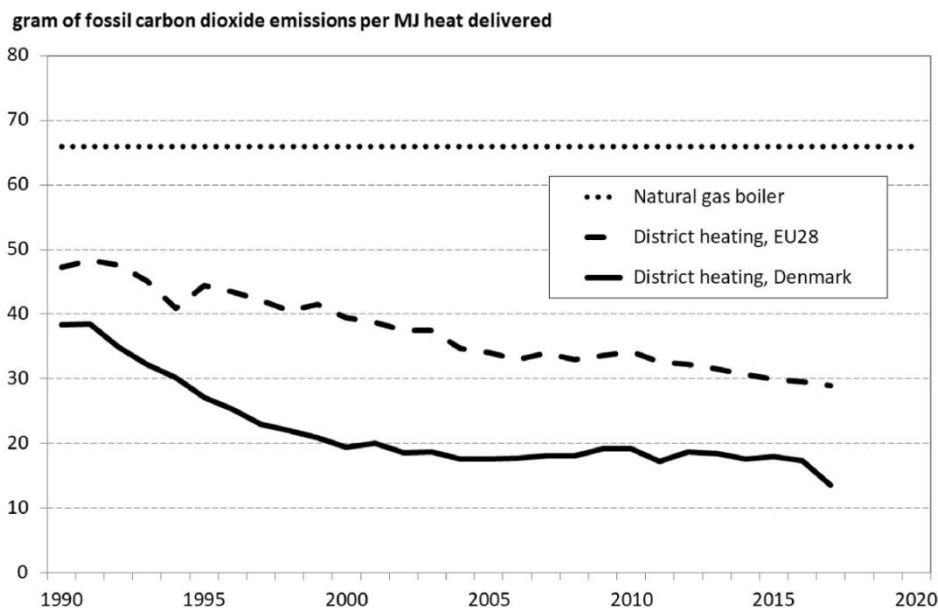
Obr. 40 Roční výroba tepla v dánských systémech CZT [65]



Obr. 41 Podíl roční výroby tepla v dánských systémech CZT [65]

Co se týče využívaných zdrojů, v roce 2019 převažovala u kogeneračních jednotek biomasa (29,8 %), dále odpadní teplo (22,7 %), uhlí (8 %) a zemní plyn (5,7 %). Přibližně 20 % obytných budov využívá k vytápění kotle na fosilní paliva (ropu nebo zemní plyn), zatímco tepelná čerpadla, elektrické vytápění a kotle na biomasu představují každý přibližně (3 až 4 %). Obnovitelné zdroje energie byly do dánského systému vytápění integrovány během relativně krátké doby – jejich podíl 20 % v roce 1990 vzrostl na 63,8 % v roce 2019. Naopak podíl uhlí se

snížil během stejného období z 50 % na 8,6 %. Převážně díky biomase, ale také solárním kolektorům nebo recyklaci odpadního tepla z průmyslu, se podařilo snížit emise o necelých 30 %.



Obr. 42 Průměrné emise oxidu uhličitého v letech 1990 až 2017 [65]

Cílem je dosáhnout do roku 2030 stoprocentní dekarbonizace dánských systémů dálkového vytápění, což vyžaduje pokračující integraci obnovitelných zdrojů energie. V posledních letech se zvýšila kapacita solárních kolektorů využívaných ve vytápění, příkladem je největší solární kolektorové pole na světě poblíž města Silkeborg, jež se skládá ze 157 000 metrů čtverečních solárních kolektorů s celkovým výkonem 110 MW a funguje od roku 2016. Celkový instalovaný výkon solárních kolektorů v Dánsku je 1 100 MW. Využívá se i geotermální teplo, nyní pouze ve třech lokalitách (Thisted, Sønderborg a Amager), ale je zkoumán potenciál dalšího využití v jiných městech. Recyklace tepla je možná díky sběru průmyslového odpadního tepla. Před dvěma lety byla uvedena do provozu rekuperace tepla z nově zřízeného datového centra Facebooku v Odense. V blízké době se odpadní teplo z dalších datových center stane důležitým tepelným aktivem. [64, 65]

## 8.5 FINSKO

Ve Finsku funguje systém dálkového vytápění od počátku 50. let minulého století. Ten vznikl vlivem tržních podmínek v ekonomice – velký vliv na něj měla politika úspor energie podporovaná tehdejší vládou. V průběhu jejich vývoje bylo vyvíjeno úsilí na tvorbu spolehlivých a kvalitních dodávek tepla pro spotřebitele za rozumnou cenu spolu s vysokou energetickou účinností, nízkými emisemi a flexibilitou paliva.



Zvýšení energetické účinnosti bylo realizováno díky kombinované výrobě tepla a elektřiny. Jen v Helsinkách bylo od poloviny minulého století postaveno celkem pět velkých kogeneračních elektráren. Jednou z nich je elektrárna Salmisaari A uvedená do provozu v roce 1950, která k výrobě elektřiny využívala primárně uhlí a přebytečné teplo bylo zachycováno a využíváno pro dálkové vytápění. První kogenerační jednotkou s hlavním palivem odlišným od uhlí je Vuosaari A využívající zemní plyn (v provozu od roku 1991). Kromě těchto větších jednotek se v okolí města nachází sedm menších tepláren s celkovým tepelným výkonem 2 200 MW. Obecně podíl KVET ve Finsku na výrobě elektřiny patří k nejvyšším na světě.

Často dochází ke spoluspalování dřevěných paliv s uhlím nebo rašelinou. Náklady na dopravu obvykle nejsou odrazující, protože dřevní paliva lze získávat lokálně. Pro kratší vzdálenosti (do 150 km) je nejefektivnější využít k dopravě kamiony, pro delší vzdálenosti je konkurenceschopnější lodní doprava. Největším potenciálním zdrojem lesní biomasy pro výrobu dřevního paliva jsou zbytky po probírkách a konečné těžbě. Potenciální sklizeň se odhaduje na 125 PJ za rok. Příspěvek zemědělství do zásobování energií je zanedbatelný.

Palivový mix v dálkovém vytápění tvoří zemní plyn (38 %), uhlí (27 %), rašelina (18 %) a dřevěná paliva (8 %). 80 % energie se získává z kogeneračních jednotek, což znamená 12,7 TWh elektřiny na základě 104 PJ dodaného paliva. Pro drobné vytápění rodinných domů v méně hustě osídlených oblastech a vesnicích se využívá biomasa (ročně přibližně 40 PJ).

[66, 67, 68]

## 9 PROJEKTY INTEGRACE OZE DO SÍTÍ DÁLKOVÉHO VYTÁPĚNÍ V EVROPĚ

### 9.1 LITVA

**Vilnius** je hlavním a zároveň největším městem Litvy (550 000 obyvatel) a co se týče dálkového vytápění, představuje více než 30 % prodeje v celé zemi. Hustota osídlení a potažmo i sítě je nízká kvůli mnoha rozsáhlým zeleným plochám, přesto systém zásobuje 80 % spotřebitelů tepla ve městě (více než 200 000 domácností). Prodej tepla z CZT činil 2 371 GWh v roce 2019. Díky nízkým cenám biopaliv a realizovaným investicím je CZT konkurenceschopné oproti ostatním alternativám, například zemnímu plynu. Ve srovnání s jinými litevskými městy je cena tepla ve Vilniusu nejnižší.

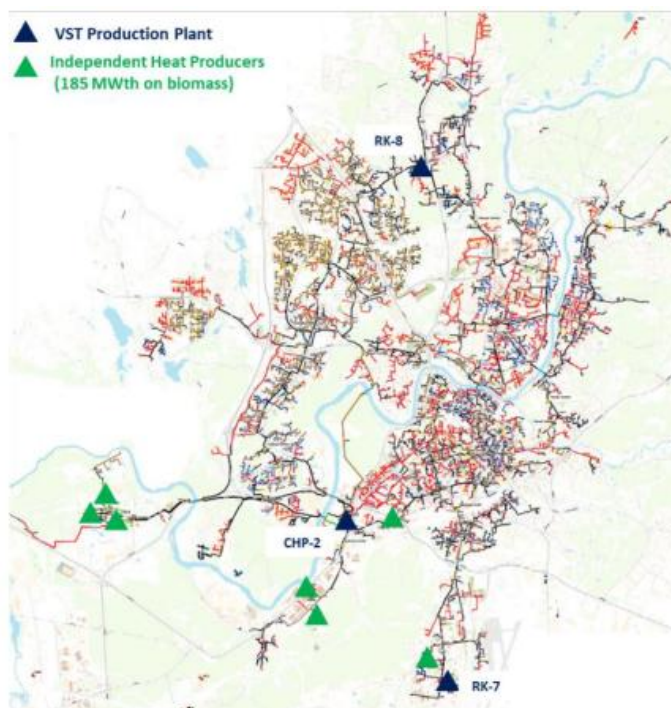
Síť dálkového vytápění byla vytvořena v roce 1950. Přibližně čtvrtina (180 km) sítě byla renovována, přičemž její průměrné stáří je 32 let. Odhadovaná špičková spotřeba tepla v hlavní síti je asi 1 080 MW při teplotě -23 °C v nejmraznějších dnech. Instalovaný tepelný výkon je 1 707 MW včetně 268 MW z obnovitelných zdrojů. Instalovaný elektrický výkon je 29 MW (17 MW z obnovitelných zdrojů). Síť se skládá z několika systémů – hlavní systém CZT (1 080 MW), systém Naujoji Vilnia (28 MW), 3 malé systémy (celkem 5,7 MW) a 32 velmi malých systémů (2,3 MW). Zemním plynem jsou zásobovány malé a velmi malé systémy CZT.

Naujoji Vilnia zásobuje jedna kotelná skládající se z 2 kotlů na biomasu, 2 kondenzátorů spalin a 2 plynových kotlů. V areálu bude v blízké budoucnosti instalována nová kogenerační jednotka na biopaliva.

V hlavním systému zajišťuje většinu produkce parní kotel na biomasu, doplněn o spalinový kondenzátor. Dále obsahuje 7 kotlů na zemní plyn s výkonem 824,4 MW a mnoho menších kotlů na zemní plyn, které slouží také jako záložní zdroje. Výrobní jednotky jsou umístěny převážně jižně od sítě, relativně daleko od husté městské oblasti.

Tab. 13 Palivový mix v roce 2019 [69]

	Production mix in 2019	
	MWh	%
Natural gas	1,241,788	45.1%
Biofuels	1,498,529	54.5%
Oil	9,362	0.3%
Diesel	1,877	0.1%
Total	2,751,556	100%



Obr. 43 Mapa tepelné sítě [69]

Díky snížení ceny paliva z biomasy ve srovnání se zemním plynem je podíl OZE v současnosti vyšší než 50 %. Tento podíl by se měl dále zvyšovat, protože v blízké době bude uveden do provozu nový závod s celkovým instalovaným tepelným výkonem 227 MW a elektrickým výkonem 88 MW se dvěma výrobními jednotkami – spalovnou komunálního odpadu a zařízením na spalování biomasy.

Vilnius je v předstihu ohledně národních cílů pro změnu klimatu. Očekává se, že obnovitelná energie v systému CZT v příštích letech dosáhne 90 % díky novým jednotkám na biomasu a energetickému využití odpadu. Obecně je tato realizace příkladem integrací OZE do velké a relativně staré sítě. [69]

## 9.2 ŠVÉDSKO

Příkladem fungující praxe ve Švédsku je město **Trollhättan** nacházející se asi 70 km severovýchodně od Göteborgu. Městská energetická společnost Trollhättan Energi zde spravuje

městskou elektrickou sít' i sít' dálkového vytápění si dává za cíl vyrábět teplo co nejšetrněji k životnímu prostředí pomocí současných technologií a pracovat na udržitelné společnosti.

V provozu jsou tři teplárny. Nejnovější je Lextorp CHP, která začala vyrábět teplo pro dálkové vytápění na konci roku 2005 a první elektrinu o měsíc později. Zahrnuje zařízení spalující vedlejší produkty z místního lesnického průmyslu (směs kůry, pilin a lesní zbytky) a má tepelný výkon 17 MWh, který pokrývá 30 % potřeb dálkového vytápění Trollhättanu. Závod má minimální dopad na životní prostředí díky technologii spalování BioGrate pro spalování biopaliv s vysokou účinností a nízkými emisemi NO<sub>x</sub> a CO<sub>x</sub>. Všechna paliva patří mezi obnovitelné zdroje energie a získávají se lokálně, z okruhu asi 100 km okolo závodu. Jejich spotřeba se pohybuje okolo 530 m<sup>3</sup> za den.

Podle propočtů by pro roční výrobu ekvivalentního množství tepla, jaké je produkováno z místní biomasy, bylo potřeba 35 000 m<sup>3</sup> ropy. Ta se nyní používá pouze ve zvláštních případech jako rezervní palivo během nejchladnějších období. Zařízení na kombinovanou výrobu tepla a elektřiny na biomasu sice vyžaduje více údržby, ale počáteční investice do něho se vrátila během tří let díky snížení nákladů na palivo o 70 %.

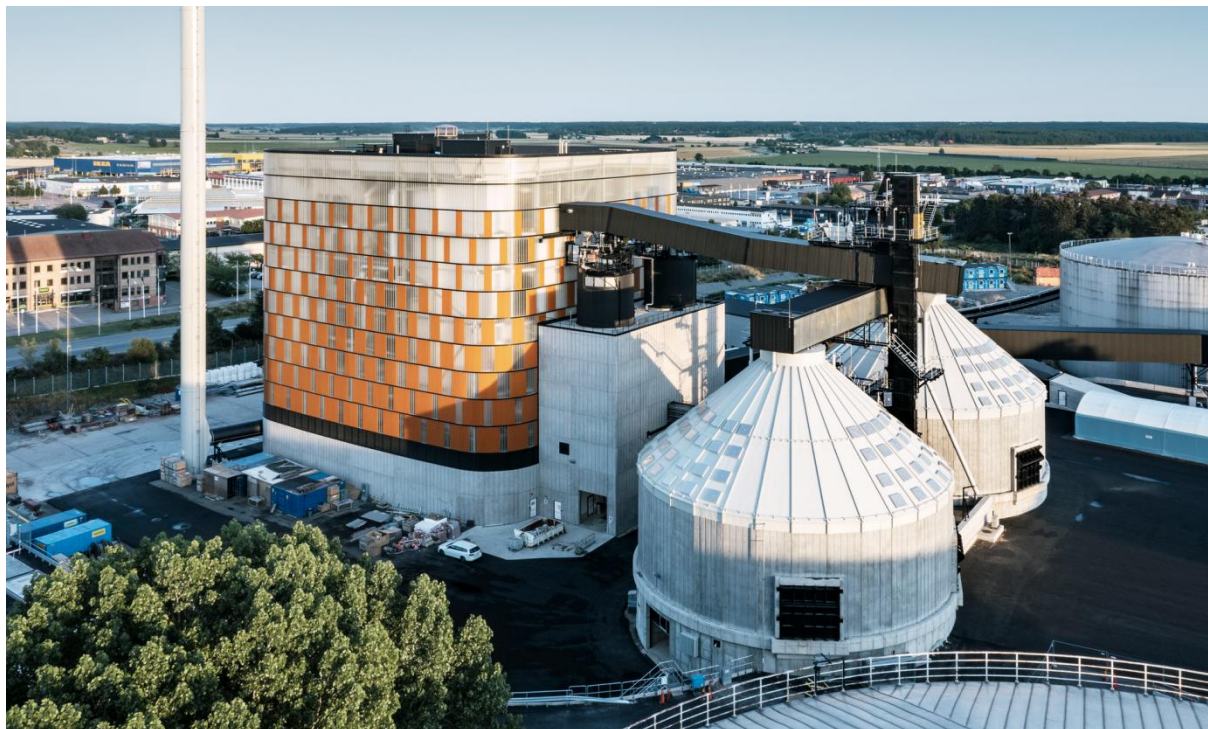
V minulosti získal Trollhättan dvě národní ceny za čisté životní prostředí a také obdržel Cenu krále Carla XVI. Gustafa za životní prostředí, jež se každoročně uděluje švédským obcím, které jsou nejšetrnější k životnímu prostředí. [70, 71]

V letošním roce byla uvedena po čtyřech letech výstavby do provozu nová teplárna na biopaliva **Carpe Futurum** společnosti Vattenfall ve městě **Uppsala** (70 km severně od Stockholmu). Spadá pod transformační program, jehož cílem je postupné vyřazení fosilních paliv z výroby tepla v Uppsale do roku 2030. Její tepelná kapacita je 110 MW. Teplo distribuuje přibližně 25 000 domácnostem a zákazníkům v rámci městské sítě dálkového vytápění.

Carpe Futurum dopomůže k nahrazení rašeliny jako paliva novou výrobou založenou na obnovitelných a recyklovaných biopalivech (zbytkové produkty – větve a natě, kůra, recyklované dřevo). To sníží klimatickou stopu o 50 % pro obyvatele města využívající dálkové vytápění. Mělo by dojít ke snížení emisí fosilního oxidu uhličitého o přibližně 200 000 tun ročně.

Díky spalínovému kondenzátoru se teplo získává také z páry, která vzniká při spalování vlhkého paliva. Tato technologie je založena na spalování probíhajícím na loži tzv. fluidizovaného písku s 380 tryskami, což zajišťuje vysokou účinnost a nízké emise. Čištění spalin probíhá ve třech krocích. Nejdříve se odfiltrují saze a další znečišťující látky při průchodu filtrem pokrytým vápnem a aktivním uhlím. Následuje čištění pomocí katalyzátoru, který odstraňuje oxidy dusíku. V posledním kroku se kouř dostane do zařízení, v němž se

postříká vodou a dále se pere. Voda také způsobí pokles teploty na přibližně 35 stupňů Celsia při výstupu z komína. [72, 73, 74]



Obr. 44 Teplárna Carpe Futurum [74]

### 9.3 NORSKO

Příkladem využití jiného obnovitelného zdroje než pouze biomasy je solární termální elektrárna ve městě **Lillestrøm** nedaleko Osla. Byla postavena dánskou společností Sunmark v roce 2012 a je dosud největší solární elektrárnou v Norsku. Kvůli nízkému množství denního světla v zimních měsících dodává do sítě dálkového vytápění nejvíce tepla v letním období – 20 až 30 procent potřebného tepla. Celoročně se jedná o přibližně 4,2 GW solárního tepla (323 kWh/m<sup>2</sup> plochy kolektorů), což se rovná jen něco málo přes 3 % z celkové dodávky tepla do sítě.

Velikost solárního zařízení určil zásobník o objemu 1 200 m<sup>3</sup>, který může akumulovat solární teplo po dobu jednoho nebo dvou dnů a je nezbytný pro pokrytí špičkového zatížení. Solární kolektory dodávají teplo přímo na teplotu požadovanou sítí (85 až 90 °C v závislosti na povětrnostních podmínkách).

Kromě toho je tepelná síť ve městě Lillestrøm napájena výhradně z ostatních obnovitelných zdrojů energie. Jako základ se používá dřevní štěpka z místního lesa a bioolej pro špičkovou zátěž. Zbytek spotřeby pokryje bioplyn ze skládky a tepelné čerpadlo využívající zbytkové teplo z městských odpadních vod. Veškeré teplo pochází z kotlů a nikoliv z kogeneračních zařízení díky dostupnému množství vodní energie.

[75]

**Drammen** je město nacházející se 40 km jihozápadně od Osla. V minulosti zde byla zavedena povinnost vlastního vodního topného systému napojeného na systém dálkového vytápění pro všechny nové budovy větší než 1000 m<sup>2</sup>. První teplárna na biomasu s výkonem 8 MW zde byla instalována v roce 2002. Poté, co Evropská komise označila tepelná čerpadla za obnovitelné technologie, se obec rozhodla investovat do jejich instalace.

Od roku 2011 je používána k poskytování dálkového tepla mořská voda. Tři tepelná čerpadla o celkovém výkonu 13,5 MW odebírají teplo z nedalekého fjordu, který má celoročně v hloubce 18 metrů teplotu asi 8 °C. Ročně vyrábějí 67 GWh tepla, čímž pokrývají potřeby zhruba 6 000 domácností, což odpovídá 63 % městského dálkového vytápění.

Instalacemi tepelných čerpadel došlo k nahrazení směsi topného oleje, biomasy a elektrických kotlů a snížení emisí o přibližně 8 kt CO<sub>2</sub>. Pokud by všechny přímořské severské obce se sítí dálkového vytápění nainstalovaly podobný systém a získávaly až 63 % tepla z mořské vody, mohlo by to nahradit 7 TWh výroby fosilního tepla a snížení emisí o 1,4 Mt CO<sub>2</sub>.

K výhodám tohoto systému patří snížení potřeby dovozu fosilních paliv, zvýšení energetické bezpečnosti a flexibility. V případě dostatečné hloubky se jedná o stabilní a levný zdroj tepla včetně nízkých nákladů na potrubí. Za nevýhody lze považovat umístění zdroje v blízkosti uživatelů tepla, možné prodražení kvůli delšímu potřebnému potrubí v případě nedostatečné hloubky u pobřeží a velká spotřeba elektřiny.

[76, 77]

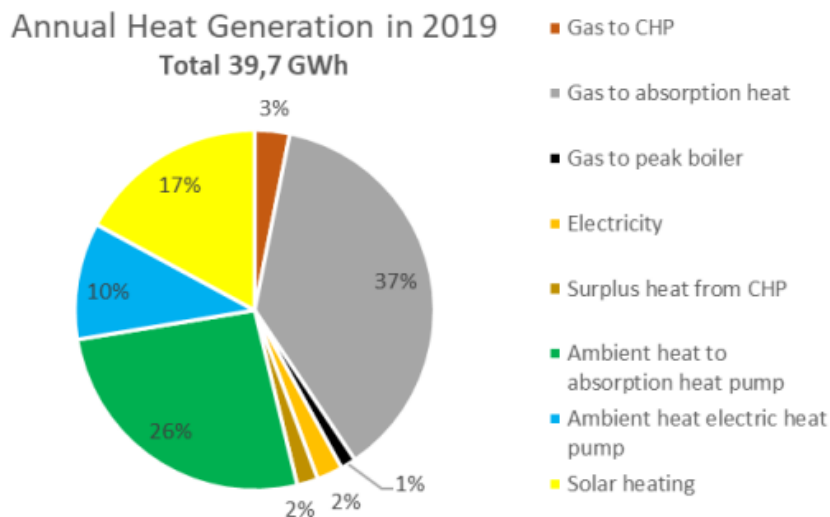
## 9.4 DÁNSKO

**Jaegerspris** je město se 4 000 obyvateli ve střední části Dánska. Roku 1994 zde byla díky občanské iniciativě založena společnost Jaegerspris Kraftvarme, jejíž činnost napomohla vzniku sítě dálkového vytápění, která vstoupila do provozu o rok později. Díky tomu došlo k zásadnímu přechodu k centrálnímu vytápění od ropy a elektrického vytápění. Síť od té doby roste, zlepšuje svou nákladovou efektivitu a využívá moderní technologie.

V této oblasti dominují mezi objekty rodinné domy. Před příchodem CZT na lokální trh dominovalo individuální vytápění ropou nebo elektřinou. V roce 2010 bylo na dálkové vytápění připojeno 70 % objektů, od té doby každoročně přibýlo přibližně 30 spotřebitelů a v současné době síť využívá 1 448 spotřebitelů z potenciálně 1 745 možných (80 %). Dnes jsou hlavní alternativou k CZT elektrická tepelná čerpadla.

Systém CZT propojuje tři sousední malé obce. V době svého vzniku zahrnovala 2 kogenerační jednotky na zemní plyn o celkovém výkonu 7,1 MW ve spojení se dvěma zásobníky. Zatížení ve špičce bylo pokryto plynovým kotlem o výkonu 8 MW. V roce 2010 zahájila provoz nová solární tepelná elektrárna o ploše 10 000 m<sup>2</sup>, jež pokryla 17 % potřebného

výkonu. Během dalších let došlo k jejímu rozšíření. Pro snížení závislosti na plynových kogeneračních jednotkách, jejichž životnost se blížila ke konci, byl instalován nový plynový teplovodní kotel s absorpčním tepelným čerpadlem a čerpadlem s elektrickým ohřevem pro získání dodatečného tepla ze solární elektrárny a tepla z okolního vzduchu.



Obr. 45 Skladba dálkového vytápění v Jaegersprisu [69]

System je převážně dekarbonizovaný – v palivovém mixu dominují OZE a odpadní teplo. Zásadním krokem k dekarbonizaci byla integrace 10 000 m<sup>2</sup> solárních panelů spolu s tepelnou akumulační nádrží o objemu 3 000 m<sup>3</sup>. Současná rozloha solární elektrárny je 13 400 m<sup>2</sup>. Díky instalaci absorpčního tepelného čerpadla se její výkon zlepšil o 16 %.



Obr. 46 Solární elektrárna Jaegerspris [69]

V nadcházejících letech se bude síť dálkového vytápění v Jaegerspris dále zahušťovat v rámci připojování nově vystavěných budov a zbývajících 20 % potenciálních spotřebitelů.

Dojde k integraci inteligentních systémů, které umožní reagovat na kolísavé ceny elektřiny v důsledku přerušované výroby. Pravděpodobné je doplnění o nové elektrické tepelné čerpadlo s výkonem 3 MW pro zvýšení výkonu solárních zařízení a nový elektrický kotel (5 MW). Další rozšíření solární elektrárny není v nejbližší době pravděpodobné.

Dnes Jaegerspris Kraftvarme podporuje cíl obce zbavit se do roku 2030 závislosti na fosilních palivech a být klimaticky neutrální do roku 2045. Před dvěma lety byl vypracován za tímto účely akční plán pro klima, jež se týká obcí spadajících do celku Frederikssund, mezi které patří i Jaegerspris. [69]

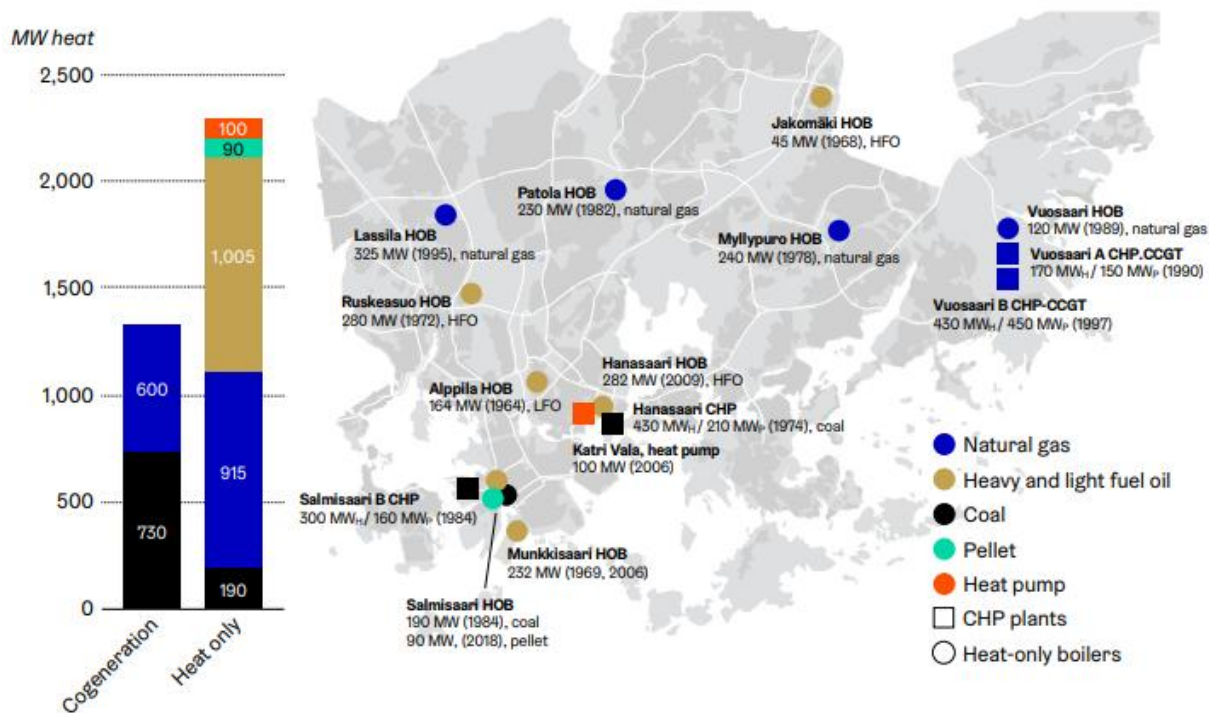
## 9.5 FINSKO

Ačkoliv cílem **Helsinek** je být do roku 2035 uhlíkově neutrální, současné údaje jsou od této vize zatím vzdálené – z roční výroby 7 TWh tepelné energie v dálkovém vytápění je více než polovina produkována z uhlí. Asi 56 % přímých emisí oxidu uhličitého v Helsinkách pochází z výroby dálkového vytápění.

Za výrobu, distribuci a prodej dálkového vytápění je odpovědná městská energetická společnost Helen Oy. V roce 2018 zahájila provoz teplárny Salmisaari, největší teplárny na dřevěné pelety ve Finsku s výkonem 92 MW. Přes 80 % využívaného paliva pochází z lokálních zdrojů. Při plné kapacitě je spotřeba pelet cca 21 tun za hodinu.

Společnost plánuje také výstavbu dalších tepláren na biomasu v Helsinkách, konkrétně ve čtvrtích Vuosaari, Patola a Tattarisuo. Podle prohlášení budou vyrábět dálkové teplo z pelet a lesní štěpky. Čvrti Vuosaari a Patola již jsou využívány k výrobě energie, pro zajištění nepřetržité výroby tepla bylo však zapotřebí zajistit energetické oblasti i v nových částech města.





Obr. 47 Mapa tepláren s využívaným palivem v Helsinkách [80]

Nové teplárny budou uváděny do provozu po etapách tak, aby byly schopny nahradit výrobu tepla v uhelné kogenerační elektrárně Hanasaari, která bude v roce 2024 po padesáti letech vyřazena z provozu. Ta se nachází v centru města a od roku 2015 také spoluspaluje dřevěné pelety. Po jejím uzavření bude lokalita přeměněna na obytnou a rekreační oblast. [78, 79, 80]

## 10 PROJEKTY INTEGRACE OZE DO SÍTÍ DÁLKOVÉHO VYTÁPĚNÍ V ČR

V ČR neustále vznikají nové projekty v oblasti dálkového zásobování teplem týkající se modernizace a rekonstrukce stávajících zdrojů či budování nových. Ty nejúspěšnější realizace každoročně oceňuje Teplárenské sdružení České republiky v rámci soutěže Projekt roku, jejímž záměrem je přispívat k dalšímu rozvoji dálkového vytápění a chlazení u nás. Některé z následujících zmíněných projektů týkajících se integrace OZE do dálkového vytápění byly vybrány právě z oceněných úspěšných realizací v rámci této soutěže.

### 10.1 BOKOTELNA A SOUSTAVA ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM V DUKOVANECH

V obci Dukovany s 840 obyvateli vznikla biokotelna se soustavou zásobování teplem, jejíž provoz byl oficiálně zahájen 18. 11. 2017. Teplárnu s kotlem na dřevní štěpku provozuje společnost Dukovanská teplárenská s.r.o. V rámci první etapy provozu je vytápěno 60 domácností, bytové domy, mateřská škola, hasičská zbrojnice, výrobní provozovny, dům s pečovatelskou službou, sportoviště, místní zámek a další firmy. Zámek Dukovany se díky tomuto projektu zařadil mezi unikáty, jelikož neexistuje mnoho dalších podobných historických objektů, které by byly vytápěny obnovitelnými zdroji. Druhá etapa pojala vytápění zbývajících budov v obci – dalších 150 rodinných domů, základní školy, obecního úřadu a společenské budovy.

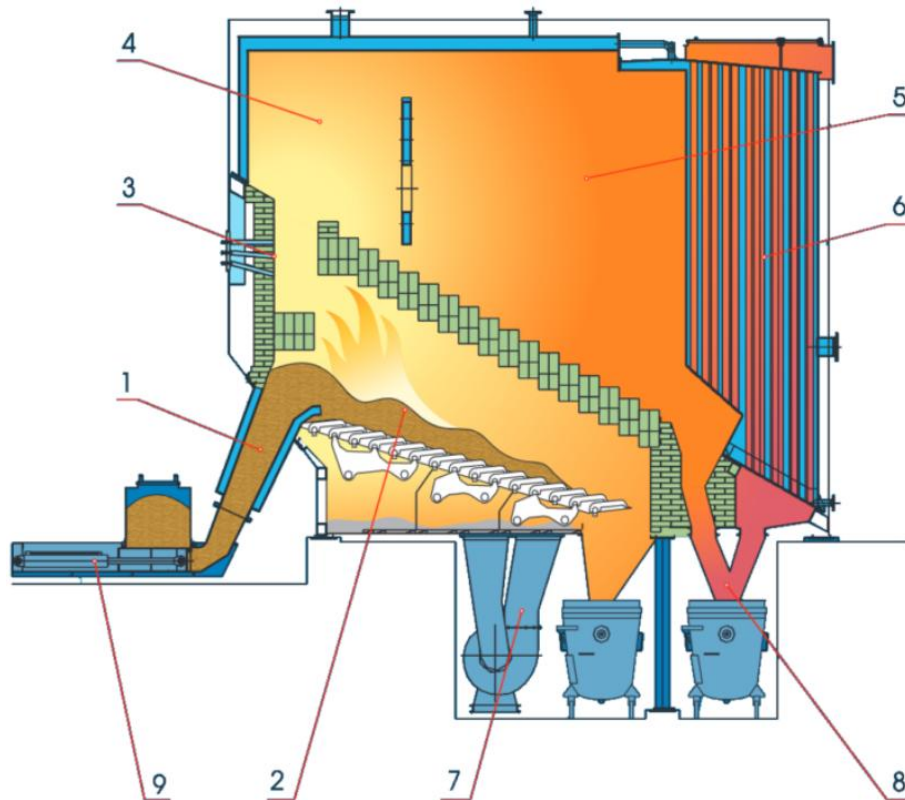


Obr. 48 Biokotelna Dukovany [82]

Investice do první etapy činily 48 milionů Kč, přičemž polovina částky byla pokryta dotací z Ministerstva průmyslu a obchodu.

Provoz ekologického zdroje přispívá k úsporám financí. Před výstavbou biokotelny se zde topilo elektřinou nebo uhlím. Cena tepla v té době se pohybovala mezi 750 a 800 Kč/GJ. S přechodem na biomasu se cena snížila na 375 Kč/GJ včetně 10 % DPH.

V současnosti je celkový tepelný výkon zdroje 3,35 MW, což zahrnuje 2 kotle VESKO-B o výkonu 1,5 MW na spalování dřevní biomasy, elektro filtr spalin a plynový kotel VIESSMANN o výkonu 350 kW, jenž funguje jako záložní zdroj. Celková délka teplovodního potrubí je 16 610 metrů. Teplárna s 12metrovým komínem zásobuje dohromady 218 odběrných míst.



Obr. 49 Kotel na štěpku Vesko B [82]

Obrázek zobrazuje schéma kotle na štěpku. Skládá se z vyhřívaného vstupu paliva (1), roštové komory (2), trysky sekundárního vzduchu (3), vírové komory (4), dohořivací komory (5), trubkového výměníku (6), vzduchových ventilátorů (7), odvodu popele (8) a zavážecího lisu paliv (9). [81, 82]

## 10.2 VYUŽITÍ TEPLA OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ V PŘEŠTICÍCH

Ve městě Přeštice se 7 000 obyvateli došlo k realizaci netradičního technického řešení pro malé soustavy plzeňskou společností SYSTHERM s.r.o., která je příkladem modernizace

soustavy CZT. Jedná se o hydraulické propojení tří zdrojů tepla (základní školy a dvou plynových kotelen), které společně dodávají tepelnou energii do sítě CZT. Tím je zajištěna vysoká variabilita využití jednotlivých zdrojů. Jedná se především o neomezenou možnost distribuce tepla z libovolné kogenerační jednotky k místu s nejvyšším odběrem. Zvýší se tím odběr tepla z kogeneračních jednotek a naopak se sníží počet startů plynových kotlů v době krátkodobé odběrové špičky. Hlavním cílem bylo snížit spotřebu zemního plynu s maximálním využitím zbytkového tepla z kogeneračních jednotek, které využívají jako palivo bioplyn.

Dva ze zdrojů udržují konstantní výkon, třetí má výkon proměnlivý. První ze zdrojů obsahuje kogenerační jednotku s trvalým výkonem 200 kW, vedle které jsou ještě dva plynové kotle sloužící jako záloha. Druhý ze zdrojů, jež se nachází v objektu školy, obsahuje kogenerační jednotku s trvalým výkonem 500 kW. Původní kotelna byla zrušena a škola přestoupila k zásobování soustavou CZT. Třetí zdroj má proměnlivý výkon – obsahuje kogenerační jednotku o výkonu 550 kW a čtyři plynové kotle zajišťující přehřev vody. Kotle jsou využívány podle aktuálně odebíraného výkonu.

V rámci modernizace CZT byl instalován moderní řídicí systém, jenž umožňuje přímé připojení modulu vyčítání dat z měřičů tepla, které jsou nově zapojeny přímo do řídicího systému. Data jsou okamžitě zpracovávána pro regulaci a optimalizaci provozu. Každé zařízení je vyčítáno v pravidelném čtyřsekundovém intervalu. Díky dokonalému přehledu o výrobě a spotřebě je možné provozovat jednotnou soustavu CZT s více zdroji bez dělení na jednotlivé úseky, jak tomu bývalo u projektů doposud. Optimalizační software umožňuje plánovat provoz zdrojů. Zvýšení odběru z kogenerace (nahřátí teplovodu před očekávanou odběrovou špičkou) je korigováno predikcí z budoucích klimatických podmínek. [83, 84, 85]

## 10.3 KOTEL PRO SPALOVÁNÍ BIOMASY A ROZVOJ KOGENERACE

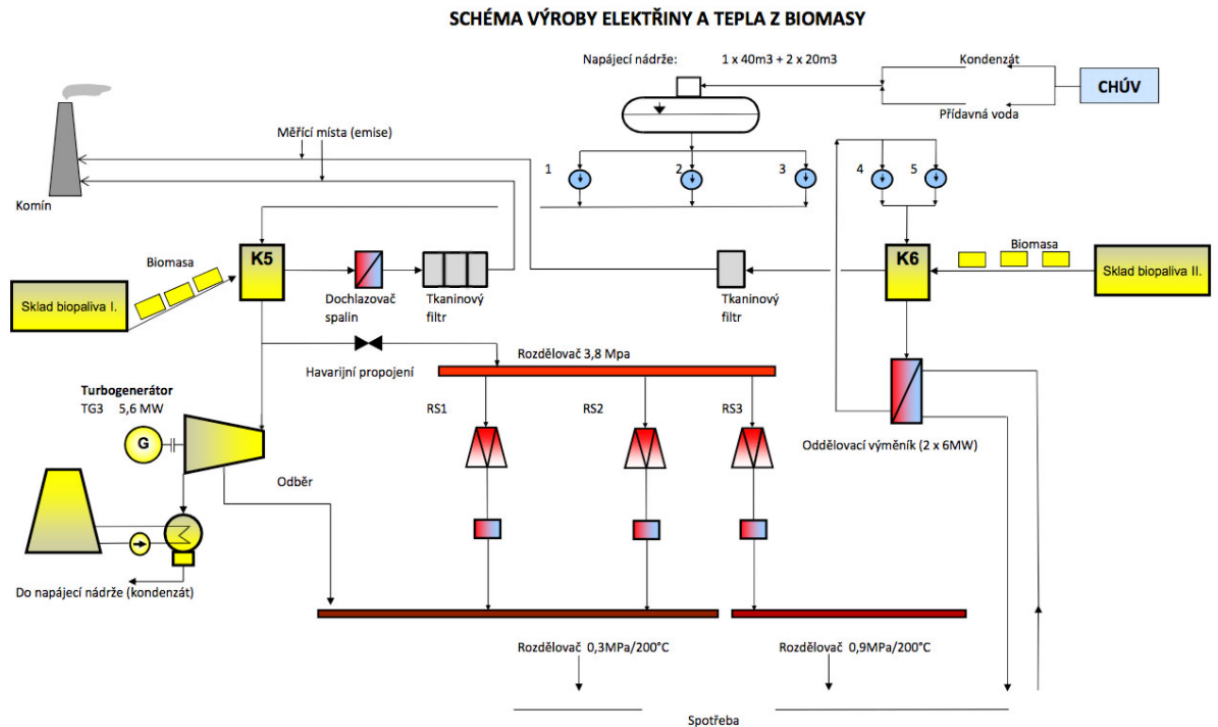
### V JINDŘICHOVĚ HRADCI

Tento projekt byl realizován v Energetickém centru v Jindřichově Hradci, které bylo původně zaměřeno na výrobu energií pro textilní podnik Jitka, jehož provoz byl ukončen v roce 2007. V současnosti dodává Energetické centrum tepelnou energii pro subjekty v bývalém areálu, přilehlou zástavbu na sídlištích Jitka a Bobelovka i dvě největší jindřichohradecká sídliště.

Původně byly jako palivo využívány výhradně mazut a plyn. Mazuto-plynové kotle byly v rámci tohoto projektu nahrazeny biomasovým parním kotlem K5 o výkonu 19,25 MW, tlaku 4 MPa, teplotě 400 °C a účinnosti 90 %. Jako záložní zdroje sloužily mazuto-plynové kotle K3 a K4. Ty byly demontovány a nahrazeny biomasovým horkovodním kotlem K6 o výkonu 10 MW, tlaku 1,2 MPa, teplotě 130 °C a účinnosti 89 %. Výrobu elektrické energie

zajišťuje kondenzační odběrová turbína v režimu kombinované výroby elektřiny a tepla o výkonu 5,6 MW a tlaku vstupní páry 3,8 MPa.

Palivem pro oba biomasové kotle je čistá biomasa (v podobě slisovaných balíků slámy a sena a cíleně pěstovaných energetických rostlin), pro kterou byla postavena uzavřená hala na přibližně tří denní zásobu paliva. Palivo se sváží ze 70 km okruhu a skladuje se v hale, odkud jej automatický podavač rovná do palivových cest. Následně se dvojicí řetězových dopravníků přesouvá k rozdělovači a je tlačeno šnekovým podavačem do kotle na rošt.



Obr. 50 Schéma výroby tepla a elektřiny [88]

Ročně se koncovému zákazníkovi dodává přibližně 120 000 GJ tepla a 40 000 MWh elektrické energie. [86, 87, 88]

## 10.4 KOTEL NA ŠTĚPKU S TEPELNÝMI AKUMULÁTORY V DOBRUŠCE

Centrální zdroj tepla Dobruška, jenž je akciovou společností ve vlastnictví města, zásobuje převážně bytové domy v sídlištní zástavbě a částečně také další subjekty terciární sféry. Byl vybudován roku 1986 původně jako uhelná parní kotelná s celkovým výkonem 30 MW, na kterém se podílely tři parní kotle. Jako palivo bylo využíváno uhlí skladované na kryté skládce a dopravované do kotlů šikmými pásovými dopravníky. Na přelomu tisíciletí byla veškerá uhelná technologie odstavena a proběhla rozsáhlá investice do dvou plynových teplovodních kotlů o výkonu 2krát 6 MW. Zároveň byly tepelné sítě ve městě kompletně rekonstruovány na teplovodní systém z předizolovaného potrubí. O deset let později byl plynový kotel K1 vybaven kombinovaným dvoupalivovým hořákem na spalování zemního plynu a extra lehkého topného oleje.

Roku 2015 došlo k realizaci projektu nového zdroje na spalování biomasy. Hlavním důvodem pro výstavbu kotelny na biomasu bylo vyšší využití obnovitelných zdrojů energie a tím snížení emisí skleníkových plynů a nákladů na vytápění. Instalovaný výkon biokotle je 3 MW s účinností přes 85 %. Pomocí multicyklonu a elektrofiltru probíhá dvoustupňové čištění spalin pro splnění náročnějších emisních limitů stanovených emisní vyhláškou platnou od roku 2018. Ročně je dodáváno okolo 65 000 GJ tepla.

Z pohledu zásobování biomasou se město nachází ve výhodné lokalitě. Štěpku dodávají firmy z blízkého okolí, jejichž výrobní kapacita přesahuje potřebu CZT. Ani v budoucnu se tedy neočekává její nedostatek. [89, 90]

## 10.5 TEPLÁRNA PÍSEK

Písecká teplárna s 556 odběrateli zásobuje vytápěním celkem 8193 bytů. V minulém roce uvedla do provozu novou biomasovou kotelnu po necelém roce od zahájení výstavby. Jedná se o kotel K13 na dřevní štěpku o tepelném výkonu 10 MW ve Smrkovicích. Potřebné palivo je získáváno z městských lesů a dalších lokálních zdrojů dřevní štěpky. Díky této výstavbě bylo možné odstavit jeden ze dvou uhelných kotlů. Druhým používaným kotlem je kotel K11 o instalovaném výkonu 17,43 MW na hnědé prachové uhlí včetně spoluspalování biomasy. Jako záložní kotel je využíván kotel K31 (4,75 MW) na zemní plyn.

Do palivové základny teplárny Písek tedy v současnosti patří tři druhy paliv, což do budoucna poskytuje větší flexibilitu a zároveň možnost změny zastoupení zdrojů na výrobě tepla podle aktuálního vývoje cen na trhu. Kromě toho díky novému kotli na biomasu došlo k zefektivnění výroby a snížení uhlíkové stopy, což přispívá k úsporám na emisních povolenkách. Dochází taktéž k přechodu z parních sítí na horkovodní.

V rámci snižování množství emisí CO<sub>2</sub> probíhá spoluspalování biomasy v koncentraci maximálně 16 % hmotnostních. Za účelem dodržení množství emisí SO<sub>2</sub> má teplárna smluvně zajištěnou dodávku hnědého uhlí s nízkým obsahem síry a pro snižování emisí tuhých znečišťujících látek slouží elektrostatické odlučovače.

Výtopna Samoty byla v provozu v době výstavby biomasového kotle jako druhý hlavní zdroj v soustavě zásobování teplem. Mimo další odstávky je udržována jako záložní zdroj.

[91, 92]

## 10.6 TEPLÁRNA KLADNO

Teplárna na Kladně, spravovaná společností Sev.en Energy, má pět výrobních bloků, z nichž čtyři využívá pro současnou výrobu elektrické energie a tepla pro teplárenské a technologické účely. Je součástí provozu zajišťujícího distribuci elektrické energie, tepla

a zemního plynu v průmyslovém areálu bývalých hutí Poldi a systému CZT pro město Kladno. Zde slouží jako primární zdroj. Do soustavy pro distribuci elektřiny jsou napojeny také fotovoltaické elektrárny o menším výkonu.

V současnosti jsou v provozu pouze moderní zařízení postupně uváděná do provozu mezi lety 2000 až 2013. Z toho důvodu teplárna splňuje přísné ekologické limity. Teplárna prošla celkovou modernizací – blok B3 z roku 1976 z původní závodní teplárny Poldi byl nahrazen novým blokem B7 s čistou kapacitou 135 MW, jenž je vysoce účinný a šetrný k životnímu prostředí vzhledem k jeho konstrukci s ohledem na využití alternativních paliv. Je vybaven samostatným zařízením pro vykládku biomasy a její dopravy do kotle. K dalšímu snížení emisí polévatého prachu slouží instalované látkové filtry.

Primárním palivem pro výrobu elektřiny a tepla je uhlí s možností spoluspalování biomasy (až do 10 % tepelného příkonu). Její využívané množství je závislé především na její dostupnosti. Podíl energie vyrobené z OZE je postupně navyšován – v následujících letech se počítá se zvýšením podílu spoluspalování biomasy a zvýšeným využitím kogenerace s plynovou spalovací turbínou. V roce 2020 bylo biomasou nahrazeno téměř 13 000 tun uhlí, čímž došlo k úspoře více než 16 000 tun CO<sub>2</sub>.

V roce 2021 bylo vyrobeno celkem 857 270 GJ tepla a 1 922 780 MWh elektrické energie (téměř 5 % z biomasy).



**Obr. 51 Teplárna Kladno [93]**

Vysoká technologická úroveň provozu umožňuje průběžně provádět zkoušky inovativních procesních či technických postupů včetně využívání alternativních paliv s nižší

emisní intenzitou. Byla zde například vyhodnocována možnost spoluspalování upravených složek průmyslových či komunálních odpadů (tzv. tuhých alternativních paliv), sloní trávy nebo slupky po pistáciích. Tyto alternativní varianty ovšem nepřekročily úroveň studií, teoretických výpočtů a laboratorních zkoušek kvůli legislativní nejistotě a nejasnostem ohledně strategie odpadového hospodářství ČR nebo kvůli nízkému objemu zdrojů zmíněných paliv a s tím související neefektivitou energetického využívání. [93]

## 10.7 PLZEŇSKÁ TEPLÁRENSKÁ

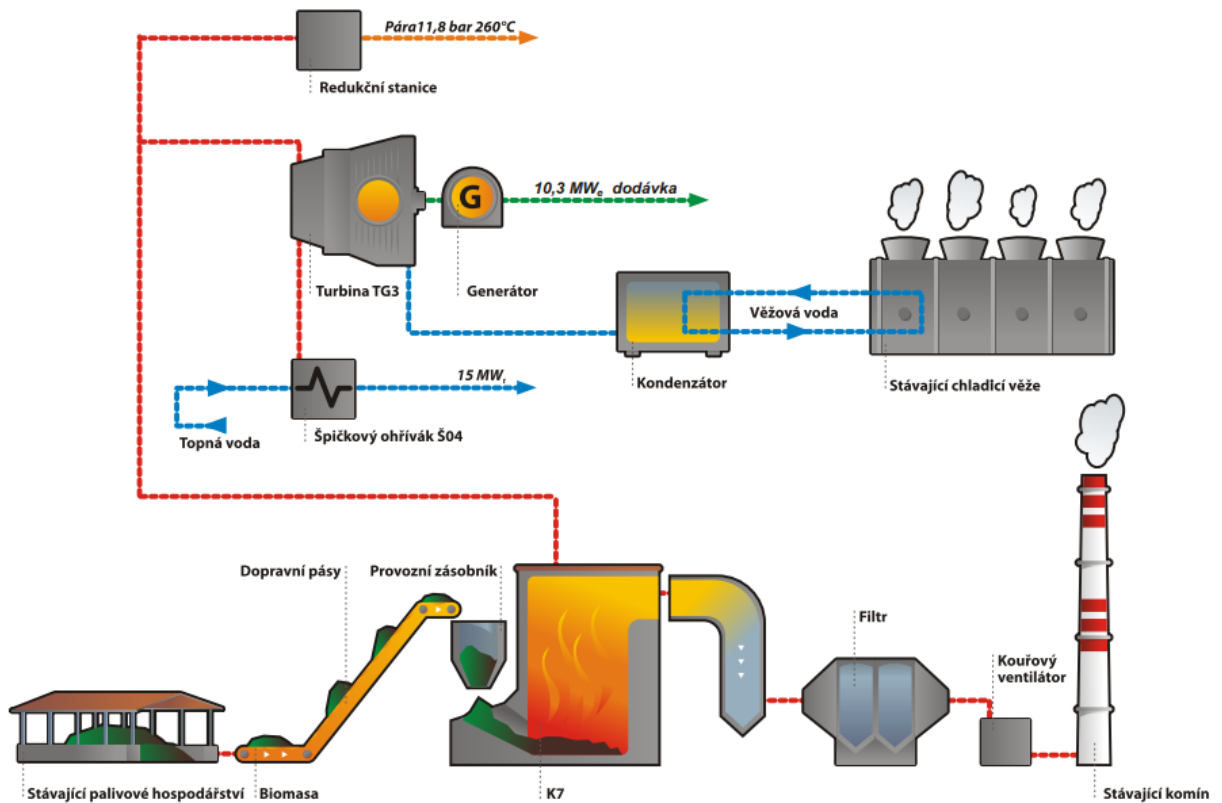
Největším výrobcem energií na území města Plzně i celého kraje je Plzeňská teplárenská, která dodává teplo pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody do 54 000 domácností a velkého počtu komerčních, podnikatelských, správních a školských systémů. Klade vysoké nároky na technologii výroby, aby předešla negativním dopadům na okolí vlivem emisí znečišťujících látek, nadměrným hlukem či dopravou a aby plnila závazné povinnosti v oblasti ekologie, které se na ni vztahují.

Množství emisí do ovzduší významně ovlivnily investice do nových a modernějších technologií od konce minulého století. Nejdříve došlo k vybudování odsiřovacího zařízení a odsiřovací jednotky, pracující na principu mokré vápencové vypírky, díky čemuž poklesly emise SO<sub>2</sub> (o více než jednu třetinu), emise tuhých látek a prach do ovzduší.

Zásadním krokem v oblasti integrace OZE bylo spuštění biokotle K7 v roce 2010, který je určen výhradně ke spalování biomasy. Myšlenka využívat biomasu vznikla v roce 2002, kdy začaly probíhat první zkoušky spalování biomasy a již o rok později se ve fluidním kotli K6 spálilo společně s uhlím prvních 30 tun dřevní štěpky. Postupně rostoucí objemy spalované biomasy vyžádaly vybudování nových dopravních cest a zařízení pro sušení biomasy, které zbavuje dřevní štěpku přebytečné vody, čímž zvyšuje efektivnost vlastního spalování a usnadňuje dopravu do kotle.

Nekontaminovaná biomasa je dodávána v podobě dřevní štěpky z lesní těžby a z odpadního dřeva z provozů zpracování dřeva. Další složkou je cíleně pěstovaná biomasa (energetické plodiny a rychle rostoucí dřeviny).





Obr. 52 Schéma biobloku [94]

„Zelený“ energetický výrobní blok se skládá z kotle K7, turbosoustrojí TG3 a tepelného výměníku Š04. Vzniklé teplo zásobuje celé město. Uvolňující se pára je navíc využita na výrobu elektrické energie. Spálením přibližně 250 000 tun dřevní štěpky ročně se vyrobí 150 000 MWh elektrické energie v rámci OZE, což představuje téměř 32 % z celkové roční produkce.

Díky biokotli K7 a spoluspalování biomasy na ostatních kotlích bylo nahrazeno velké množství uhlí a došlo k poklesu emisí CO<sub>2</sub>. V roce 2005 se jednalo o 834 435 tun CO<sub>2</sub> z fosilních paliv, jejichž hodnota postupně poklesla až na 399 137 tun v roce 2020. Zároveň roste spotřeba biomasy – ta za rok 2003 činila 619 tun a narostla na 240 882 tun za rok 2020. Naopak spotřeba uhlí má klesající tendenci (632 270 tun za rok 2003, 330 674 tun za rok 2020).

V souladu s evropskými trendy připravuje Plzeňská teplárenská projekt dekarbonizace, v rámci kterého dojde k postupnému odklonu od spalování hnědého uhlí do roku 2030. První krok k jeho realizaci se týká navýšení spoluspalování biomasy na kotli K6. [94]

## 10.8 PLÁNOVANÉ PROJEKTY

### BRNĚNSKÁ TEPLÁRNA

Mezi projekty, které by se v brzké době měly dočkat realizace, se řadí například výstavba nového kotle na spalování dřevní štěpky v Teplárně Brno. Původní zařízení dříve

spalovalo hlavně mazut, nyní se využívá zemní plyn. Modernizace by měla trvat do podzimu 2023. Nejdříve budou odstraněny staré kotle, v průběhu přestavby pak budou nahrazeny kotlem na zpracování dřevní štěpky, která bude dodávána z městských lesů (minimálně 80 000 tun ročně). Aby nedošlo k jejich přetěžování, počítá se i s výkupem surovin od dalších subjektů. Štěpka bude dopravována výhradně po železnici, takže nedojde ke zvýšení nákladní silniční dopravy a s tím souvisejícímu nárůstu hluku a prašnosti.

Hlavním důvodem pro realizování tohoto projektu je snížení závislosti na zemním plynu při výrobě tepla i elektrické energie. Zařízení bude mít zároveň přínos pro životní prostředí z hlediska snižování emisí CO<sub>2</sub>. Kromě výstavby nového kotle dochází postupně také k výměně starších parovodů za moderní horkovody s menšími tepelnými ztrátami. [95]

#### TEPLÁRNA ŠKO-ENERGO V MLADÉ BOLESLAVI

Dalším projektem, jehož realizace se teprve chystá, je přestavba teplárny Ško-Energo, jež je ve vlastnictví automobilky Škoda Auto. V současnosti zásobuje teplem výrobní závod, další firmy a domácnosti v Mladé Boleslavi. Přibližně 70 % využívaných surovin tvoří hnědé uhlí, zbylých 30 % biomasa. Po přestavbě bude teplárna spalovat pouze biomasu, čímž ušetří zhruba 400 000 tun CO<sub>2</sub> ročně. K stoprocentnímu spalování biomasy by měly dojít do konce roku 2025.

Hlavním cílem Škody je dosáhnout uhlíkové neutrality ve všech českých závodech do roku 2030. Kromě integrace OZE do provozu má k jeho dosažení přispět i využívání pouze recyklované vody z lokálních čistíček. Od roku 2020 se tento cíl daří plnit například v závodech ve Vrchlabí. [96]

## 11 ZÁVĚR

Zavádění systémů CZT je vzhledem k současným trendům týkajících se kvality životního prostředí výhodné díky jejich účinnosti a nízké ekologické zátěži. Oproti individuálnímu vytápění lze odběr tepla snadno regulovat, monitorovat a je možné centrálně využívat ekologičtější paliva. Postupně s vývojem nových generací dochází ke snižování provozních teplot, zvyšování účinnosti, bezpečnosti, integraci inteligentních systémů nebo recyklaci tepla.

V návaznosti na Pařížskou dohodu došlo ke vzniku Green Dealu, souboru opatření pro snížení produkce skleníkových plynů v Evropské unii. Hlavním závazkem je dosáhnout do roku 2050 uhlíkové neutrality. Evropské klimatické právo stanovuje průběžný cíl, snížit emise do roku 2030 alespoň o 55 % ve srovnání s úrovněmi z roku 1990. Vesměs všechny dokumenty se shodují na strategii dosažení těchto cílů, které by se daly shrnout třemi zásadními body – zvyšování podílu OZE v jednotlivých odvětvích, zlepšování účinnosti a propojování stávajících systémů. Množství produkovaných emisí je regulováno pomocí systému pro obchodování s emisemi, do kterého jsou zahrnuti větší producenti emisí (elektrárny s příkonem nad 20 MW, další průmyslové závody nebo letecké společnosti).

Dálkové vytápění je nejvíce rozšířeno v severní Evropě (Island, Švédsko, Finsko, Dánsko), ovšem ani země střední Evropy, včetně České republiky, příliš nezaostávají. V ČR je dálkově zásobováno teplem okolo 40 % domácností. Avšak podíl obnovitelných zdrojů energie na dálkovém vytápění je například oproti Švédsku s více než 70 % velmi nízký – tvoří jen přibližně 10 %.

Obnovitelným zdrojům v tepelných sítích dominuje biomasa, jak v zahraničí, tak v ČR. Její výhodou je téměř nulová produkce emisí a vysoká účinnost při využití v rámci kombinované výroby elektřiny a tepla. Pro významné energetické zisky je ale potřeba velká plocha půdy na pěstování energetických plodin. Nevyplatí se ji dovážet z velké vzdálenosti kvůli nárůstu emisí z dopravy. Může také docházet k degradaci půdy v důsledku jejího nedostatečného zregenerování.

Dále se rozšiřuje integrace solárních systémů v kombinaci s dalšími zdroji, nejvíce v Dánsku. V ČR se projekty tohoto typu nevyskytují.

Avšak mnoho projektů v městských centralizovaných systémech zásobování teplem dokazuje, že zvýšení podílu OZE v podobných typech systémů je možné a přináší požadované výsledky v podobě snížení emisí, energetických i ekonomických úspor. S ohledem na současné ceny jednotlivých paliv a emisních povolenek je návratnost investic do nových úspornějších a ekologičtějších zařízení velmi rychlá.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny a účinného dálkového vytápění a chlazení za Českou republiku* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategie-dokumenty/2021/8/Potencial-KVET-a-SZT\\_2020\\_verze\\_29\\_4\\_2021\\_final.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/energeticka-ucinnost/strategie-dokumenty/2021/8/Potencial-KVET-a-SZT_2020_verze_29_4_2021_final.pdf)
- [2] TOMŠŮ, Ondřej. *Biomasa v systémech zásobování teplem měst a obcí*. Brno, 2008. Dostupné také z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=6701](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=6701). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Vítězslav Máša.
- [3] Co to je ... *Teplárenské sdružení České republiky: sdružení podnikatelů v teplárenství* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <http://archiv.tscr.cz/?pg=0720&1646037194>
- [4] MACEK, Robin. *Teplárenské zdroje v ČR*. Brno, 2018. Dostupné také z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=173493](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=173493). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Marek Baláš.
- [5] BUDÍN, Jan. Jak funguje soustava centrálního zásobování teplem v ČR?. *OEnergetice.cz* [online]. 2015 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplo/jak-funguje-soustava-centralniho-zasobovani-teplem-v-cr>
- [6] FIEDLER, Jan. Centrální systémy zásobování teplem nebo tepelná čerpadla?. *TZB-info* [online]. 2014 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/teplarenstvi/11552-centralni-systemy-zasobovani-teplem-nebo-tepelna-cerpadla>
- [7] *Chceme naši Prahu čistou: Praha čistá* [online]. Praha: Pražská teplárenská, 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.praha-cista.cz/>
- [8] VONDRÁŠ, Jan. Centrální zásobování teplem má v ČR stoletou historii. *Severočeská teplárenská* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://setep.cz/novinky/centralni-zasobovani-teplem-ma-v-cr-stoletou-historii>
- [9] KOZELSKÝ, Tomáš a Radek NOVÁK. *Teplárenství v ČR* [online]. Česká spořitelna, 2018 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/www\\_csas\\_cz/dokumenty/analyzy/Tepl%C3%A1renstvi%20v%20v%C4%8CR\\_2018\\_10\\_public.pdf](https://www.csas.cz/content/dam/cz/csas/www_csas_cz/dokumenty/analyzy/Tepl%C3%A1renstvi%20v%20v%C4%8CR_2018_10_public.pdf)
- [10] *Souhrnná zpráva o životním prostředí v krajích ČR* [online]. Ministerstvo životního prostředí, 2019 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/02/Souhrn\\_2019\\_final.pdf](https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/02/Souhrn_2019_final.pdf)
- [11] BUFKA, Aleš, Miloslav MODLÍK a Jana VEVERKOVÁ. *Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2019 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2021/7/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2019\\_1.pdf](https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2021/7/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2019_1.pdf)

- [12] KAUFMANN, Pavel. Vývoj teplárenství v České republice. *PRO-ENERGY magazin* [online]. Teplárenské sdružení České republiky, 2007, str. 18-21 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1423/jaro2012/MVZ458/um/Kaufmann\\_2007\\_18-21.pdf](https://is.muni.cz/el/1423/jaro2012/MVZ458/um/Kaufmann_2007_18-21.pdf)
- [13] *Studie stavu teplárenství* [online]. Praha 3: Vysoká škola ekonomická, Národohospodářská fakulta, 2011 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/43593/48917/575387/priloha001.pdf>
- [14] *Potenciál úspor energie při přechodu CZT pára-horká voda* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0209\\_209-15-potencial-uspor-energie-pri-prechodu-czt-para-horka-voda-s-mapou.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/0209_209-15-potencial-uspor-energie-pri-prechodu-czt-para-horka-voda-s-mapou.pdf)
- [15] Statistika kombinované výroby - Evropská unie. *Kombinovaná výroba: efektivní a ekologické využití paliva* [online]. Teplárenské sdružení České republiky [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <http://www.kombinovana-vyroba.cz/?id=151010&1646043818>
- [16] Jak funguje kogenerační jednotka. *ČEZ ENERGO* [online]. Praha 4: ČEZ ENERGO [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/jak-funguje-kogeneracni-jednotka>
- [17] *Posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny a účinného dálkového vytápění a chlazení za Českou republiku* [online]. Praha 1: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2016-03/Art%252014%25281%2529%2520assessmentCzechrepublic\\_0.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2016-03/Art%252014%25281%2529%2520assessmentCzechrepublic_0.pdf)
- [18] LUND, Henrik, Sven WERNER, Robin WILTSHIRE, Sven SVENDSEN, Jan ENRIC THORSEN, Frede HVELPLUND a Brian VAD MATHIESEN. 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. *Energy*. 2014. ISSN 0360-5442. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544214002369?via%3Dihub>
- [19] LUND, Henrik, Poul ALBERG ØSTERGAARD, Tore BACH NIELSEN, Sven WERNER, Jan ERIC THORSEN, Oddgeir GUDMUNDSSON, Ahmad ARABKOOHSAR a Brian VAD MATHIESEN. *Perspectives on fourth and fifth generation district heating*. 2021. ISSN 0360-5442. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221007696>
- [20] BUFFA, Simone, Marco COZZINI, Matteo D'ANTONI, Marco BARATIERI a Roberto FEDRIZZI. *5th generation district heating and cooling systems: A review of existing cases in Europe*. 2019. ISSN 1364-0321. Dostupné také z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118308608>
- [21] *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2021 [cit. 2022-04-28]. ISBN 978-80-7653-024-9. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20\\_rocenka\\_UKO\\_v4\\_WEB\\_ISBN.pdf](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/20groc/gr20cz/20_rocenka_UKO_v4_WEB_ISBN.pdf)
- [22] Kompenzatory. *ESL* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.esl.cz/kompenzatory>

- [23] CHRISTOPH SOINI, Martin, Meinrad CHRISTOPHE BÜRER, David PARRA MENDOZA, Martin KUMAR PATEL a Jasper RIGTER AND DEGER SAYGIN. *Renewable Energy in District Heating and Cooling: A Sector Roadmap for REmap* [online]. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2017 [cit. 2022-06-18]. ISBN 978-92-9260-017-4. Dostupné z: [www.irena.org/remap](http://www.irena.org/remap)
- [24] BUFKA, Aleš, Jana VEVERKOVÁ, Miloslav MODLÍK a Jana BLECHOVÁ-TOURKOVÁ. *Obnovitelné zdroje energie v roce 2020: Výsledky statistického zjišťování* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2021 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2021/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2020.pdf>
- [25] SRDEČNÝ, Karel. *Obnovitelné zdroje energie* [online]. [Praha]: Ministerstvo životního prostředí, 2009 [cit. 2022-06-18]. ISBN 978-80-7212-518-0. Dostupné z: [https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/oze\\_prehled.pdf](https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/oze_prehled.pdf)
- [26] JAKUBES, Jaroslav, Helena BELLINGOVÁ a Michal ŠVÁB. *Moderní využití biomasy: Technologické a logistické možnosti* [online]. Česká energetická agentura, 2006 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>
- [27] STUDENÍK, Jiří a Michal SVITAVSKÝ. [online]. publi.cz, 2016 [cit. 2022-06-18]. ISBN 978-80-88058-08-3. ISSN Energie větru, vody, biomasy. Dostupné z: <https://publi.cz/books/90/17.html>
- [28] KAŠINSKÝ, Jan a Vladimír WAGNER. Jaký je potenciál využití biomasy v Česku a ve světě. *OEnergetice.cz* [online]. 2019 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/jaky-potencial-vyuziti-biomasy-cesku-ve-svete>
- [29] VOBOŘIL, David. *Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR* [online]. 2017 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody>
- [30] POSLANECKÝ, Karel. *Co zvládnou obnovitelné zdroje v ČR* [online]. Hnutí DUHA, 2018 [cit. 2022-06-18]. ISBN 978-80-86834-70-2. Dostupné z: [https://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2018/12/hd\\_-\\_infolist\\_obnovitelna\\_budoucnost\\_ceskych\\_zemi.pdf](https://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2018/12/hd_-_infolist_obnovitelna_budoucnost_ceskych_zemi.pdf)
- [31] Větrná energie: Výhody, nevýhody a princip fungování. *Epet* [online]. 2021 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.epet.cz/vetrna-energie-vyhody-nevyhody-a-princip-fungovani/>

- [32] TODOROVIĆ, Igor. *Vienna to use excess wind power for district heating* [online]. 2021 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://balkangreenenergynews.com/vienna-to-use-excess-wind-power-for-district-heating/>
- [33] Vodní energie: Princip fungování, využití a největší producenti. *Epet* [online]. 2021 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.epet.cz/vodni-energie-princip-fungovani-vyuziti-a-nejvetsi-producenti/>
- [34] Sluneční energie: Výhody, využití i největší producent. *Epet* [online]. 2021 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.epet.cz/slunecni-energie-vyhody-vyuziti-i-nejvetsi-producenti/>
- [35] Co je zelená energie a jaký je v ní rozdíl?. *Epet* [online]. 2021 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.epet.cz/co-je-zelena-energie-a-jaky-je-rozdil-/>
- [36] *Posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny a účinného dálkového vytápění a chlazení za Českou republiku* [online]. Praha 1: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2016-03/Art%252014%25281%2529%2520assessmentCzechrepublic\\_0.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2016-03/Art%252014%25281%2529%2520assessmentCzechrepublic_0.pdf)
- [37] *Posouzení potenciálu vysoce účinné kombinované výroby tepla a elektřiny a účinného dálkového vytápění a chlazení za Českou republiku* [online]. Praha 1: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-10/cz\\_ca\\_2020\\_cz.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2021-10/cz_ca_2020_cz.pdf)
- [38] Státní politika životního prostředí ČR. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi](https://www.mzp.cz/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi)
- [39] *Státní politika životního prostředí České republiky 2030 s výhledem do 2050* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2021 [cit. 2022-04-28]. ISBN 978-80-7212-648-4. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi/\\$FILE/OPZP-UR-SPZP\\_2030-20211203.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/OPZP-UR-SPZP_2030-20211203.pdf)
- [40] Návrh aktualizace energetické koncepce ČR má být za dva roky. *OEnergetice.cz* [online]. ČTK, 2021 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/navrh-aktualizace-energeticke-koncepce-cr-ma-byt-za-dva-roky>
- [41] *Státní energetická koncepce České republiky* [online]. Praha, 2014 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf>

[42] Národní akční plán. *Informační portál energetické gramotnosti* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/narodni-akcni-plan#article-top>

[43] *Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/54909/62718/649151/priloha001.pdf>

[44] Energy union. *European Commission* [online]. Directorate-General for Energy [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/energy-union\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/energy-union_en)

[45] *Balíček opatření k Energetické unii - Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru, Výboru regionů a Evropské investiční bance: Rámcová strategie k vytvoření odolné energetické unie s pomocí progresivní politiky v oblasti změny klimatu* [online]. Brusel: Evropská komise, 2015 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0019.01/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0019.01/DOC_1&format=PDF)

[46] Heating and cooling. *European Commission* [online]. Directorate-General for Energy [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heating-and-cooling\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/heating-and-cooling_en)

[47] *Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů: Strategie EU pro vytápění a chlazení* [online]. Brusel: Evropská komise, 2016 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0051&from=EN>

[48] *Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Evropské radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru, Výboru regionů a Evropské investiční bance: Čistá planeta pro všechny Evropská dlouhodobá strategická vize prosperující, moderní, konkurenceschopné a klimaticky neutrální ekonomiky* [online]. Brusel: Evropská komise, 2018 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

[49] 2050 long-term strategy. *European Commission* [online]. Directorate-General for Energy [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en)

[50] Clean energy for all Europeans package. *European Commission* [online]. Directorate-General for Energy [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en)



- [51] *SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) 2018/2001: o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (přepracované znění)*. In: Úřední věstník Evropské unie, 2018. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
- [52] European Climate Law. *European Commission* [online]. Directorate-General for Energy [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en)
- [53] *Pracovní dokument útvarů Komise - souhrn posouzení dopadů: průvodní dokument k Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů, Rámec politiky v oblasti klimatu a energetiky v období 2020–2030* [online]. Brusel: Evropská komise, 2014 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0016&from=EN>
- [54] EU strategy on energy system integration. *European Commission* [online]. Directorate-General for Energy [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/eu-strategy-energy-system-integration_en)
- [55] *Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů: Cesta ke klimaticky neutrálnímu hospodářství: Strategie EU pro integraci energetického systému* [online]. Brusel: Evropská komise, 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0299&from=EN>
- [56] STOEFS, Wijnand. *EU ETS 101: A beginner's guide to the EU's Emissions Trading System* [online]. Emissions Trading Extra consortium, 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2022/03/CMW\\_EU\\_ETS\\_101\\_guide.pdf](https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2022/03/CMW_EU_ETS_101_guide.pdf)
- [57] STROUHAL, Jan. Emisní povolenky pro začátečníky. Jak fungují a proč jejich cena roste?. *Forbes* [online]. 2021 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://forbes.cz/emisni-povolenky-pro-zacatecniky-jak-funguji-a-proc-jejich-cena-roste/>
- [58] PROTIVÍNSKÝ, Tomáš. Jak fungují evropské emisní povolenky?. *Fakta o klimatu* [online]. 2021 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/emisni-povolenky-ets>
- [59] Green Deal. *EnergoŽrouti.cz* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://energozrouti.cz/wiki/greendeal>

- [60] Realizace Zelené dohody pro Evropu. *Evropská komise* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal\\_cs#hlavn-fze](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_cs#hlavn-fze)
- [61] Zelená dohoda pro Evropu. *Evropská rada, Rada Evropské unie* [online]. 2022 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/green-deal/>
- [62] JONYNAS, Rolandas, Egidijus PUIDA, Robertas POŠKAS, Linas PAUKŠTAITIS, Hussam JOUHARA, Juozas GUDZINSKAS, Gintautas MILIAUSKAS a Valdas LUKOŠEVIČIUS. Renewables for district heating: The case of Lithuania. *Energy*. 2020, **211**. ISSN 03605442. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2020.119064
- [63] ERICSSON, Karin a Sven WERNER. The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems. *Biomass and Bioenergy*. 2016, **94**, 57-65. ISSN 09619534. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2016.08.011
- [64] SANDBERG, Eli, Daniel Møller SNEUM a Erik TRØMBORG. Framework conditions for Nordic district heating - Similarities and differences, and why Norway sticks out. *Energy*. 2018, **149**, 105-119. ISSN 03605442. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2018.01.148
- [65] JOHANSEN, Katinka a Sven WERNER. Something is sustainable in the state of Denmark: A review of the Danish district heating sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022, **158**. ISSN 13640321. Dostupné z: doi:10.1016/j.rser.2022.112117
- [66] VADÉN, T., A. MAJAVA, T. TOIVANEN, P. JÄRVENSIVU, E. HAKALA a J.T. ERONEN. *To continue to burn something? Technological, economic and political path dependencies in district heating in Helsinki, Finland*. 2019, **58**. ISSN 22146296. Dostupné z: doi:10.1016/j.erss.2019.101270
- [67] ERICSSON, Karin, Suvi HUTTUNEN, Lars J. NILSSON a Per SVENNINGSSON. Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden. *Energy Policy*. 2004, **32**(15), 1707-1721. ISSN 03014215. Dostupné z: doi:10.1016/S0301-4215(03)00161-7
- [68] ELISEEV, Kirill. *District heating systems in Finland and Russia*. 2011. Dostupné také z: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25777/DISTRICT\\_HEATING\\_SYSTEMS\\_IN\\_FINLAND\\_AND\\_RUSSIA.pdf](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25777/DISTRICT_HEATING_SYSTEMS_IN_FINLAND_AND_RUSSIA.pdf). Bakalářská práce. Mikkeli University of Applied Sciences. Vedoucí práce Jarmo Tuunanen.
- [69] GALINDO FERNÁNDEZ, Marina, Alexandre BACQUET, Soraya BENSADI, Paul MORISOT a Alexis OGER. *Integrating renewable and waste heat and cold sources into district heating and cooling systems: Case studies analysis, replicable key success factors and potential*

*policy implications* [online]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021 [cit. 2022-06-18]. ISBN 978-92-76-29428-3. Dostupné z: doi:10.2760/111509

[70] JOHNSON, Tord a Marie NYSTRAND. Wärtsilä BioPower plant inaugurated in Trollhättan, Sweden. *Wärtsilä* [online]. 2006 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.wartsila.com/latinamer/media/news/05-04-2006-wartsila-biopower-plant-inaugurated-in-trollhattan-sweden>

[71] Biomass combustion improves Trollhättan air quality, case study. *Valmet* [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.valmet.com/media/articles/up-and-running/new-technology/biomass-combustion-improves-air-quality/>

[72] Vattenfall inaugurates new heat plant Carpe Futurum in Uppsala, Sweden. *Group Vattenfall* [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://group.vattenfall.com/press-and-media/pressreleases/2022/vattenfall-inaugurates-new-heat-plant-carpe-futurum-in- uppsala-sweden>

[73] Carpe Futurum – för ett fossilfritt Uppsala. *Vattenfall* [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.vattenfall.se/foretag/fjarrvarme/carpe-futurum/>

[74] Fossilfritt Uppsala: Allt om Vattenfalls investeringar för ett fossilfritt Uppsala. *Energy Plaza* [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://energyplaza.vattenfall.se/blogg/author/fossilfritt- uppsala>

[75] AUGSTEN, Eva. Norway: Solar Collectors Support District Heating. *Solar thermal world* [online]. 2013 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://solarthermalworld.org/news/norway-solar-collectors-support-district-heating/>

[76] District heating from seawater, Drammen. *Sitra* [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.sitra.fi/en/cases/district-heating-from-seawater-drammen/>

[77] The World's Largest “Natural” District Heat Pump. *European heat pump association* [online]. 2015 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://www.ehpa.org/about/news/article/the-worlds-largest-natural-district-heat-pump/>

[78] Helen planning new biomass heat plants in Helsinki. *Bioenergy international* [online]. 2018 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://bioenergyinternational.com/helen-planning-new-biomass-heat-plants-helsinki/>

- [79] Helen inaugurate Finland's largest pellet-fired boiler. *Bioenergy international* [online]. 2018 [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://bioenergyinternational.com/helen-inaugurate-finlands-largest-pellet-fired-boiler/>
- [80] Heating in Helsinki today. *Helsinki Energy Challenge* [online]. [cit. 2022-06-18]. Dostupné z: <https://energychallenge.hel.fi/heating-helsinki-today>
- [81] Přihlášené projekty: Rozvoj a využití kombinované výroby elektřiny a tepla a obnovitelných druhotných zdrojů energie. *Naše teplo* [online]. 2017 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.naseteplo.cz/moderni-vytapeni/2017/1-rozvoj-a-vyuziti-kombinovane-vyroby-elekriny-a-tepla-a-obnovitelnych-druhotnych-zdroju-energie>
- [82] V Dukovanech se začalo topit biomasou. *Dukovanská teplárenská* [online]. Dukovany, 2017 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.dukovanska-teplarenska.cz/v-dukovanech-zacali-topit-biomasou/>
- [83] Přihlášené projekty: Rozvoj a využití kombinované výroby elektřiny a tepla a obnovitelných druhotných zdrojů energie. *Naše teplo* [online]. 2018 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.naseteplo.cz/moderni-vytapeni/2018/1-rozvoj-a-vyuziti-kombinovane-vyroby-elekriny-a-tepla-a-obnovitelnych-druhotnych-zdroju-energie>
- [84] Modernizace soustavy CZT ve městě Přeštice. *Systherm* [online]. 2017 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://systherm.com/portfolios/modernizace-soustavy-czt-ve-meste-prestice-2/>
- [85] DANÍČEK, Tomáš. Modernizace CZT Přeštice. *TZB-info* [online]. 2018 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/teplarenstvi/17053-modernizace-czt-prestice>
- [86] Přihlášené projekty: Rozvoj a využití kombinované výroby elektřiny a tepla a obnovitelných druhotných zdrojů energie. *Naše teplo* [online]. 2019 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.naseteplo.cz/moderni-vytapeni/2019/1-rozvoj-a-vyuziti-kombinovane-vyroby-elekriny-a-tepla-a-obnovitelnych-druhotnych-zdroju-energie>
- [87] Energetické centrum Jindřichův Hradec. *Svět energie: Vzdělávací portál ČEZ* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/elektrarny-cez-spalujici-biomasu/energeticke-centrum-jindrichuv-hradec>
- [88] *Energetické centrum Jindřichův Hradec* [online]. Jindřichův Hradec [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.ecjh.cz/cze/index.html>
- [89] Přihlášené projekty: Rozvoj a využití kombinované výroby elektřiny a tepla a obnovitelných druhotných zdrojů energie. *Naše teplo* [online]. 2015 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.naseteplo.cz/moderni-vytapeni/2015/1-rozvoj-a-vyuziti-kombinovane-vyroby-elekriny-a-tepla-a-obnovitelnych-druhotnych-zdroju-energie>
- [90] Nové zařízení na spalování dřevní štěpky vstoupí v Dobrušce do třetí sezony. *Centrální zdroj tepla Dobruška: akciová společnost* [online]. Dobruška, 2018 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.czt.d.cz/aktuality/nove-zarizeni-na-spalovani-drevni-stepky-vstoupi-v-dobrusce-do-treti-sezony/>

- [91] Písecká teplárna staví kotel na biomasu, začne také využívat teplo z nedaleké bioplynové stanice. *OEnergetice.cz* [online]. 2020 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/pisecka-teplarna-stavi-kotel-na-biomasu-zacne-take-vyuzivat-teplo-z-nedaleke-bioplynovy-stance>
- [92] *Teplárna Písek, a.s.* [online]. Písek [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.tpi.cz/>
- [93] *Sev.en: Teplárna Kladno* [online]. [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.7energy.com/cz/cinnosti/>
- [94] *Plzeňská teplárenská: Více než energie* [online]. Beneš & Michl [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.pltep.cz/zelena-energie/>
- [95] BÁRTA, Martin. Brněnská teplárna začne v příštím roce stavět nový kotel, spalovat bude štěpku z městských lesů. *EnergoŽrouti.cz* [online]. 2021 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://energozrouti.cz/z/brnenska-teplarna-zacne-v-pristim-roce-stavet-novy-kotel-spalovat-bude-stepku-z-mestskych-lesu>
- [96] Škodovka se zelená. Do přestavby teplárny na biomasu investuje více než dvě miliardy. *Forbes* [online]. ČTK, 2021 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://forbes.cz/skodovka-se-zelena-do-prestavby-teplarny-na-biomasu-investuje-vice-nez-dve-miliardy/>
- [97] LUPTÁK, Ladislav a Lubomír ŠMARDA. *Učební text pro obor Instalátér 1. ročník* [online]. Brno: Střední škola polytechnická, Brno, Jílová 36g, 2016 [cit. 2022-06-23]. ISBN 978-80-88058-26-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/170/04.html>
- [98] BOESTEN, Stef, Wilfried IVENS, Stefan C. DEKKER a Herman EIJDENS. 5th generation district heating and cooling systems as a solution for renewable urban thermal energy supply. *Advances in Geosciences*. 2019, **49**, 129-136. ISSN 1680-7359. Dostupné z: doi:10.5194/adgeo-49-129-2019
- [99] EU Carbon Permits. *Trading Economics* [online]. [cit. 2022-06-23]. Dostupné z: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>