

REKONSTRUKCE PLOCHÉ STŘECHY BLOKU „D“ VŠ KOLEJÍ
J.A.KOMENSKÉHO UL. KOHOUTOVA, BRNO
p.č. 74/1, 1790/21, k.ú. Husovice

**TECHNICKO EKONOMICKÁ STUDIE (TES) INSTALACE
OZE FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ A
FOTOTERMICKÝCH KOLEKTORŮ**



Investor: **Mendelova univerzita v Brně**
Správa kolejí a menz (SKM)
Kohoutova 11, 613 00 Brno
IČO: 621 56 489

Generální projektant: **MENHIR projekt, s.r.o.**
Horní 729/32, 639 00 Brno
IČO: 634 70 250

Zpracovatel: **Ing. Zdeněk Prokeš**
Vrbenského 711/3, Brno 624 00
IČO: 623 20 637

Zakázkové číslo: 21_007

Brno, duben 2021

Obsah

1. Zadání, rozsah	- 3 -
2. Stávající stav	- 4 -
3. Stanovení kapacit energetického potenciálu EE, TV	- 6 -
4. Uvažované varianty řešení	- 10 -
5. Ekonomické ukazatele variant	- 17 -
6. Zhodnocení, doporučení	- 19 -

1. Zadání, rozsah

Předmět studie

Předmětem této technickoekonomické studie (TES) je areál **VŠ kolejí J.A.Komenského** na ulici **Kohoutova p.č. 74/1, 1790/21, k.ú. Brno Husovice** a posouzení možností instalace obnovitelných zdrojů energie (OZE) ve smyslu fotovoltaických (FV) panelů, (FT) kolektorů na nyní rekonstruované ploché střechy objektů D1, D2.

Cíl studie

Poskytnutí zadavateli maximum dostupných informací ohledně možností využití a přínosu uvažovaných zdrojů energie pro potřeby objektů D1, D2, případně celého areálu vysokoškolských kolejí.

Zpracovaný dokument poskytne objednateli základní informace současném stavu, energetické náročnosti, potenciálu úspor, technických možnostech řešení a ekonomických přínosech uvažovaných technologií OZE, možných vhodných variantách a bude využit pro případné další práce.

Rozsah studie

Součástí studie je zejména:

- základní popis stávajícího stavu
 - o řešení elektroinstalací v objektech D1, D2 a ostatních objektů v areálu z hlediska využitelnosti FV panelů – elektrárny.
 - o řešení ohřevu teplé vody pro objekty D1, D2 z hlediska využitelnosti FT panelů – solární ohřev teplé vody.
- stanovení (propočít na základě poskytnutých údajů) a zhodnocení stávajících energetických bilancí objektu D a areálu, charakter odběrů z hlediska využitelnosti uvažovaných OZE
 - o elektrické energie objektů D1 a D2, areálu
 - o plynu pro potřeby ohřevu TV objektů D1 a D2
- koncepční návrh možných variant řešení s ohledem na technické možnosti, jejich využitelnost v rámci objektu D a celého areálu.
- stanovení základních ekonomických ukazatelů posuzovaných variant (propočít)
 - o investičních nákladů (IN)
 - o provozních nákladů (PN)
 - o prostá návratnost (PB)
 - o případně další
- doporučení zpracovatele studie

Nad rámec zadání rozsahu studie (objekty D1, D2) je z důvodů technických souvislostí (využitelné plochy střech ostatních objektů, řešení elektroinstalací v areálu, princip řešení FV elektráren, jedno fakturační odběrové místo) zpracovatelem studie provedena a zpracována také analýza využitelnosti zejména FT panelů (elektrárna) pro potřeby celého areálu (objekty A-D, M).

Podklady pro zpracování, vstupní údaje

- stavební dokumentace rekonstrukce střech objektů D1, D2 – 4/2021
- údaje o stávající spotřebách energií a primárních surovin
 - o elektrické energie – měsíční faktury 2019 za celý areál (jedno fakturační odběrné místo), data s hodinovými odběry za každý měsíc (mimo června a července), tedy běžná spotřeba před vypuknutím pandemie.

- zemního plynu
 - kotelná K1 - vytápění, ohřev TV (D1, D2) – období 4-10/2020.
- studené vody
 - objekt D - období 1-12/2019, zahrnuje SV +TV (D1+D2)
 - celý areál - období 4/2019 – 3/2021, zahrnuje SV +TV všech objektů
- informace a požadavky poskytnuté objednatelem
- vlastní průzkum stavby

2. Stávající stav

Areál, objekty

Jedná se o areál s:

- ubytovacími objekty A, B, C, D1, D2
- administrativní budovou a MŠ – budova D2
- stravovacím objektem – menza, budova M.

V areálu je dále budova garáží (G), technologický objekt T (trafostanice) a kotelny K1, K2, K3. Objekty jsou s plochými střechami a převážně celé využitelné pro instalaci solárních panelů.

Situace areálu, členění objektů, schema rozvodů NN.



Samostatným kabelovým vývodem je napojena budova menzy. Veškerá přívodní kabeláž je uložena v zemi a je dimenzována dostatečným průřezem pro případné připojení vlastního zdroje elektrické energie. Celý areál je uvažován jako jedno odběrné místo a je vybaven pouze jedním fakturačním elektroměrem s nepřímým měřením v TS 893. Podružným měřením nejsou jednotlivé objekty vybaveny.



Ohřev teplé vody objektu D1, D2 je řešen ze stávající plynové kotelny K1 (rekonstrukce 2016) umístěné v přízemí spojovacího krčku mezi těmito objekty. Plynová kotelná řeší vytápění objektů D1, D2 a ohřev teplé vody. Zdrojem tepla jsou 4 plynové závěsné kondenzační kotle Vaillant Eco Tec plus (výkon cca 114 kW), celkový výkon zdroje 456kW. Kotle jsou zapojeny do kaskády, v potrubí je osazen HVDT a dále je hlavní rozvod UT veden do strojovny vytápění umístěné v technickém suterénu objektu D1. Zde je v technické místnosti osazen R+S na který jsou napojeny směřované větve pro vytápění (3x) a topná větve neregulována pro ohřev teplé vody. Ohřev teplé vody je řešen kompaktní výměňkovou stanicí se dvěma paralelně zapojenými deskovými v kombinaci s akumulací nádobou IVAR VS 1000 o objemu 932 litrů. Technologie ohřevu teplé vody je umístěna ve vedlejších místnostech. Výkon výměníků a kompaktní stanice ohřevu TV nezjištěn.



S ohledem na předpokládanou spotřebu teplé vody v objektech D1, D2 uvažovat, že se jedná v podstatě o průtokový ohřev TV (velký výkon) s relativně malou akumulací TV.

3. Stanovení kapacit energetického potenciálu EE, TV

Pro možnost využití OZE je nutno stanovit na základě reálného provozu a dostupných informací energetickou náročnost, spotřebu a průběh odběru sledovaných hodnot. Z dostupných dat jsou v rámci studie sledovány spotřeby elektrické energie a energetická náročnost ohřevu teplé vody.

Stávající spotřeba elektrické energie areál, průběh odběru

K posouzení stávající denní a měsíční spotřeby elektrické energie (EE) celého areálu byly dodány data s hodinovými odběry za každý měsíc (mimo června a července) roku 2019, tedy běžná spotřeba před vypuknutím pandemie.

Z uvedených dat vyplývá, že hodinová spotřeba areálu mezi půlnocí a 5h ráno se pohybuje od 60 do 90kWh za každou hodinu. V 6h vzroste spotřeba areálu na cca dvojnásobek tedy 120 až 140kWh. Od 7h do cca 13h pak spotřeba el. energie vzroste na cca 160 až 200kWh za každou hodinu. Nárůst odběru el. energie je způsoben varnou technologií v menze (objekt M). Od 14 do cca 23h klesne spotřeba areálu opět k hodnotě 120 až 160kWh. Takový charakter spotřeby je dodržován s menšími, či většími odchylkami během všech pracovních dnů. Víkendový a sváteční provoz se pohybuje v rozmezí 60 až 80kWh za každou hodinu, vyjma večerních hodin, kdy spotřeba vzroste o cca 20% (příspěvek osvětlení budov a VO). Během letních prázdnin je situace lehce odlišná. Spotřeba mezi 14 a 6h ráno je od 60 do 80kWh. Od 7 do 13h je spotřeba mezi 100 až 150kWh, kde se promítá opět vliv technologií v menze.

Podrobná data jednotlivých objektů nejsou k dispozici.

Celková spotřeba elektrické energie areálu (A-D, M) činila v roce 2019 cca = **870 MWh/r.**

Na celkové spotřebě areálu se dle provedené analýzy a upřesnění zadavatelem podílí jednotlivé objekty přibližně následovně:

- | | |
|--------------------------|--|
| - objekt Menza (M) | cca 213 MWh/r tj. cca 24% z celku |
| - objekty A-D | cca 657 MWh/r tj. cca 76% z celku |
| - pouze objekty (D1, D2) | cca 348 MWh/r tj. cca 40% z celku |

Předpokládaná měsíční spotřeba elektrické energie v areálu – členění

Stávající spotřeba elektrické energie (rok 2019) v kWh													
popis/ období	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	celkem
celý areál (A-D, M)	79 180	71 139	81 631	76 308	78 804	68 873	54 705	56 364	64 140	82 070	82 258	74 372	869 844
z toho Menza (M)	23 380	20 739	25 831	22 308	23 004	14 873	- 1 095	564	10 140	26 270	28 258	18 572	212 844
z toho objekty A-D	55 800	50 400	55 800	54 000	55 800	54 000	55 800	55 800	54 000	55 800	54 000	55 800	657 000
z toho objekty D	31 672	28 456	32 652	30 523	31 522	27 549	21 882	22 546	25 656	32 828	32 903	29 749	347 938
spotřeba objektu G je z hlediska studie zanedbatelná a není dále řešena													

Spotřeba elektrické energie pro objekt D1, D2 není podružně měřena. Dle upřesnění objednatele, lze odhadovat, že spotřeba objektů D1, D2 činí cca 40% celkové spotřebované elektrické energie areálu. Ostatní objekty A-C včetně menzy M tvoří cca 60% celkové spotřeby elektrické energie.

Stávající spotřeba teplé vody objektů D1, D2, průběh odběru

Spotřeba teplé vody (studené pro ohřev teplé) není v objektu D Spotřeba SV objekt D 2019 (kotelna K1) měřena a známa. Na vstupu SV do ohřevu TV je instalován vodoměr, ale spotřeba není monitorována ani evidována.

Kapacita ubytovací části objektu D je cca 674 osob. Využití je v období mimo prázdniny téměř na 100%, v období prázdnin (cca od 15.6.- 15.9) je objekt využíván z cca 50-70% max. kapacity.

Je sledována:

- celková spotřeba studené vody areál (viz fakturační vodoměr)
- celková spotřeba studené vody objektu D, zahrnuje spotřebu SV+TV objektů D1 a D2 viz podružně vodoměry objekt D1.

Naměřená spotřeba SV	2019	2020
areál (m3/r)	23 200	18 550
objekt D (m3/r)	11 912	x

Pokles spotřeby SV v areálu ve výši cca 25% byl způsoben zejména pandemickou situací.

2019		Blok D	Blok D hydrant	
		SV	SV	SV celkem
		m3	m3	m3
PS		10030	5526	
leden	stav	10836	6330	
	spotř.	806	804	1610
únor	stav	11340	6840	
	spotř.	504	510	1014
březen	stav	11597	7452	
	spotř.	257	612	869
duben	stav	12552	8054	
	spotř.	955	602	1557
květen	stav	13138	8644	
	spotř.	586	590	1176
červen	stav	13473	8979	
	spotř.	335	335	670
červenec	stav	13686	9195	
	spotř.	213	216	429
srpen	stav	13900	9414	
	spotř.	214	219	433
září	stav	14251	9764	
	spotř.	351	350	701
říjen	stav	14795	10314	
	spotř.	544	550	1094
listopad	stav	15270	10813	
	spotř.	475	499	974
prosinec	stav	15647	11219	
	spotř.	377	1008	1385
rok	spotřeba	5617	6295	11912
	I.pol.	3443	3453	6896
	II.pol.	2174	2842	5016

Spotřeba SV areál 2019

60200-5734

Měsíc	Celková spotřeba (v m³)
duben 2019	0,000
květen 2019	728,622
červen 2019	2 112,973
červenec 2019	972,028
srpen 2019	1 179,202
září 2019	2 020,746
říjen 2019	3 107,774
listopad 2019	2 926,443
prosinec 2019	2 436,638
leden 2020	2 405,257
únor 2020	1 992,818
březen 2020	1 407,456
duben 2020	1 172,641
květen 2020	1 281,040
červen 2020	1 502,846
červenec 2020	974,213
srpen 2020	827,749
září 2020	1 886,036
říjen 2020	1 903,517
listopad 2020	1 618,340
prosinec 2020	1 573,811
leden 2021	1 484,079
únor 2021	1 280,627
březen 2021	475,108

1. 4. 2019 1. 3. 2021 Displej_Zobrazení

Předpokládaná spotřeba teplé vody (TV), plynu, náročnost ohřevu objekt D

Kotelna K1 slouží mimo topné období pouze pro ohřev teplé vody objektů D. Jelikož nejsou k dispozici a dostupné jakékoliv údaje o spotřebě teplé vody, je množství teplé vody stanoveno propočtem na základě dostupných informací - charakteru objektu, kapacity osob (675os/ prázdniny cca 50-70%), předpokládaný součin. současností, spotřeby zemního plynu v kotelně K1 (v měsících mimo topné období), a spotřeby studené vody objektu.

Spotřeba zemního plynu pro ohřev teplé vody – kotelna K1

Z měsíčních naměřených spotřeb zemního plynu (mimo topné období) je stanovena průměrná denní spotřeba zemního plynu.

Průměrná denní spotř. ZP (10.-5.měs 2019) = **93** m3/den

Průměrná denní spotř. ZP (6.-9.měs 2019) = **54** m3/den

Stanovená spotřeba TV objekt D

Při předpokládané energetické náročnosti (vlastní ohřev, ztráty při výrobě a distribuci, účinnost výroby) lze předpokládat a uvažovat v rámci studie, že množství teplé vody činí:

V období mimo prázdniny (10.-5.měs) = **12,5** (10-15) m3/den = 375 m3/m

V období prázdnin (6.–9.měs) = **7,0** (5 -8) m3/den = 200 m3/m

Předpokládaná roční spotřeba TV = 4000 m3/rok

Podíl teplé vody činí cca 30- 40% na celkové spotřeby SV v objektu D.

Energetická náročnost ohřevu teplé vody

Z výpočtů vyplývá, že průměrná měrná spotřeba ZP pro ohřev TV v rámci kotelny K1 činí cca 78 -81 uvažováno - **90** kWh (ZP) /m3 (TV).

Při předpokládané náročnosti a účinnosti činí průměrná měsíční spotřeba zemního plynu

V období mimo prázdniny (10.-5.měs)	= 33,75	MWh/měs
V období prázdnin (6.–9.měs)	= 19,8	MWh/m
Roční spotřeba plynu pro TV (K1) D činí	= 368	MWh/rok

Kapacitní možnosti střech objektů D1, D2 pro instalaci FV, FT panelů

Záměrem zadavatele je posouzení využitelnosti:

- střechy objektu **D2 –administrativní budova 2NP** pro instalaci fototermický kolektorů (FT) a jejich využití pro ohřev teplé vody v rámci kotelny K1
- střechy objektu **D1 – ubytovací objekt 6NP** pro instalaci fotovoltaických panelů (FV elektrárna) a jejich využití v rámci silové energie objektů D1 a D2.

Celková využitelná plocha střech D1 +D2 (záměr využití) činí cca **1706 m2**.

Plocha střech objektů pro FV J.A.K. pro FV		
objekt	plocha střechy (m2)	využ.pl.stř. (m2)
A	1586	1110
B	1586	1110
C	1300	910
D1	1548	1084
D2	888	622
celkem	6908	4836

Využitelnost dalších střech v areálu

Na základě provedeného průzkumu, zjištěných informací o celkových spotřebách energie areálu, struktuře elektrických silových rozvodů jsou v rámci studie nad rámec požadavků sledovány a dále posouzeny ve variantách i další objekty (A, B, C) pro jejich případnou využitelnost z hlediska instalace FV elektráren, jelikož vyrobená energie z FV elektrárny může na rozdíl od fototermických panelů (FT) být efektivně využita díky areálovým rozvodům elektrické energie pro kterýkoliv z uvedených objektů

nepojených na trafostanici TS 893. V tabulce jsou uvedeny využitelné plochy střech objektů areálu při instalaci FV a FT (70%). Objekt M – Menza – plocha střechy objektu není z důvodů zastavěnosti střechy uvažována.

Možnosti řešení OZE – FV , FT panely

Fotovoltaické panely (FV elektrárna) i fototermické solární kolektory (FT) spadají do kategorie obnovitelných zdrojů energie. Využívají nevyčerpatelný zdroj energie – sluneční záření a při výrobě a neprodukuje žádné emise, což je ekologické.

Fotovoltaická elektrárna – obecný popis

Fotovoltaická elektrárna spadá do kategorie obnovitelných zdrojů energie. Využívá nevyčerpatelný zdroj energie – sluneční záření a při výrobě neprodukuje žádné emise. Fotovoltaické elektrárny nachází své využití jak v malém měřítku – instalace na střechách rodinných domů, obchodů nebo továren pro vlastní spotřebu, tak i v měřítku energetických soustav.

Fotovoltaické elektrárny využívají k přeměně slunečního záření na elektřinu fotovoltaický jev. Fotovoltaický panel se skládá z jednotlivých fotovoltaických článků, jejichž základem je polovodičová dioda.

Fotovoltaické články jsou sério - paralelně zapojeny a jako celek tvoří panel. Fotovoltaická elektrárna je poté tvořena sério-paralelní kombinací panelů. Výkon panelů je udáván v jednotkách Watt peak (Wp). Jedná se o maximální (peak) hodnotu výkonu za ideálních podmínek – nestíněné světelné záření směřující kolmo na panel, ideální teplota, panel bez nečistot.

K přeměně stejnosměrného napětí na střídavé slouží střídač (měnič) někdy také nazývaný invertor. Střídačů je mnoho typů a výrobců. Dají se dělit na transformátorové a beztransformátorové. Další dělení je podle výkonu a sice mikroinvertory, decentrální střídače a centrální střídače, vždy buď jednofázové

nebo třífázové. Střídače jsou vybaveny komunikačním rozhraním pro snadné sledování parametrů a chování fotovoltaické elektrárny v provozu.

Před střídačem (strana DC) a za střídačem (strana AC) je vždy umístěn rozvaděč s příslušným jištěním, ochranami, svodiči přepětí a podružným měřením. Z AC strany střídače je vyrobená elektrická energie vyvedena do místa spotřeby.

Při dočasném překročení výroby (velký sluneční svit) nad aktuální odběr systému může být přebytek energie (po dohodě s provozovatelem distribuční dsoustavy – nutno povolení) distribuován do veřejné sítě. Systémy by měly být prioritně navrženy pro vlastní potřeby odběratele.

Fototermické (solární) kolektory FT – obecný popis

Jedná se o nízkopotenciální zdroj obnovitelné bezemisní energie. Princip fototermických solárních panelů spočívá v přenosu tepelné energie z působícího slunečního záření na plochu kolektoru a následně do teplosného media (solanka), která je následně využívána přes teplosměnnou plochu pro přehřev nebo ohřev media s nižší teplotou a využívá se zejména pro přehřev (ohřev) teplé vody, bazénovou technologii, popř. pro přitápění objektů v době kdy teplota ohřívajícího media je nižší než ohřáté solární kapaliny. V závislosti na intenzitě slunečního záření se mění teplota topné vody (solanky) a tím je i proměnlivý okamžitý přínos do technologických systému a jeho využitelnost. Solární fototermické systémy musí být kapacitně navrženy a zabezpečeny tak, aby po celou dobu roku (zejména v letních měsících) nedocházelo k nadbytku sluneční energie nad odběrem, jelikož pokud je okamžitá výroba ze solárních systému vyšší než odběr v zařízení dochází ke stagnaci, musí být vyrobená energie řízeně mařena, což je nejen nevhodné, ale také přehřívání solárních systémů při jejich stagnaci také poškozuje prvky systému a může docházet k destrukci částí nebo celých solárních systémů. Z tohoto hlediska je nutné velmi citlivě aplikovat uvedené systémy do konkrétních systémů a zejména s ohledem na jejich faktické využití.

4. Uvažované varianty řešení

Dle zadání (předpokladu řešení) je posuzováno využití

- střechy D2 – administrativní budova 2NP pro instalaci fototermických solárních panelů FT
- střechy D1 – ubytovací objekt 6NP pro instalaci fotovoltaických panelů FV.

Varianta 1 - Fototermické (solární) panely pro ohřev TV objektu D, střecha D2

Technické možnosti

Maximální využitelná plocha střechy D2 pro instalaci kolektorů činí cca 888 m². Na tuto plochu je možno pod sklonem 30°, orientace jih instalovat až 150 plošných kolektorů o rozměrech cca 1,0 x 1,8m = plocha 1,80 m².

Maximální efektivní počet kolektorů pro ohřev teplé vody objektu D (z důvodů eliminace stagnace v letních měsících) s ohledem na uvažovanou spotřebu teplé vody v objektu D činí cca 100 ks solárních kolektorů.

Maximální teoretický energetický přínos uvažované varianty jsou uvedeny zpracované tabulky:

Celková roční spotřeba tepla pro ohřev teplé vody činí	368 MWh/r
Maximální teoretický přínos FT kolektorů (100% využití) činí	122 MWh
Maximální teoretický přínos FT kolektorů (100% využití) činí	33 %

Energetické bilance ohřevu teplé vody jsou zpracovány v měsíčních krocích zjednodušeným postupem dle TNI 730302.

Uvažovaná instalace FT kolektorů

Rozměr kolektoru	1,0 x 1,8	m
Provedení	plochý kolektor	
Plocha apertury kolektoru	1,80	m ²
Počet kolektorů	100	ks
Celková plocha apertury kolektorů	180	m ²
Sklon kolektoru	30	°
Azimut kolektorů (orientace)	0	° (jih)
Optická účinnost	80	%
Lineární součinitel tepelné ztráty kol.	3,1	W/m ² K ²

Podrobné údaje (měsíční) o spotřebě TV, přínosu FT panelů viz tabulky

Přehled měsíčních toků – solární kolektory střecha D2

měsíc	n	t _{ep}	t _{es}	G _{T,m}	η _k	H _{T,den}	H _{T,měs}	Q _{k,u}	Q _{p,TV}	Q _{p,VYT}	Q _{p,BV}	Q _{p,c}	Q _{ss,u}
	dny	°C	°C	W/m ²	-	kWh/m ² .den	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
leden	31	-1.5	2.2	356	0.5	1	31	2382	34875	0	0	34875	2382
únor	28	0	3.4	434	0.56	1.81	50.7	4390	31500	0	0	31500	4390
březen	31	3.2	6.5	506	0.62	3.07	95.2	9042	34875	0	0	34875	9042
duben	30	8.8	12.1	529	0.66	3.99	119.7	12174	33750	0	0	33750	12174
květen	31	13.6	16.6	543	0.69	5.02	155.6	16569	34875	0	0	34875	16569
červen	30	17.3	20.6	546	0.72	5.55	166.5	18356	27000	0	0	27000	18356
červenec	31	19.2	22.5	538	0.73	5.41	167.7	18752	20460	0	0	20460	18752
srpen	31	18.6	22.6	526	0.73	4.8	148.8	16613	20460	0	0	20460	16613
září	30	14.9	19.4	501	0.7	3.86	115.8	12494	27000	0	0	27000	12494
říjen	31	9.4	13.8	444	0.65	2.25	69.8	6944	34875	0	0	34875	6944
listopad	30	3.2	7.3	369	0.56	1.12	33.6	2880	33750	0	0	33750	2880
prosinec	31	-0.2	3.5	325	0.48	0.72	22.3	1664	34875	0	0	34875	1664
							1177	122260	368295	0	0	368295	122260

Technické souvislosti

Pro maximální využití solární energie FT je nutno technicky zajistit, aby výroba tepla ze sluneční energie časově korespondovala s odběrem tepla, nebo aby vyrobenou energii z FT panelů bylo možno v čase akumulovat. Vzhledem k očekávanému charakteru odběru teplé vody v objektu D (zejména ráno a večer), technickému provedení ohřevu TV - strojovna K1 (průtočný ohřev deskovými výměníky, akumulace pouze 1000L) je nutno instalovat pro případné FT kolektory technologii předání tepla do teplé vody a dostatečnou akumulaci TV. S ohledem na prostorové možnosti je uvažováno s maximální proveditelnou akumulací (zásobnících o objemu cca 5 - 9 m³ v rámci strojovny K1 v suterénu objektu D1.

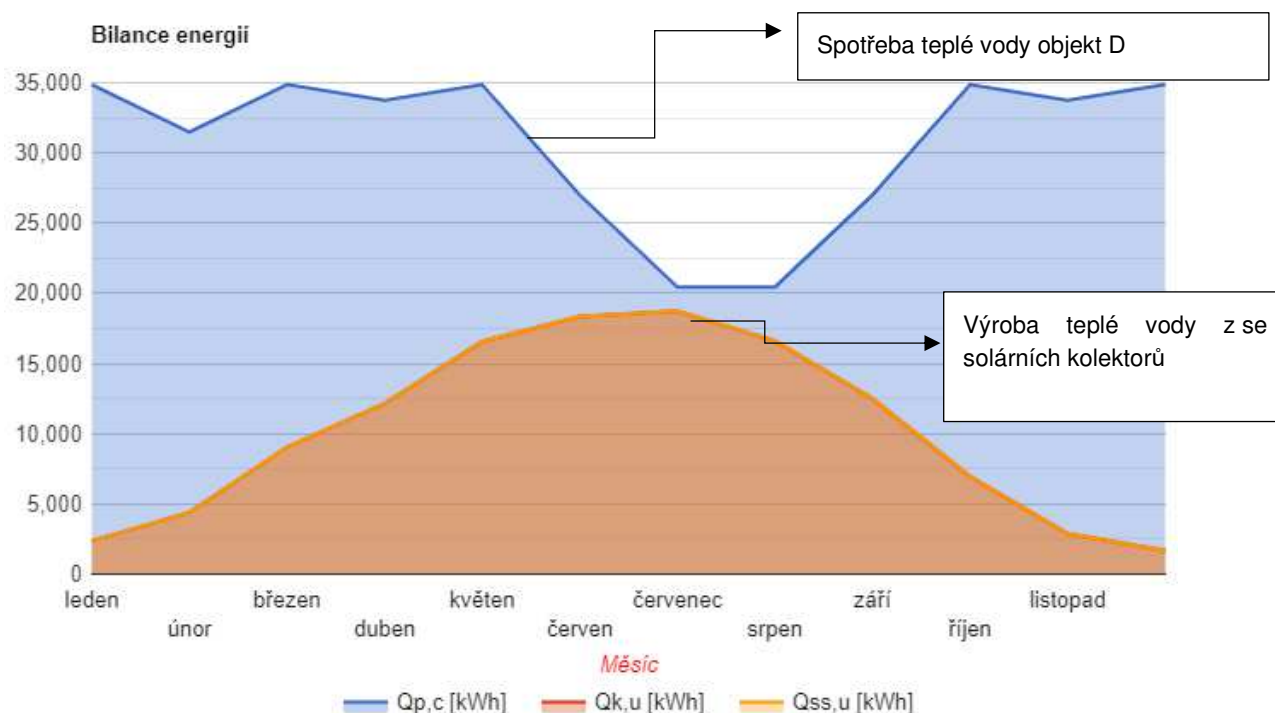
Vzhledem k nesouběhu výroby a odběru TV je pro účely bilancování dále korigován možný energetický přínos FT kolektorů do systému ohřevu TV.

- **Maximální reálný přínos FT pro ohřev TV**

100 MWh/rok

27%

Graf měsíčních toků – solární kolektory střecha D2



Varianta 2 – Fotovoltaická elektrárna 125kWp pro potřeby objektu D, střecha D1

Technické možnosti

Maximální využitelná plocha střechy **D1** činí cca 1084 m². Na tuto plochu je možno instalovat maximální výkon FV elektrárny cca **125 kWp**.

Elektrárna bude situována na střechě objektu tak, aby nedocházelo ke ztrátám z důvodu možného zastínění. Panely budou instalovány na ocelohliníkových konstrukcích, jež budou zatíženy betonovými bloky.

Technologie FVE - měnič, rozvaděče AC a DC budou umístěny v technické místnosti nebo na fasádě tak, aby byla zajištěna ochrana proti povětrnostním vlivům.

Technologie DC bude propojena certifikovanými solárními kabely 4 mm², kotvenými k nosné konstrukci sponami s UV odolností, kabely budou dále vedeny ve svazku žlaby Merkur do místa umístění měniče a rozvaděčů RAC, RDC.

Rozvaděč RAC bude chráněn přepětovou ochranou a ukončen na svorkách jistění. Modul přepětové ochrany na straně AC střídače slouží pro snížení pravděpodobnosti poškození měniče přepětím ze strany distribuční sítě. Tyto vypínací a jističí prvky vč. přepětových ochran budou umístěny v nově instalovaném rozvaděči RH –FVE – část AC. Rozvaděč bude v provedení na zavěšení s požadovaným krytím.

Měření množství vyrobené energie bude v RH-FVE – část AC výrobní. RH-FVE bude obsahovat hlavní jistič před elektroměrem. Elektroměr pro měření vyrobené elektrické energie bude třífázový pro nepřímé měření, bude úředně ocejchován dle metrologických předpisů.

Napojení FVE na distribuční síť nn bude provedeno kabelem CYKY ve skříni RIS na fasádě budovy „D1“ nn v areálu investora.

Stávající fakturační elektroměr v trafostanici TS 893 bude nahrazen 4-kvadrantním elektroměrem (dodávka distributora) a vystrojen dle požadavků provozovatele distribuční soustavy. Bude provedena úprava elektroměrového rozvaděče dle pokynů provozovatele distribuční soustav.

Uvažovaná instalace FV panelů

Rozměr FV panelu	1,7x1,0	m
Provedení	monokrystalické (technologie halfcut)	
Plocha FV panelu	1,70	m ²
Maximální nom. výkon FV panelu	340	Wp
Počet FV panelů	368	ks
Měnič KACO Powador 30.0 TL3, Pac=25 kVA	4	ks
Sklon FV panelů	15	°
Azimut FV panelů	0 (jih)	°
Max. výkon FT elektrárny	125	kWp

Roční měrná prod. dodané slun. energie pro uvažovanou instalaci činí **1035 kWh/ 1kWp*rok**

*Měsíční měrná produkce FV pro danou aplikaci (kWh/ 1kWp*měs)*

Přínos FV - využitelnost v rámci instalace (kWh/1 kWp)													
<i>popis/ období</i>	<i>leden</i>	<i>únor</i>	<i>březen</i>	<i>duben</i>	<i>květen</i>	<i>červen</i>	<i>červenec</i>	<i>srpen</i>	<i>září</i>	<i>říjen</i>	<i>listopad</i>	<i>prosinec</i>	<i>celkem</i>
měrný výkon FV kWh/kWp	29,2	43,9	85,4	123,9	132,1	135,3	140,5	125,6	99,8	62,6	33,3	23,0	1 035
účinnost %	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	93%	
měrný přínos FV kWh/kWp	27,2	40,8	79,4	115,2	122,9	125,8	130,7	116,8	92,8	58,2	31,0	21,4	962

Celková roční spotřeba EE objektu D činí cca **348 MWh/r**

Celková roční produkce EE z FV panelů 125 kWp 120 MWh/r

Přínos FV elektrárny 125kWp na spotřebu EE objektu D **34,5 %**

Přínos FV elektrárny 125kWp na spotřebu EE celého areálu A-D, M **13,8 %**

Průběh měsíčního odběru EE objektu D ze sítě (bez a s FV elektrárnou 125kWp)

Technická rekapitulace		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	CELKEM
Energie odebraná objektem z distribuční sítě (bez FVE)	(MWh)	31,67	28,46	32,65	30,52	31,52	27,55	21,88	22,55	25,66	32,83	32,90	29,75	347,94
Energie odebraná objektem z distribuční sítě (s FVE)	(MWh)	28,28	23,35	22,72	16,12	16,17	11,82	5,55	7,95	14,05	25,55	29,03	27,08	227,67



Červeně značena spotřeba EE z distribuční sítě bez FV elektrárny (125kWp)

Zeleně značena spotřeba EE z distribuční sítě s FV elektrárnou (125kWp)

V následujícím grafu je zobrazen přínos FV 125 instalované na objektu D1 pro celý areál

Průběh měsíčního odběru EE areálu ze sítě (bez a s FV elektrárnou 125kWp)

Technická rekapitulace		Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	CELKEM
Energie odebraná objektem z distribuční sítě (bez FVE)	(MWh)	79,18	71,14	81,63	76,31	78,80	68,87	54,71	56,36	64,14	82,07	82,26	74,37	869,84
Energie odebraná objektem z distribuční sítě (s FVE)	(MWh)	75,79	66,04	71,70	61,90	63,45	53,14	38,37	41,76	52,54	74,79	78,39	71,70	749,57



Červeně značena spotřeba EE z distribuční sítě bez FV elektrárny (125kWp)

Zeleně značena spotřeba EE z distribuční sítě s FV elektrárnou (125kWp)

Z výsledků vyplývá, že uvažovaná FV elektrárna o výkonu 125kWp instalovaná na objektu D1 se na celkové spotřebě EE v rámci celého areálu podílí v rámci roční produkce energie pouze z cca 13,8 %. To

znamená, že areál a objekty (A-D, M) jsou schopny bezpečně spotřebovat více energie z FT elektráren bez přetoků do distribuční.

Vzhledem k tomu, že stávající střechy na ostatních objektech A, B, C, D2 nabízejí další plochy pro možnou instalaci FV elektráren (ekologický zdroj s využitím solární energie) jsou v rámci této studie, nad rámec zadání, posouzeny další možné varianty instalace FV – rozšíření FV elektráren na další objekty.

Varianta 3 – FV el. 205kWp, střechy D1+D2 využití v rámci areálu

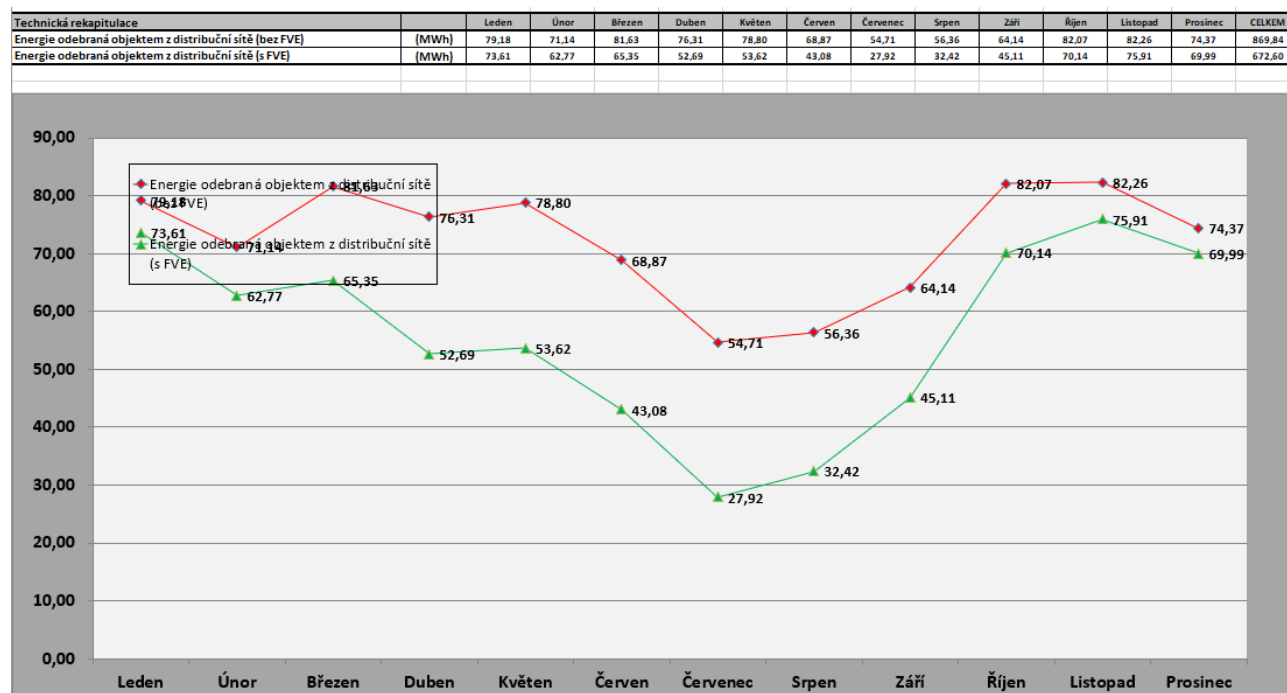
Maximální využitelná plocha střechy **D1 + D2** pro FVE činí cca **1706m²** (1084+622). Pokud by na střechě D2 nebyly instalovány FT panely pro ohřev teplé vody, lze na obě střechy instalovat maximální výkon FV elektrárny cca **205 kWp** (resp na střechu D1 – 125kWp, na střechu D2 – 80kWp) . *Technická náročnost a provedení je obdobné variantě 2.*

Celkový počet instalovaných FV panelů	603 ks
Měnič KACO Powador 30.0 TL3, Pac=25 kVA:	7 ks
<u>Max. výkon FT elektrárny</u>	<u>205 kWp</u>

Ostatní parametry shodné s variantou 2

Celková roční spotřeba EE areálu (A-D,M) činí cca	869	MWh/r
Celková roční spotřeba EE objektu D činí cca	348	MWh/r
<u>Celková roční produkce EE z FV panelů 205 kWp</u>	<u>197</u>	<u>MWh</u>
Přínos FV elektrárny 205 kWp na spotřebu EE objektu D	56,6 %	
Přínos FV elektrárny 205 kWp na spotřebu EE areálu (A-D,M)	22,7 %	

Průběh měsíčního odběru EE areálu ze sítě (bez a s FV elektrárnou 205kWp)



Varianta 4 – FV el. 340 kWp, střechy A-D, využití v rámci areálu

Maximální využitelná plocha střech objektů v areálu (A, B, C, D1, D2) činí cca 4836 m². Ostatní střechy nejsou nyní uvažovány. Pokud by se všechny tato střechy využily pro instalaci FV elektráren, bylo by možno na tyto instalovat maximální výkon FV elektráren až do výše cca 580kWp.

Návrh FV elektráren je tvořen analýzou – porovnáním spotřeby daného odběrného místa (dle dodaných fakturačních spotřeb) a předpokládané hodinové výroby navrhované fotovoltaické elektrárny. Krokováním velikosti FVE je nalezen takový instalovaný výkon FVE, **při kterém nebude docházet k nežádoucím „přetokům“ elektrické energie do distribuční soustavy.**

Navržený (vhodný) instalovaný výkon pro celý areál činí maximálně 340 kWp.

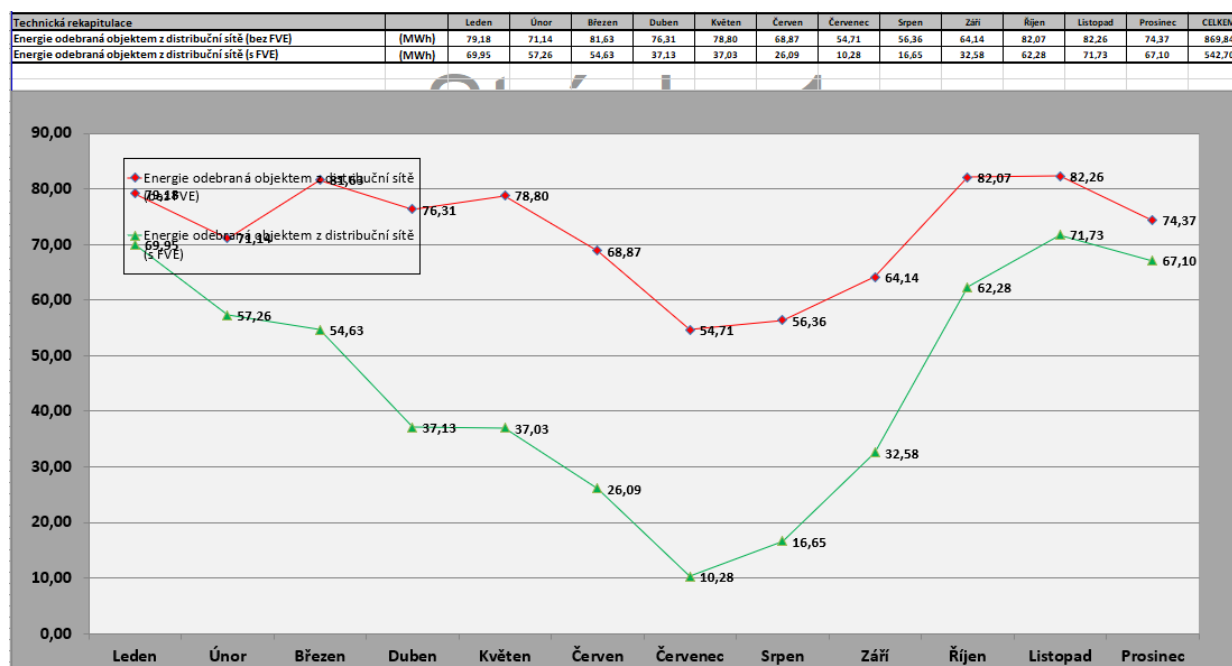
Tato soustava FV elektrárny vyžaduje celkovou plochu ve výši cca 2840 m², tzn při maximálním využití střech objektů D1, D2 by byla dostačující plocha pouze z jedné ze střech objektů A, B nebo C. Případně je možno realizovat pro FVE i jiné kombinace střešních ploch v závislosti na záměrech investora.

Technická náročnost a provedení je obdobné variantě 2.

Celkový počet instalovaných FV panelů (340kWp)	1000 ks
Měnič KACO Powador 30.0 TL3, Pac=25 kVA:	11 ks
Max. výkon FT elektrárny	340 kWp

Ostatní parametry shodné s variantou 2

Celková roční spotřeba EE areálu (A-D, M) činí cca	869 MWh/r
Celková roční spotřeba EE objektu D činí cca	348 MWh/r
Celková roční produkce EE z FV panelů 340 kWp	327,1 MWh
Přínos FV elektrárny 340 kWp na spotřebu EE objektu D	94,0 %
Přínos FV elektrárny 340 kWp na spotřebu EE areálu (A-D,M)	37,6 %



5. Ekonomické ukazatele variant

V rámci studie jsou z ekonomického hlediska posuzovány tyto varianty:

Varianta 1 - Fototermické (solární) kolektory pro ohřev TV objektu D, střecha D2

Varianta 2 - Fotovoltaická elektrárna 125kWp pro potřeby objektu D, střecha D1

Varianta 3 - FV el. 205kWp, střechy D1+D2 využití v rámci areálu

Varianta 4 - FV el. 340 kWp, střechy A-D, využití v rámci areálu

Varianty nejsou kombinovány.

Kalkulované ceny energií

pro účely kalkulací je uvažováno s cenou za silovou (spotřební složkou) dle doložených faktur.

- Elektrická energie **1,420** Kč/kWh bez DPH
Podklad fakturace 2/2021 Pražská plynárenská a.s. Cena nezahrnuje stálé platby.
- Zemní plyn **0,493** Kč/kWh bez DPH
Podklad faktura 2/2021 Pražská plynárenská a.s. Nezahrnuje platby za rezervovanou kapacitu.

V následující tabulce jsou uvedeny informace pro zpracované varianty ohledně stávající i budoucí energetické náročnosti posuzovaných technologií, požadavků na rozsah řešení, nevýhody, energetického přínosu pro celý areál včetně propočtu ekonomických ukazatelů na základě současných průměrných cen a úrovně dokumentu.

Investiční náklady v této úrovni (studie) byly stanoveny na základě odborných odhadů, dle realizací obdobného charakteru a dle průzkumu trhu. Podrobnější kalkulace je možno zpracovat až na základě zpracované projektové dokumentace.

Ekonomické ukazatele - posouzení variant					
pol.	Popis řešení	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4
	řešení	FT panely	FV elektrárna 125 kWp	FV elektrárna 205 kWp	FV elektrárna 400kWp
1	popis technického řešení	instalace FT solárních kolektorů na střechu objektu D2 (počet 100 ks, plocha 180m2 využití pro potřeby ohřevu TV objektů D1, D2	instalace FV panelů - elektrárna 125kWp na střechu objektu D1 (panelů 368 ks/340Wp)) využití EE pro potřeby objektu D a areálu	instalace FV panelů - elektrárna 205 kWp na střechu objektu D1+D2 (panelů 603 ks/340Wp)) využití EE pro potřeby objektu D a areálu	instalace FV panelů - elektrárna 340 kWp na střechu objektu D1+D2+ A,B ,nebo C (panelů 1000 ks/340Wp)) využití EE pro potřeby objektu D a areálu
2	využití OZE pro	ohřev teplé vody v objektu D, zdroj kotelna K1	silová elektrická energii v objektu, areálu	silová elektrická energii v objektu, areálu	silová elektrická energii v objektu, areálu
3	stávající způsob řešení	kotelna K1, plynové kondenzační kotle , KPS s deskovým výměníkem, akumul. TV 940 L	vlastní trafostanice, distribuční soustava EON	vlastní trafostanice, distribuční soustava EON	vlastní trafostanice, distribuční soustava EON
Současná energetická náročnost					
4	spotřeba teplé vody objektu D (m3/r)	4000	-	-	-
5	spotřeba tepla (ZP) ohřev teplé vody (MWh/r)	368,0	-	-	-
6	spotřeba EE objekt D (MWh/r)	-	348,0	348,0	348,0
7	spotřeba EE areál A-D,M (MWh/r)	-	869,0	869,0	869,0
8	zdroj energie	zemní plyn	TS , DS	TS , DS	TS , DS
9	sjednaná cena energie -spotř.sl. (kč/kWh)	0,493 Kč	1,420 Kč	1,420 Kč	1,420 Kč
10	Celk. cena energie objekt D (kč /r)	181 424 Kč	494 160 Kč	494 160 Kč	494 160 Kč
11	Celková cena energie areál A-D, M v Kč/rok	nehodnoceno	1 233 980 Kč	1 233 980 Kč	1 233 980 Kč
Přínos OZE - nový stav					
12	Úspora- využ. energ. přínos návrh. řeš - obj D (%)	27%	34,5%	56,6%	94,0%
13	Úspora- využ. energ. přínos návrh. řeš - obj D (MWh/r)	100,0	120,0	197,0	327,1
14	Úspora - provozních nákladů - objekt D (kč/r)	48 984 Kč	170 485 Kč	279 695 Kč	464 510 Kč
15	Úspora- využ. energ. přínos návrh. řeš - Areál (%)	nehodnoceno	13,8%	22,7%	37,6%
16	Úspora- využ. energ. přínos návrh. řeš - Areál (MWh/r)	nehodnoceno	120,0	197,0	327,1
17	Úspora - provozních nákladů - Areál (kč/r)	48 984 Kč	170 485 Kč	279 695 Kč	464 510 Kč
Technická náročnost					
18	Popis souvisejících technických opatření	nutná instalace akumulačních nádob do strojovny K1, deskové výměníky solární okruhu, zabezpečení, systém MaR, potrubní rozvody	instalace FV panelů na střechu , elektroinstalací mezi střechou a rozvodnicí v objektu , uprava fakturačního elektroměru v trafostanici	instalace FV panelů na střechu , elektroinstalací mezi střechou a rozvodnicí v objektu , uprava fakturačního elektroměru v trafostanici	instalace FV panelů na střechu , elektroinstalací mezi střechou a rozvodnicí v objektu , uprava fakturačního elektroměru v trafostanici
19	Nevýhody navrženého řešení	- nízkopotenciální zdroj tepla, nelze využít pro jiné techn. a obj. v areálu, náročnější realizace, výhledově ustupující techn. OZE	náročnější instalace na střechách u vyšších objektů (jeřábová technika), nutnost řešení připojení -smluvní vztah (EON)	náročnější instalace na střechách u vyšších objektů (jeřábová technika), nutnost řešení připojení -smluvní vztah (EON)	náročnější instalace na střechách u vyšších objektů (jeřábová technika), nutnost řešení připojení -smluvní vztah (EON)
Prostá návratnost opatření, ekonomické ukazatele					
20	Investiční náklady (IN)	6 200 000 Kč	2 750 000 Kč	4 510 000 Kč	8 800 000 Kč
21	Prostá návratnost (PB)	vyšší než životnost	16,1	16,1	16,1
22	Reálná návratnost růst cen 5%, inflace 2%	vyšší než životnost	14,3	14,3	14,3
23	Diskontovaná hodnota úspor investice Bo 30let (kč)	-	2 372 255 Kč	8 403 490 Kč	16 420 930 Kč
24	Čistá současná hodnota -NPV 30let (kč)	-	2 372 255 Kč	3 893 490 Kč	7 620 930 Kč
25	Vnitřní výnosové procento IRR (%)	-	7,5	7,5	7,5
26	Prostá návratnost při dotaci 50%	nerealizovatelné	8,1	8,1	8,1
Veškeré uvedené ceny jsou bez DPH					

6. Zhodnocení, doporučení

Cílem studie bylo posouzení využitelnosti instalace OZE na rekonstruované střechy objektů D1, D2.

Na základě zpracované studie konstatujeme, že:

Fototermické (FT) solární kolektory (varianta 1)

Instalace je technicky možná, ekologicky příznivá (bezemisní zdroj energie), avšak ekonomicky neefektivní. Návrhnost investičních prostředků významně překračuje dobu životnosti zařízení a investice by byla ztrátová. Ekonomická nevhodnost je způsobena:

- vysokými investičními náklady spojenými se zapojením FT kolektorů do stávající technologie ohřevu TV strojovny K1 (rozvody, regulace, akumulace, izolace, armatury),
- relativně malým podílem kolektorů na celkové výrobě TV díky charakteru odběru a možnostem akumulace, souvisejícím ztrátám.
- Zejména mimořádně nízkou sjednanou cenou plynu (stávající energonositel), která značně znehodnocuje ekonomiku celého záměru instalace FT kolektorů. Nasmlouvaná cena plynu (spotřební složka) je u tohoto areálu téměř 3 levnější než cena elektrické energie odebírané z distribuční soustavy.

Z těchto důvodů není varianta 1 dle našeho názoru vhodná pro realizaci.

Fotovoltaické panely (FV) elektrárna (varianty 2, 3, 4)

V rámci studie byla na proveden analýza spotřeby elektrické energie celého areálu, posouzena velikost plochých střech budov D1, D2 ale také A, B, C, areálové rozvody NN. ZE studie vyplývá, že FV elektrárna vhodná ve všech uvažovaných variantách. Instalace FV elektrárny na plochy střechy objektů je technicky proveditelná, ekologicky výhodná (bezemisní lokální zdroj energie) a ekonomicky přijatelná. Doba návratnosti u všech variant je cca o polovinu kratší než posuzovaná doba životnosti (30let), čímž je investice z našeho pohledu zajímavá a přínosná.

Varianta 2 posuzuje přínos Instalace FV elektrárny pouze na plochu střechy objektu D1 (dle zadání). Z výsledků je zřejmé, že FV elektrárna o výkonu **125kWp** je schopna zajistit cca 1/3 celkové spotřeby EE objektu D1+D2. Z hlediska přínosu pro celý areál se však jedná o přínos pouhých 14% celkové spotřebované energie.

To znamená, že pro tento areál je možno efektivně využít i další plochy střech k instalaci FV elektrárny, které mohou zajistit lokální bezemisní zdroj elektrické energie pro vlastní spotřebu (bez přetoků do distribuční soustavy), což je ekologické, ekonomické, a technicky řešitelné.

Varianta 3 posuzuje přínos instalace FV elektrárny o celkovém výkonu **250kWp** (maximálně instalovatelný výkon) na obě střechy D1 a D2. Přínos pro budovy D je ve výši cca poloviny celkové spotřeby a pro celý areál tvoří necelou 1/4 z celkové spotřebované energie areálu.

Varianta 4 posuzuje přínos maximálně instalovatelné FV elektrárny s ohledem na výrobu bez přetoků do distribuční soustavy, která je o celkovém výkonu **340kWp**. Pro instalaci elektrárny tohoto výkonu je zapotřebí celková plocha střech cca 2840 m², což střech v areálu bezpečně poskytují (celkem A-D cca 4836 m²). Není tedy nutné využívat pouze střechy budov D1 nebo D2, ale lze využít pro tento výkon bezpečně např. střechy objektů A-C (plocha cca 3120 m²), případně jiné kombinace pro využití. Případně lze využít také střechy budovy G (garáže). Stávající kapacita areálových rozvodů je dle provedeného

průzkumu pro přenos EE z FVE do trafostanice TS 893 vyhovující. Uvažovaná FVE 340kWp je schopna pokrýt více než 1/3 celkové spotřeby elektrické energie areálu bez přetoků energie do distribuční soustavy.

Z výše uvedeného je patrné, že doba návratnosti je u variant 2,3,4 totožná. To je dáno zejména tím, že měrná cena FVE elektrárny není významně ovlivněna výkonem a že veškerá vyrobená energie bude spotřebována u odběratele.

Konečná cena investice a tím i návratnost vložených finančních prostředků bude ovlivněna souvisejícími stavebními úpravami v objektech, kabelovými trasami tras ze střech budov do 1PP nebo 1NP, manipulační technika, která bude nezbytná k dopravě technologie, konstrukcí a zátěží na střechy budov. Návratnost rovněž ovlivní sjednaná cena za dodanou elektrickou energii z distribuční soustavy a růst cen energií, která v posledních letech roste a předpokládá se i další nárůst cen.

Větší výkon FVE než 340 kWp nemá smysl v rámci areálu realizovat, jelikož podpora (výkupní cena EON) není ekonomicky zajímavá (pokud se nezmění výkupní cena za vyrobenou energii - ovlivněno státem), může být komplikovaná (pokuty za přetoky do distribuční soustavy) a tím větší výkon FVE postrádá smysl realizovat.

Dotační tituly

V minulosti bylo možné žádat o podporu v rámci „Operačního programu Životní prostředí 2014-2020“ prostřednictvím Státního fondu životního prostředí ČR. Oprávněnými žadateli byli mimo jiné, vysoké školy, školy a školská zařízení a školské právnické osoby. Základní výše podpory byla odstupňována 30–50% ze způsobilých výdajů projektu v závislosti na dosažených úsporách.

V současné době není žádný dotační program vypsán. Vzhledem k opakovaně nedočerpané alokaci, je velký předpoklad, že nějaký dotační program bude opět vypsán.

Doporučení zpracovatele studie

S ohledem na výše uvedené skutečnosti zpracované ve této studii je zřejmé že instalace FV elektráren je pro posuzovaný areál vhodná, ekologicky a ekonomicky příznivá, techniky proveditelná. Doporučujeme se touto problematikou dále zabývat a jako nejvhodnější (nejefektivnější) doporučujeme realizovat **variantu 4**, tedy FVE o výkonu cca 340kWp. Realizace může probíhat rámci etap a možností investora.

V rámci realizace celého záměru doporučujeme zpracovat nejprve potřebnou projektovou dokumentaci stavby, projednat případný záměr s dodavatelem elektrické energie EON a sledovat dotační tituly na OZE.