



ASCEND

VÝSTAVBA DOLNÍ POČERNICE ETAPA II

Příprava zadávací dokumentace -
studie energetického řešení

Projekt: ASCEND (Accelerate poSitive Clean ENergy Districts)

Grantová dohoda č.: 101096571

Organizace: ČVUT UCEEB

Autoři: doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. (odborný garant); Ing. Jiří Novotný; Ing. Petr Wolf, Ph.D. (odborný garant pro oblast FVE); Ing. Mgr. Michal Kuzmič; Ing. Jana Vanická Civínová, MSc.

Datum: 19. prosince 2023

Status: Finální verze

Verze: 1.3

Zadavatel: Pražská developerská společnost, U Radnice 10/2, 110 00 Praha 1, IČ: 09211322, e-mail: tomas.lukes@pdspraha.eu



Obsah

1.	ÚVOD	3
2.	PROJEKT DOLNÍ POČERNICE	4
2.1.	Vybrané budovy	5
2.1.1.	Budova A (A1, A2)	5
2.1.2.	Budova B (B1, B2)	6
2.1.3.	Budova C	7
2.1.4.	Budova S	8
2.1.5.	Vztažné parametry	8
2.2.	Klimatické údaje	8
3.	ENERGETICKÁ BILANCE ČTVRTI	10
3.1.	Parametry typových budov	10
3.1.1.	Obálka budov	10
3.1.2.	Technické systémy	11
3.1.3.	Potřeby energie budov	11
3.1.4.	Tepelné výkony budov	12
3.1.5.	Plocha FV systému	12
3.2.	Bilance čtvrti	13
3.2.1.	Budovy	13
3.2.2.	Veřejné osvětlení	15
3.2.3.	Elektromobilita	15
4.	ENERGETICKY PLUSOVÁ ČTVRTĚ	15
4.1.	Definice	16
4.1.1.	Energeticky plusová čtvrť	16
4.1.2.	Emisně plusová čtvrť	16
4.2.	Zdroje tepla	17
4.2.1.	Kotelna na biomasu (BIO)	17
4.2.2.	Kogenerační jednotka (KGJ)	17
4.2.3.	Tepelná čerpadla země-voda (ZTČ)	18
4.3.	Energetická bilance PCED	18
4.3.1.	Bilance NPE	19
4.3.2.	Bilance CO ₂	20
4.4.	Ekonomické parametry	21
4.4.1.	Teplovod	21
4.4.2.	Kotelna na biomasu (BIO)	22
4.4.3.	Kogenerační jednotka (KGJ)	23
4.4.4.	Tepelná čerpadla země-voda (ZTČ)	24
4.4.5.	Porovnání	25
5.	UŽITÍ LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V RÁMCI DEVELOPMENTU DOLNÍ POČERNICE	26
5.1.	Princip	26
5.2.	Bateriové systémy	26
5.3.	Výhody užití LDS	27
6.	ZÁVĚR	30
	LITERATURA	32

1. ÚVOD

V rámci předchozích studií [1, 2] výstavbového projektu hlavního města Prahy (HMP) v lokalitě Dolních Počernic byly na základě architektonické hmotové studie [3, 4] porovnávány různé energetické standardy budov (splnění podmínek NZEB II, výstavba v pasivním energetickém standardu). Pro tyto varianty byly následně stanoveny přípojné tepelné výkony jednotlivých uvažovaných budov a jejich energetické požadavky na vytápění, přípravu teplé vody, technologickou spotřebu elektrické energie a elektrickou energii pro spotřebiče. Byly analyzovány potřebné výkony FV systému pro splnění požadavků vyhlášky na neobnovitelnou primární energii a stanoveny pro každou variantu zdroje tepla v každé variantě energetické náročnosti budovy investiční náklady.

Zatímco úvodní studie [1] energetického konceptu pro etapu I a II sloužila pro vyjasnění koncepcí pro rozhodování o celém areálu, následná studie [2] se věnovala již přímo **etapě I**, aby sloužila jako podklad pro přípravu zadání projektové dokumentace pro etapu I k územnímu řízení. Byly upřesněny a definovány obecné technické parametry budov pro splnění požadavků vyhlášky 264/2020 Sb. [5] (NZEB II, 2022). Na základě analýzy pak byly doporučeny hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivých konstrukcí (obvodové stěny, okna, střecha, podlaha) a technických systémů budov (vytápění, větrání, příprava teplé vody, osvětlení) pro výstavbu. Nastavení technických parametrů budov pro splnění NZEB II bylo ověřeno podrobnou dynamickou simulací a bylo sledováno možné přehřívání v letním období. Dále byly zpřesněny nároky na energetické zdroje: varianta s kogenerační jednotkou jako základním zdrojem a špičkovými kotli na zemní plyn, fotovoltaické systémy pro splnění požadavku na NZEB II. Zdroj tepla byl uvažován napojený na teplovod zásobující budovy teplem (soustava centralizovaného zásobování teplem).

V rámci mezinárodního projektu ASCEND (2023–2027) [6] se Pražská Developerská Společnost (PDS) společně s výzkumným partnerem ČVUT v Praze (UCEEB) a Operátorem ICT (OICT) podílí na návrhu řešení areálu **etapy II** pražské čtvrti Dolní Počernice s cílem dosažení energeticky plusové bilance celé čtvrti při nulové bilanci emisí CO₂ v souladu s cíli projektu ASCEND. Tato studie energetického řešení výstavby Dolní Počernice, etapa II má být podkladem pro přípravu zadání projektové dokumentace k územnímu řízení tohoto výstavbového projektu. Jádrem studie je podobně jako v etapě I definovat technické parametry budov pro splnění požadavků vyhlášky 264/2020 Sb. (NZEB II, případně kategorie A) a dále analyzovat různé zdroje energie (a kombinace s FV systémy) umožňující docílit energeticky či emisně plusové bilance čtvrti (etapa II). Vzhledem k absenci definice PCED (positive and clean energy district) v současné době byla provedena analýza nastavení zdrojů energie pro dvě varianty hodnocení, a to z pohledu neobnovitelné primární energie NPE, a z pohledu emisí oxidu uhličitého CO₂ s využitím údajů z platných vyhlášek. Pro jednotlivé varianty nastavení hodnocení a varianty zdrojů tepla bylo provedeno vyhodnocení rámcových investičních nákladů na technologie, provozních nákladů s dobou hodnocení 15 let a výsledky byly porovnány.

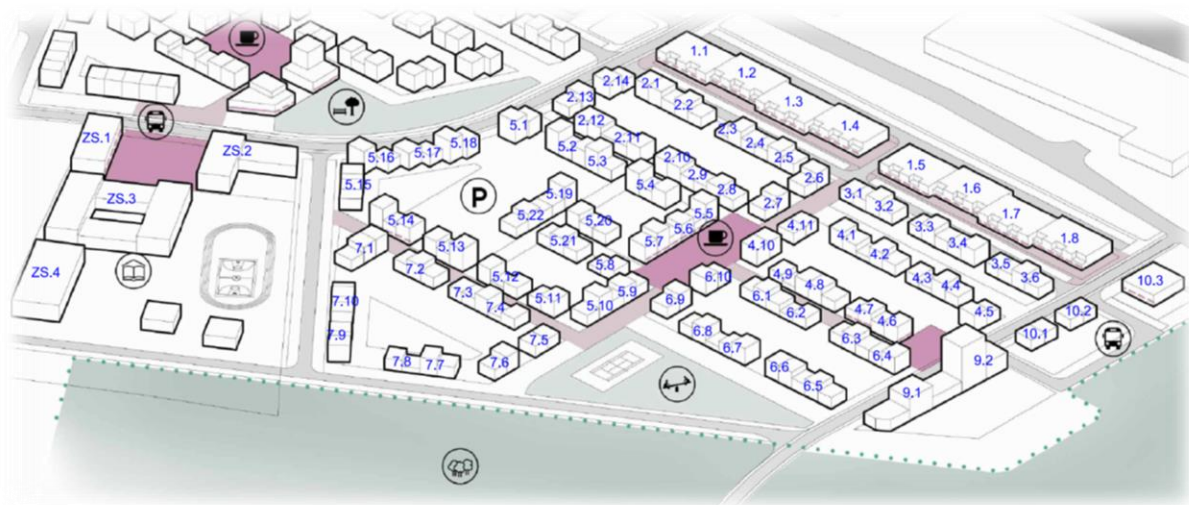
2. PROJEKT DOLNÍ POČERNICE

Hmotová studie pro výstavbu [3] umísťuje ilustrativně jednotlivé budovy do lokality v Dolních Počernicích jako nízkopodlažní kvádry o definovaném půdorysu a počtu pater (1 až 4 podlaží), viz Obr. 2.1 (modrá plocha). V etapě II se jedná o více-bytové domy pro bydlení a bariérovou zástavbu pro výrobu, obchod a služby podél ulice Českobrodská (dvojpodlažní budovy, kombinace s bydlením). Hrubá podlažní plocha (HPP) uvažovaná v etapě II je cca 52 500 m². Uvažovaný počet obyvatel v etapě II je cca 1266. Etapa II zároveň uvažuje výstavbu školy pro cca 600 žáků.



Obr. 2.1 Areál projektu Dolní Počernice (etapa II)

Z objemové studie vycházely v etapě I návrhy jednotlivých ateliérů (Archum, Cama, CtrlA, Pata& Frýdecký) na zpracování a uspořádání jednotlivých budov. Vzhledem k nedostatku podrobných informací o velikosti a orientaci prosklených ploch (výšky, poloha) ve většině podkladů, byly pro účely dalších výpočtů vybrány typologicky se opakující budovy z návrhu architektonické kanceláře Pata& Frýdecký [4] i pro etapu II.



Pro účely studie byly vybrány typové budovy, na kterých byly provedeny podrobné výpočty parametrů energetické náročnosti. Z výkonových a energetických nároků typových budov byly následně vztažením k objemu, k energeticky vztažné ploše (EVP) či k počtu osob definovány měrné parametry a použity pro zjednodušený výpočet nároků ostatních budov ve čtvrti (typově blízkých).

2.1. Vybrané budovy

Jako typové budovy byly vybrány dva bytové domy (A, B), jeden bariérový objekt (C) sousedící s ulicí Českobrodská a objekt se školním provozem (S). Bytové domy byly uvažovány vždy ve dvou velikostech (A1, A2, B1, B2), neboť měrná čísla se mohou lišit mezi objemově menšími a většími budovami.

2.1.1. Budova A (A1, A2)

Budova A je typově bytový dům, který kombinuje jedno a dvě nadzemní podlaží (terasa), viz Obr. 2.3 a 2.4 (trojpodlažní varianta). Nekompaktní budova byla vybrána jako typová zejména s ohledem na nevýhodný poměr plochy obálky k objemu budovy, a tedy spíše vyššími nároky na součinitele prostupu tepla pro splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla budovy U_{em} [W/m²K]. Zároveň je budova uvažována pro účely výpočtů jako solitér (na straně bezpečnosti). V případě objemově malé budovy (A1) je uvažována celá budova jako bytový objekt, v případě objemově velké budovy (A2, vícepodlažní) je vždy celé přízemí uvažováno pro komerční provoz (obchod, služby).



Obr. 2.3 Část lokality zpracovaná ateliérem Pata&Frýdecký s vyznačením typických bytových domů [4]

Objem menší budovy A1 je 816 m³, energeticky vztažná plocha je 240 m². Počet obyvatel v budově se 3 bytovými jednotkami se pro účely výpočtu uvažuje 6,8 osob. Budova je orientována hlavní zasklenou fasádou k jihozápadu.

Objem větší budovy A2 je 2304 m³, energeticky vztažná plocha je 720 m². V přízemí je uvažován komerční prostor s obchody (odlišný profil užívání od zbytku budovy). V bytové části je 6 bytových jednotek. Pro účely výpočtu

se v celé budově uvažuje 25,6 osob. Budova je orientována hlavní zasklenou fasádou k jihozápadu.



Obr. 2.4 Příklad budovy typu A2 [4]

2.1.2. Budova B (B1, B2)

Budova B je bytový dům ve tvaru kvádrů, viz Obr. 2.3 a 2.5. Kompaktní budova byla vybrána zejména s ohledem na výhodný poměr plochy obálky k objemu budovy, a tedy spíše nižšími nároky na součinitele prostupu tepla pro splnění požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} [W/m²K]. Budova je uvažována pro účely výpočtů jako solitér (na straně bezpečnosti). V případě objemově malé budovy (B1, dvojpodlažní) je uvažována celá budova jako bytový objekt, v případě objemově velké budovy (B2, trojpodlažní) je vždy celé přízemí uvažováno pro komerční provoz (obchod, služby).



Obr. 2.5 Příklad budovy typu B2 [4]

Objem menší budovy B1 je 1056 m³, energeticky vztažná plocha je 320 m². Počet obyvatel v budově se 4 bytovými jednotkami se pro účely výpočtu uvažuje 9,1 osob. Budova je orientována hlavní zasklenou fasádou k jihozápadu.

Objem větší budovy B2 je 1536 m³, energeticky vztažná plocha je 480 m². V přízemí je uvažován komerční prostor s obchody (odlišný profil užívání od zbytku budovy). V bytové části jsou 4 bytové jednotky. Pro účely výpočtu se v celé budově uvažuje 17,1 osob. Budova je orientována hlavní zasklenou fasádou k jihozápadu.

2.1.3. Budova C

Budova C je jeden z bariérových domů (viz Obr. 2.6) na hraně řešeného území sousedící s ulicí Českobrodská. Budova je uvažována dvojpodlažní, nicméně přízemí uvažované pouze pro komerční využití má výrazně vyšší výšku stropů. V patře jsou uvažovány pro účely výpočtu bytové jednotky. Budova byla vybrána zejména s ohledem na zcela jiný typ provozu (komerce) než ostatní budovy, a zároveň vysoké prosklené plochy na jihozápadní fasádě. Z toho mohou vyplývat vysoké nároky na součinitele prostupu tepla pro splnění požadavku na budovu. Budova je pro účely výpočtů uvažována jako solitér (na straně bezpečnosti).

Objem budovy je 5707 m³, energeticky vztažná plocha je 1151 m². Počet obyvatel v zóně s 5 bytovými jednotkami se pro účely výpočtu uvažuje 15,7 osob. V komerčním přízemí budovy se uvažuje celkem 30 osob. Budova je orientována hlavní prosklenou fasádou k jihozápadu. Pro instalaci FV modulů je uvažována celá střecha, ne pouze plochy naznačené na Obr. 2.6.



Obr. 2.6 Příklad budovy typu C [4]

2.1.4. Budova S

Budova S je budova uvažovaná se školním provozem v dolní části areálu čtvrti. Budova je uvažována dvojpodlažní. Objem budovy je 18 486 m³, energeticky vztažná plocha je 5730 m². Počet uživatelů budovy je uvažován 600 osob (žáci). V dalších typově podobných budovách je počet žáků uvažován úměrně ploše budovy.

2.1.5. Vztažné parametry

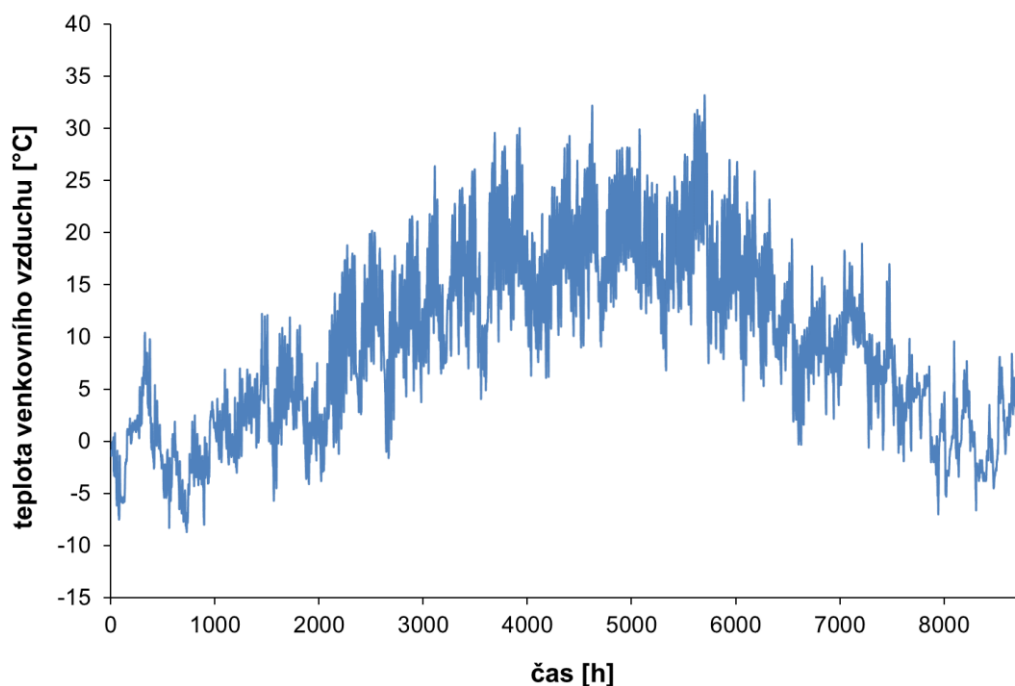
Tab. 2.1 shrnuje základní geometrické a vztažné parametry typových budov čtvrti Dolní Počernice etapa II.

Tab. 2.1 Typové budovy ve čtvrti a jejich parametry

Značení	Název budovy	Vztažná plocha EVP [m ²]	Obestavě ný objem [m ³]	Počet uživatel ů [os]
A1	Bytový dům	240	816	6.8
A2	Bytový dům a služby	720	2 304	25.6
B1	Bytový dům	320	1 056	9.1
B2	Bytový dům a služby	480	1 536	17.1
C	Bariérový dům (obchod, služby)	1 151	5 707	45.7
S	Školní budova	5 730	18 486	600

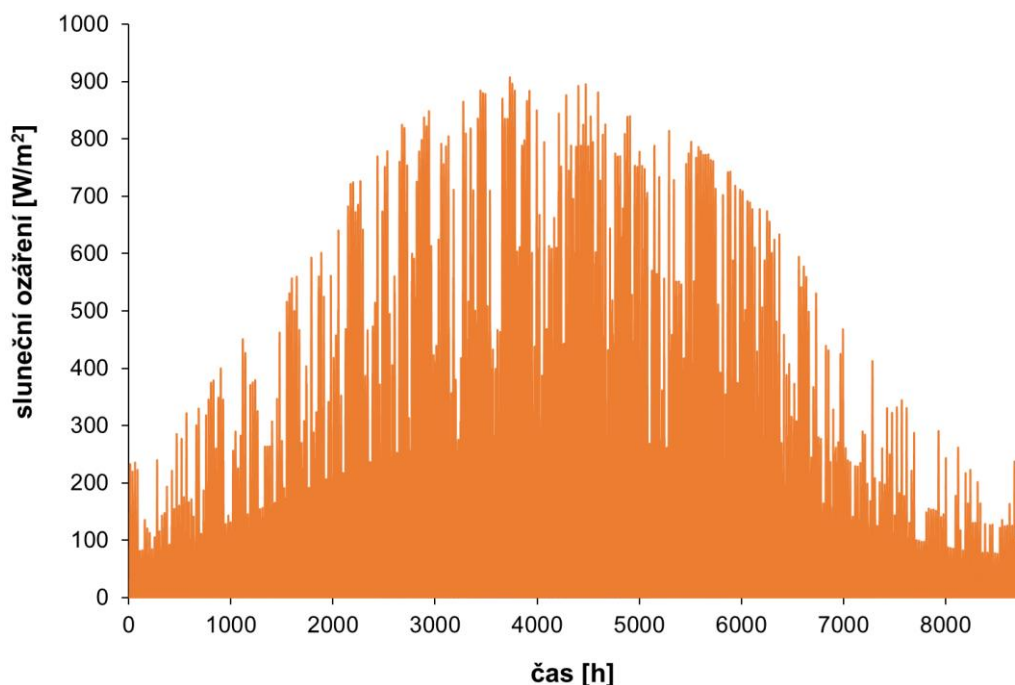
2.2. Klimatické údaje

Výpočty energetické náročnosti budov a energetické bilance pro dosažení energeticky plusové čtvrti byly prováděny s klimatickými údaji [7] referenčního roku v souladu s vyhláškou [5]. Zdrojem klimatických údajů jsou hodinové údaje teploty venkovního vzduchu t_e [°C] a slunečního ozáření na vodorovnou rovinu G [W/m²] (případně přepočítané na potřebné sklony a orientace).



Obr. 2.7 Hodinové údaje teploty venkovního vzduchu

Hodinové údaje pro teplotu venkovního vzduchu a sluneční ozáření na vodorovnou rovinu jsou zobrazeny na Obr. 2.7 a Obr. 2.8. Průměrná teplota venkovního vzduchu je **9.3 °C**. Nejnižší teplota venkovního vzduchu je -8.7 °C, nejvyšší teplota v roce je 33.2 °C. Roční úhrn dopadlého slunečního záření na vodorovnou rovinu se pohybuje na úrovni **1132 kWh/m².rok**.



Obr. 2.8 Hodinové údaje slunečního ozáření na vodorovnou rovinu

Pro bilancování výkonové náročnosti na vytápění byla stanovena tepelná ztráta prostupem pro definované vlastnosti konstrukcí obálky budovy a větráním budovy podle hygienického požadavku na přívod čerstvého vzduchu na osobu. Tepelná ztráta byla stanovena pro požadované teploty ve vnitřním prostředí (zpravidla 20 °C) a venkovní výpočtovou teplotu **-12 °C** (oblast Praha).

3. ENERGETICKÁ BILANCE ČTVRTI

Pro definování nastavení parametrů budov pro splnění požadavků na budovy s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB II v různých energetických třídách) byly provedeny výpočty energetické náročnosti budov v souladu s vyhláškou 264/2020 Sb. [5] pro 6 typových budov:

- A1 malý bytový dům bez komerčních prostor, geometricky nekompaktní;
- A2 velký bytový dům s komerčními prostory v přízemí, geometricky nekompaktní;
- B1 malý bytový dům bez komerčních prostor, geometricky kompaktní;
- B2 velký bytový dům s komerčními prostory v přízemí, geometricky kompaktní;
- C bariérový dům – kombinace komerčních prostor a bytových jednotek, výrazné prosklení;
- S školní objekt.

Pro každou typovou budovu byla zpracována energetická bilance ve výpočtovém programu ENERGIE hodinovou metodou. Obsazenost budov, hodinové profily užívání a klimatické údaje byly převzaty z ČSN 73 0331-1 [8] a z podkladů stanovených MPO [7].

Výpočtem s hodinovým krokem byla definována potřebná dodávka tepla na vytápění, přípravu teplé vody, chlazení a potřeby elektrické energie na osvětlení či větrání a zároveň související potřebné výkony. Z nich byly odvozeny měrné hodnoty, vztažené k objemu budovy (výkon pro vytápění, dodávka tepla pro vytápění, případně chlazení), k energeticky vztažné ploše (potřeba tepla na přípravu teplé vody, potřeba elektrické energie) či k počtu osob (výkon pro přípravu teplé vody). Měrné hodnoty pak byly aplikovány na celý areál čtvrti a byl získán celkový potřebný výkon zdroje tepla a celkové množství dodávané energie (teplo, chlad, elektřina) do budov. Zároveň byly do vyhodnocení spotřeby elektrické energie zahrnuty navíc i spotřeby elektrické energie na chlazení a také spotřeba domácích elektrických spotřebičů, která není součástí hodnocení energetické náročnosti budov v souladu s vyhláškou [5]. Dále byla vyhodnocena potřeba elektrické energie pro veřejné osvětlení a případnou elektro-mobilitu jako spotřeba dobíjecích stanic na parkovacích místech.

3.1. Parametry typových budov

3.1.1. Obálka budov

Již v předchozích studiích byly definovány součinitele prostupu tepla hlavních konstrukcí obálky potřebné pro **splnění požadavku NZEB II na průměrný součinitel prostupu tepla U_{em}** , viz Tab. 3.1. Hodnoty jsou shodné pro jakýkoli typ budovy. V rámci všech budov se uvažuje přírážka na tepelné vazby ve výši 0,02 W/m²K. Uvedené nastavení parametrů obálky budovy umožňuje splnit požadavek NZEB II v ukazateli průměrného součinitele prostupu tepla ve třídě energetické náročnosti budovy A až C.

Tab. 3.1 Uvažované konstrukční parametry budov

U_{fas} [W/m ² .K]	U_{str} [W/m ² .K]	U_{pdl} [W/m ² .K]	U_{ok} [W/m ² .K]	n_{50} [1/h]
0.22	0.15	0.25	1.00	1.5

Zároveň je vhodné pro omezení potenciálního letního přehřívání budov využít tepelně akumulčních konstrukcí na vnitřním líci obvodového zdiva a stropů (min. 100 mm).

3.1.2. Technické systémy

Pro **splnění požadavku NZEB II na celkovou dodanou energii CDE** je zásadní realizace energeticky úsporných technických systémů budov. U vytápění je uvažována **nízkoteplotní otopná soustava** s koncovými prvky otopnými tělesy či podlahovým vytápěním s teplotou otopné vody max. 45/35 °C (průměrná účinnost sdílení 88 % a účinnost distribuce tepla 92 %).

V případě přípravy teplé vody je uvažována **centrální příprava teplé vody** v budově (předávací stanice) s centrálním nárazovým **akumulačním zásobníkem** pro snížení potřebného výkonu a cirkulací teplé vody v budově. Podíl tepelných ztrát cirkulací teplé vody byl uvažován 50 % u všech typových budov, kromě školního objektu (30 %, vypínání cirkulace v noci, nepoužití TV v učebnách).

Všechny objekty jsou **nuceně větrané** prostřednictvím centrálních vzduchotechnických systémů **se zpětným získáváním tepla** s účinností min. 70 %. V případě nulové obsazenosti se neuvažuje větrání, tj. intenzita větrání 0 h⁻¹. Měrný příkon ventilátorů *SFP* se uvažuje 2750 Ws/m³.

Osvětlení typu LED se uvažuje ve všech typových budovách.

Strojní chlazení se v budovách **obecně neuvažuje**, nicméně pro odhad vlivu na spotřebu elektrické energie je alternativně vyčísleno. Pro tuto variantu výpočtu jsou uvažovány lokální systémy chlazení (centrální klimatizační jednotka pro budovu) s průměrnou účinností distribuce chladu 95 % a účinností sdílení chladu 87 % a tím se výsledky bilance drží na straně bezpečnosti. Výpočet potřeby a dodávky chladu je citlivý na orientaci a velikost prosklených otvorových výplní, což v dané fázi studie bylo pouze odhadnuto. Uvedené nastavení parametrů technických systémů umožňuje splnit požadavek NZEB II v ukazateli celkové dodané energie ve třídě energetické náročnosti budovy A až C.

3.1.3. Potřeby energie budov

Z výsledků výpočtu energetické náročnosti vybraných typových budov byla odvozena měrná čísla, která slouží pro energetickou bilanci budov celého areálu čtvrti. **Měrná čísla energetických potřeb** jako dodané teplo pro vytápění, pro přípravu teplé vody, dodaný chlad pro chlazení a dodaná elektrická energie pro osvětlení a větrání jsou uvedena v Tab. 3.2. Dodatečné spotřeby elektrických spotřebičů, přičítané ke spotřebě elektrické energie technických systémů pro realistické hodnocení energetické náročnosti čtvrti, byly zvoleny následovně: u obytných zón a školních budov +10 kWh/m².rok, u komerčních či administrativních prostor +20 kWh/m².rok.

Tab. 3.2 Výsledky výpočtu měrných hodnot dodávky energie pro typové budovy

Typová budova	Vytápění	Příprava TV	Chlazení	Elektrická energie
	q_H [kWh/m ³ .rok]	q_W [kWh/m ² .rok]	q_C [kWh/m ³ .rok]	q_E [kWh/m ² .rok]
A1	17.5	29.2	1.8	9.5
A2	12.4	20.3	2.7	11.3
B1	14.8	28.2	1.9	9.3
B2	12.1	19.6	2.6	10.4
C	9.9	15.2	3.3	14.2
S	6.9	6.9	0.4	5.7

3.1.4. Tepelné výkony budov

Měrné tepelné výkony (viz Tab. 3.3) byly stanoveny různými způsoby. Měrné tepelné výkony pro vytápění byly stanoveny z hodnot tepelné ztráty budovy (pro výpočtový teplotní rozdíl v dané oblasti), vztažené na 1 m³ obestavěného prostoru. Měrný tepelný výkon pro přípravu teplé vody byl stanoven metodou křivek odběru a dodávky tepla v souladu s ČSN 12831-3 [9] při použití typických hodinových profilů odběru teplé vody během dne v uvažovaných typových domech a související ztráty tepla v rozvodech. Pro ubytovací kapacity bylo uvažováno se spotřebou teplé vody 35 l/os.den, pro školská zařízení 5 l/os.den a pro administrativu a komerční prostory 0.1 l/m².den. Měrný tepelný výkon pro přípravu teplé vody byl vztažen na osobu. Měrné výkony pro chlazení byly převzaty z obdobných již řešených projektů budov s nízkou energetickou náročností, kde výkony pro chlazení byly zjištěny podrobnou počítačovou simulací s upravenými podmínkami oproti studii [1] (nedokonalé stínění žaluziemi).

Tab. 3.3 Výsledky výpočtu měrných hodnot výkonů pro typové budovy

Typová budova	Vytápění	Příprava TV	Chlazení
	ϕ_H [W/m ³]	ϕ_W [kW/os]	ϕ_C [W/m ³]
A1	8.3	0.8	2.8
A2	6.8	0.8	2.2
B1	7.3	0.8	6.0
B2	6.6	0.8	2.8
C	5.4	0.4	2.8
S	3.9	0.1	2.2

3.1.5. Plocha FV systému

V rámci bilancování energetické náročnosti budov je zásadním ukazatelem potřeba neobnovitelné primární energie *NPE*, která ovlivňuje zařazení budovy do určité energetické třídy. Potřebu neobnovitelné primární energie ovlivňuje významně volba zdroje tepla (obnovitelný, neobnovitelný), a zároveň velikost fotovoltaického pole na budově. Produkce obnovitelné elektrické energie fotovoltaickým systémem je nejsnadnějším způsobem, jak snížit potřebu neobnovitelné primární energie při hodnocení energetické náročnosti budov. V Tab. 3.4 je uvedena náročnost typových budov na instalaci FV systému při uvažování dvou obecných variant centrálního zdroje tepla

- **CZT (OZE) - obnovitelný:** soustava zásobování teplem s více než 80 % energie z obnovitelných zdrojů (např. biomasa) s faktorem neobnovitelné primární energie $f_{NPE} = 0.2$,
- **CZT (EFF) - účinný:** účinná soustava zásobování teplem (tepelné čerpadlo, kogenerační jednotka s využitím tepla nad 75 %) s faktorem neobnovitelné primární energie $f_{NPE} = 0.9$,

a každý ve dvou podvariantách: bez chlazení (bez CHL), s chlazením (s CHL). Fotovoltaický systém se pro účely výpočtu energetické náročnosti budov uvažuje s referenční účinností FV modulů na úrovni **20 %** a s celkovou účinností systému 16 % (výkonový faktor 0,8 podle ČSN EN 15316-4-3 [10]). Sklon FV modulů se uvažuje 15° s jižní orientací. Orientace východ-západ, která nabízí větší využití plochy střechy, avšak menší produkci z 1 m² FV modulů, nebyla v této analýze uvažována. Nebylo také uvažováno stínění FV modulů okolními budovami.

Tab. 3.4 Náročnost typových budov na instalaci plochy FV systému podle variant zdrojů tepla [m²/m³] pro splnění požadavku NZEB II

Typová budova	CZT (OZE) bez CHL	CZT (OZE) s CHL	CZT (EFF) bez CHL	CZT (EFF) s CHL
A1	0	0	0.014	0.019
A2	0	0	0.005	0.010
B1	0	0	0.009	0.012
B2	0	0	0.001	0.007
C	0	0	0.005	0.010
S	0	0	0.006	0.007

Tab. 3.5 Náročnost typových budov na instalaci plochy FV systému podle variant zdrojů tepla [m²/m³] pro dosažení energetické třídy A

Typová budova	CZT (OZE) bez CHL	CZT (OZE) s CHL	CZT (EFF) bez CHL	CZT (EFF) s CHL
A1	0	0	0.024	0.028
A2	0	0	0.012	0.018
B1	0	0	0.017	0.021
B2	0	0	0.010	0.015
C	0	0.001	0.010	0.017
S	0	0	0.013	0.015

3.2. Bilance čtvrti

3.2.1. Budovy

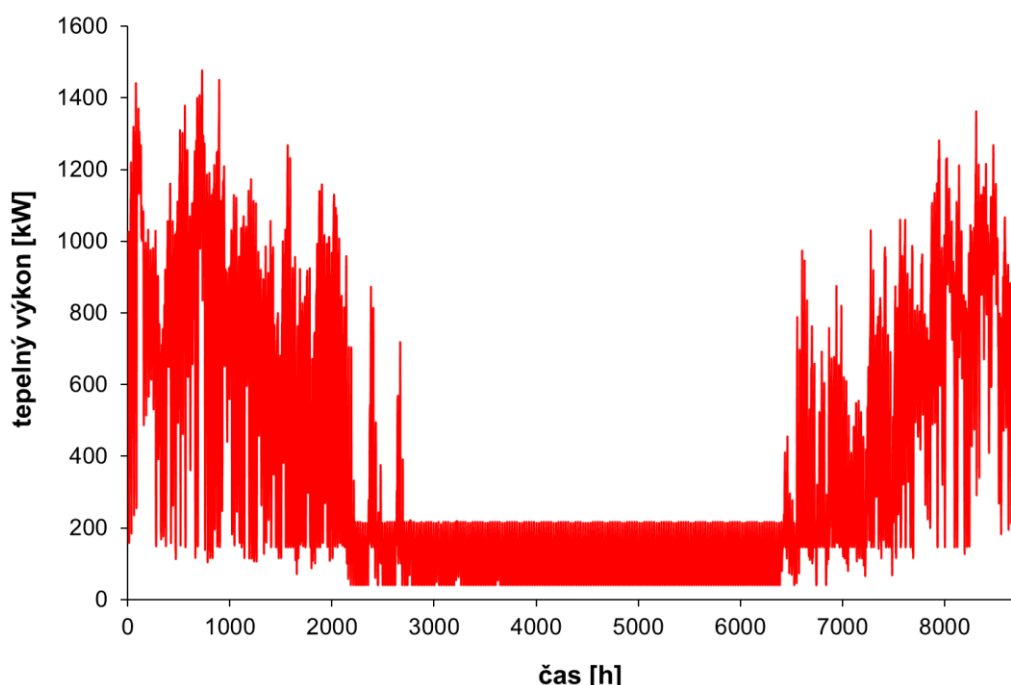
Přepočtem výsledků hodinové energetické bilance pro typové budovy na budovy v celém areálu, na základě jejich objemu, energeticky vztažné plochy či počtu osob byly získány bilance potřebné dodávky tepla a elektrické energie do budovy v celé čtvrti. Z výpočtu maximálních hodnot výkonu pro vytápění (tepelná ztráta pro -12 °C) a pro přípravu teplé vody (krytí odběrové špičky) byl stanoven přípojný tepelný výkon budov. Z měrné náročnosti výše uvedených variant na neobnovitelnou primární energii byla stanovena potřebná velikost FV systémů na budovách.

Dodávka tepla na vytápění a přípravu teplé vody do budov čtvrti je **3 449 MWh/rok**. Dodávka tepla se mezi energetickou třídou budov C a A

neliší, neboť z pohledu stavebních konstrukcí a technických systémů se jedná o stejné budovy. Energetická třída je nakonec dána pouze volbou zdroje tepla a velikostí FV systému.

Potřeba elektrické energie budov čtvrti je **1 401 MWh/rok** včetně zahrnutí elektrické energie pro domácí spotřebiče. V případě zahrnutí lokálního chlazení v budovách se potřeba elektrické energie zvýší na **1 648 MWh/rok**.

Celkový přípojný tepelný výkon budov ve čtvrti pro zajištění vytápění a přípravy teplé vody byl stanoven **1 497 kW**. V rámci hodinové bilance byly stanoveny hodinové tepelné výkony všech budov v areálu s tím, že v daném typu budov byl odběr vždy poloviny budov posunut o jednu hodinu pro zohlednění reálné nesoučasnosti odběru tepla (různá orientace budov, různé chování obyvatel). Na Obr. 3.1 je zobrazen hodinový průběh odběrového tepelného výkonu celé čtvrti. Pro srovnání s celkovým přípojným výkonem, maximální potřebný výkon vyplývající hodinové bilance vytápění a přípravy teplé vody všech budov v areálu je 1 476 kW.



Obr. 3.1 Průběh odběrového tepelného výkonu čtvrti během roku

V Tab. 3.6 jsou uvedeny celkové potřebné plochy FV systémů všech budov čtvrti, které je nutné umístit pro splnění požadavků na energetickou třídu NZEBII (minimální požadavek) a energetickou třídu A. Celková plocha FV modulů, kterou lze na střechu budov umístit je cca **14 600 m²** při uvažování sklonu 15° a jižní orientace. Poměr mezi plochou fotovoltaických modulů a půdorysnou plochou střechy pro jejich instalaci byl uvažován na úrovni 0,6. Hodnota vyplývá ze zvoleného sklonu modulů řazených za sebou při omezení vzájemného stínění v poledne o zimním slunovratu. Z výsledků výpočtu vyplývá, že potřebnou plochu FV systémů pro splnění požadavku NZEBII či požadavku energetické třídy A **lze umístit na střechy** budov v areálu.

Tab. 3.6 Potřeba plochy FV systém na budovách pro splnění požadavku na NPE pro danou energetickou třídu a variantu centrálního zdroje tepla

Typová budova	CZT (OZE) bez CHL	CZT (OZE) s CHL	CZT (EFF) bez CHL	CZT (EFF) s CHL
NZEB II	0 m ²	0 m ²	1112 m ²	2061 m ²
	0 %	0 %	8 %	14 %
třída A	0 m ²	40 m ²	2830 m ²	3734 m ²
	0 %	0.3 %	19 %	26 %

3.2.2. Veřejné osvětlení

Odhad spotřeby elektrické energie veřejného osvětlení vycházel z odhadnuté délky tras pro automobily a pěší v areálu čtvrti 3760 m. Při rozestupu veřejného osvětlení 50 m je potřeba cca 74 ks svítidel o průměrném elektrickém příkonu 100 W (podle typu, výšky, technologie apod.). Při roční uvažované době provozu veřejného osvětlení 4060 h se jedná o spotřebu elektrické energie **30 MWh/rok**.

3.2.3. Elektromobilita

V areálu je v souladu s architektonickou studií [3] uvažováno s 876 parkovacími místy. Tento údaj bude v dalších fázích upřesňován, zejména z pohledu celkové koncepce řešení mobility ve čtvrti (carsharing), umístění parkování (možnost parkovacího domu) apod. Podle vyhlášky 266/2021 Sb. [11] by budovy měly mít minimálně přípravu pro budoucí instalaci dobíjecích stanic. Každé parkovací místo v novém bytovém domě s více než 10 parkovacími místy by mělo mít možnost instalace vlastní dobíjecí stanice. Pro účely náhledu na náročnost vybavení parkovacích stání minimálním elektrickým připojením pro noční dobíjení elektromobilů byla uvažována vybavenost dobíjením pouze na **polovině** parkovacích míst.

Minimální příkon jednoho dobíjecího místa (dobíjecí stanice pro residentní nabíjení) je uvažován 3.6 kW (16A zásuvka), celkový instalovaný příkon pro dobíjecí stanice je **1 576 kW**. Při dynamickém řízení výkonu lze regulovat aktuální odběr dobíjecích stanic tak, aby nedocházelo k překročení limitů příkonu. To může na druhou stranu znamenat i možnost celkového snížení instalovaného příkonu (nesoučasnost nabíjení).

Při průměrné denní spotřebě elektromobilu 7 kWh/den [12] (nabíjení cca 2 hodiny dobíjecím příkonem 3.6 kW) se jedná o roční potřebu elektrické energie **1 120 MWh/rok** pouze pro účely mobility. Spotřeba elektrické energie pro dobíjení elektromobilů ve čtvrti je tak srovnatelná se spotřebou elektrické energie všech budov.

4. ENERGETICKY PLUSOVÁ ČTVRŤ

V rámci projektu ASCEND [6] jsou zkoumány možnosti, jak dosáhnout ve výstavbovém projektu HMP v Dolních Počernicích cíle energeticky čisté plusové čtvrti (positive clean energy district, PCED) při současně nulové náročnosti na emise CO₂. Cílem této kapitoly je proto ukázat, jaké zdroje

energie umožňují naplnit definici energeticky plusové čtvrti a jaký to má rámcový dopad na investiční a provozní náklady čtvrti.

4.1. Definice

V současné době již existuje řada konceptů pro hodnocení územních částí či městských čtvrtí s významným podílem OZE na produkci a na dodávce energie. Názvy konceptů zpravidla napovídají, jaký byl použit postup pro stanovení nulové nebo plusové bilance energie či emisí CO₂ dané čtvrti. Jedná se například o emisně nulová sousedství (ZEN – zero emission neighbourhood), energeticky nulové čtvrti (ZED – zero energy district) či energeticky plusové čtvrti (PED – positive energy district). Definice nejsou jednotné, žádná proto zatím není ani ukotvena v evropské legislativě. Projekty podpořené ve výzvě Horizon 2020 zpravidla využívají vlastní definici, ke které pak odkazují demonstrační projekty. Právě definování okrajových podmínek výpočtu a energetické bilance může mít významný dopad na podobu budoucích energetických řešení. Definice PCED v rámci projektu ASCEND zatím **není ustálena**, proto další výpočty vycházejí z obecných definic „plusovosti“ čtvrti na základě dvou sledovaných kritérií: neobnovitelná primární energie *NPE* a emise CO₂.

4.1.1. Energeticky plusová čtvrť

Základní přístup pro definování energeticky plusových čtvrtí využívá bilanci spotřeby a produkce energie v ročním rozlišení, kde toky energie přes hranici čtvrti jsou násobeny váhovými faktory. Jednou z možností je tak posuzovat energeticky plusové čtvrti na základě **bilance neobnovitelné primární energie *NPE***, která jako váhové faktory používá faktory neobnovitelné primární energie (konverzní faktory)

$$\sum_i E_{e,i} \cdot F_{NPE,e,i} - \sum_i E_{d,i} \cdot F_{NPE,d,i} > 0$$

kde je

$E_{d,i}$ energie v energonositeli i dodaná (delivered) přes hranice do čtvrti [MWh/rok];

$E_{e,i}$ energie v energonositeli i vydaná (exported) přes hranice ze čtvrti [MWh/rok];

$F_{NPE,i}$ faktor neobnovitelné primární energie energonositelů i [MWh/MWh].

Pokud je výsledná bilance větší než nula, jedná se o energeticky plusovou čtvrť z pohledu neobnovitelné primární energie. Konverzní faktory jsou závislé na energetickém mixu a náročnosti dodávky jednotlivých energonositelů. V ČR se používají konverzní faktory v souladu s vyhláškou 264/2020 Sb. [5].

4.1.2. Emisně plusová čtvrť

Další možností je hodnocení na základě roční **bilance svázané produkce a úspory emisí CO₂** při použití emisních faktorů podle vztahu

$$\sum_i E_{e,i} \cdot F_{CO_2,e,i} - \sum_i E_{d,i} \cdot F_{CO_2,d,i} > 0$$

kde je

$E_{d,i}$ energie v energonositeli i dodaná (delivered) přes hranice do čtvrti [MWh/rok];

$E_{e,i}$ energie v energonositeli i vydaná (exported) přes hranice ze čtvrti [MWh/rok];

$F_{CO_2,i}$ emisní faktor energonositelů i [tCO₂/MWh].

Pokud je výsledná bilance větší než nula, jedná se o uhlíkově plusovou čtvrt' či emisně plusovou čtvrt'. Hodnoty emisních faktorů jsou pro ČR uvedeny ve vyhlášce 141/2021 Sb. [13].

4.2. Zdroje tepla

Pro rozhodování o koncepci centrálního energetického zdroje pro areál čtvrti výstavbového projektu Dolní Počernice (etapa II) byly analyzovány různé varianty:

- BIO: kotelna na biomasu;
- KGJ: kogenerační jednotka (základní zdroj) a plynová kotelna (špičkový zdroj);
- ZTČ: tepelná čerpadla země-voda.

Celkový instalovaný tepelný výkon zdroje tepla se uvažuje **1 500 kW**.

Pro analýzy s centrálním zdrojem tepla byla odhadnuta délka rozvodů tepla v bezkanálovém provedení pro jednotlivé budovy se stanovenými přípojnými výkony. Délka rozvodů v areálu je uvažována 1900 m. Předpokládá se instalace bezkanálově uloženého potrubí (ocelová trubka, izolace na bázi polyuretanu, 0.03 W/mK) do výkopu. Soustava centralizovaného zásobování teplem (CZT) je uvažována s návrhovým teplotním rozdílem 30 K jako nízkoteplotní rozvod 60/30 °C. Související energetické ztráty (ztráty tepla) rozvodu jsou uvažovány na úrovni 5 % z dodaného tepla.

4.2.1. Kotelna na biomasu (BIO)

Varianta předpokládá kotelnu na spalování biomasy, ze které jsou zásobovány budovy areálu nízkoteplotním teplovodem do výměňkových stanic pro vytápění a přípravu teplé vody. Zdroj tepla na biomasu je obecně nejvýhodnějším zdrojem tepla jak z pohledu neobnovitelné primární energie (nízký konverzní faktor pro biomasu), tak z pohledu emisí CO₂ (emisně neutrální). Předpokládá se nasazení kaskády alespoň dvou kotlů, každý o výkonu 750 kW. Jeden je určen pro spalování dřevní štěpky a druhý pro spalování odpadní biomasy pro diverzifikaci palivové základny. Výhřevnost dřevní štěpky je uvažována 14 GJ/t, výhřevnost odpadní biomasy 10 GJ/t paliva. Pro oba zdroje tepla byla uvažována celková účinnost 85 %.

4.2.2. Kogenerační jednotka (KGJ)

Varianta předpokládá centrální plynovou kotelnu s kogenerační jednotkou a plynovými kotli, ze které jsou zásobovány budovy areálu nízkoteplotním teplovodem do výměňkových stanic pro vytápění a přípravu teplé vody. Kogenerační jednotka spalující zemní plyn produkuje při provozu elektrickou energii a teplo. Návrh kogenerační jednotky ve spolupráci s plynovou kotelnou jako špičkovým zdrojem tepla umožňuje celoroční dodávku tepla a elektrické energie pro soubor budov ve čtvrti.

Předpokládá se instalace kogenerační jednotky s výkonem 600 kW_t a dalších dvou plynových kotlů 2 x 450 kW v kaskádě. Elektrický výkon kogenerační

jednotky je uvažován 430 kW_e. Z hodinové bilance vyplývá provoz kogenerační jednotky v základním režimu s dobou proběhu cca 4500 h/rok. Tím je zároveň splněna podmínka dodávky 75 % tepla do areálu čtvrti z kombinované výroby tepla a elektřiny pro naplnění definice účinné soustavy zásobování tepelnou energií podle zákona 165/2012 Sb. [14]. Provozní celková účinnost kogenerační jednotky je uvažována 85 %, účinnost plynových kotlů 85 % (vztaženo v obou případech ke spalnému teplu).

4.2.3. Tepelná čerpadla země-voda (ZTČ)

Varianta předpokládá centrální zdroj tepla s tepelnými čerpadly země-voda, ze kterého jsou zásobovány budovy areálu nízkoteplotním teplovodem do výměníkůvých stanic pro vytápění a přípravu teplé vody. Tepelné čerpadlo země-voda přečerpává obnovitelné teplo ze zemního masivu na využitelnou teplotní úroveň. Pro hodnocení bylo uvažováno elektricky poháněné tepelné čerpadlo.

Předpokládá se instalace 3 tepelných čerpadel v kaskádě po 500 kW (při B0/W60), napojených na pole zemních sond realizovaných v blízkosti zdroje tepla. Roční provozní topný faktor COP tepelného čerpadla se uvažuje na úrovni 2.9. Délka zemních sond byla odvozena ze jmenovitého výkonu tepelných čerpadel, přepočtu na výkon odebíraný tepelnými čerpadly ze země a z průměrného výkonu zemních sond 50 W/m. Celková potřeba zemních sond je 20 km, při průměrné hloubce sondy cca 150 m se jedná o celkem 133 sond. To znamená pole sond o půdorysu cca 160 x 160 m.

4.3. Energetická bilance PCED

Pro bilancování toků energie a emisí za účelem dosažení energeticky či emisně plusové roční bilance bylo uvažováno základní nastavení spotřeb a dodávek energie areálu čtvrti, jak vyplynulo z kapitoly 3:

celková dodávka tepla do budov (včetně ztrát tepla v rozvodech teplovodu):

3 621 MWh/rok

celková dodávka elektrické energie do budov:

1 401 MWh/rok

celková dodávka elektrické energie pro veřejné osvětlení:

30 MWh/rok

Pro podrobnější bilancování jsou využity hodinové údaje o dodávce tepla do budov v areálu z výpočtu energetické náročnosti budov (software ENERGIE). Pro účely definování hodinových spotřeb elektrické energie ve čtvrti byly použity normalizované typové diagramy dodávky elektrické energie TDD4 (budovy bez elektrického ohřevu) a TDD8 (veřejné osvětlení) [15]. Pro bilancování produkce FV systémů v hodinovém kroku byla použita zjednodušená metoda vycházející z referenční účinnosti FV modulů (20 %), výkonového faktoru (0,8), celkové plochy FV modulů a hodinových údajů o slunečním ozáření G [W/m²]. Podrobnější bilance s hodinovým krokem ukazuje na realistické využití místní produkce elektrické energie kogenerační jednotkou a FV systémy v rámci čtvrti. Pro bilanční hodnocení byly uvažovány váhové faktory: konverzní faktory NPE [5] a emisní faktory [13], viz Tab. 4.1.

Tab. 4.1 Váhové faktory bilance PCED [5, 13]

Energonositel	F_{NPE} [MWh/MWh]	F_{CO_2} [t CO ₂ /MWh]
Biomasa	0.1	0.00
Zemní plyn	1.0	0.20
Elektrická energie	2.6	0.86

4.3.1. Bilance NPE

Pro stanovení roční bilance neobnovitelné primární energie čtvrti byly použity faktory neobnovitelné primární energie z vyhlášky 264/2020 Sb. [5]. Faktory *NPE* pro relevantní energonositele jsou uvedeny v Tab. 4.1. Bilance *NPE* je provedena pro jednotlivé varianty zdrojů tepla v Tab. 4.2 až 4.4 s tím, že energie importovaná do areálu čtvrti je uvažována jako záporná, energie exportovaná z areálu čtvrti je uvažována jako kladná.

Tab. 4.2 Bilance *NPE* pro zdroj tepla: kotelná s kotli na biomasu (BIO)

Energonositel	Energie [MWh/rok]	F_{NPE} [MWh/MWh]	<i>NPE</i> [MWh/rok]
Biomasa (spotřeba zdroje)	-4 260	0.1	-426
Elektrická energie (spotřeba budovy)	-1 431	2.6	-3 721
Elektrická energie (výroba FV, 8 400 m ²)	1 600	2.6	4 160
Celkem			+14

Tab. 4.3 Bilance *NPE* pro zdroj tepla: plynová kotelná s kogenerační jednotkou (KGJ)

Energonositel	Energie [MWh/rok]	F_{NPE} [MWh/MWh]	<i>NPE</i> [MWh/rok]
Zemní plyn (spotřeba kogenerace)	-5 422	1.0	-5 422
Zemní plyn (spotřeba plynové kotle)	-1 080	1.0	-1 080
Elektrická energie (spotřeba budovy)	-1 431	2.6	-3 721
Elektrická energie (výroba KGJ)	1 937	2.6	5 037
Elektrická energie (výroba FV, 10 500 m ²)	2 000	2.6	5 201
Celkem			+15

Tab. 4.4 Bilance *NPE* pro zdroj tepla: tepelná čerpadla země-voda (ZTČ)

Energonositel	Energie [MWh/rok]	F_{NPE} [MWh/MWh]	<i>NPE</i> [MWh/rok]
Elektrická energie (spotřeba zdroje)	-1 249	2.6	-3 246
Elektrická energie (spotřeba budovy)	-1 431	2.6	-3 721
Elektrická energie (výroba FV, 14 100 m ²)	2 686	2.6	6 984
Celkem			+16

Pro dosažení **energeticky plusové bilance čtvrti** je zapotřebí pro dané nastavení zdrojů tepla různá celková plocha FV systémů, a z toho vyplývá různé realistické využití jejich produkce pro krytí potřeby. Pro **variantu BIO** je potřeba 8 400 m² FV modulů (1 680 kW_p). Roční produkce FV systému kryje zhruba 42 % potřeby elektrické energie a využití produkce je cca 37 %, zbylá část je exportována do rozvodné sítě. Pro **variantu KGJ** je potřeba 10 500 m² FV modulů (2 100 kW_p). Roční produkce samotných FV systémů kryje pouze 13 % potřeby elektrické energie a využití produkce FV je jen 9 %, zbylá část produkce FV je exportována do sítě. Je to dáno provozem kogenerační jednotky jako základního zdroje tepla (a elektrické energie) v areálu čtvrti. Nicméně celkové pokrytí potřeby elektrické energie v areálu kombinací kogenerační jednotky a FV systému je 92 %, využití její roční produkce je však pouze 33 %, zbylá část je exportována do rozvodné sítě. Ve **variantě ZTČ** je potřeba celkem 14 100 m² FV modulů (2 820 kW_p). Roční produkce FV systémů kryje zhruba 31 % potřeby elektrické energie a využití produkce je také cca 31 %, zbylá část je exportována do rozvodné sítě.

Maximální možná plocha FV modulů, kterou je možné instalovat na budovy v areálu čtvrti je 14 600 m² (sklon 15°, jižní orientace), tzn. **všechny varianty jsou technicky realizovatelné**.

4.3.2. Bilance CO₂

Pro stanovení roční bilance emisí CO₂ čtvrti byly použity emisní faktory z vyhlášky 141/2021 Sb. [13]. Emisní faktory CO₂ pro relevantní energonositele jsou uvedeny v Tab. 4.1. Bilance emisí CO₂ je provedena pro jednotlivé varianty zdrojů tepla v Tab. 4.5 až 4.7 s tím, že emise CO₂ svázané s importem energie do areálu čtvrti jsou uvažovány jako záporné, emise svázané s exportem energie z areálu čtvrti jsou uvažovány jako kladné.

Tab. 4.5 Bilance emisí CO₂ pro zdroj tepla: kotelná s kotli na biomasu (BIO)

Ergonositel	Energie [MWh/rok]	F _{CO2} [MWh/MWh]	Emise [tCO ₂ /rok]
Biomasa (spotřeba zdroje)	-4 260	0.00	0
Elektrická energie (spotřeba budovy)	-1 431	0.86	-1 231
Elektrická energie (výroba FV, 7 550 m ²)	1 438	0.86	1 237
Celkem			+6

Tab. 4.6 Bilance emisí CO₂ pro zdroj tepla: plynová kotelná s kogenerační jednotkou (KGJ)

Ergonositel	Energie [MWh/rok]	F _{CO2} [MWh/MWh]	Emise [tCO ₂ /rok]
Zemní plyn (spotřeba kogenerace)	-5 422	0.20	-1 084
Zemní plyn (spotřeba plynové kotle)	-1 080	0.20	-216
Elektrická energie (spotřeba budovy)	-1 431	0.86	-1 231
Elektrická energie (výroba KGJ)	1 937	0.86	1 666
Elektrická energie (výroba FV, 5 300 m ²)	1 010	0.86	868
Celkem			+3

Tab. 4.7 Balance emisí CO₂ pro zdroj tepla: tepelná čerpadla země-voda (ZTČ)

Energonositel	Energie [MWh/rok]	F _{CO2} [MWh/MWh]	Emise [tCO ₂ /rok]
Elektrická energie (spotřeba zdroje)	-1 249	0.86	-1 074
Elektrická energie (spotřeba budovy)	-1 431	0.86	-1 231
Elektrická energie (výroba FV, 14 100 m ²)	2 686	0.86	2 310
Celkem			+5

Pro dosažení **emisně plusové balance čtvrti** je zapotřebí pro dané nastavení zdrojů tepla různá celková plocha FV systémů a z toho vyplývá různé realistické využití jejich produkce pro krytí potřeby. Pro **variantu BIO** je potřeba 7 550 m² FV modulů (1 510 kW_p). Roční produkce FV systémů kryje zhruba 41 % potřeby elektrické energie a využití produkce je cca 40 %, zbylá část je exportována do rozvodné sítě. Pro **variantu KGJ** je potřeba pouze 5 300 m² FV modulů (1 060 kW_p). Roční produkce samotných FV systémů kryje pouze 12 % potřeby elektrické energie a využití produkce FV je jen 18 %, zbylá část produkce FV je exportována do sítě. Je to dáno provozem kogenerační jednotky jako základního zdroje tepla (a elektrické energie) v areálu čtvrti. Nicméně celkové pokrytí potřeby elektrické energie v areálu kombinací kogenerační jednotky a FV systému je 92 %, využití jejich roční produkce je 45 %, zbylá část je exportována do rozvodné sítě. Ve **variantě ZTČ** je potřeba celkem 14 100 m² FV modulů (2 820 kW_p). Roční produkce FV systémů kryje zhruba 31 % potřeby elektrické energie a využití produkce je také cca 31 %, zbylá část je exportována do rozvodné sítě (výsledky stejné jako u balance NPE).

Maximální možná plocha FV modulů, kterou je možné instalovat na budovy v areálu čtvrti je 14 600 m² (sklon 15°, jižní orientace), tzn. **všechny varianty jsou technicky realizovatelné**.

4.4. Ekonomické parametry

Pro další rozhodování o variantách zdroje tepla je provedena také ekonomická bilance, která na jedné straně stanovuje rámcové investiční náklady *IN* na základě měrných nákladů na technologie a na druhé straně roční provozní náklady *PN*, které sestávají z nákladů na energie a paliva a z nákladů na údržbu technologických zařízení včetně dálkové obsluhy a revizí. Pro hodnocení provozních nákladů na energie byly uvažovány ceny energií podle Tab. 4.8.

Tab. 4.8 Ceny energií uvažované v ekonomickém porovnání, bez DPH

Energonositel	Cena
Biomasa (dřevní štěpka)	1500 Kč/t
Biomasa (odpadní)	750 Kč/t
Zemní plyn	2 Kč/kWh
Elektrická energie (nákup)	5 Kč/kWh
Elektrická energie (prodej)	2 Kč/kWh

4.4.1. Teplovod

Všechny uvažované zdroje tepla předpokládají teplovod v teplotní úrovni 60/30 °C v celkového délce 1 900 m, napojený v jednotlivých budovách

na předávací stanice. Investiční náklad na realizaci rozvodu tepla byl uvažován 15 000 Kč bez DPH/m výkopu. V jednotlivých budovách (90 budov) byly uvažovány výměňkové stanice s nákladem 2 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu. Celkový náklad na infrastrukturu CZT je 28 680 tis. Kč bez DPH. Tento investiční náklad se opakuje ve všech variantách zdroje tepla.

4.4.2. Kotelna na biomasu (BIO)

Varianta předpokládá centrální kotelnu na biomasu s jedním kotlem na dřevní štěpku (750 kW) a jedním kotlem na odpadní biomasu (750 kW). Potřebný špičkový výkon FV systémů je 1 680 kW_p (hodnocení podle NPE) nebo 1 510 kW_p (hodnocení podle CO₂).

Pro stanovení rámcových investičních nákladů bylo uvažováno s měrnými náklady na kotelnu na biomasu úrovni 10 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu kotle na štěpku a 15 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu kotle na odpadní biomasu. Náklady zahrnují veškerou technologii, komín, akumulace, armatury, skládka paliva, elektroinstalaci, montáž a dopravu, nicméně nezahrnují stavební náklady na budovu. Měrná cena FV systémů byla uvažována jednotně 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.9.

Tab. 4.9 Rozklad investičních nákladů pro zdroj tepla: kotelna s kotli na biomasu (BIO), bez DPH

Položka	Náklad (NPE) [tis. Kč]	Náklad (CO ₂) [tis. Kč]
CZT: teplovod, výměňkové stanice	28 680	
Kotelna na biomasu (dřevní štěpka)	7 500	
Kotelna na biomasu (odpadní biomasa)	11 250	
Fotovoltaické systémy	50 400	45 300
Celkem	97 830	92 730

Provozní náklady na energie (viz Tab. 4.10) pro variantu s kotelnou na biomasu byly stanoveny na základě dodané energie: 50 % dřevní štěpka (548 tun paliva), 50 % odpadní biomasa (767 tun paliva). Do provozních nákladů byly zahrnuty i náklady na nákup a prodej elektrické energie pro celou čtvrť (potřeba budov, veřejného osvětlení, prodej přebytků). Nákup elektrické energie ze sítě je uvažován 834 MWh / 856 MWh (NPE/CO₂), prodej elektrické energie do sítě je uvažován 1003 MWh / 849 MWh (NPE/CO₂).

Tab. 4.10 Rozklad provozních nákladů pro zdroj tepla: kotelna s kotli na biomasu (BIO), bez DPH

Položka	Náklad (NPE) [tis. Kč/rok]	Náklad (CO ₂) [tis. Kč/rok]
Náklady palivo (dřevní štěpka)	822	822
Náklady palivo (odpadní biomasa)	575	575
Elektrická energie (nákup)	4 170	4 280
Elektrická energie (prodej)	-2 006	-1 698
Servisní náklady (kotelna)	500	500
Servisní náklady na FV systémy	900	900
Celkem	4 961	5 379

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize, běžná údržba) na úrovni 500 tis. Kč/rok pro kotelnu na biomasu. Pro FV systémy byly

uvažovány roční servisní náklady na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do 100 kW_p (všechny místní FV systémy na budovách).

4.4.3. Kogenerační jednotka (KGJ)

Varianta předpokládá centrální plynovou kotelnu s kogenerační jednotkou 430 kW_e / 600 kW_t a plynovými kotli 2 x 450 kW_t. Potřebný špičkový výkon FV systémů je 2 100 kW_p (hodnocení podle NPE) nebo 1 060 kW_p (hodnocení podle CO₂).

Pro stanovení rámcových investičních nákladů byla uvažována měrná cena instalace kogenerační jednotky na úrovni 25 000 Kč/kW elektrického výkonu. Náklady zahrnují motorgenerátor, spalínové výměníky, komín, elektroinstalaci, chladič technologického okruhu, neutralizační box, rozvaděč pro distribuční řízení včetně měření, montáž a dopravu. Pro stanovení rámcových investičních nákladů na zbylou technologii bylo uvažováno s měrnými náklady na plynovou kotelnu na úrovni 5 000 Kč bez DPH/kW instalovaného výkonu kotlů. Náklady zahrnují veškerou technologii, komín, armatury, elektroinstalaci, montáž a dopravu, nicméně nezahrnují stavební náklady. Dále jsou uvažovány náklady na regulační a redukční stanici na úrovni cca 1 mil. Kč bez DPH. Náklady na plynovou přípojku nebyly zahrnuty. Měrná cena FV systémů byla uvažována 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.11.

Tab. 4.11 Rozklad investičních nákladů pro zdroj tepla: kogenerační jednotka s plynovými kotli (KGJ), bez DPH

Položka	Náklad (NPE) [tis. Kč]	Náklad (CO ₂) [tis. Kč]
CZT: teplovod, výměníkové stanice	28 680	
Regulační stanice ZP	1 000	
Kogenerační jednotka	10 750	
Plynové kotle	4 500	
Fotovoltaické systémy	63 000	31 800
Celkem	107 930	76 730

Provozní náklady na energie (viz Tab. 4.12) pro variantu s kogenerační jednotkou a s plynovými kotli byly stanoveny na základě předpokládané spotřeby zemního plynu, která je pro celý areál 6 502 MWh/rok. Do provozních nákladů byly zahrnuty i náklady na nákup a prodej elektrické energie pro celou čtvrť (potřeba budov, veřejného osvětlení, prodej přebytků). Nákup elektrické energie ze sítě je uvažován pouze 112 MWh / 117 MWh (NPE/CO₂), prodej elektrické energie do sítě je uvažován 2619 MWh / 1633 MWh (NPE/CO₂).

Tab. 4.12 Rozklad provozních nákladů pro zdroj tepla: kogenerační jednotka s plynovými kotli (KGJ), bez DPH

Položka	Náklad (NPE) [tis. Kč/rok]	Náklad (CO ₂) [tis. Kč/rok]
Zemní plyn	13 004	13 004
Elektrická energie (nákup)	560	585
Elektrická energie (prodej)	-5 238	-3 266
Servisní náklady (kogenerační jednotka)	581	581
Servisní náklady (kotelna)	200	200
Servisní náklady na FV systémy	900	900

Celkem	10 007	12 004
---------------	---------------	---------------

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 200 tis. Kč/rok pro plynovou kotelnu. Pro kogenerační jednotku byly uvažovány servisní náklady na úrovni 0.3 Kč/kWh produkované elektrické energie. Pro FV systémy byly uvažovány roční servisní náklady na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do 100 kW_p (všechny místní FV systémy na budovách).

4.4.4. Tepelná čerpadla země-voda (ZTČ)

Varianta předpokládá centrální zdroj s kaskádou tepelných čerpadel země-voda o výkonech 3 x 500 kW (při B0/W60) a celkem 20 km zemních sond. Potřebný špičkový výkon FV systémů je 2 820 kW_p pro oba způsoby hodnocení (NPE, CO₂). Pro stanovení investičních nákladů byla uvažována měrná cena instalace tepelného čerpadla vysokých výkonů na úrovni 14 000 Kč/kW instalovaného výkonu bez DPH. Cena zahrnuje příslušenství (akumulace, čerpadla, rozvody). Vzhledem k rozdílné životnosti zemních sond a tepelného čerpadla byly zvlášť hodnoceny investiční náklady pro zemní sondy (vystrojení a realizace) na úrovni 1 400 Kč/m. Cena zohledňuje standardní zemní sondy realizované v běžném kompaktním podloží, cena zahrnuje náklady na napojení zemních sond na tepelná čerpadla. Pro výpočet celkových nákladů za 15 let jsou sondy vzhledem k odlišné životnosti započítány pouze 25 %. Měrná cena FV systémů byla uvažována 30 000 Kč/kW_p bez DPH. Rozklad rámcových investičních nákladů je uveden v Tab. 4.13.

Tab. 4.13 Rozklad investičních nákladů pro zdroj tepla: tepelná čerpadla země-voda (ZTČ), bez DPH

Položka	Náklad (NPE) [tis. Kč]	Náklad (CO₂) [tis. Kč]
CZT: teplovod, výměňkové stanice	28 680	
Tepelná čerpadla	21 000	
Zemní sondy	28 000	
Fotovoltaické systémy	84 600	
Celkem	162 280	

Provozní náklady na energie (viz Tab. 4.14) pro variantu s centrálními tepelnými čerpadly země-voda byly stanoveny na základě nákladů na nákup a prodej elektrické energie pro celou čtvrť (potřeba zdroj tepla, potřeba budov, veřejného osvětlení, prodej přebytků). Nákup elektrické energie ze sítě je uvažován 1845 MWh (NPE/CO₂), prodej elektrické energie do sítě je uvažován 1839 MWh (NPE/CO₂).

Tab. 4.14 Rozklad provozních nákladů pro zdroj tepla: tepelná čerpadla země-voda (ZTČ), bez DPH

Položka	Náklad (NPE) [tis. Kč/rok]	Náklad (CO₂) [tis. Kč/rok]
Elektrická energie (nákup)	9 225	
Elektrická energie (prodej)	3 678	
Servisní náklady (tepelná čerpadla)	250	
Servisní náklady na FV systémy	900	
Celkem	14 053	

Zároveň byly uvažovány servisní náklady (platy, revize) na úrovni 250 tis. Kč/rok pro tepelná čerpadla. Pro FV systémy byly uvažovány roční

servisní náklady na úrovni 10 000 Kč/rok pro FV systém do 100 kW_p (všechny místní FV systémy na budovách).

4.4.5. Porovnání

Jako souhrnný ekonomický indikátor byly vyjádřeny celkové náklady *CN* za 15 let jako součet investičních nákladů a ročních provozních nákladů za 15 let. Pro výpočet nebylo uvažováno se změnou ceny energie ani s diskontní mírou. Doba hodnocení 15 let byla uvažována jako doba, po jejímž uplynutí je potřeba výraznější obměna technologie. Z pohledu zemních sond pro tepelná čerpadla je nicméně tato doba velmi krátká, neboť jejich životnost se pohybuje na úrovni min. 60 let. Proto byly investiční náklady na zemní sondy do výpočtu celkových nákladů zahrnuty pouze 25 % počátečních investičních nákladů. Porovnání celkových nákladů za 15 let je uvedeno v Tab. 4.15.

Tab. 4.15 Porovnání celkových nákladů variant za 15 let

Zdroj tepla	Hodnocení NPE			Hodnocení CO ₂		
	<i>IN</i> [mil. Kč]	<i>PN₁₅</i> [mil. Kč]	<i>CN₁₅</i> [mil. Kč]	<i>IN</i> [mil. Kč]	<i>PN₁₅</i> [mil. Kč]	<i>CN₁₅</i> [mil. Kč]
Kotelna na biomasu (BIO)	98	74	172	93	81	173
Kogenerační jednotka (KGJ)	108	150	258	77	180	257
Tepelná čerpadla (ZTČ)	141	211	352	141	211	352

Z porovnání je patrné, že celkové náklady na energetické řešení areálu se výrazně liší použitým zdrojem tepla, avšak neliší se mezi jejich variantními návrhy pro splnění požadavku na PED v hodnocení podle neobnovitelné primární energie *NPE* nebo emisí CO₂.

5. UŽITÍ LOKÁLNÍ DISTRIBUČNÍ SÍTĚ V RÁMCI DEVELOPMENTU DOLNÍ POČERNICE

5.1. Princip

Dodávka elektrické energie formou lokální distribuční sítě (LDS) je vhodná zvláště pro nově vznikající průmyslové areály, obchodní centra či residenční čtvrti, kde není stávající zasíťování a kde je možné, aby provozovatel LDS mohl tuto infrastrukturu využít. Pro rok 2021 bylo v ČR registrováno 271 licencí na provoz distribučních sítí, v rámci LDS bylo distribuováno okolo 19 % veškeré elektřiny.

LDS je připojena na hladině NN či VN do nadřazené sítě, z níž odebírá elektrickou energii, případně do ní dodává přebytky lokální výroby. V případě nové čtvrti v Dolních Počernicích by se tudíž jednalo o napojení na síť PRE distribuce. Připojení na hladině VN je výhodnější s ohledem na minimální distribuční poplatky, a proto toto řešení navrhujeme. Pro uvažovaný development by se výkonově jednalo o instalaci 2-3 trafostanic a paprskovitých rozvodů NN, dále pak zaokruhováním rozvodů NN pro veřejné osvětlení a veřejné nabíjecí stanice.

Znalost místních podmínek včetně vhodně navrženého a provozovaného průběhového měření umožňuje nasadit vysoce efektivní systém řízení LDS, např. s užitím softwarového řešení energetického managementu založeného na prediktivním řízení se znalostí modelu. Užití LDS je zvláště vhodné, pokud jsou v síti instalované lokální výrobní zdroje (fotovoltaika, kogenerace), či jiné říditelné zdroje a spotřebiče (bateriové úložiště, řízená spotřeba elektřiny v místním CZT aj.).

Provozovatel LDS je vlastníkem elektrizační sítě (případně ji má v nájmu) a zajišťuje takto distribuci elektřiny koncovým spotřebitelům. Výstavba může být vhodně realizována zajištěním ze strany PRE se smlouvou o následném odkupu či pronájmu provozovatelem LDS.

Jelikož residenční část developmentu počítá s městem vlastněnými byty a jejich pronájmem, bude i související technologie FVE na budovách vlastněna městem či provozovatelem LDS (s dlouhodobým pronájmem střech a míst instalované technologie). Technologie FVE bude připojena na patě domu, případně do hlavního svislého kabelového vedení a samostatně průběhově měřena.

Provozovatel LDS může současně působit jako dodavatel elektrické energie pro odběrná místa v LDS a s ohledem na částečné pokrytí elektřiny vlastní dodávkou poskytovat elektřinu koncovým spotřebitelům výhodněji nežli ostatní dodavatelé.

5.2. Bateriové systémy

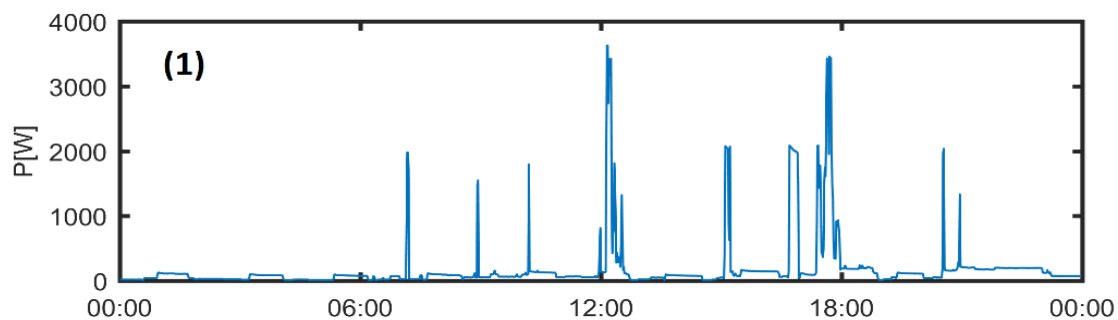
Decentrální bateriové systémy založené na lithiových technologiích jsou stále dosti drahé a jejich užití je v řadě případů diskutabilní. Centrálně provozovaný bateriový systém však může mít řádově vyšší efektivitu provozu, jelikož poskytuje podpůrné vyrovnávací výkonové služby jako celek mnoha

uživatelům, jejichž profil je již výrazně vyhlazenější a blíží se TDD (typizovaným diagramům dodávky).

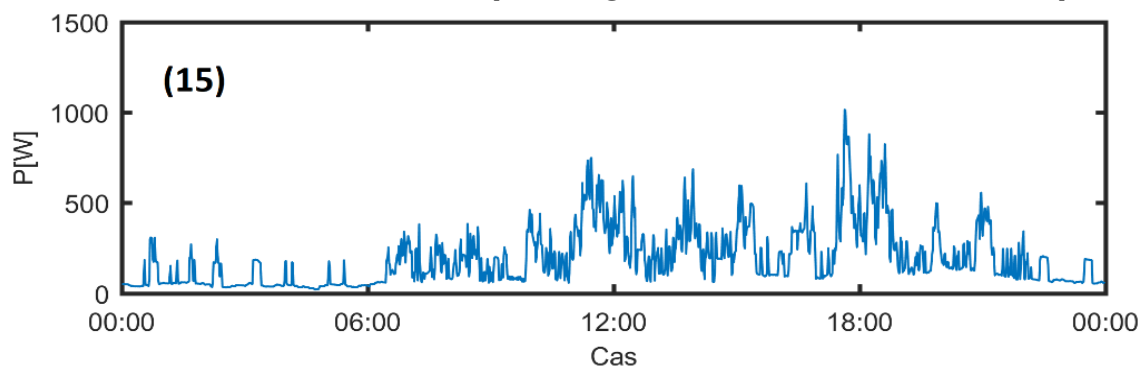
5.3. Výhody užití LDS

- Nižší reálné provozní náklady, rozdíl oproti příjmu z regulované ceny distribuce může být použit pro rozvoj LDS včetně instalace nových technologií a poskytování inovativních služeb.
- Efektivní využití lokálních výroben elektřiny, centrálních spotřeb a akumulace, detailní monitoring a progresivní řízení provozu sítě.
- Nižší cena elektrické energie, pokud bude provozovatel LDS současně figurovat i jako možný dodavatel elektřiny.
- Stále se uplatňují práva koncových zákazníků na vlastní výběr dodavatele elektřiny.

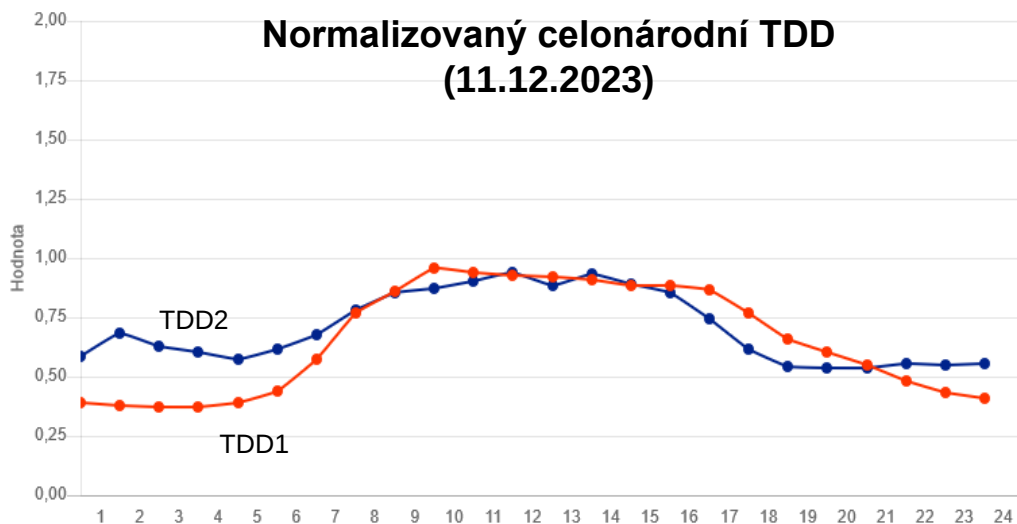
1 DOMÁCNOST



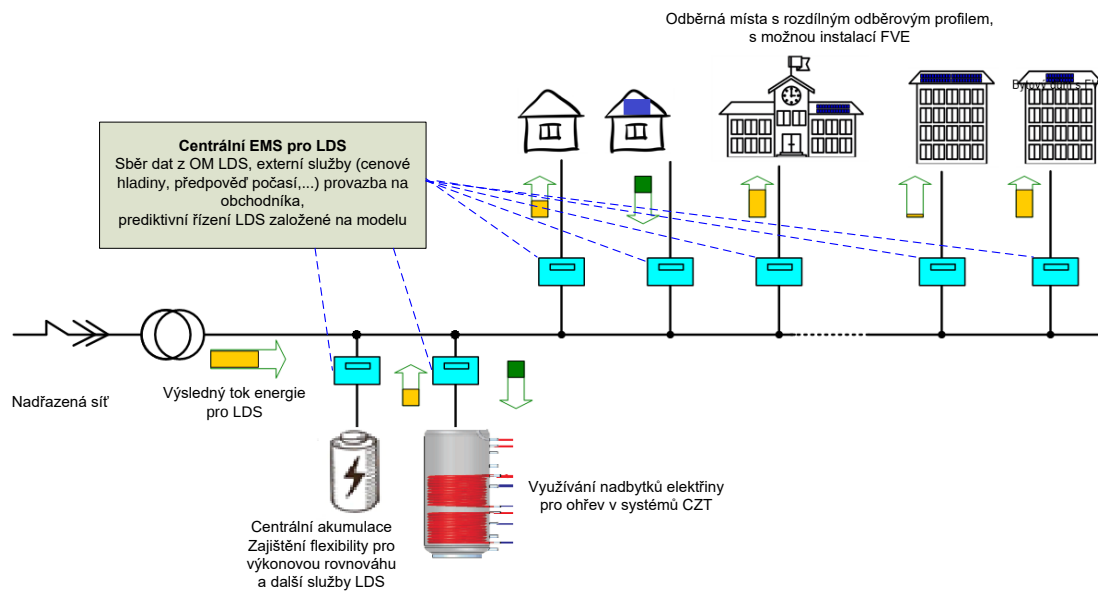
15 DOMÁCNOSTÍ (mikrogrid / část residenční LDS)



Normalizovaný celonárodní TDD (11.12.2023)



Obr. 5.1 Příklad ukazující rozdíl mezi TDD, odběrem domácnosti a odběrem bytového domu



Obr. 5.2 Koncepční schéma chytré LDS

6. ZÁVĚR

V rámci studie energetického řešení areálu čtvrti ve výstavbovém projektu hlavního města Prahy (HMP) v lokalitě Dolních Počernic bylo doporučeno řešení budov z pohledu tepelně technických vlastností konstrukcí obálky a požadované účinnosti technických systémů budov (větrání, vytápění, osvětlení) pro splnění požadavku na energetickou náročnost. Na základě hrubé architektonické studie byly provedeny rámcové energetické a výkonové bilance budov. Ve fázi zpracování projektové dokumentace k budovám a infrastrukturu je nutné potřebné výkony a potřeby energie stanovit již **pro parametry konkrétních budov** (geometrie, prosklení, materiály, konstrukce) a jejich provozů.

Na základě stanovených rámcových potřeb energie a výkonu byly hodnoceny 3 varianty centrálního zdroje tepla (kotelna na biomasu, plynová kotelna s kogenerační jednotkou, tepelná čerpadla země-voda) doplněné FV systémy **pro splnění podmínky energeticky plusové čisté čtvrti** ve dvou schématech hodnocení: podle bilance neobnovitelné primární energie a podle bilance emisí CO₂. Pro jednotlivé varianty nastavení zdroje tepla a potřebných výkonů FV systémů byly vyhodnoceny rámcové investiční náklady a roční provozní náklady, a z nich pak celkové náklady za 15 let.

Nejmenší potřebnou plochu FV modulů (5 300 m²) pro splnění podmínky energeticky plusové čisté čtvrti z pohledu úspory emisí CO₂ vyžaduje varianta s kogenerační jednotkou při současném nastavení emisních faktorů v souladu s právními předpisy [13]. Největší plochu, která je zároveň velikostí obdobná jako maximální možná plocha FV modulů na všech střeších (14 100 m²), vyžaduje varianta s tepelným čerpadlem. Nicméně plocha střechy bariérových domů je zhruba poloviční, než je potřeba pro variantu s nejmenší potřebnou plochou. Zhruba 2 700 m² FV modulů by muselo být instalováno na car-porty nebo na střechy bytových domů.

Z pohledu celkových nákladů je nejlevnější varianta se zdrojem tepla na biomasu, nicméně tato varianta je v prostředí městské výstavby v Dolních Počernicích a z pohledu zajišťování paliva v situaci Dolních Počernic nereálná pro provedení. Při uvažovaných cenách paliv a energie má varianta s tepelnými čerpadly o 37 % vyšší celkové náklady než varianta s kogenerační jednotkou.

S ohledem na stále významnější snahy o řízení zdrojů podle ceny elektrické energie se a předpoklad snižování emisních faktorů elektrické energie je možné uvažovat i s kombinací variant, kdy kogenerační jednotka poskytuje elektrickou energii a teplo v době vysoké ceny elektrické energie, zatímco vysokoteplotní tepelné čerpadlo by produkovalo obnovitelné teplo v době s nízkou cenou elektrické energie (a reálně nízkou emisní náročností elektrické energie). Systém je potom nutné doplnit dostatečnou tepelnou akumulací, typicky ve formě vodního velkoobjemového zásobníku tepla. Významnější použití elektrokotlů pro přímou přeměnu elektrické energie je z pohledu energetické efektivity nevhodné. Na jedné straně FV systémy areálu by v letním období produkovaly široce využitelnou elektrickou energii, která by byla bez jakéhokoli zhodnocení (např. tepelným čerpadlem) přeměněna na teplo. Nicméně, pokud by se jednalo pouze o provoz v řádu stovek hodin v rámci primární regulace (služby výkonové rovnováhy), nemusí to mít takový dopad.

Ve všech scénářích je vhodné v souladu s místními regulacemi uvažovat maximální využití elektrické energie z fotovoltaiiky v místě. Z tohoto důvodu se doporučuje vytvoření lokální distribuční sítě pro sdílení elektrické energie.

konec zprávy

LITERATURA

- [1] T. Matuška, N. Pokorný, J. Novotný, Studie energetického řešení výstavby Dolní Počernice, zpráva ČVUT UCEEB, 08/2021.
- [2] T. Matuška, B. Šourek, N. Pokorný, J. Novotný, Studie energetického řešení výstavby Dolní Počernice - podklad pro přípravu zadání projektové dokumentace k územnímu řízení výstavbového projektu HMP, 03/2022.
- [3] Petr, M. a kol. (Archum Architekti): Objemová ověřovací studie lokality pro obytnou výstavbu, 05/2021.
- [4] Pata & Frýdecký Architekti, Studie Bloků a typologická rozvaha domů - Portfolio, 11/2021.
- [5] Vyhláška 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020.
- [6] Project HEU-101096571 Accelerate poSitive Clean ENergy Districts (ASCEND), 2023-2027.
- [7] Ministerstvo průmyslu a obchodu - program Efekt, Hodinová data pro energetické specialisty, dostupné z <https://www.mpo-efekt.cz/cz/energeticka-ucinnost-v-praxi/hodinova-data>, 2023.
- [8] ČSN 73 0331-1 Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet - Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data, ÚNMZ, 2020.
- [9] ČSN EN 12831-3 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 3: Tepelný výkon pro soustavy přípravy teplé vody a charakteristika potřeb, Modul M8-2, M8-3, ÚNMZ, 2018.
- [10] ČSN EN 15316-4-3 Energetická náročnost budov - Metoda výpočtu potřeb energie a účinností soustav - Část 4-3: Výroba tepla, solární tepelné a fotovoltaické soustavy, Modul M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3, ÚNMZ, 2019.
- [11] Vyhláška č. 266/2021 Sb., kterou se mění vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů, MPO 2021.
- [12] Dobíjecí infrastruktura v bytových domech, dostupné z <https://www.egd.cz/dobijeci-infrastruktura-v-bytovych-domech>.
- [13] Vyhláška č. 141/2021 Sb. o energetickém posudku a o údajích vedených v Systému monitoringu spotřeby energie. MPO 2021.
- [14] Zákon č. 165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. MPO 2013.
- [15] Operátor trhu s elektřinou, Typové diagramy dodávek elektřiny, dostupné z <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/normalizovane-tdd?date=2023-09-15>. OTE 2023.
- [16] Emisní faktor CO₂ z výroby elektřiny za léta 2010-2022, MPO 2023, sdělení MPO dostupné na: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2022--273197/.



ASCEND

