

# Konference Energetické Rušení 2024



## **Teplotní útlumy ve strategii řízení systému centrálního zásobování teplem jako součásti energetického gridu**

Lubomír Vašek, Viliam Dolinay, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

# Vytápění



Vytápění je největším konečným využitím energie v Evropě a zodpovídá za přibližně 50 % celkové spotřeby konečné energie

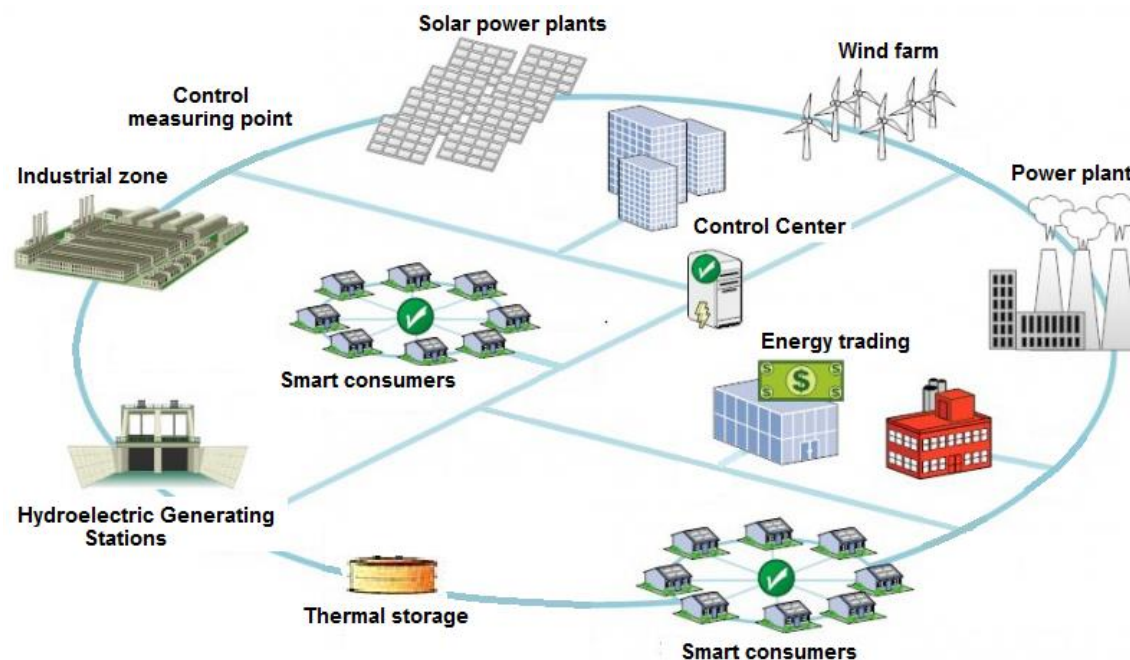
Průměrné obydlí v Evropě:

68 % jeho celkové energetické poptávky se používá k uspokojení potřeb pro vytápění prostoru a 14 % na přípravu teplé vody

<https://www.euroheat.org/>

# Energy grid

Energy grid (EG) můžeme definovat jako komplexní systém pro práci s energiemi a to od jejich získávání (často se mluví o jejich výrobě), přes jejich přenos a distribuci až po jejich spotřebu. Na obr. je znázorněno jedno z možných schémat, obsahující některé typické prvky EG. Podstatným požadavkem na provoz EG je dosáhnout úzké spolupráce jednotlivých komponent EG, která by měla vést k efektivnímu fungování celého EG tak, aby bylo zabezpečeno hospodaření s energiemi, které zajistí splnění požadavků celé společnosti na energie a to s minimálními náklady.



# Role teplárenství v EG



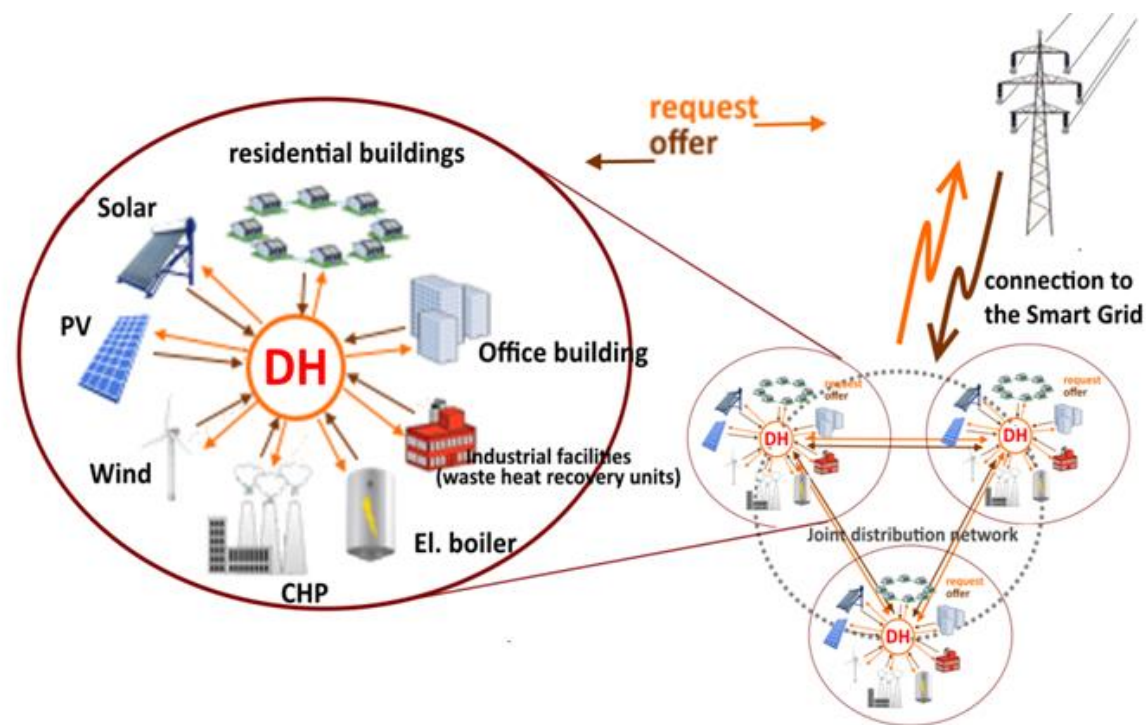
Jedním z důležitých typů prvků EG jsou obecně teplárenské soustavy, obvykle označované jako systémy zásobování teplem (SZT), které jsou zpravidla lokalizovány v určité geografické oblasti a v ní zajišťují činnosti spojené se získáváním, distribucí a také spotřebou tepla.

Vzhledem k povaze přenosu tepla, kdy je zapotřebí k přenosu energie zpravidla využívat (hmotného) teplonosného média (páry, vody), má SZT poněkud jiné charakteristiky, než systém zásobování energií elektrickou. Je nutno vybudovat a využívat jiný typ infrastruktury – např. potrubní síť pro distribuci uvedeného teplonosného média.. To je na jednu stranu výrazně investičně náročnější a tedy provozovatelné jen v prostorově omezenější oblasti – často hovoříme o regionálním SZT (District Heating systems), na druhou stranu nabízí jiné charakteristiky soustavy, které lze v kontextu EG vhodně využít.

Takovéto celky (DH) je pak možno zařazovat do EG jako samostatné prvky a posilovat tendenci budování EG jako distribuované struktury založené na soustavě autonomních a vzájemně kooperujících, ale také vzájemně se doplňujících prvků.

# Role teplárenství v EG

Zde je znázorněno schéma takového DH prvku a naznačeno jeho začlenění do EG



# Role teplárenství v EG



Je třeba zde zmínit některé vlastnosti DH prvku, které mohou přinést určité výhody:

- schopnost akumulace tepelné energie v použitém teplotním mediu (vodě). Tato schopnost může být dále posílena zabudováním teplovodních akumulátorů a jejich efektivním využíváním při provozu DH
- Snadné využívání aktivního přístupu jednotlivých uživatelů k časovému průběhu jejich požadavků na dodávku tepla do jejich objektů – „chytré“ řízení spotřeby tepla
- snadné začlenění lokálních zdrojů tepla do komunitního stylu spotřeby tepla – využití prosumerů v DH
- vzhledem k časovým konstantám systému řízení přenosu tepla možnost využívání krátkodobých teplotních útlumů v dodávce tepla k optimalizaci provozu celého DH a při jeho zařazení do EG i příspěvek k optimalizaci provozu celého EG.

# Teplotní útlum



- Jednoduchá strategie energetické a ekonomické úspory
- Principem je snížení teploty v objektu (místnosti), když není aktivně využíván(a)
- Noční - zdravotní přínos (zdravější a kvalitnější spánek při nižší teplotě v místnosti)

## Bytové objekty:

- noční útlum
- v době pobytu na pracovištích, ve školách,...
- víkendové (uživatelé mimo domov)
- vynucené (elektrické vytápění – sazby HDO)

## Nebytové objekty:

I jiné objekty, jako jsou školy, kanceláře atd. plánují časy útlumu v závislosti na době, kdy jsou užívány. Tento čas se obvykle liší od doby odložení v domácnostech.

# Důvody a způsoby teplotních útlumů u spotřebitelů

Budovy vytápěné z centrálního zdroje tepla

- útlum v místnostech/bytě je v rukou člověka, který má pod kontrolou termostat,
- mnoho lidí experimentuje se svým termostatem nejen proto, aby se cítili pohodlně ve svém bytě, ale také proto, aby ulevili svým peněženkám při placení účtů za vytápění.
- individuální spotřebitel ovlivňuje teplotu ve svém bytě regulací průtoku do radiátorů
- neovlivňuje však teplotu vody vstupující do radiátorů

Teplota je určena společným nastavením domovní stanice a proto má většina domů centrálně nastaven obecně užívaný útlum (např. noční) na své domovní stanici.



# Vliv na centrální zdroj tepla



CZT obvykle není dodavatelem tepla pouze pro rezidenční domy.

Příjemci tepla bývají také školy, kanceláře, obchody atd. Tyto objekty, jak bylo uvedeno dříve, mají své vlastní časové harmonogramy, kdy chtějí začít a ukončit útlum.

Jak by měl centrální zdroj zacházet s odlišnými potřebami jednotlivých zákazníků?

Je možné a smysluplné, aby zdroj používal útlum?

Pokud ano, v jakou dobu a jakém rozsahu?

# Co je třeba také zohlednit

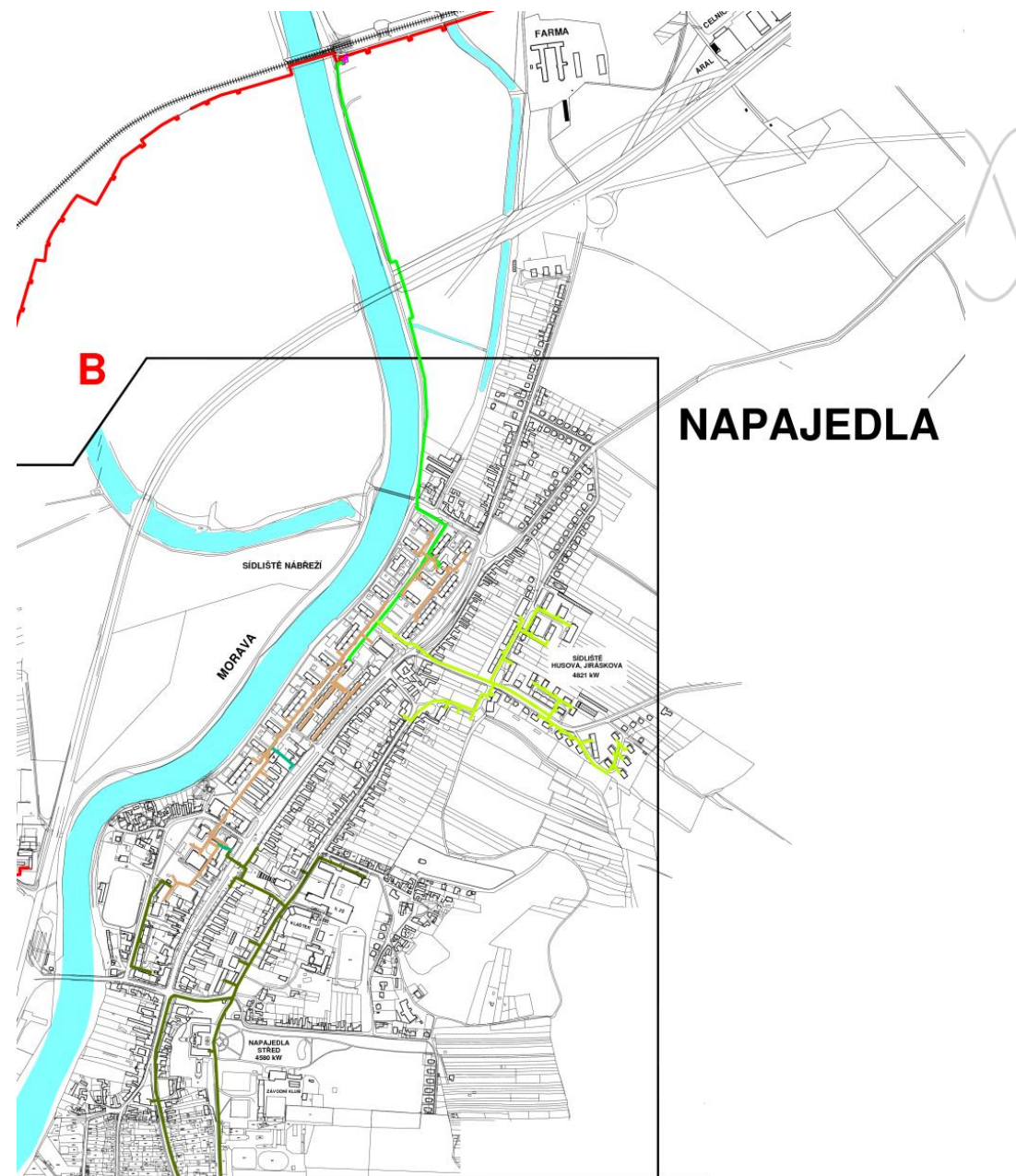


Nastavení útlumu na zdroji je mnohem složitější a jde spíše o nalezení kompromisního řešení:

- Změna teploty vody dosáhne spotřebitele až po určité době – dopravní zpoždění. Toto zpoždění často trvá několik hodin.
- Navíc, rozdíl mezi časy, kdy se změna dostane k nejbližšímu odběrateli a kdy dorazí k nejvzdálenějšímu, je často v řádu hodin.
- Vše výše uvedené je nutno řešit pro načasování začátku i konce útlumu.

# Praktický experiment

Experiment byl proveden na zdroji  
pro malou soustavu CZT (44 spotřebitelů)



# Podmínky experimentu



V lokalitě převažují bytové domy, je zde několik restaurací, obchody, kancelářské budovy, zdravotní středisko, domov důchodců a škola. Většina těchto spotřebitelů aplikuje vlastní útlum teploty prostřednictvím svých domovských stanic.

Tento experiment nezasahoval do nastavení individuálních domovských stanic, ale zaměřil se na centrální zdroj, který je všechny zásobuje.

Výstupní teplota vody z tohoto zdroje byla pro první polovinu topné sezóny kontrolována pouze teplotní křivkou (ekvitermní regulace).

Pro druhou polovinu topné sezóny byl do jejího řízení zahrnut útlum teploty o -10 % od hodnoty teplotní křivky. Útlum byl aplikován každý den - v pracovní dny i o víkendech. Jeho začátek byl stanoven na 19:30 a konec na 0:30.

# Podmínky experimentu



Výběr časového intervalu zohledňuje následující vlastnosti:

- Průměrné dopravní zpoždění mezi zdrojem a patou lokality (prvními spotřebiteli) činí přibližně 2 hodiny.
- Bytové domy, které převažují v lokalitě, mají svůj vlastní útlum nastaven přibližně od 22:00 do 5:00.

Požadavkem zde bylo, aby voda s utlumenou teplotou ze zdroje dorazila k blíže umístěné spotřebitelské skupině dříve, než začne se svými útlumem a postupně se dostávala do vzdálenějších oblastí.

Načasování konce útlumu zohledňovalo stejné principy - standardní teplota vody musí začít proudit ze zdroje s dostatečným předstihem, aby byla k dispozici většině domácích stanic spotřebitelů již v době, kdy jejich útlum končí.

# Naměřená data

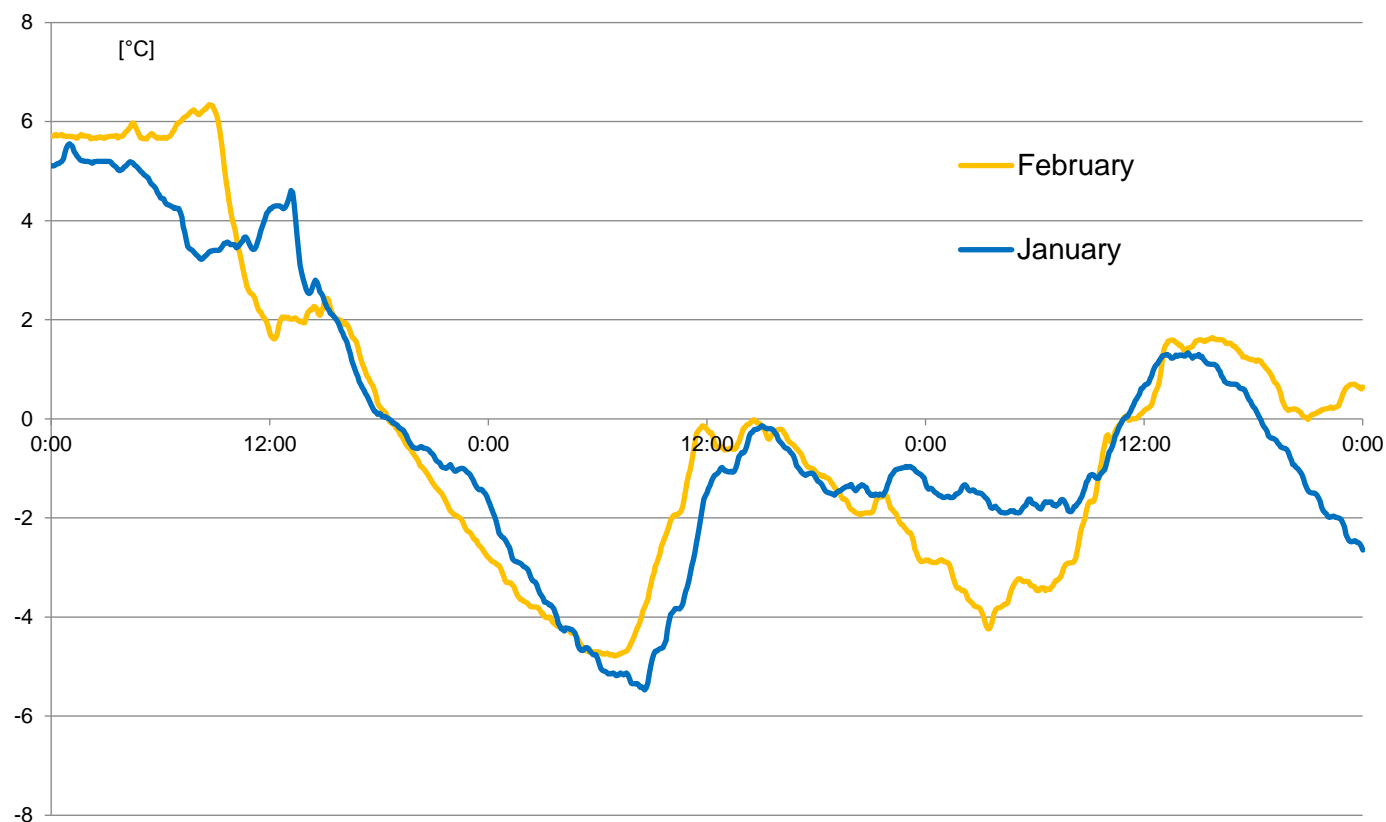
Venkovní teplota ve zvolené lokalitě

Porovnání období s podobou teplotou  
okolního vzduchu z obou částí  
experimentu:

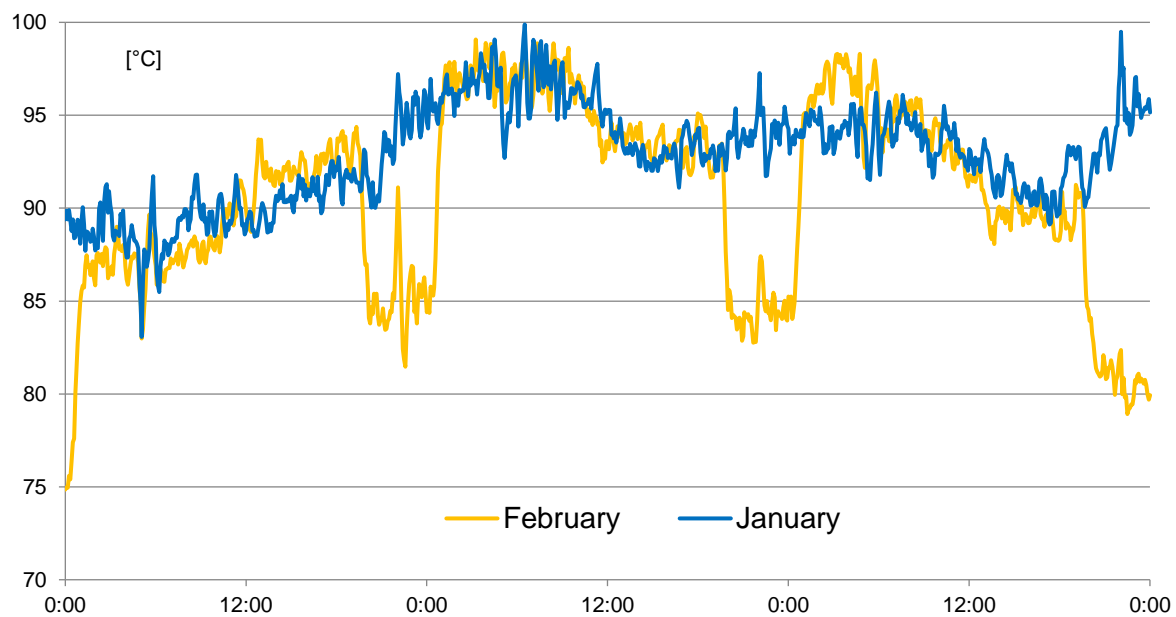
18.1.2019 to 21.1.2019 (bez útlumu)

22.2.2019 to 25.2.2019 (s útlumem)

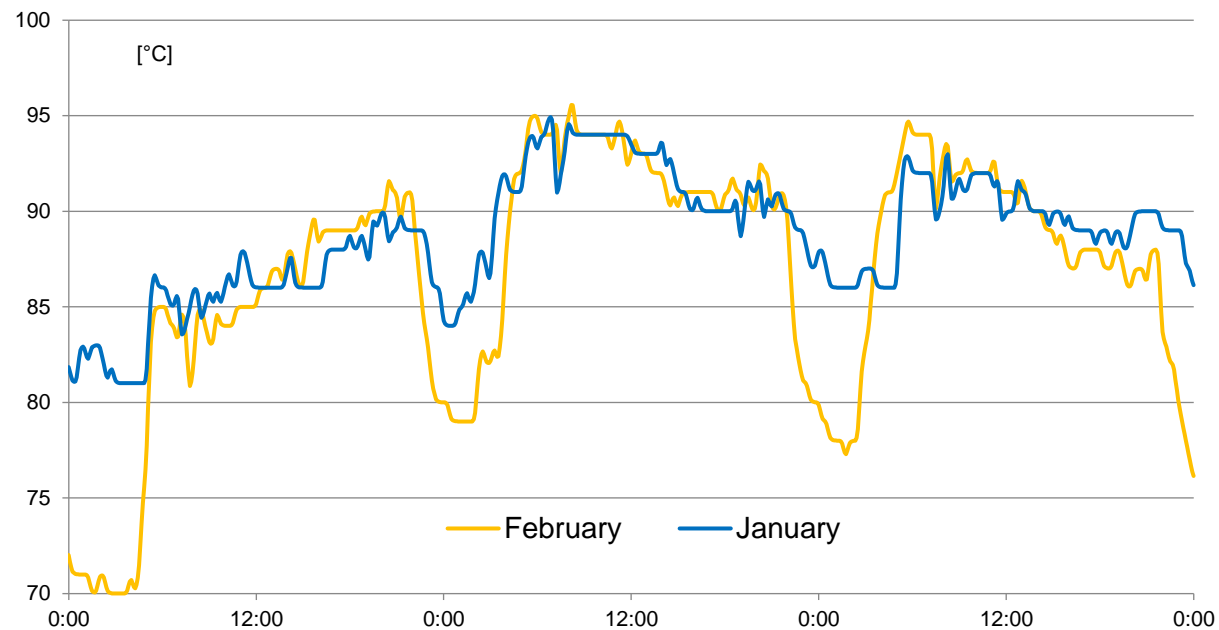
Teplotně podobná období jsou rovněž  
ze stejného dne v týdnu – čtvrtek



# Naměřená data



Teplota výstupní vody ze zdroje (výměňkové stanice)

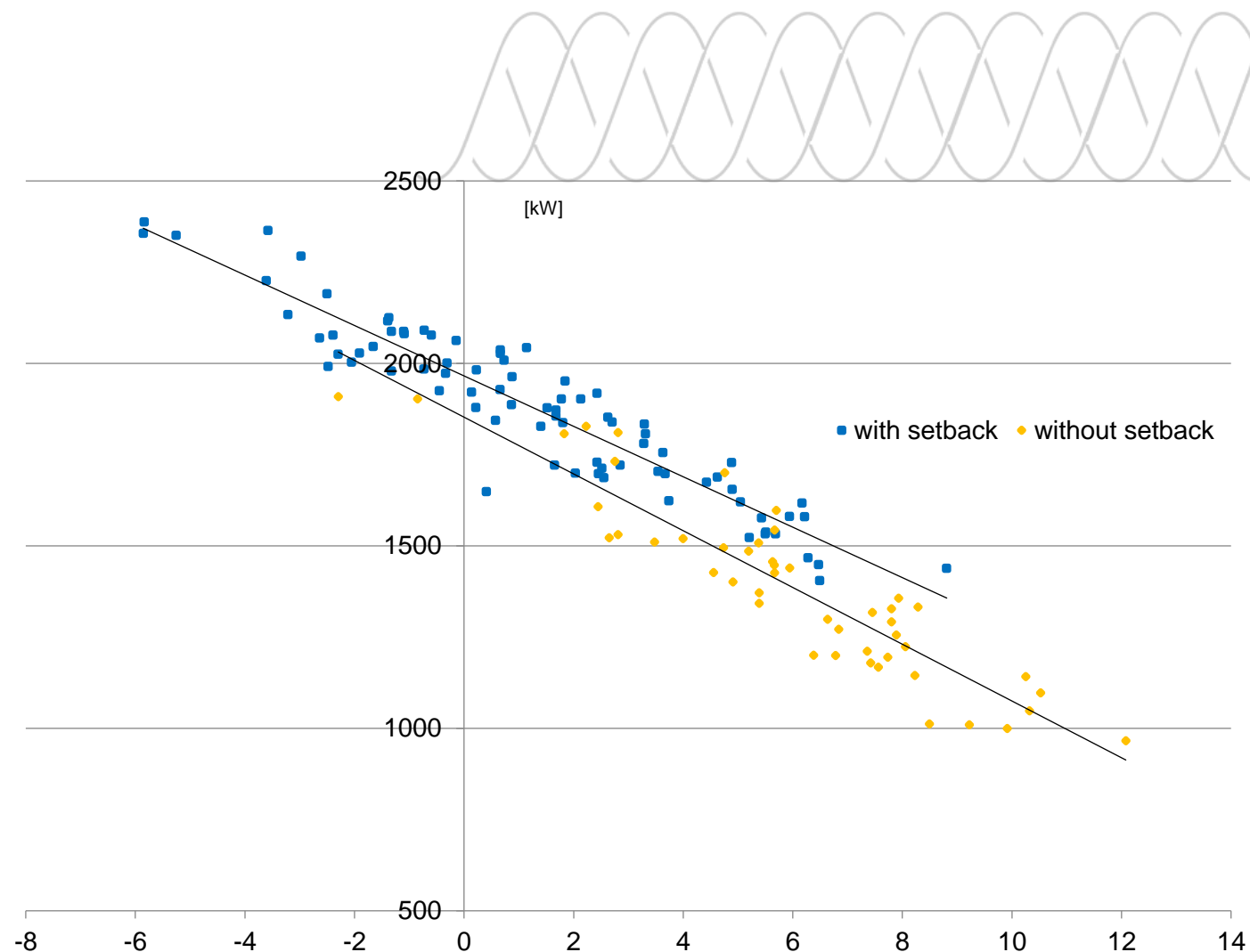


Teplota vstupní vody do domovní stanice

# Analýza výsledků

Experiment měl za cíl ověřit, jakým způsobem se bude topný systém chovat, pokud bude použit noční útlum i na výstupu ze zdroje.

Srovnání bylo provedeno vyhodnocením závislosti průměrné dodávaného výkonu v jednotlivých dnech na průměrné denní teplotě



Rozdíl (úspora při útlumu) je viditelná při porovnání lineárizované závislosti zobrazených hodnot



# Vyhodnocení výsledků



Pro průměrnou venkovní teplotu v období experimentu ( $+3^{\circ}\text{C}$ ) byla průměrná úspora v dodávaném výkonu 139 kW.

Při dané průměrné venkovní teplotě byl průměrný, dodávaný výkon 1,76 MW (152 GJ za den)  
Úspora tedy cca 8%.

Dále byla vyhodnocována chyba použité metody pro období se stejným algoritmem regulace teploty. První polovina topné sezóny byla tedy rozdělena na dvě části a tyto části byly porovnány stejně jako úseky s/bez útlumu, zmiňované v experimentu.  
Totéž bylo aplikováno i pro druhou polovinu sezóny.



## Porovnání rozdílů mezi částmi sledované topné sezóny

Podmínky	Odchylka
Období, kdy nebyl aplikován útlum	5.6%
Období, kdy byl aplikován útlum	5.5%
Obě částí vzájemně (viz předchozí obrázky)	8%

# Diskuse výsledků



Za předpokladu, že dodávaný výkon v závislosti na venkovní teplotě osciluje v pásmu 5,6 %, lze říci, že při aplikaci nočního útlumu u zdroje, bylo dosaženo alespoň **2,4 %** úspory, což je v průměru 3,5 GJ za den.

Při zohlednění aktuální prodejní ceny tepla by se úspora ve sledované oblasti pohybovala kolem 100 tis. korun měsíčně – z pohledu konečné ceny.

Výrobní náklady jsou samozřejmě výrazně nižší, ale i tak se nejedná o zcela zanedbatelnou úsporu.

Obecně, aplikace útlumů, předtápění (cílených změn teploty topné vody) má pro centrální zdroje, obzvláště kogeneračního typu, jistý potenciál.



# Závěr

Jak bylo ukázáno, aplikace známé metody do praxe může přinést zajímavé výsledky.

Jak praxe také ukazuje, stále existuje mnoho centrálních zdrojů tepla, které používají pouze teplotní křivku k řízení výstupní teploty, bez ohledu na specifika místa, které zásobují.

Použití teplotní křivky u centrálních zdrojů má obecně několik slabých míst, která stojí za zamyšlení. Jedním z těchto míst je například dopravní zpoždění z hlediska venkovní teploty:

*Pokud je výstupní teplota ze zdroje nastavena podle aktuální venkovní teploty, potom tato voda teče ke spotřebitelům v řádu několika hodin a v době kdy k nim dorazí, je již obvykle venku jiná venkovní teplota (spotřebitelé venkovní teplotu také používají pro regulaci).*

Dalším příkladem slabého místa je chování spotřebitelů ve všední dny a o víkendech.