

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
ELEKTROTECHNICKÁ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2020

**JIŘÍ
BÍM**

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce. Dále prohlašuji, že jsem uvedl veškeré informační zdroje v souladu s metodickým pokynem o dodržování etických principů při psaní vysokoškolských prací.

22. 5. 2020

.....

Podpis diplomanta



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bím** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **456896**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Agrofotovoltaika, studie proveditelnosti: Využití FVE systémů v zemědělské krajině pro udržení vody v krajině.

Název diplomové práce anglicky:

Agro-photovoltaics, feasibility study: Use of PVP systems in agricultural landscape to maintain water in the landscape.

Pokyny pro vypracování:

- Analýza možností využití FVE systémů v zemědělství a v zemědělské krajině pro udržení vody v krajině v podmínkách ČR.
- Návrh variant řešení, například: Spotřeba energií, typické diagramy dodávky, potřebný příkon (kW), spotřeba elektřiny (kWh), vliv na zadržování vody v krajině.
- Energetické bilance a sestavení ekonomického modelu pro vzorový projekt.
- Vyhodnocení variant, shrnutí a vyhodnocení výsledků, formulace závěrů.

Seznam doporučené literatury:

Prokš, P., Pitra, L. Instalace pilotního a inovativního projektu agro-FVE. Prezentace na workshupu ČVUT, FEL. Praha 2019.
Veřejný registr LPIS: Dostupné z <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>
Chytrá krajina: Dostupné z <https://cvpk.czu.cz/cs/r-13920-chytra-krajina>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA, katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **13.01.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **22.05.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2021**

Ing. Jiří Beranovský, Ph.D., MBA
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Jiřímu Beranovskému, Ph.D., MBA, za pedagogické a odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych rád poděkoval panu Tomáši Barošovi, předsedovi představenstva ZD Čistá, který mi poskytl veškeré potřebné údaje k výpočtu této práce. Poděkování patří také firmě Nanoenergy a.s., Frankensolar s.r.o., panu Ing. Jiřímu Pohlovi za konzultaci části „power to gas“ a také panu Luděku Pitrovi za organizaci workshopu na ČVUT FEL. Děkuji i všem ostatním, kteří se mnou konzultovali tuto problematiku a přispěli svými podněty k z kvalitnění této práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, že mi umožnila studovat na této škole a vytvořila ideální podmínky pro psaní této práce.

Abstrakt

Tato práce popisuje a navrhuje možná řešení spojení výroby elektrické energie a zemědělství. Tento nový směr můžeme nazvat jedním slovem agrofotovoltaika. Práce reaguje na vládní nařízení, příkazující zemědělcům chránit svá pole před erozí budováním ochranných opatření. Cílem této studie je zmapovat možná řešení a nabídnout čtenáři ucelený pohled na tuto problematiku. V praktické části se práce zabývá návrhem variant řešení konkrétního půdního bloku nedaleko Mladé Boleslavi a jejich následnou ekonomickou efektivností. Práce je obohacena variantou popisující další využití přebytečné energie z FVE přeměnou na vodík, nebo dále na methan a jejich následné využití. V práci jsou zpracované citlivostní analýzy na jednotlivé vstupy variant. V závěru je zhodnocena efektivita a vybrána vhodná varianta pro tento konkrétní půdní blok, ale i doporučení týkající se jiných půdních bloků.

Klíčová slova

Agrofotovoltaika, fotovoltaika, zemědělství, elektrická energie, eroze, retence vody, efektivita variant, ekologie

Abstract

This work describes and suggests possible solutions for the combination of electricity generation and agriculture. We can call this new way in one-word agrophotovoltaics. The work responds to government regulations ordering farmers to protect their fields from erosion by building protective measures. The aim of this study is to map possible solutions and offer the reader a comprehensive view of this issue. In the practical part, the work deals with the variants of the solution for specific soil block near Mladá Boleslav and their subsequent economic efficiency. The work is extended with a variant describing the further use of excess energy from PV by conversion to hydrogen, or methane and their subsequent use. The work contains sensitivity analyzes for individual inputs of variants. In the end, the efficiency is evaluated and a suitable variant for this soil block is selected, as well as recommendations concerning other soil blocks.

Key words

Agrophotovoltaics, photovoltaics, agriculture, electricity, erosion, water retention, efficiency of variants, ecology

**Agrofotovoltaika, studie proveditelnosti:
Využití FVE systémů v zemědělské krajině pro
udržení vody v krajině.**

**Agro-photovoltaics, feasibility study: Use of PVP systems in
agricultural landscape to maintain water
in the landscape.**

Obsah

Obsah	1
Použité Zkratky	3
Úvod	4
1 Metodika výpočtu	6
1.1 Cashflow	6
1.2 Net present value	6
1.3 Diskontní míra	7
1.4 Zadržení vody v krajině	8
2 Přehled stavu problematiky, Analýza zdrojů a literatury	12
2.1 Agrofotovoltaika	12
2.2 Využití přebytečné energie z agrofotovoltaiky	13
2.3 Nařízení vlády o omezení pěstování monokultur	16
2.4 Vliv ochranného pásu na krajinu a zadržení vody	22
2.5 Funkční projekty v zahraničí	27
3 Legislativa agrofotovoltaiky	32
3.1 Současná situace	32
3.2 Zemědělský půdní fond	32
3.3 Autorizace MPO	33
3.4 Připojení do distribuční soustavy	33
3.5 Výhled do budoucnosti	33
3.6 Problémy vlastnictví půdy	34
4 Rozbor projektu instalace FVE na ochranné pásy	35
4.1 Lokalita instalace	35
4.2 Umístění ochranných pásů	36
4.3 Spotřeba energií ZD Čistá	37
4.4 Výkup pouze zelené energie	39
4.5 Typové diagramy dodávky elektrické energie	40
4.6 Dimenzování FVE	42
4.7 Ekonomické vstupy projektu	43
5 Návrh variant instalace FVE	47
5.1 Varianta 0	47
5.2 Varianta 1	48
5.3 Varianta 2	50

Obsah

5.4	Varianta 3	53
5.5	Varianta 4	54
6	Ekonomické vyhodnocení variant V0 – V4	55
7	Citlivostní analýzy	59
	Závěr	66
	Zdroje	69
	Seznam obrázků	72
	Seznam tabulek	73
	Seznam grafů	74
	Přílohy	75

Použité Zkratky

DPB	Díl půdního bloku
FVE	fotovoltaická elektrárna
SEO	Silně erozně ohrožená
MEO	Mírně erozně ohrožená půda
NEO	Erozně neohrožená půda
MZE	Ministerstvo zemědělství
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MW	Megawatt
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
OZE	Obnovitelné zdroje energie
ZD	Zemědělské družstvo
USLE	Universal soil loss equation
TDD	Typový diagram dodávky
TDDn	Typový diagram dodávky normalizovaný
OTE	Operátor trhu s elektřinou
PVGIS	Photovoltaic geographical information system
OKO	Operátorem trhu Organizovaný krátkodobý trh s elektřinou.
OZE	Obnovitelné zdroje energie
S.A.W.E.R.	Solar air water earth resource
MSR	Market stability reserve
NPV	Net present value
EBT	Earnings before tax
CF	Cashflow
ERÚ	Energetický regulační úřad
WACC	Weighted average cost of capital
NV	Nařízení vlády
ETS	Emissions trading system

Úvod

Počátkem třetího desetiletí jednadvacátého století začíná být stále více činností, procesů nebo výrobků posuzováno i s ohledem na životní prostředí. Nacházíme se ve stádiu nevyhnutelné globální změny, u které nejsou stále přesně definované její příčiny a důsledky. Nejčastěji skloňované omezení vypouštění skleníkových plynů je jednou z možných příčin této změny. Celý svět se tedy snaží jejich produkci omezit různými opatřeními. V energetickém sektoru můžeme zmínit především evropský systém ETS, zajišťující obchodování s emisními povolenkami. Cílem je motivovat výrobce elektrické energie k investicím do ekologizace výroby nebo přechodu na obnovitelné zdroje elektrické energie.

Důsledky globální změny můžeme pozorovat i v České republice na dlouho trvajícím suchu od roku 2015. Nedostatek dešťových srážek nebo jejich nepravidelnost trápí nejenom zemědělce, ale i běžné obyvatele. Jsme svědky několikátýdenních období bez srážek, které jsou často ukončené rychlým přivalovým deštěm. Přinese sice velké množství srážek, ale krajina není schopna vodu pojmout. Tyto deště nejenže nepřinesou potřebnou závlahu rostlinám, ale často také páchají fyzické škody na majetku. Odborníci se proto snaží nalézt příčiny a navrhnout co možná nejefektivnější opatření. Tato studie se bude zabývat řešením tohoto stavu v zemědělské krajině. Mapuje možnosti spojení použití FVE systémů v souvislosti s nařízením vlády 48/2017 Sb. Čtenáři poskytne ucelený pohled na celou tuto problematiku. Nařízení přikazuje zemědělcům několika možnými způsoby docílit omezení eroze na polích, která obhospodařují, a tím zajistit vyšší schopnost půdy zadržet vodu.

Pokud bychom chtěli omezit výrobu elektrické energie z fosilních paliv a zároveň zlepšovat stav dílů půdních bloků, narazíme na výraz agrofotovoltaika. Jedná se o spojení výroby elektrické energie a zemědělské produkce. Tato práce popisuje nové možnosti spojení zemědělství a výroby elektrické energie. Předmětem zkoumání této práce jsou možnosti využití fotovoltaických systémů společně se zemědělstvím tak, aby zároveň neomezovaly zemědělské hospodaření, plnily funkci zadržení vody v krajině a také snižovaly náklady na elektrickou energii zemědělcům. Cílem této práce je vypočítat efektivnost a vybrat vhodnou variantu investice do FVE při dodržení všech dílčích cílů, především zadržení vody v krajině.

Koncept agrofotovoltaiky se začíná objevovat v mnoha světových zemích. Jako pokročilé bychom mohli zmínit například Francii nebo Německo, kde jsou již v provozu první pilotní projekty. Většina však cílí především na současné hospodaření a výrobu elektrické energie bez většího důrazu na zadržení vody v krajině. Ve všech variantách, které budou v této práci zmíněny, je zadržení vody vždy nutnou podmínkou. Využitelnost fotovoltaických systémů v zemědělství je velmi široká, stejně jako množství konečných spotřebitelů vyrobené zelené energie. Tato práce popíše také možné navazující technologie a využití vyrobené energie. Bude popisovat varianty instalace fotovoltaických panelů na ochranné pásy a řešit jejich přínos jak z enviromentálního, tak ekonomického hlediska.

Hlavní cíl diplomové práce, prozkoumat možnosti využití ochranných pásů a výběr optimální varianty úpravy ochranného pásu, bychom mohli rozdělit na několik dílčích cílů. Prvním bude navržení opatření, která budou schopna zadržet vodu v krajině, a zároveň budou v souladu s vládním nařízením. Jejich výběr bude posuzován ale i z hlediska možnosti instalace FVE. Existuje mnoho možností, jak upravit ochranný pás. Ochranný pás je 22metrový pruh, který rozděluje díly půdních bloků na menší části a zároveň zadržuje vodu v krajině. Na jeho plochu

je možné vysadit pouze několik předem určených plodin, napomáhajících zadržení vody v krajině. Výběr bude záviset především na konkrétních podmínkách v dané lokalitě. V horských oblastech s vyšším sklonem půdních bloků bude nutné budovat jiná opatření než na jiném půdním bloku, umístěném například v rovinných nížinách.

Dalším dílčím cílem bude snížit náklady na elektrickou energii zemědělským družstvům. Zemědělská družstva, ať už zaměřená na rostlinou nebo živočišnou produkci, mají v důsledku automatizace určitou spotřebu elektrické energie. Snížení nákladů na elektrickou energii, společně s omezením eroze je zajímavým řešením pro mnoho zemědělských družstev. Instalací FVE a tedy výrobou „zelené“ energie, omezíme také výrobu elektrické energie z fosilních paliv.

Abychom dokázali možnosti realizace FVE nad ochrannými pásy reálně popsat, je i zde nutné se zabývat legislativními omezeními. Stavba FVE, jakožto energetického díla, musí splňovat jistá nařízení a v současné době je možné FVE postavit pouze na půdě zapsané v územním plánu jako půda pro výrobní nebo jinou průmyslovou činnost. Pokud bychom tedy chtěli umístit nad ochranné pásy FVE, museli bychom splnit mnoho legislativních úkonů. Za současného legislativního stavu by bylo v podstatě nemožné FVE na ochranném pásu postavit. Práce se tedy bude zabývat i legislativní částí instalace FVE na ochranné pásy.

Pro věrné namodelování studie proveditelnosti, bylo nutné získat konkrétní data ze zemědělského družstva. Velmi vstřícný předseda představenstva Zemědělského družstva Čistá u Mladé Boleslavi mi poskytl pro výpočty této práce veškerá potřebná data. Pro výpočet potřebujeme především fakturu za elektrickou energii, poměr vlastního a cizího kapitálu nebo rozsah a strukturu pěstovaných plodin.

V České republice doposud neexistuje žádný pilotní projekt jakéhokoliv spojení FVE a zemědělství. Posláním této práce je tedy vytvořit povědomí o možnostech realizovatelných při tvorbě ochranných pásů. Rozsah užití FVE systémů v zemědělství je opravdu velký. Otázkou zůstává, které projekty je již nyní možné realizovat s ekonomickým prospěchem, a které jsou spíše vizí do budoucna. Z tohoto důvodu je v práci nastíněn i výpočet varianty „power to gas“, která dává především do budoucna velký příslib možností decentralizace energetického sektoru, a především spotřebu dané formy energie v místě její výroby. Uložení elektrické energie v plynu díky dvěma transformacím a následná opětovná výroba elektrické energie paroplynovou elektrárnou by mohla být budoucí cesta spotřeby přebytečné energie z obnovitelných zdrojů energie.

1 Metodika výpočtu

Tato kapitola popisuje způsob, jakým bude počítána ideální varianta instalace FVE na ochranný pás. V první části budou nastíněny základní ekonomické ukazatele, způsoby výpočtu optimální varianty. Další část nastíní možný přístup k výpočtu zadržení vody ochrannými pásy. U jakékoliv investice je velmi důležité prověřit její ekonomickou efektivnost. Níže jsou uvedené základní metody, ukazatelé a důležité vstupy, každého ekonomického výpočtu.

1.1 Cashflow

Základem pro hodnocení většiny investic je právě CF (Cashflow). Tento výraz nemá svou přesnou podobu v českém jazyce, ale mohli bychom ho přeložit jako „tok peněz“. Cashflow můžeme počítat dvěma základními metodami, a to přímou a nepřímou. V přímé metodě je CF rovno rozdílu příjmů a výdajů. V metodě nepřímé je zjednodušeně zisk ponížěn o nepeněžní operace. Cashflow je přesně definované v zákoně o účetnictví 563/1991 Sb. a Českých účetních standardech. Cashflow je velmi důležitým kritériem, jelikož nám podává informaci o schopnosti firmy generovat peníze. V tomto projektu se zabýváme náklady na elektrickou energii, z tohoto důvodu bude CF ve většině případů záporné. [1]

Pokud uvažujeme delší dobu životnosti, je nutné CF diskontovat. Výsledkem je DCF (diskontované cashflow). Cashflow v jednotlivých letech diskontujeme, stanovenou diskontní mírou. Její stanovení je popsáno v následující části práce.

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^t}$$

Kde,

CF	cashflow
R	diskont
t	rok počítaného DCF

1.2 Net present value

NPV (Net present value) v překladu čistá současná hodnota je jedno z nejvíce používaných kritérií při hodnocení investic. Je dáno především tím, že respektuje většinu důležitých skutečností. Počítá s dobou životnosti projektu, časovou hodnotou peněz, možností investování do jiného stejně rizikového projektu. Vstupními hodnotami jsou očekávané peněžní toky. V této práci budeme NPV počítat z pohledu nákladů. Při dodržení nutných podmínek jako je stejná doba životnosti, budeme jako optimální variantu vybírat tu, která bude mít hodnotu NPV nejvyšší. [2]

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Kde,

CF _t	peněžní toky v jednotlivých letech
r	diskont
n	doba životnosti

Výsledná hodnota nám říká, kolik peněz nám hodnocená investice přinese v současných cenách. V tomto případě budeme hodnotit investice se stejnou dobou životnosti a vybereme tu s nejvyšším NPV. [2]

1.3 Diskontní míra

Diskontní míra neboli diskont je ekonomický nástroj, který se používá pro přepočítání budoucích peněžních prostředků, které budou přijaty nebo vydány, na současnou hodnotu. Stanovení diskontu provedeme pomocí ekonomického nástroje WACC neboli Weighted average cost of capital. V překladu vážená cena kapitálu, nám říká, jaké jsou průměrné náklady na náš kapitál. WACC počítá s poměrem vlastního a cizího kapitálu a náklady na ně. Do výpočtu vstupuje také daň z příjmu fyzických a právnických osob.[3]

$$WACC = r_e \cdot \frac{E}{D + E} + (1 - t) \cdot r_d \cdot \frac{D}{D + E}$$

Kde,

r_e	Náklady vlastního kapitálu
r_d	Náklady na cizí kapitál
E	Equity – celkový vlastní kapitál
D	Debt – Zadluženost
t	Tax – daň z příjmu

Kapitálovou strukturu ZD Čistá známe, náklady na cizí kapitál a daň z příjmu také. Jedinou neznámou tedy jsou náklady na vlastní kapitál. Pro jejich určení vycházíme z modelu CAPM, tedy Capital asset pricing model. Tento model je definován přímkou kapitálového trhu CML. Na této přímce leží všechna efektivní portfolia. Přímka vyjadřuje vztah mezi očekávanou výnosností portfolia a směrodatnou odchylkou výnosů efektivních portfolií. Zjednodušeně můžeme říci, že CML je spojnicí mezi bezrizikovým výnosem r_f a sazbou tržního portfolia r_m . Právě rozdíl $(r_m - r_f)$ můžeme nazvat tržní premii neboli premii za riziko, kterou je schopný investor akceptovat.[4]

$$r_p = r_f + \left(\frac{r_m - r_f}{\sigma_m} \right) \cdot \sigma_p$$

Dále model definujeme přímkou trhu cenných papírů SML.

$$r_e = r_f + \left(\frac{r_m - r_f}{\sigma_{MM}^2} \right) \cdot \sigma_{iM}$$

Riziko můžeme vyjádřit také pomocí koeficientu Beta.

Základní rovnice modelu CAPM po úpravě vypadá takto,

$$r_e = r_f + \beta_L \cdot (r_m - r_f)$$

$$\beta_L = \beta_U \cdot \left(1 + \frac{D}{E} \cdot (1 - t) \right)$$

Kde,

- r_e Náklady vlastního kapitálu
- r_f bezrizikový výnos
- r_m průměrný tržní výnos daného odvětví
- β_L zadlužená Beta
- β_U – nezadlužená Beta

1.4 Zadržení vody v krajině

Nedílnou součástí této práce je vliv ochranného pásu na zadržení vody v krajině. Abychom mohli výslednou variantu považovat za efektivní, musíme si být jistí, že ochranný pás plní svou funkci zadržení vody správně. Dle metodiky vydané Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy (VÚMOP), můžeme vliv pásu na zadržení vody počítat následujícím způsobem.

Nařízení vlády NV 48/2017 sb. uděluje zemědělci pouze povinnost vytvořit 22metrový ochranný pás. Neříká už ale další podrobnosti o provedení těchto pásů. Dle metodiky Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy zde bude popsán základní výpočet zadržení vody ochranným pásem pro následnou stavbu FVE.

Pro správnou aplikaci ochranných postupů je třeba správně identifikovat erozi. To může být v mnoha případech složité, neboť faktorů ovlivňujících erozi je mnoho. Z nejdůležitějších je to charakter dešťových srážek, sklon, tvar nebo délka svahu. Ovlivňujícím faktorem je i způsob využití DPB nebo použité agrotechnické postupy. Maximální možná míra půdní eroze se počítá nejen v České republice dle univerzální rovnice USLE. Tato rovnice vychází z principu maximální přípustné ztráty půdy na jednotkovém pozemku. Jeho povrch je definován parametry odtokových ploch 22,93 m a 9 % sklon. Právě maximální ztráta půdy je měřeným kritériem pro dlouhodobé a udržitelné udržení úrodnosti DPB. [5]

Rovnice USLE vypadá v nejčastějším použití takto,

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Kde,

- G je průměrná dlouhodobá ztráta půdy t/ha/rok
- R faktor erozní účinnosti dešťů, vyjádřený v závislosti na kinetické energii, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů
- K faktor erodovatelnosti půdy, vyjádřený v závislosti na textuře a struktuře ornice, obsahu organické hmoty v ornici a propustnosti půdního profilu
- L faktor délky svahu, vyjadřující vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí
- S faktor sklonu svahu, vyjadřující vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy erozí
- C faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu, vyjádřený v závislosti na vývoji vegetace a použité agrotechnice
- P faktor účinnosti protierozních opatření [5]

1 Metodika Výpočtu

Hodnota G udává celkovou průměrnou roční ztrátu půdy a udává množství půdy, které se uvolňuje erozí. Pro dosažení co možná nejlepšího výsledku je třeba správně určit všech šest faktorů, které do výpočtu vstupují.

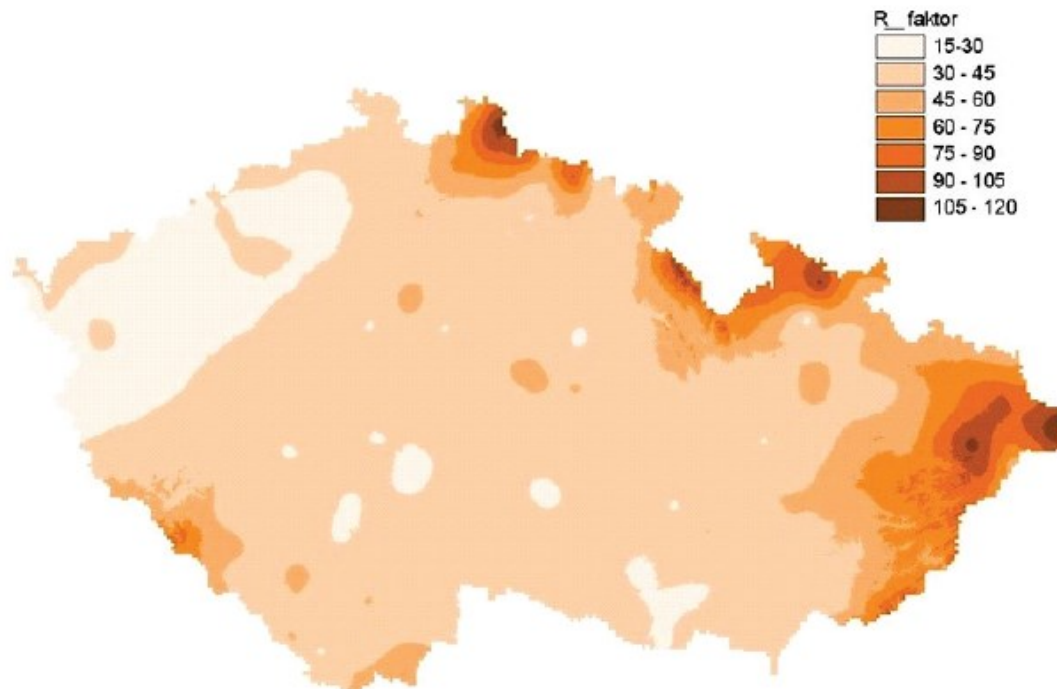
Faktor erozní účinnosti přívalových dešťů byl definován ve Spojených státech amerických z důvodu velkého množství informací o deštích. Bylo zjištěno, že pokud jsou ostatní faktory hodnotově konstantní, je výsledná hodnota přímo úměrná kinetické energii přívalového deště a jeho 30minutové největší intenzitě.[5]

$$R = E \cdot \frac{i_{30}}{100}$$

Kde,

- R faktor erozní činnosti deště [MJ ha-1 cmh-1]
- E celková kinetická energie deště [J m-2]
- I30 max. 30minutová intenzita deště [cm h-1] [5]

Celkový faktor R závisí na četnosti výskytu dešťových srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a celkovém úhrnu. Škody nepáchá pouze několik letních přívalových dešťů, do výpočtu jsou proto zahrnuty i středně intenzivní deště. Pro Českou republiku je průměrná hodnota R = 40 MJ ha-1 cmh-1. Hodnota faktoru se liší v různých geografických částech České republiky viz. následující obrázek. [5][6]



Obr. 1 - Mapa R faktoru ČR [5]

Druhým v pořadí je faktor erodovatelnosti půdy K, který je definován jako ztráta půdy z pozemku vyjádřená v t.ha-1 na jednotku faktoru R. Faktor je možné stanovit dle tří možností, z toho ideální jsou první dvě, kde je však zapotřebí rozbor odebraných půdních vzorků daného pozemku. [5]

- 1) Podle vztahu odvozeného pro K faktor
- 2) Podle nomogramu sestaveného na základě uvedeného vztahu
- 3) Přibližně podle hlavních půdních jednotek bonitační soustavy půd

Mezi takzvané topografické faktory můžeme zařadit faktor délky L a faktor sklonu S. Faktor L vyjadřuje vliv nepřerušované délky svahu na velikost ztráty půdy erozí, faktor S poté vliv sklonu na velikost ztráty půdy erozí. Nepřerušovaná délka pozemku se přerušuje pouze fyzickými prvky, jako jsou například příkop, cesta s příkopem, nebo jiné fyzické zábrany, které mohou změnit směr odtoku. Změna pěstované plodiny proto nemá vliv na výpočet nepřerušované délky. [5]

Faktor vlivu vegetace značený C vyjadřuje vliv vegetace na smyv půdy. Použitá vegetace může zmírnit rychlost povrchového odtoku, případně nepřímo může použitá vegetace zlepšit půdní poměry. Za předpokladu, že nejlepší je $C = 0$, naopak nejhorší $C = 1$, můžeme uvést příklady faktoru C pro jednotlivé rostliny. Pokud uvažujeme setí do zorané půdy, kukuřice má faktor až $C = 0,75$, cukrová řepa až $C = 0,80$, obilniny $C = 0,55$. Hodnoty se mohou lišit v závislosti na období ve kterém jsou pěstované. Naproti tomu vojtěška s faktorem $C = 0,02$, jetel $C = 0,015$ a výčet plodin uzavírá zatravněná louka $C = 0,005$. Faktor C se pro výpočet G stanoví strukturou pěstovaných plodin a jejich střídání na daném DPB. Rozdíl mezi pěstováním kukuřice a například vojtěšky je tedy více než zřejmý. Uvažované ochranné pásy proto počítají s úplným zatravněním, případně pěstování plodin typu vojtěšky, které jsou také schopné zadržovat vodu. [5]

Posledním faktorem je účinnost protierozních opatření. Tento faktor je dán následující tabulkou, kde jsou definované počty přerušovaných pásů, délky pozemku nebo hrázkování. Pokud nejsou tyto postupy dodrženy, počítá se v celkovém výpočtu s faktorem $P = 1$.

Protierozní opatření	Sklon svahu (%)			
	2-7	7-12	12-18	18-24
Maximální délka pozemku po spádnicí při konturovém obdělávání	120 m	60 m	40 m	-
	0,6	0,7	0,9	1,0
Maximální šířka a počet pásů při pásovém střídání	40 m	30 m	20 m	20 m
	6 pásů	4 pásy	4 pásy	2 pásy
- okopanin s víceletými pícninami	0,30	0,35	0,40	0,45
-okopanin s ozimými obilovinami	0,50	0,60	0,75	0,90
Hrázkování, resp. přerušované brázdování podél vrstevnic	0,25	0,30	0,40	0,45

Tab. 1 - Protierozní opatření dle sklonu svahu [5]

Pomocí výše uvedených faktorů vypočteme průměrnou ztrátu půdy vodní erozí pro každý konkrétní DPB. Tuto hodnotu musíme porovnat s maximální přípustnou mírou přípustné ztráty půdy vodní erozí. Pokud bude vypočtená hodnota vyšší, současné využívání DPB nezajistí omezení vodní eroze. V takovém případě je nutné podniknout taková opatření, která povedou ke změnám výchozích faktorů. Pozemky s půdou, která je hluboká do 30 cm by neměly být využívány pro žádnou zemědělskou výrobu, ale osazeny trvalým travním porostem. Středně hluboké půdy, definované od 30 do 60 cm hloubky je dle této metodiky doporučeno použít pro maximální přípustnou ztrátu půdy $G = 4 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ cmh}^{-1}$. Nově je tato hodnota doporučena i pro hluboké půdy nad 60 cm. Právě půdy označené jako hluboké jsou nejcennější, proto je u nich zvýšená ochrana namístě. Hloubka půdy je určena pro konkrétní DPB terénním průzkumem v nejsvažitéjších částech DPB. Orientačně lze tuto hodnotu zjistit i z čísla BPEJ, které vyjadřuje bonitu půdy. [5]

2 Přehled stavu problematiky, Analýza zdrojů a literatury

V první části této kapitoly bude zmíněno několik možných způsobů využití elektrické energie vyrobené FVE. Neoddiskutovatelnou část spotřeby bude tvořit energie pro běžný provoz zemědělského družstva. Pokud bychom dimenzovali FVE na vyšší výkon museli bychom najít další možné způsoby využití vyrobené energie.

V další části bude přehledně rozebráno Nařízení vlády, které zemědělcům nařizuje povinnost chránit svá pole před působením eroze. Existuje několik způsobů, kterými mohou zemědělci toto nařízení splnit. Pro různá zemědělská družstva mohou být výhodné různé způsoby splnění podmínek daných tímto nařízením. Všechny způsoby, které nařízení vlády dovoluje použít, budou zmíněny. Metodický pokyn týkající se tohoto nařízení vlády jsem získal na základě schůzek na Ministerstvu zemědělství české republiky. Nařízení vlády bude dle bývalého ministra zemědělství Mariána Jurečky měnit svou podobu a rozšíří svou působnost i na erozně neohrožené DPB do 25 ha. S tímto faktem počítá i tato studie.

Následně budou v této kapitole uvedeny konkrétní možnosti způsobu tvorby ochranného pásu. Jako student elektrotechnické fakulty jsem navštívil VÚMOP (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy), kde mi poskytli metodiky, dle kterých se v současné době projektují objekty omezující erozi. Za informace vděčím především panu Ing. Janu Vopravilovi, PhD., který je sám spoluautorem několika různých metodik. Dle metodiky VÚMOP, kterou jsem použil po tomto projektu existuje několik možností, jak oddělovat půdní bloky, tak aby bylo omezeno působení eroze. Různé výchozí situace budou vyžadovat různý druh struktury ochranného pásu.

2.1 Agrofotovoltaika

Agrofotovoltaikou obecně myslíme současné využití plochy zemědělské půdy pro pěstování plodin, případně pastvu dobytka a současně instalaci fotovoltaických panelů. Hlavním cílem tohoto nového směru je především zvýšit využitelnost dané plochy. Společné využití má i další pozitivní vlastnosti, jako například zastínění půdy, a tedy omezení evaporace, nebo výrobu elektrické energie z obnovitelných zdrojů, místo zdrojů fosilních.

Existuje mnoho způsobů umístění fotovoltaických panelů na zemědělskou půdu. Hlavními dvěma jsou orientace svislých panelů východ západ a umístění panelů na konstrukci do výšky umožňující zemědělským strojům vykonávat pod nimi potřebné činnosti. [7]

Pokud by zemědělská družstva instalovala FVE nad ochranné pásy, nabízí se i spojení s instalací panelů nad obhospodařované části pole. Výsledkem by tedy mohlo být i spojení FVE nad ochranným pásem a FVE nad běžným polem.

Ve světě i Evropě se dnes začíná testovat mnoho druhů FVE použitých ve spojení se zemědělstvím. Mnoho z nich velmi úspěšně. Dle německé studie se výtěžnost plochy po použití FVE a pěstování brambor zvýšila na 183 %. [8][9]



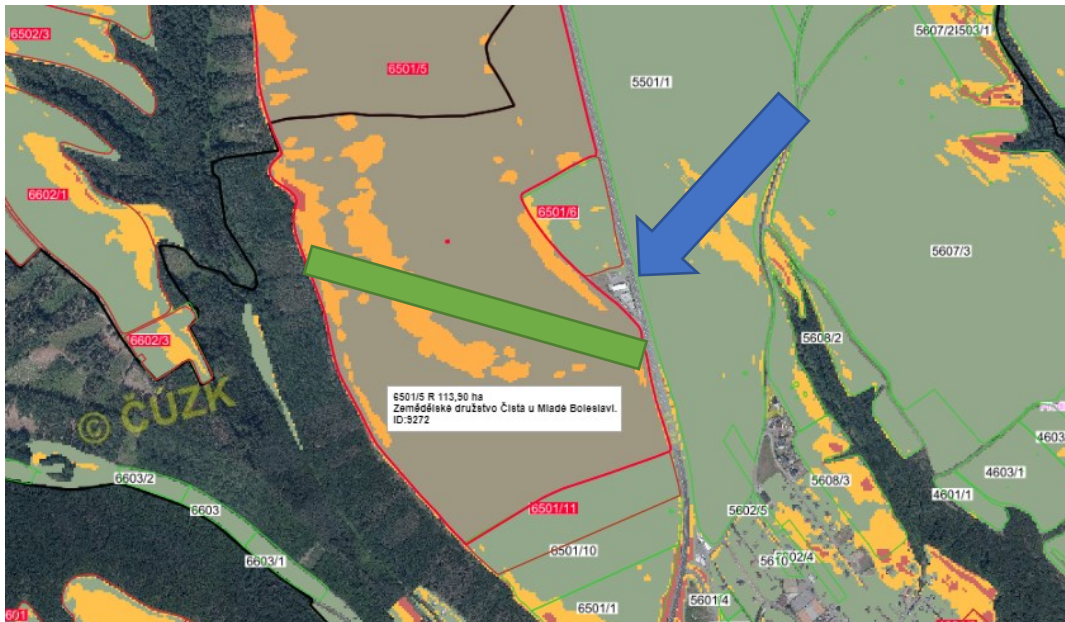
Obr. 2 – Agrofotovoltaika [3]

2.2 Využití přebytečné energie z agrofotovoltaiky

Pokud bychom uvažovali instalaci pouze na ochranné pásy, jak je vidět v modelovém příkladu této práce, i na pole o rozloze 55 ha, dokážeme nainstalovat výkon 1,8 MW. Orná půda v České republice zabírá plochu přibližně 3 mil. ha. Pokud bychom uvažovali vytvoření ochranných pásů na polovině všech půdních bloků, přičemž ochranný pás by zaujímal 2 % půdního bloku, dostali bychom rozlohu celkem 30 tis. ha. [10]

Můžeme mít tedy podstatné množství elektrické energie, pro kterou bychom chtěli ideálně najít spotřebu přímo v místě výroby. Možností se nabízí hned několik. Kromě vlastní spotřeby zemědělských družstev bychom mohli elektrickou energií vyrobenou na ochranných pásích nabíjet elektromobily, automatizované zemědělské stroje, nebo energii využít pro podporu zavlažování.

Jedním z možných využití vyrobené energie z FVE by mohlo být nabíjení elektromobilů. Jako ukázkou bychom mohli uvést opět půdní blok obhospodařovaný ZD Čistá. DPB o rozloze 113 ha leží u frekventované silnice první třídy I/38, spojující Mladou Boleslav a Českou Lípou. Na tomto místě se také nachází čerpací stanice. Ochranný pás na tomto mírně erozně ohroženém půdním bloku s FVE, by mohl dodávat energii do nabíjecí stanice elektromobilů s akumulátorem. Velikost instalovaného výkonu by odpovídala místní frekvenci dopravy, poptávce po nabíjení. Pokud by se poptávka v budoucích letech zvyšovala, zvýšení instalovaného výkonu a kapacity baterií by se mohly libovolně zvětšovat do dosažení maximální výměry ochranného pásu. Na následujícím obrázku je zeleným obdélníkem naznačen možný ochranný pás, modrou šipkou poloha čerpací stanice.[11][12]



Obr. 3 - Ukázka možného ochranného pásu s FVE a čerpací stanice [30]

Pokud bude vývoj automatizace a robotizace postupovat stále stejným tempem, je možné, že se v dohledné době dočkáme autonomních zemědělských strojů, které budou samy bez řidiče schopny pole pohnojit, zrekultivovat nebo zasít novou plodinu. Tyto autonomní stroje by mohly být umístěny přímo na poli a nabíjet se v době produkce elektřiny z FVE. Jelikož zemědělské stroje pracují často až ve večerních hodinách, například kvůli prudkému slunci nebo teplu, byla by tato možnost velmi výhodná. Autonomní stroj by se nabíjel během dne, a poté by mohl pracovat. Získával by čistou obnovitelnou energii přímo na místě její následné spotřeby.

Nejblíže tomuto řešení je v současné době společnost John Deere, která má již plně funkční čistě elektrický traktor. Tento traktor je nazýván SESAM (Sustainable Energy Supply for Agricultural Machinery). Pokud by měla zemědělská družstva dostatek elektřiny vyrobené z vlastní FVE, mohla by tyto traktory levně nabíjet vlastní vyrobenou elektřinou. [13]

Dalším krokem jsou poté plně automatizované traktory, a i takovým prototypem nyní John Deere disponuje. Jak je vidět na obrázku, traktor s velmi futuristickým vzhledem, by mohl v budoucnu sám obdělávat pole a nabíjet se přímo na polích čili nejbližší místu instalace FVE. [14]



Obr. 4 - Elektrický traktor John Deere SESAM [14]



Obr. 5 - Autonomní elektrický zemědělský stroj John Deere [14]

Existují plodiny, které by se bez umělého zavlažování dnes velmi špatně pěstovaly, a proto se vysazují převážně v okolí řek. Je možné, že v budoucnu bude díky extrémnějším rázům počasí nutné zavlažovat i další plodiny, kterým nyní stačí přirozená závlaha deštěm.

Zavlažovací systém potřebuje k dopravě vody čerpadla, většinou poháněná elektromotorem. Nabízí se zde možnost pohonu těchto čerpadel energií vyrobenou přímo v místě konečné spotřeby FVE nad ochrannými pásy. Takto by bylo možné zavlažovat nejenom pole v blízkosti řek, ale také jiná pole, u kterých je vytvořena například retenční nádrž, která pojme vodu, kterou neudržela půda, ani ochranné pásy. Při větším přívalovém dešti by se nádrže naplnily a pomocí čisté energie by se voda dopravila k rostlinám v době sucha. Možností je také naplnění retenční nádrže čerpáním vody z blízké řeky, v době, kdy je v řece dostatek vody, tedy převážně v jarních měsících. V tu dobu bude již FVE vyrábět dostatečné množství elektrické energie, aby bylo možné napájet čerpadla vlastní energií. Načerpaná voda by byla z umělé nádrže využita například při klíčení rostlin, kdy je závlaha velmi nutná z důvodu zaschnutí semen plodin.

Samostatnou kapitolou zavlažování, která je v současné době vyvíjena odborníky z Univerzitního centra energeticky efektivních budov ČVUT v Praze je technologie pojmenovaná S.A.W.E.R. (Solar air water earth resource). Pomocí této technologie dokážeme vyrobit vodu ze vzduchu. Vědci z tohoto institutu již spustili prototyp tohoto zařízení v Spojených arabských emirátech v poušti Sweihan. Celý systém je funkční a odolává vysokým teplotám i písečným bouřím. Na EXPO 2020 v Dubaji bude představena výkonnější jednotka, která dokáže za den vyrobit ze vzduchu 500 litrů vody. Toto zařízení potřebuje pro svou práci elektrickou energii, kterou sami návrháři technologií garantují vyrábět za pomoci slunečního záření. Je to jedna z možností využití levné přebytkové elektrické energie vyrobené FVE pro ohřev nasávaného vzduchu na vysokou teplotu, jelikož teplejší vzduch váže větší množství vodní páry. [15]



Obr. 6 - Model použití zařízení S.A.W.E.R. v poušti [10]

Další možností je z přebytkové elektrické energie vyrobit vodík, z kterého následně získáme Sabatierovou reakcí methan. Ne vždy máme možnost vyrobenou energii rovnou zpracovat, případně využít pro nabíjení baterií. Technologie „Power to gas“ je akumulace elektrické energie s koncovou účinností až 31 %. Tato možnost bude podrobně popsána ve Variantě 4 navrhovaného řešení v této práci. [16]

2.3 Nařízení vlády o omezení pěstování monokultur

Od 1. 1. 2020 platí novela zákona NV 48/2017 sb., která nařizuje nutné úpravy pro pěstování monokultur. Pro splnění nové podmínky DZES 7d je nutné, aby na erozně ohrožených půdách nebyla jedna plodina pěstována na více než 30 hektarech.[17]

Půda může být ohrožena několika druhy erozí. Z pohledu této práce nás zajímá eroze svahová, která je způsobena sklonem půdních bloků a působením vody. Můžeme jí tedy nazývat i erozí vodní. Dalším druhem je eroze větrná, na kterou ale nereaguje nařízení vlády, kterým se tato práce zabývá. Svahová eroze je rozdělena podle závažnosti do třech skupin. Neohrožené půdy (NEO), mírně erozně ohrožené půdy (MEO) a silně erozně ohrožené půdy (SEO). Půdy neohrožené erozí jsou ve webové aplikaci LPIS vyznačené zelenou barvou, mírně

a silně erozně ohrožené půdy poté oranžovou, respektive červenou barvou. Ve veřejném registru půdy LPIS je vyznačena identifikovaná eroze od 1. 1. 2019. [17]

Na erozí neohrožených půdních blocích mohou zemědělci dle tohoto nařízení hospodařit bez omezení. Od roku 2021 se však připravuje novela tohoto nařízení, které bude omezovat hospodaření na všech plochách, tedy i těch erozně neohrožených. Mírně erozně ohrožené díly půdních bloků dávají zemědělcům povinnost pěstovat nebezpečné plodiny jako kukuřice, brambory, řepa, atd, pouze s využitím půdo-ochranných technologií. Silně erozně ohrožené půdní bloky nedovolují zemědělcům pěstovat nebezpečné plodiny jako kukuřice, brambory nebo řepa, a dovolují pěstovat řepku olejnou a ostatní obilniny s použitím půdo-ochranných technologií. [17]

Půdo-ochranné technologie především zvyšují vsakovací schopnost půdy a omezují její erodovatelnost. Měly by chránit půdu především v exponovaných obdobích největších příválových dešťů, jako je tomu v měsících červnu, červenci a srpnu. [17]

Aby bylo možné aplikovat omezení a hospodařit v souladu s vládním nařízením, je zapotřebí správně identifikovat erozně ohrožené půdní bloky. Pro zařazení půdních bloků do MEO a SEO je zapotřebí splnění jedné nebo více dílčích událostí. Na grafu je znázorněn takový postup, včetně orgánu, který má daný krok na starosti. [17]

- 1) Opakování erozní události na DPB nebo jeho části, nad rámec osevu
- 2) Vážné ohrožení intravilánu měst a obcí
- 3) Vážné ohrožení komunikací
- 4) Vážné ohrožení útvarů povrchových vod
- 5) Vážné ohrožení dalšího majetku fyzických a právnických osob vlivem erozní události
- 6) Vážné ohrožení ZPF vlivem erozní události
- 7) Zemědělcem neakceptovatelná agrotechnická opatření na základě schválené KoPÚ



Obr. 7 - Diagram procesu nahlašování erozní události [17]

LPIS je webová aplikace provozovaná Ministerstvem zemědělství. Na mapě České republiky jsou vyznačeny všechny DPB. Uživatel má možnost zvolit si různé vrstvy zobrazení, a speciálně pro náš případ zobrazit erozně ohrožené půdy. Ty jsou v LPIS rozdělené na NEO, MEO a SEO. V této aplikaci jsou také vidět vlastníci jednotlivých DPB a jejich výměra v ha. Lze tedy spolehlivě určit, které DPB podléhají nutnosti budování ochranných opatření proti erozi půdy. [18]

Jak by měli zemědělci hospodařit na půdních blocích je popsáno v standardu DZES7 (Dobry zemědělský enviromentální stav. Na dílech půdních bloků (DPB) s druhem zemědělské kultury standardní orná půda se nesmí vyskytovat souvislá plocha jedné plodiny na více než 30 hektarech. Splnění tohoto standardu bude možné dosáhnout několika způsoby. Tyto způsoby budou postupně popsány a vysvětleny. DZES 7 d je popsán v nařízení vlády platném od 1.1. 2020, nicméně od 6.2. 2020 prochází toto nařízení novelizací a je upraveno novým nařízením vlády. Úpravy nařízení budou popsány v závěru této kapitoly.[17]

V praxi nám jde o rozdělení velkých lánů orné půdy na menší části. To zabrání především vodní erozi, která zejména při přivalových deštích zhoršuje stav orné půdy. Dosažení těchto řešení je možné několika způsoby.

2.3.1 Možnosti realizace protierozních opatření

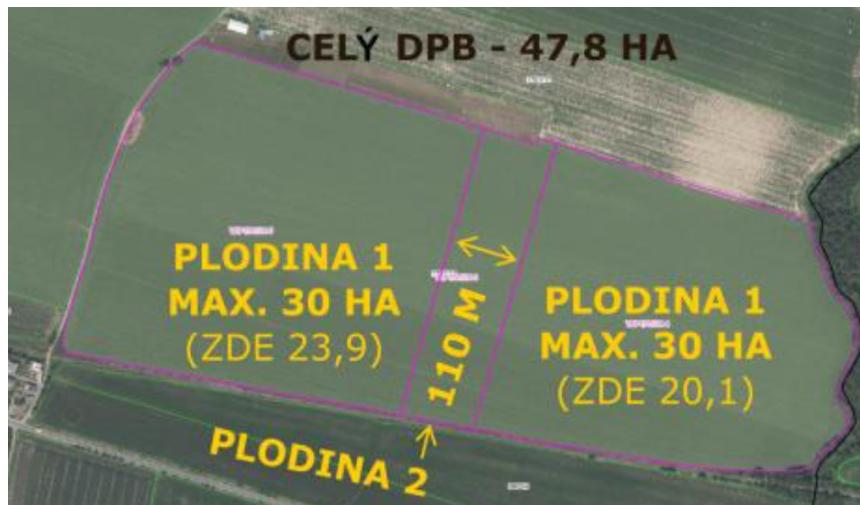
Plocha velkého pole se rozdělí ochranným pásem o minimální šířce 22 metrů. Na plochu vytvořeného pásu lze umístit píce, nebo plodiny, určené touto novelou jako plodiny vhodné. Je to například hořčice, hrách, jetel, komonice, pohanka, proso, ředkev, svazenka, tollice nebo kopr. Může se také jednat o směs těchto plodin. Pás musí být minimálně 22 metrů široký a souvislé plochy plodiny nesmí překročit 30 ha.[17]

Touto možností splnění podmínek standardu DZES 7 d se bude především zabývat tato práce. Tyto pásy by díky využití fotovoltaiky mohly vykazovat mnohem větší užitnou hodnotu. Možností instalace FVE a jejího rozsahu je mnoho a vždy bude záležet na konkrétních podmínkách daného DPB, který je ochranným pásem rozdělen.



Obr. 8 - Náskres protierozního opatření s 22metrovým pásem [12]

Druhou variantou je rozdělení DPB 110m pásem. Na tom ale můžeme pěstovat jinou plodinu. Oproti předchozímu řešení tedy omezíme plochu plodiny 1, ale můžeme navíc pěstovat plodinu 2.



Obr. 9 - Nákres protierozního opatření se 110metrovým pásem [12]

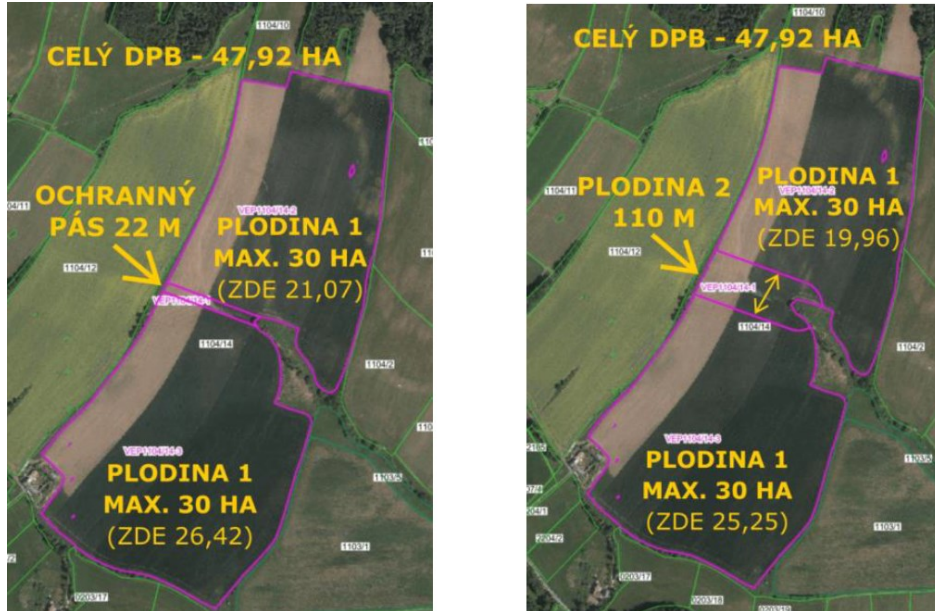
DPB můžeme rozdělit na dvě plochy bez dělicích ochranných pásů. Na jedné budeme pěstovat plodinu 1, na druhé plodinu 2. Ani jedna plocha však nesmí přesáhnout hranici 30 ha. Toto je nejpravděpodobnější varianta pro zemědělská družstva, která se zaměřují na široké spektrum pěstovaných plodin. Pokud by ale například z ekonomických nebo jiných důvodů měli potřebu pěstovat větší množství jedné plodiny, budou nuceni využít předchozích dvou možností. [17]



Obr. 10 - Nákres protierozního opatření bez ochranného pásu [12]

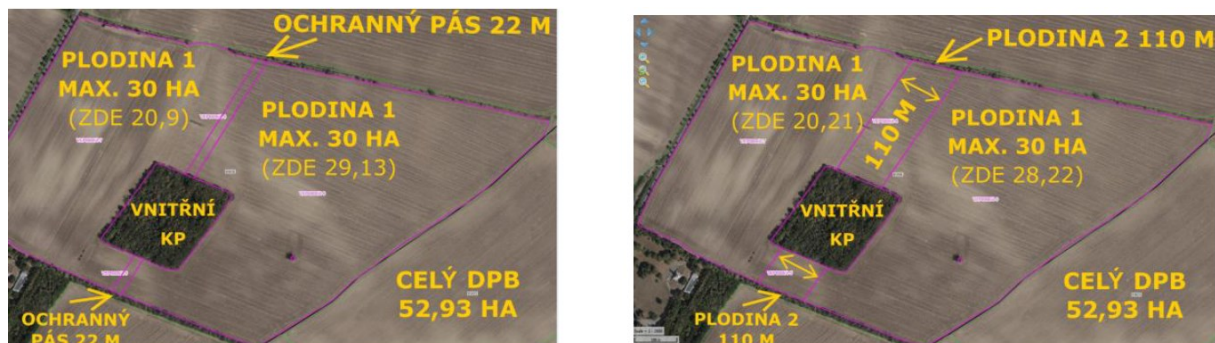
2.3.2 Upřesnění krajinných prvků

Každý DPB je jiný a různě na něj navazují jiné krajinné prvky. Pokud mezi dvěma plochami stejné plodiny bude krajinný prvek, tato vzdálenost se nevyhodnocuje. Neporušuje se tedy nový standard DZES 7d. Pokud krajinný prvek skončí, musí pokračovat některou z výše uvedených variant. Na obr. Je vidět náhled této situace, v prvním případě zvolením 22metrového ochranného pásu pícnin a v druhém případě 110metrový pás plodiny 2. [17]



Obr. 11 - Náskres protierozních opatření sousedících s krajinným prvkem [12]

Pokud budeme uvažovat krajinný prvek uvnitř našeho DPB, potom se jeho velikost započítává do námi zvolené varianty.



Obr. 12 - Náskres protierozních opatření s vnořeným krajinným prvkem [12]

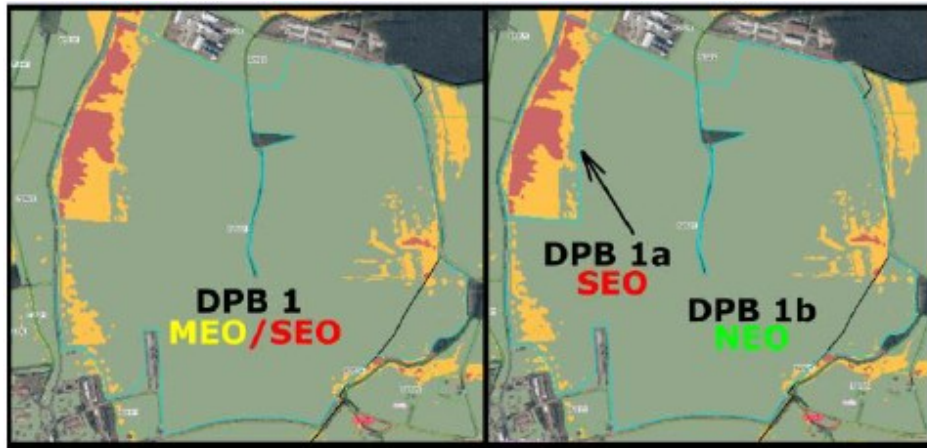
2.3.3 DPB bez nutnosti tvorby ochranných pásů

Nutnost tvorby ochranných pásů odpadá na DPB označených v LPIS zelenou barvou, tedy NEO. Dále pak na půdních blocích, kde jsou pěstovány plodiny vázající dusík. Ty jsou uvedeny v nařízení vlády § 18 50/2015 Sb. Jedná se o plodiny bob, cizrna, čičorka, čočka, fazol, hrách (včetně pelušky), hrachor, jestřabina, jetel, komonice, kozinec, lupina, pískavice, ptačí noha,

sója, štirovník, tolíce (a to včetně vojtěšky), úročník, vikev, nebo vičenec. Podmínku lze splnit i kombinací těchto dusík vázajících plodin společně s jinými plodinami, avšak podíl dusík vázajících plodin musí být alespoň 50 %. Poslední možností je podání žádosti o Agroenvironmentálně-klimatická opatření dle § 21 a 22 NV č. 75/2015 Sb. Těmito podopatřeními myslíme biopásy a ochranu čejky chocholaté. [17]

2.3.4 Rozdíl DZES 5 a DZES 7 d

Dle nového Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy DZES 7 d, se eroze vypočítává na celém půdním bloku. Není tedy možné VEP – vnitřní erozní parcelku, oddělit od celého DPB a ten prohlásit NEO a VEP SEO. Hodnotí se vždy celý DPB. Jelikož se DPB vyznačuje především svou kulturou a uživatelem, budou-li tedy dva DPB vedle sebe se shodným uživatelem a kulturou, dojde k jejich sloučení. [17]



Obr. 13 - Porovnání nového a starého způsobu určení eroze DPB [12]

2.3.5 Nařízení 31/2020 Sb.

Nové nařízení vlády platné od 6. 2. 2020 pozměňuje některé části DZES 7 d. Podmínky ochrany půdy se zpřísnily následujícími podmínkami. Zemědělci budou muset nově vytvářet ochranná opatření na DPB, která:

1. Obsahují více jak 2 ha erozně ohrožené půdy
2. Jehož výměra je z více jak 50 % erozně ohrožena
3. Více než 30 ha souvislé plochy jedné plodiny

Jako souvislá plocha jedné plodiny je dle nařízení plocha osetá, nebo osázená jednou plodinou, která od sebe není viditelně oddělena ochranným pásem osetým pícninami, nebo plodinami určenými pro ochranný pás. Dále jsou podmínky stejné jako je popsáno v předchozích odstavcích. Nové nařízení tedy rozšiřuje působnost těchto omezení na všechny velké lány, které zatím nemusí být erozně ohrožené.

Třetí bod postihuje velké množství DPB, na kterých je pěstována jedna plodina. Průměrně má DPB v České republice výměru 20 ha, což může znít v porovnání s 30 ha jako malé číslo, ale jedná se pouze o průměrnou hodnotu. V roce 1948 byla průměrná výměra DPB 0,23 ha. [17]

2.4 Vliv ochranného pásu na krajinu a zadržení vody

Tato část práce nastíní možné způsoby tvorby ochranných pásů na velkých půdních blocích. Budeme se zabývat především erozí vodní, protože na ni reaguje nové vládní nařízení. Zrychlená eroze, kterou můžeme pozorovat na některých půdních blocích ohrožuje pole samotná, ale také intravilány měst a obcí. Půda, která je vlivem přívalových dešťů smývána a odplavována z polí může také způsobit velké škody na majetku obcí. Eroze půdy odplavuje z polí nejcennější, nejurodnější ornici. Mimo to zhoršuje fyzikálně-chemické vlastnosti půdy, zvyšuje její štěrkovitost, snižuje obsah živin, znesnadňuje práci zemědělských strojů. Výčet těchto negativních vlastností eroze půdy by mohl dále pokračovat.[5] [17]

Další negativní vlastnosti můžeme pozorovat poté, co voda unášející částice půdy opustí sledovaný půdní blok. Vodou transportované půdní částice jsou unášeny do řek, kde následně zvyšují zakalení daných vodních toků, snižují jejich průtočnost, zvyšují náklady na odbahnění nebo zvyšují náklady na úpravu vody. Tomuto chvilkovému vodnímu toku mohou v cestě stát různé stavby, nebo i celé obce, kde ještě před odtokem do řek napáchají hmotné škody.[5]

V České republice je téměř 50 % půdních bloků ohroženo vodní erozí, dalších 10 % je ohroženo erozí větrnou. Na většině těchto DPB nejsou prováděny správné činnosti pro omezení eroze. Po roce 1989 se očekávalo, že privatizace přinese zmenšení půdních bloků, které byly za dob minulého režimu zvětšovány. Žádné výrazné zmenšení ale nebylo dosud zaznamenáno a se stále častějšími přívalovými dešti se tento problém prohlubuje. Přívalovým deštěm se dle profesora G. Hellmanna považuje déšť s úhrnem srážek 10–80 mm v kratším časovém intervalu než 180 minut. Zpravidla se jedná o rychlý intenzivní déšť na malém území, který může rozvodnit menší říční toky, a především způsobit vodní erozi na DPB. [19][5]

Možností, jak DPB ochránit před erozí je mnoho a nejúčinnější je kombinace všech možností. Pozemkové úpravy na podporu ochrany DPB by měly respektovat ekologické, agrotechnické, technické, vodohospodářské, dopravní, ale i ekonomické poměry.

2.4.1 Opatření proti erozi

Rozsah a intenzita zavádění protierozních opatření vždy souvisí s intenzitou potřeby chránit daný DPB, ať už z důvodu pěstovaných plodin, nebo ochraně měst a obcí, které s pozemky sousedí. Můžeme také chránit vodní zdroje, které jsou významnou zásobárnou vody pro obyvatele. Vždy je třeba respektovat požadavky vlastníků, uživatelů (zemědělců), ochrany přírody i případných technických opatření. Ve většině případů jde o kombinaci organizačních, agrotechnických a technických opatření. [5]

Vzhledem k zaměření této práce na ochranné pásy se dále budeme věnovat pouze technickým opatřením, která mají přímou souvislost s tvořením ochranných pásů. Právě technická opatření jsou základním prvkem celkového systému protierozních opatření. Jejich účinnost poté podporují přijatá agrotechnická a organizační opatření.

Základním posláním technických opatření je minimalizovat faktor nepřerušované délky L. Tato opatření se projektují nejenom v závislosti na DPB, ale také na návaznosti na další DPB, směr obdělávání půdy, směr odtoku zadržené vody, nebo v závislosti na obcích a městech, které mají tato opatření také chránit. Nepřímo lze také vytvořením těchto technických opatření, pozitivně ovlivnit faktor vegetace C. To je způsobeno použitím jiné plodiny na vytvořeném technickém opatření.

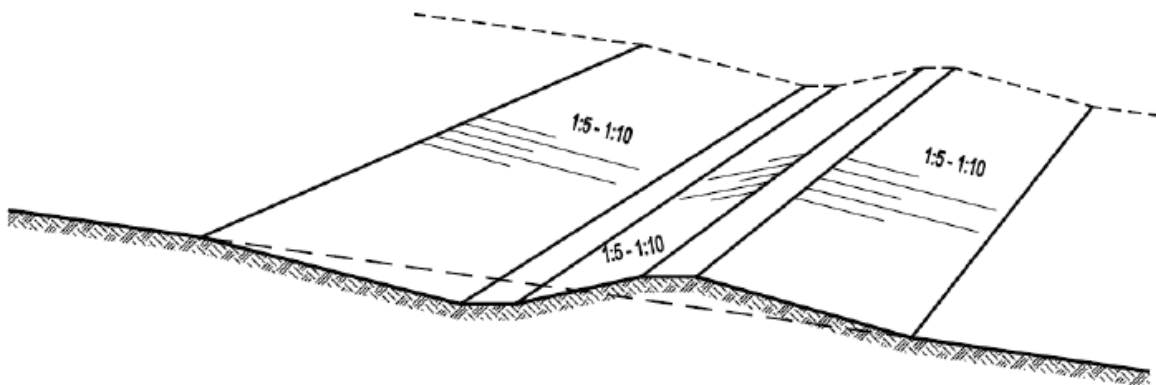
Mezi technická opatření patří:

- průlehy
- příkopy
- hrázky
- meze
- nádrže
- terasování

Pro tvorbu ochranných pásů jsou vhodné především průlehy, hrázky nebo meze. Ochranný pás s minimální šířkou 22 metrů, nemusí být v celé své šířce upraven technickým opatřením. U většiny opatření není přesně definovaná nutná šířka k realizaci, ta se bude odvíjet vždy od konkrétní situace každého DPB. [5]

Protierozní průlehy rozdělujeme na dva základní typy, a to záchytný protierozní průleh a odtokový protierozní průleh. Průlehem myslíme mělký a široký příkop, který se většinou projektuje na polích s mírným sklonem.

Záchytný průleh, viz. obrázek se běžně projektuje na svahy se sklonem do 15 %. Jeho hlavním úkolem je zachytit a zadržet vodu, která by bez tohoto opatření mohla s narůstající nepřerušovanou délkou nabírat na intenzitě a následně působit škody. V praxi bývá tento průleh doplněn o zatravněný pás, sedimentační pás nebo doprovodnou hrázku. Podélný sklon tohoto průlehu je do 3 %. To není žádný problém pro instalaci fotovoltaických panelů, které jsou běžně instalovány na svažitéjších pozemcích. Využití tohoto pásu by bylo možné pro všechny varianty uvažované v této práci. Metodika VÚMOP přímo uvádí i variantu s pěstováním doprovodné vegetace u tohoto technického opatření. [5]



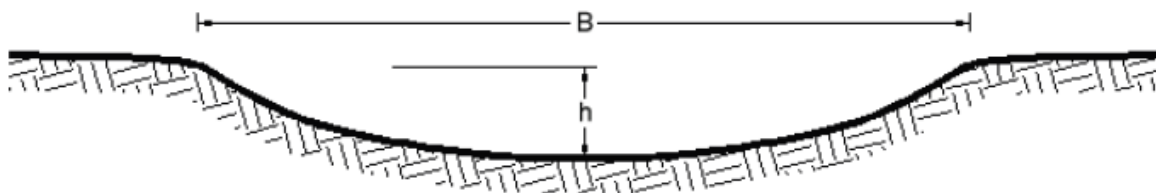
Obr. 14 - Záchytný průleh [2]

Druhým typem je svodný průleh, který nejčastěji navazuje právě na průlehy záchytné. Jeho hlavním úkolem je odvést zachycenou vodu co možná nejšetrněji aby nenapáchala škody na DPB. Rozměry těchto průlehu jsou ohraničeny maximální hloubkou 100 cm a minimální hloubkou 30 cm. Jak je patrné z následujících obrázků, používají se nejčastěji dva typy a to parabolický, případně lichoběžníkový tvar. Maximální střední profilová rychlost vody při

příválových deštích by měla být 1,5 m/s. Dle tohoto požadavku se projektují a realizují konkrétní svodné průlehy.[5]

Vzhledem k požadavku na tyto průlehy, dokázat odvést velké množství vody v exponovaných časech příválových deštů nebo tání sněhu je nejideálnější řešením jejich povrch zatravnit. Šířka vytvořeného průlehu B se stanovuje na základě střední rychlosti vody, sklonu průlehu a hloubky vody ve středu průlehu. Parabolický tvar není vybrán náhodou, kopíruje nejvíce přírodní útvary, lze jej snadně vytvořit technikou a v neposlední řadě snižuje meandrování a erozi samotného průlehu. V případě velkého očekávaného průtoku vody průlehem lze dno zpevnit vrstvou kamenného záhozu, který zabrání rychlé tvorbě erozních rýh. Celkové rozměry se vždy vypočítají pro konkrétní místo dle následujících rovnic.[5]

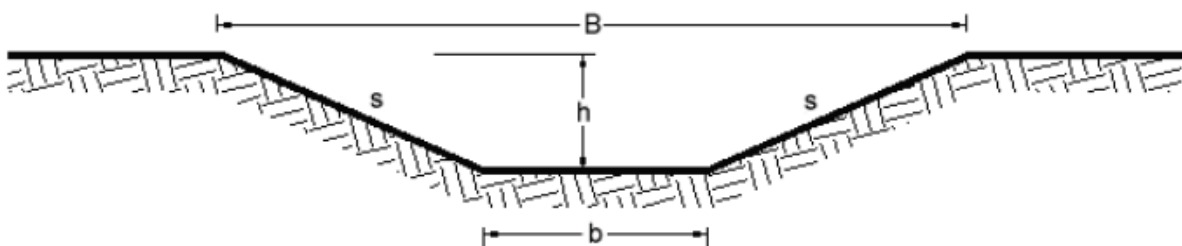
$$S = \frac{2}{3} \cdot B \cdot h$$



Obr. 15 - Svodný průlehl 1 [2]

$$S = b \cdot h + s \cdot h^2$$

$$B = b + 2 \cdot h \cdot s$$



Obr. 16 - Svodný průlehl 2 [2]

Kde,

- S průtočná plocha parabolického profilu zatravněné údolnice
- B šířka profilu zatravněné údolnice při hloubce h
- h hloubka zatravněné údolnice
- b šířka profilu v hloubce h = 0
- s sklon svahu

Dalším protierozním technickým opatřením mohou být tzv. hrázky. Ty se běžně staví na šikmých pozemcích ve směru vrstevnic. Jejich hlavním úkolem není zadržet vodu na daném pozemku, ale ochránit intravilány měst a obcí před zatopením přívalovým deštěm. Tyto hrázky by mohly být užitečnou součástí ochranných pásů, a jelikož se budují v blízkosti lidských obydlí, tudíž i v blízkosti možné spotřeby elektrické energie, jejich spojení s instalací FVE je namístě. Hrázky se budují z materiálu, který je přímo na daném místě, po odstranění svrchní nejvzácnější ornice. Každá takto vybudovaná protierozní hrázka musí mít vypouštěcí zařízení. Hrázky jsou dalším protierozním řešením tam, kde výše zmiňované průlehy nestačí, neboť by se rychle zanesly naplavenou zeminou a přestaly plnit svou úlohu. Konkrétní hrázky se vždy navrhují tak, aby dokázaly pojmout veškeré množství přívalových srážek na daném území. [5]



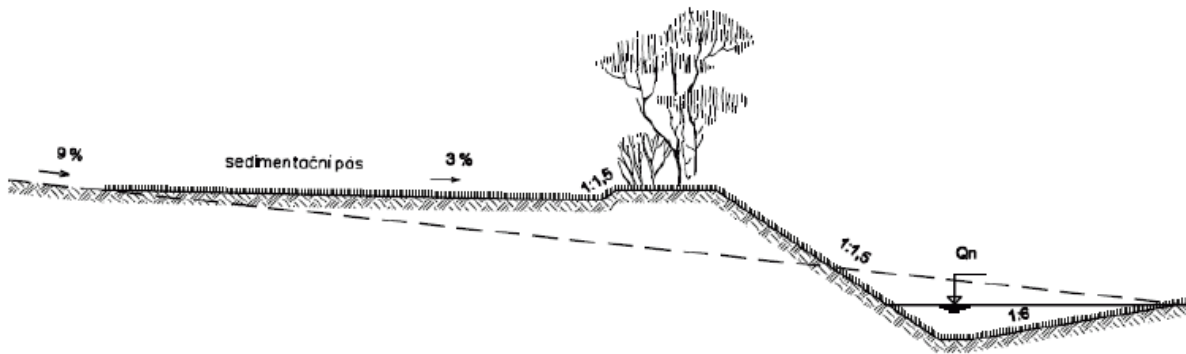
Obr. 17 - Protierozní hrázka [2]



Obr. 18 - Příklad protierozní hrázky [2]

Protierozní meze jsou dalším možným technickým opatřením. Uměle vytvořené meze jsou jedním z nejjednodušších technických opatření. Jsou to v podstatě části půdních bloků s vysazenými stromy, keři, doplněné o průlehy. Průlehy dokáží zadržet vodu, jak bylo popsáno výše v této práci a následná vegetace dokáže tuto vlastnost ještě více podpořit. Tyto meze se

staví nejčastěji na polích se sklonem 2–5 % a vybudovaná mez by měla být vysoká 1 – 1,5 metru. [5]



Obr. 19 - Protierozní meze [2]

Protierozní prvky zmíněné v této kapitole se běžně budují především na velmi svažitéch polích. Často se jedná o kombinaci několika těchto prvků, které dohromady dokáží snížit působení eroze. Všechny tyto prvky by se daly vždy kombinovat s instalací FVE, která by byla zvolena a umístěna dle vybraného protierozního prvku. Protierozní průlehy jsou v praxi skoro nerozeznatelné od běžných terénních nerovností země. U nich by bylo možné počítat s FVE na konstrukci, která bude zmíněna v druhé variantě. U protierozních mezí nebo hrázek je možné instalovat klasickou pozemní FVE, která může vytvořeným stínem podpořit nízkou vegetaci v dobách sucha. Existují i další způsoby technických protierozních opatření, ta ale nebudou v rozsahu této práce již podrobně popsána. [5]

2.4.2 Ekonomické dopady eroze

Přímo ocenit škody, které páchá eroze je velmi obtížné. Erozi považujeme za tzv. negativní externalitu. Účinky eroze mohou mít negativní vliv i na další podnikatele a spotřebitele. Erozi způsobené dodatečné náklady nevstupují do účetnictví daného zemědělce, jsou pro něj proto externí. Z toho i název „externalita“. Voda společně s částicemi půdy, v první řadě odnáší půdu samotnou, vždy nejsvrchnější nejkvalitnější ornou půdu v daném místě.

Samotný výpočet nákladů způsobených erozí rozlišujeme na ty, které vznikají na poli samotném, mimo pole a poté jako ztráta pro budoucí generace způsobená erozí. Náklady je proto možné rozdělit na interní, které dokážeme obtížně ocenit, a poté ty externí, u kterých je ocenění velmi složité.

Mezi přímé náklady patří například odnos půdy, který dokážeme ocenit průměrnou cenou ornice na trhu. Ta je v současné době cca 350,- Kč/m³. Do výpočtu také uvažujeme cenu transportu ornice zpět na tento pozemek. Vznik rýh a podobných útvarů, které voda vytvořila na poli, oceníme náklady na uvedení pole do původních stavu. [20]

Externí náklady mohou vzniknout hned na sousedním poli, kde může eroze zemědělci vytvořit nánosy zeminy, kterou je nutné odstranit. Cena odstranění je také cena tohoto nákladu. Dalším externím nákladem může být znečištění vod, které oceníme náklady na čištění vody. V neposlední řadě musíme zmínit ekologické dopady, jejichž ocenění je velmi problematické.

Výsledné ekonomické vyhodnocení protierozních opatření se počítá porovnáním nákladů na jejich postavení a přínosů plynoucích z jejich vybudování. Náklady na vybudování protierozních opatření dokážeme snadno ocenit, nejčastěji na základě konkrétních již realizovaných opatření. Přínosy vytvořeného opatření počítáme jako rozdíl mezi oceněnými náklady na erozi před a po realizaci opatření. [5]

2.5 Funkční projekty v zahraničí

Například v Německu nebo ve Francii se již dnes můžeme setkat s prvními pilotními projekty, kde se v praxi zkouší využití fotovoltaiky v zemědělství. Jednotlivé projekty se od sebe výrazně liší, především ve způsobu umístění. Jeden směr, který uvažujeme i v této práci, je instalace fotovoltaických panelů na konstrukci nad pole, na kterém se dá pokračovat v běžné zemědělské činnosti. Příklad takového projektu je AVP Resola v Německu. Druhým směrem, který testuje jiná německá firma Next2sun, je vertikální instalace fotovoltaických panelů. Ty mohou být instalovány i v orientaci východ-západ, pro omezení stejného výkonového maxima všech fotovoltaických elektráren. Francouzská společnost Sun'Agri testuje natáčecí panely na konstrukci nad vinnou révou. Cíl těchto projektů je společný, zmapovat veškeré pozitivní i negativní vlivy společného pěstování zemědělských plodin a výroby elektrické energie z fotovoltaických systémů. Pilotní projekty probíhají i v jiných světových zemích, například v Itálii, Japonsku nebo Chile. Jednotlivé instalace se od sebe často výrazně liší uložením fotovoltaických panelů, ale vždy jde o spojení výroby elektřiny a zemědělskou činnost.

2.5.1 APV Resola – Zemědělské družstvo Heggelbach, Seelfinden, Německo

Nedaleko Bodamského jezera se nachází pilotní projekt německého Fraunhofer institutu. Na ploše o velikosti 0,34 ha je instalována FVE na konstrukci ve výšce 5 metrů. Celkový instalovaný výkon je 194 kW. Pro tuto instalaci byly zvoleny bifaciální panely, které vyrábí elektrickou energii i z odraženého slunečního záření od zemského povrchu. Cílem tohoto projektu je porovnat růst stejných plodin na dvou referenčních plochách. Jedna plocha má nad sebou konstrukci s FVE, zatímco druhá reprezentuje klasické pole. Tento projekt byl zahájen v roce 2017, kdy byla úroda pod FVE o 18 % nižší než mimo ni. V roce 2018, výrazně slunečnějším a sušším, byla naopak úroda některých plodin o 12 % vyšší. Z těchto čísel je možné pozorovat lepší výsledky ze suchého roku, kdy je zastínění plodin pozitivním jevem. Instalace FVE, tedy nejenom vyrábí tzv. „zelenou“ energii, ale napomáhá i zastínění a menšímu vysychání půdy. [21][8]

Umístění	Heggelbach, Seelfinden, Německo
Instalovaný výkon	194 kW
Rozloha	3400 m ²
Použitá technologie	FVE na konstrukci nad zemí
Pěstované plodiny	Pšenice, jetel, brambory, celer
FVE panely	bifaciální
Orientace FV panelů	Jiho-západ

Tab. 2 - Základní údaje pilotního projektu Heggelbach



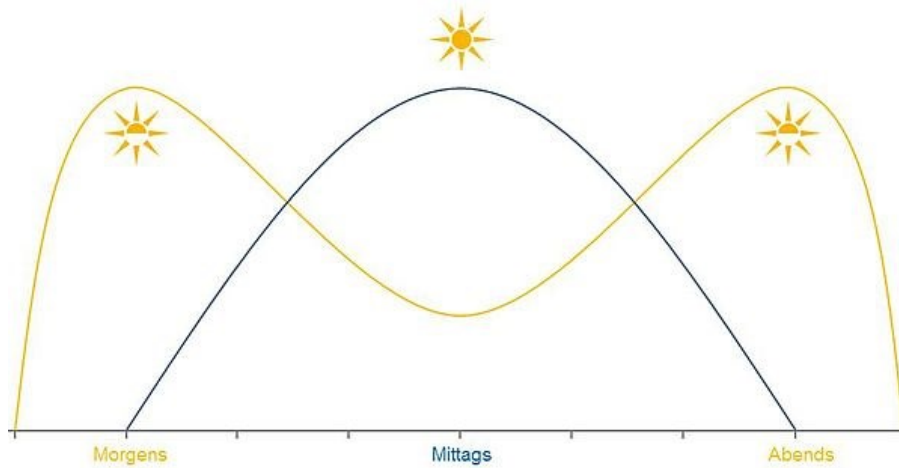
Obr. 20 -FVE na konstrukce - AVP Resola [21]

2.5.2 Next2sun – Eppelborn, Saarland, Německo

Dalším německým projektem je instalace FVE o celkovém instalovaném výkonu 2 MW nedaleko města Eppelborn na západě Německa. Firma Next2sun instaluje vertikálně uložené fotovoltaické panely, které díky své orientaci na východ a západ, dokáží dosáhnout špičkového výkonu v ranních a večerních hodinách. Tento fakt přispívá ke stabilitě sítě, jelikož většina současných instalací FVE má pouze jeden vrchol špičkového výkonu během dne. Na následujícím obrázku lze vidět porovnání výkonu konvenční instalace FVE orientované na jih, a vertikální instalaci orientované na východ a na západ. Kromě zlepšování síťových poměrů, přináší tento typ instalace i vyšší výnosy z prodeje elektřiny, díky vyšší ceně elektřiny v ranních a večerních hodinách. Tato technologie také umožňuje několik možných způsobů zemědělského využití. Jednou z možností je pouze sečení trávy, která bude použita jako krmivo pro dobytek. Alternativní možností je vytvoření pastviny pro dobytek. Firma Next2sun, uvádí i možnost vytvoření orné půdy a běžné hospodaření a pěstování zemědělských plodin. [22][23]

Umístění	Eppelborn, Saarland, Německo
Instalovaný výkon	2 000 kW
Rozloha	70 000 m ²
Použitá technologie	Vertikální FVE
Pěstované plodiny	Travní pastviny, tráva, další
FV panely	bifaciální
Orientace FV panelů	Východ, západ

Tab. 3 - Základní údaje pilotního projektu Eppelborn



Obr. 21 - Rozdíl výroby elektřiny mezi FVE orientovanou na jih a východ/západ [8]

Pokud tuto fotovoltaickou elektrárnu pozorujeme z větší dálky, bude působit stejným dojmem jako konvenční elektrárny. Z blízka je však využití plochy půdy výrazně menší, a pohybuje se okolo 1 % zastavění půdy. [23]



Obr. 22 - Ukázka sečení louky v pilotním projektu Eppelborn [23]



Obr. 23 - Celkový pohled na FVE Eppelborn [23]

2.5.3 Sun'Agri – Piolenc, Francie

Vinařství Piolenc na jihu Francie, je součástí pilotního projektu společnosti Sun'Agri, která na tomto místě testuje využití fotovoltaických systémů ve spojení s pěstováním vinné révy. Na ploše 600 m² je pěstována vinná réva pod fotovoltaickými panely. Výška konstrukce je v tomto případě 4,2 metru, vinná réva je obhospodařována výrazně menšími stroji než běžné zemědělské plodiny. Celkový instalovaný výkon této FVE je 84 kW.[24][7]

V tomto konkrétním případě je experimentálně sledována odrůda Grenache Noir, jedna z nejrozšířenějších odrůd červeného vína na světě, také 80% součást světoznámého vína Châteauneuf-du-Pape. Podle průběžných výsledků tohoto experimentu se snížila potřeba vody pro růst rostlin o 22 %. Toho bylo dosaženo sníženou evapotranspirací, díky zastínění půdy fotovoltaickými panely. Rostliny vinné révy jsou tedy v kombinaci s FVE odolnější vůči vlnám suchých období s nedostatkem dešťových srážek. Zastínění nemá žádný negativní vliv na kvalitu hroznů, ale právě naopak, jelikož vinná réva nepotřebuje 100 % slunečního záření. [24]

Umístění	Piolenc, Francie
Instalovaný výkon	84 kW
Rozloha	600 m ²
Použitá technologie	FVE na konstrukci nad zemí
Pěstované plodiny	Vinná réva
FV panely	jednostranný
Orientace FV panelů	Natáčení panely

Tab. 4 - Základní údaje pilotního projektu Piolenc



Obr. 24 - Ukázka obsluhy vinic pod FVE v pilotním projektu Piolenc [24]

3 Legislativa agrofotovoltaiky

Realizovat jakoukoli fotovoltaiku ve spojení se zemědělstvím je při uvažování současného českého právního řádu v podstatě nemožné. Neexistuje žádné spojení možnosti výroby elektrické energie a zemědělské produkce, nebo ochrany půdy. Pro získání relevantních aktuálních informací jsem navštívil advokátní kancelář Doucha, Šikola. Tato advokátní kancelář se zaměřuje především na spojení práva a energetiky. Mezi jejich klienty patří například Solární asociace, Komora obnovitelných zdrojů energie, nebo společnosti Terms, Biom a další. Jejich přehled o stavu práva v české energetice je na velmi vysoké úrovni. [25]

3.1 Současná situace

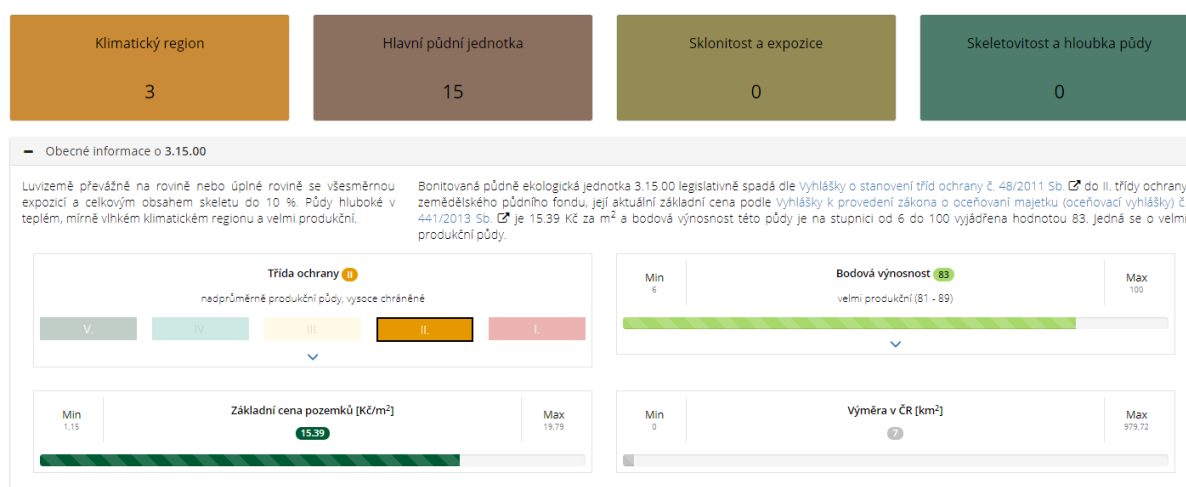
Pokud bychom uvažovali stavbu FVE na ochranném pásu, museli bychom FVE stavět na zemědělské půdě. V současné době je dle stavebního zákona považována jakákoliv agrofotovoltaika za stavbu. Stavby mohou být dle stavebního zákona realizovány pouze na územních plochách, určených stavebním zákonem. Stavbu FVE, jakožto energetického zařízení, lze tedy realizovat pouze na území určeném k výrobní nebo jiné průmyslové činnosti.

K tomu abychom mohli FVE realizovat, je nutná změna územního plánu.

Zemědělci by museli požádat o územní rozhodnutí, stavební povolení a kolaudační souhlas. Lze využít některých zjednodušujících kroků ve stavebním zákoně, jako je například sloučení územního a stavebního řízení. Agrofotovoltaika však musí podle současné legislativy plnit veškeré požadavky klasické FVE.

3.2 Zemědělský půdní fond

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy vede databázi půdních bloků, kde u každého je uvedeno číslo BPEJ. Toto číslo se skládá z několika číslic, kde první znamená, v jakém klimatickém pásu se půda nachází (suché 0, vlhké 6), druhá a třetí číslice odkazují na zařazení do hlavní půdní jednotky klasifikační soustavy (0–78). Čtvrtá číslice určuje sklon půdy vzhledem k světovým stranám (0–9). Pátá číslice udává skeletovitost a hloubku půdy (0–9). BPEJ číslo nám tedy podává informaci o tom, jak bude daná půda výnosná, jaká je její bonita. [6]



Obr. 25 - Ukázka Stanovení bonitního čísla DPB [6]

Toto je pro nás důležité z pohledu vyjmutí půdy ze zemědělského půdního fondu. Půdu nejvyšší bonity lze ze ZPF vyjmout pouze ve veřejném zájmu. Pokud bychom tedy chtěli postavit agroFVE nad touto půdou, narazili bychom i na tento problém. Zároveň vyjmutí půdy ze ZPF komplikuje hospodaření na této půdě. [6]

Na obr. 24 vidíme údaje posuzovaného pole ZD Čistá u Mladé Boleslavi. Číslo BPEJ tohoto pole je 3.15.0.0, celkově spadá do druhé nejvyšší kategorie bonity půdy z pětibodové škály. Tento půdní blok by bylo možné vyjmout ze zemědělského půdního fondu. [6]

Se zemědělským půdním fondem souvisí i skutečnost nutnosti provedení skrývky. Skrývka je sejmutí svrchní vrstvy půdy, v našem případě bonitní orné půdy. V případě stavby FVE na zemědělské půdě je nutné provést skrývku a vytěženou půdu uložit do deponie, odkud může být dále distribuována pro další účely.

Celkové vyjmutí půdy ze zemědělského půdního fondu poté komplikuje zemědělcům hospodaření na této části půdy.

3.3 Autorizace MPO

Nedílnou součástí jakékoliv stavby FVE větší než 1 MW podléhá autorizaci Ministerstva průmyslu a obchodu. Na žádost investora FVE posuzuje MPO jednotlivé žádosti. Žádost musí být v souladu se strategickými a koncepčními plány státu. V tomto případě by schválení naráželo na problém energetické stavby na zemědělské půdě.[26]

Pro všechny výrobní elektrické energie platí nutnost získání licence na výrobu. Ty uděluje ERÚ na základě doložení svéprávnosti, bezúhonnosti a odborné způsobilosti, případně ustaveného odpovědného zástupce. Žadatel musí předložit výpis z rejstříku trestů pro potvrzení bezúhonnosti. Odborná způsobilost není vyžadována do instalovaného výkonu 20 kWp. V případě právnické osoby, je vždy nutné ustanovit odpovědnou osobu. Odborná způsobilost je prokazována úrovní dosaženého vzdělání a následné praxe. Platnost licence je 25 let, což je doba, která odpovídá přibližně době životnosti zařízení. Každý žadatel musí dodat ERÚ žádost a zaplatit správní poplatek.[27]

3.4 Připojení do distribuční soustavy

Připojení schvaluje vždy příslušný provozovatel distribuční soustavy, na jehož území je FVE umístěna. V České republice máme celkem tři distribuční společnosti, a to ČEZ distribuce, a.s., PRE a.s. a E.ON. a.s. Pokud uvažujeme stavbu FVE ve Středočeském kraji v okrese Mladá Boleslav, distributorem je společnost ČEZ distribuce, a.s. [26]

Na připojení má výrobce elektřiny právo, pokud je v daném místě kapacita na připojení nové FVE a připojení nového zařízení neohrožuje bezpečný provoz soustavy. Spolu s těmito hlavními podmínkami je nutné splnit veškerá pravidla pro připojení do distribuční soustavy. [28]

3.5 Výhled do budoucnosti

V současné době se připravuje novela stavebního zákona, která by měla zjednodušit povolování staveb na výrobu energie z Obnovitelných zdrojů energie (OZE). Měla by umožňovat realizaci stavby i na pozemcích, které nejsou územním plánem přímo vymezeny k zástavbě. Toto by byl první velký krok pro budování agroFVE. [26]

Další připravovanou novelou je novela zákona o ochraně ZPF. Pro stavbu FVE na konstrukcích, pod kterými bude možné pěstovat plodiny, je nutné, aby bylo možné stavbu realizovat bez nutnosti vyjmutí půdy ze ZPF. Toto opatření by bylo dobré i pro další OZE, jako například větrné elektrárny. Celkově by bylo nutné v této novele zohlednit možnosti realizace FVE na zemědělské půdě, při níž nedochází k znehodnocování půdy.[26]

3.6 Problémy vlastnictví půdy

Většina zemědělců, družstev a společností některá pole vlastní. Hospodaří ale také na pronajatých polích, což může představovat problém při instalaci FVE panelů. Zatím však bohužel česká legislativa neumožňuje vůbec postavit FVE panely na zemědělské půdě.

4 Rozbor projektu instalace FVE na ochranné pásy

Tato kapitola se bude věnovat základním vstupním údajům a jiným důležitým informacím projektu. V první části bude představeno zemědělské družstvo, pro které budou modelovány možné varianty řešení ochranného pásu. Veškerá data použita v tomto projektu jsou faktické údaje o funkčním zemědělském družstvu Čistá u Mladé Boleslavi. Pro každé zemědělské družstvo bude nutné ověřit ekonomickou efektivnost navrhovaných řešení, kvůli rozdílné velikosti, předmětu podnikání, nebo geografickému umístění. Tato kapitola bude řešit i možné nejrealnější umístění ochranných pásů.

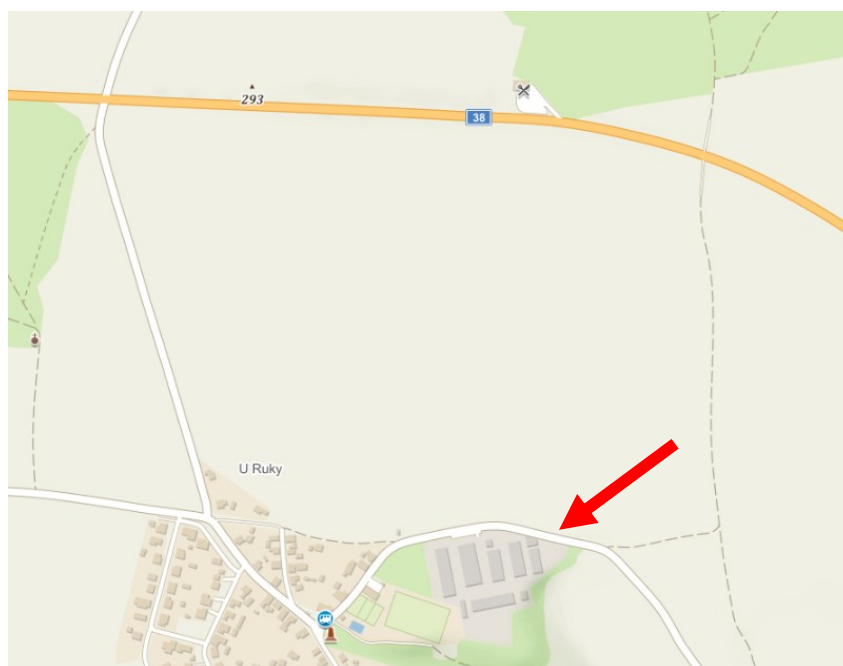
V další části této kapitoly budou popsány nejexponovanější ekonomické vstupy projektu. Myslíme například inflaci, kurzy významných měn ve vztahu k české koruně, nebo daňový systém České republiky. Smyslem celého projektu je kromě zadržení vody v krajině úspora nákladů na elektrickou energii. Proto bude rozebrán současný stav plateb za elektrickou energii, spotřeba elektrické energie zemědělského družstva a její struktura. Pro co nejpřesnější výpočet budou vytvořeny čtyři typické diagramy dodávky elektrické energie, z kterých bude poskládán roční hodinový odběrový diagram čítající 8760 hodnot.

V neposlední řadě bude v této kapitole zmíněna firma Nanoenergy a.s., se kterou jsem měl příležitost spolupracovat na tomto projektu. Tato firma se zabývá výkupem a prodejem pouze „čisté“ elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů. Díky tomu je schopná nabídnout výrazně vyšší výkupní cenu než tzv. povinně vykupující.

4.1 Lokalita instalace

Jako vzorová lokalita bylo vybráno pole o rozloze 55,55 ha v blízkosti obce Čistá u Mladé Boleslavi ve Středočeském kraji. Toto pole se nachází v těsné blízkosti Zemědělského družstva Čistá. Kromě zemědělského družstva okrajem pole vede silnice I/38 Spojující Mladou Boleslav a Českou Lípu. Lokalita vybraného dílu půdního bloku, na kterém by bylo realizováno přerušení ochranným pásem s FVE je zásadní pro možný potenciál využití vyrobené elektřiny. Přestože je Česká republika relativně malý stát s hustou sítí infrastruktury i rozložením obcí, nalezneme lokality, které budou mít možnosti využití elektřiny z FVE různé. V praxi to znamená více možností využití pro DPB nacházející se v blízkosti obcí, firem, silnic, nebo železničních tratí.

Zemědělské družstvo se zabývá především rostlinnou výrobou a hospodaří na téměř 1500 ha půdy. Hlavní pěstovanou plodinou je pšenice a to na 600 ha, dále pak řepka olejka na 270 ha, třetí nejvíce pěstovanou plodinou je cukrová řepa na 200 ha. Z dalších plodin bychom mohli jmenovat kukuřici, hrách, mák nebo vojtěšku. Právě vojtěška a hrách nás z posledních vyjmenovaných plodin zajímá nejvíce. Jedná se totiž o plodiny, které se mohou dle zemědělského standardu DZES 7d pěstovat na uměle vytvořených 22 metrových pásích. Především vojtěška bude ideální plodinou, protože se nemusí hnojit ani zalévat. Sklízí se poté traktorem se sekačkou s maximální šířkou 6 metrů. Nevzniká zde tedy žádný problém šířky ochranného pásu.[29][30]



Obr. 26 - Lokalita ZD Čistá u Mladé Boleslavi [30]

4.2 Umístění ochranných pásů

Nařízení vlády zemědělcům nenařizuje, jakým způsobem musí být pásy přesně vytvořeny. Musí pouze rozdělit daný půdní blok na části menší než 30 ha. Pro splnění nařízení je tedy jedno, jestli bude daný ochranný pás každý rok na stejném místě, nebo se jeho poloha bude měnit. Pokud bychom uvažovali menší 22metrové pásy, na kterých bude vysazena tráva, případně jiné rostliny, tyto pásy by dle zemědělců zůstávaly na stejném místě. Důvodem jsou kolejové řádky, po kterých zemědělci jezdí veškerou zemědělskou technikou. Z důvodu vysoké hmotnosti těchto strojů je půda v těchto řádcích velmi stlačovaná. Pokud by tedy zemědělská technika vytvořila každý rok nové kolejové řádky, vedlo by to k velkému znehodnocování půdy. Z tohoto důvodu jsou ochranné pásy vytvořeny na jednom místě a ponechány delší dobu.

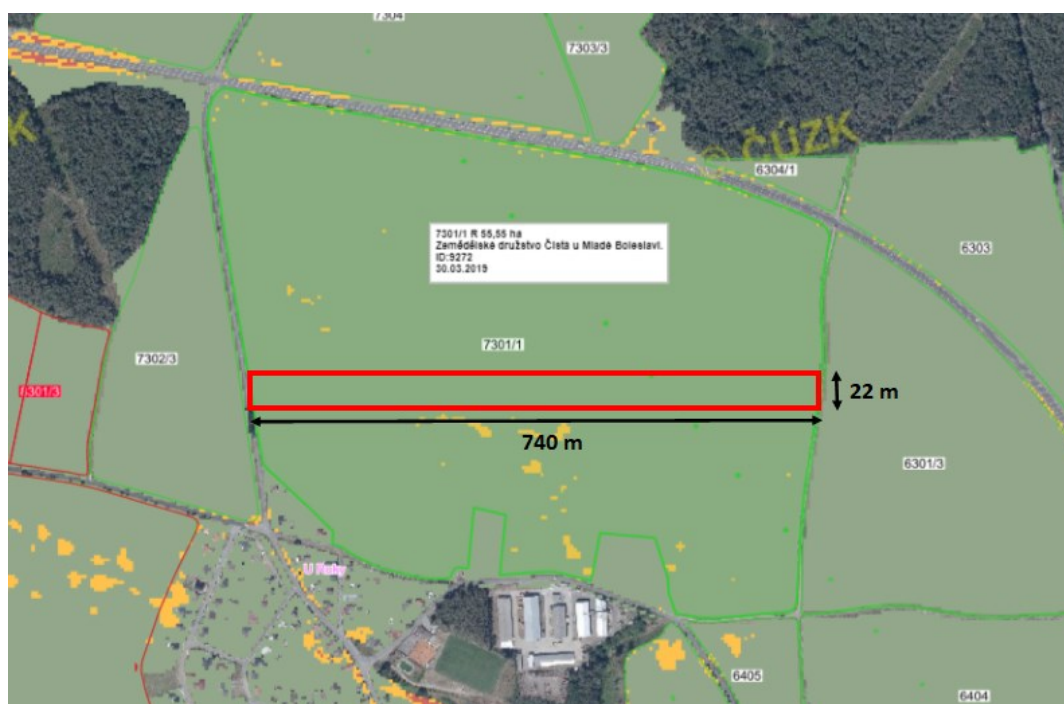


Obr. 27 - Ukázka tzv. kolejového řádku

4 Rozbor projektu instalace FVE na ochranné pásy

Zemědělský stroj dokáže nejčastěji obhospodařovat 15 nebo 30metrové pruhy. Je tedy zřejmé, že v závislosti na tomto faktu by vznikaly ochranné pásy. V praxi budou tyto pásy vznikat individuálně pro každý DPB, který bude chtít zemědělec rozdělit tímto způsobem. Jedním z hlavních vlivů na umístění ochranného pásu bude reliéf, respektive sklon DPB. Důležité pro správnou funkci těchto pásů bude schopnost efektivně zadržovat vodu v půdě a bránit velkého odsunu zeminy z polí. Svou roli bude hrát také fakt, že pás orientovaný delší hranou na jih se bude jednodušeji osazovat FVE.

Jak je vidět na následujícím obrázku, ve všech variantách této práce budeme uvažovat pás dlouhý 740 m. Tuto fotovoltaickou elektrárnu bude nutné připojit k zemědělskému družstvu. Připojení se bude ve většině případů projektovat v nejkratším možném místě, zde 300 m.



Obr. 28 - Nákres umístění ochranného pásu

Pro lepší představu vypočteme maximální možný instalovaný výkon, který lze na tomto pásu uvažovat. Máme pás s rozměry 740 x 22 m a jeho plocha je tedy 1,628 ha. Za předpokladu, že samotná plocha FVE bude zabírat 2/3 ochranného pásu, jsme schopni instalovat FVE o celkovém výkonu až 1,8 MW. Tato hodnota je maximálně možnou, při úplném zabrání tohoto pásu. Vzhledem k různým možnostem využití ochranného pásu a různým poptávkám po elektrické energii v daných lokalitách, lze očekávat vždy individuální volbu instalovaného výkonu v každé lokalitě.

4.3 Spotřeba energií ZD Čistá

Zemědělské družstvo je napojeno na plynovou soustavu z důvodu zabezpečení dodávek plynu pro vytápění základních budov. Plynovým kotlem se vytápí jedna kancelářská budova a dvě haly pro uskladnění a opravu strojů.

4 Rozbor projektu instalace FVE na ochranné pásy

V areálu družstva se nachází vlastní čerpací stanice pohonných hmot pro zemědělské stroje, případně automobily. Většina zemědělských strojů v současné době používá především dieselové motory.

Nejdůležitější energetickou komoditou spotřebovávanou v tomto družstvu je elektrická energie. Zemědělské družstvo nejsou pouze traktory obhospodařující pole. Pro správnou funkčnost je třeba mnoho navazujících činností. Elektrická energie je využívána především k pohonu třídící linky na obilí, která při plném provozu odebírá až 20 kW. Nepostradatelnou součástí jsou stroje a přístroje pro podporu a správnou funkčnost všech technologických procesů. V jedné hale jsou obráběcí a další stroje pro opravu zemědělských strojů. Družstvo má celkem 17 zaměstnanců, využití těchto strojů je tedy značné a celková spotřeba elektrické energie za rok činí 62,7 MWh. Elektrickou energii dodává zemědělskému družstvu společnost X-energy. [31]

Zaměstnanci pracují od 7.00 do 15.30, jejich náplň práce se mění v závislosti na ročním období. V letních obdobích je převažující činností sklizeň plodin a jejich zpracování. Ale i v tomto období je nutné průběžně opravovat zemědělské stroje. V podzimních a zimních měsících probíhá rozsáhlejší údržba zemědělské techniky, která nemůže být z časových důvodů provedena v letních měsících. Zemědělské družstvo se okrajově může zabývat i zpracováním dřeva, pokud nejsou zaměstnanci jinak vytíženi.

Zařízení	Počet [ks]	P ₀ [kW]	P _{0celk} [kW]	Průměrná doba využití [h/den]	Průměrný odběr [kW/h]
Soustruh	1	5,5	5,5	1	1,38
Fréza	1	5,5	5,5	1	1,83
Vrtačka	1	2,1	2,1	1	0,53
Stolní PC	5	0,1	0,5	24	0,50
Lednice	3	0,35	1,05	24	0,70
Laserová Tiskárna	1	0,1	0,1	24	0,10
Wifi-router	2	0,018	0,036	24	0,04
Osvětlení	1	1,6	1,6	24	1,60
Nabíjení – Aku nářadí	2	1,60	3,2	4	1,60
Klimatizace	2	1	2	6	1,40
Osvětlení – zima	1	0,5	0,5	8	0,50
Mikrovlnná trouba	2	0,8	1,6	0,05	0,01
Stolní kotoučová pila	2	2,6	5,2	0,75	1,95
Halový jeřáb	1	3	3	0,1	0,08
Přídavné noční osvětlení	1	0,3	0,3		0,30
Třídící linka					
Vál	1	5	5	18	5,00
Dopravník	4	3	12	18	12,00
Dopravník	5	0,5	2,5	18	2,50
Čistička	1	1,5	1,5	18	1,50

Tab. 5 - Přehled elektrických zařízení ZD Čistá a jejich základní data

Pro výpočet ceny, kterou bude zemědělské družstvo za elektřinu platit a kterou ušetří zjistíme analýzou faktury za elektrickou energii. Z faktury dodané zemědělskému družstvu určíme potřebnou cenu elektrické energie pro náš výpočet. V kalkulaci této ceny vůbec

nebudeme uvažovat fixní platby za měsíc, které musí zemědělské družstvo platit stále. Mezi ně se počítají platby za rezervovaný příkon, činnost OTE, nebo pevná cena silové elektřiny. Do výpočtu vstupují pouze ceny variabilní, mění se v závislosti na odebraném množství. To je cena za distribuované množství v NT (nízký tarif) a VT (vysoký tarif), podpora OZE, příspěvek na systémové služby ČEPS a.s., daň z elektřiny a silová elektřina.

Proměnné složky elektřiny	cena [Kč/MWh]
Distribuce elektřiny	1294,2
Podpora OZE	495
Systémové služby ČEPS a.s.	84,94
Daň z elektřiny	28,3
Silová elektřina(X-energy)	1079
Celkem	2981

Tab. 6 - Analýza proměnných složek ceny elektřiny ZD Čistá [27]

V tabulce jsou uvedeny hodnoty, které byly získány analýzou faktury zemědělského družstva. Cena za distribuci elektřiny je vážený průměr ceny za elektrickou energii odebranou v NT a VT. Více jak 2/3 elektřiny byly odebrány ve VT. Do výpočtu tedy vstupuje tato cena 2,98 Kč/kWh jako cena za elektřinu kterou musím stále nakupovat. Také je použita pro kalkulaci výnosů z ušetřených nákladů na elektrickou energii, kterou zemědělské družstvo samo spotřebuje.

Druhou, respektive třetí cenou, která vstupuje do výpočtu je výkupní cena přebytečné elektrické energie. Ta bude kalkulována na základě dat poskytnutých firmou Nanoenergy a.s.

4.4 Výkup pouze zelené energie

Nanoenergy a.s. je česká firma působící více jak 10 let na českém trhu. Jejím hlavním posláním je udržitelně a efektivně obchodovat s elektrickou energií. Společnost Nanoenergy a.s. dodává odběratelům elektřinu, která pochází ze 100 % obnovitelných zdrojů elektrické energie. Zároveň je schopná nabídnout výrobcům „zelené energie“ lepší výkupní ceny než povinné výkupní ceny distributorů elektrické energie. Cílem je tedy podpořit především lokální výrobce „zelené energie“ a dodat ji za přijatelné ceny všem odběratelům, kteří se chtějí chovat udržitelně a ekologicky.[32]

Princip fungování společnosti je založený na vykupování pouze elektrické energie vyrobené z OZE, a poté prodeji odběratelům. Společnost je schopná vykupovat energii za téměř dvojnásobné ceny než tzv. povinní vykupující a dodávat elektrickou energii odběratelům za téměř stejné ceny jako konkurence. Možností, jak se provázat s touto firmou je více. Zajímavým příkladem je odběratel bydlící v bytě, který nemá možnost instalace žádného udržitelnějšího zdroje elektrické energie. Takový odběratel ovšem může nakupovat elektrickou energii od firmy Nanoenergy a.s., čímž podporuje lokální výrobce elektrické energie, kteří mají možnost instalovat FVE. [32]

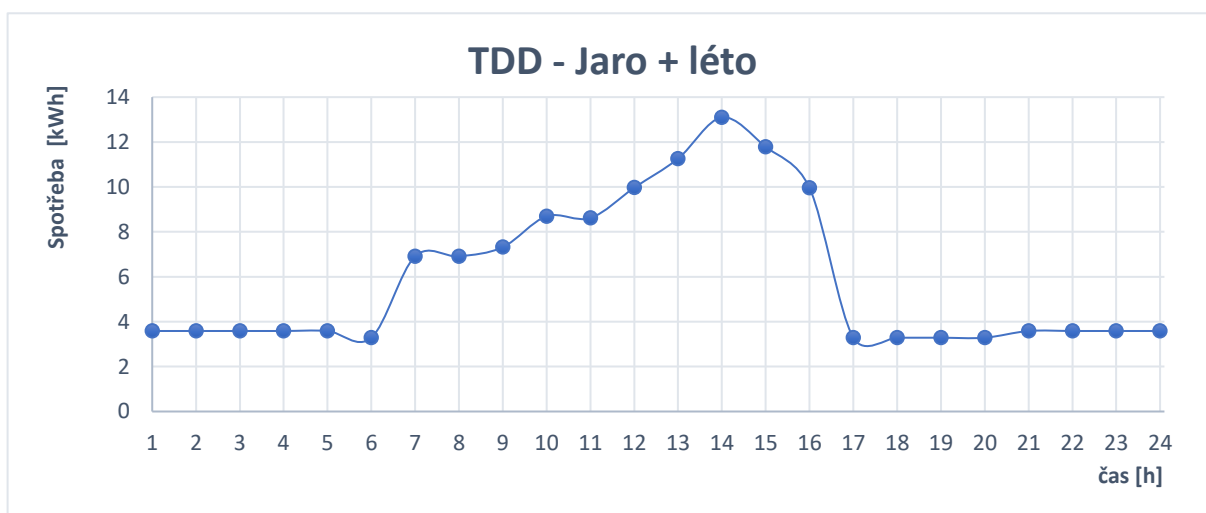
Pokud bychom chtěli prodat elektrickou energii vyrobenou FVE, zákon 165/2012 sb. zavádí tzv. povinně vykupujícího. Tím je v České republice vždy lokální distributor, konkrétně ČEZ Prodej, a.s., E.ON a.s. a PRE a.s. Tyto tři společnosti jsou povinni vykupovat elektrickou energii od lokálních výrobců do instalovaného výkonu 30 kW. Dle skupiny ČEZ a.s. je obvykle výkup přetoků elektrické energie do sítě realizován za cenu OKO – 500 Kč/MWh. OKO cena je cena

na denním trhu organizovaném OTE. Společnost Nanoenergy a.s. dokáže takovými výrobci garantovat cenu 916 Kč/MWh. [32][33]

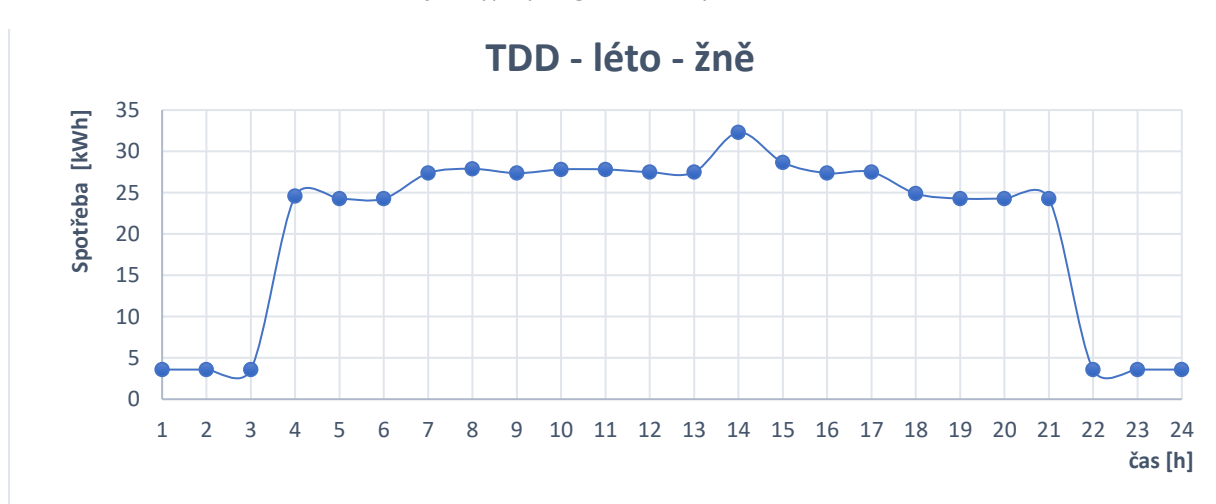
Pro výpočet možných variant instalace FVE na ochranné pásy bude v této práci uvažována právě částka 916 Kč/MWh. [32]

4.5 Typové diagramy dodávky elektrické energie

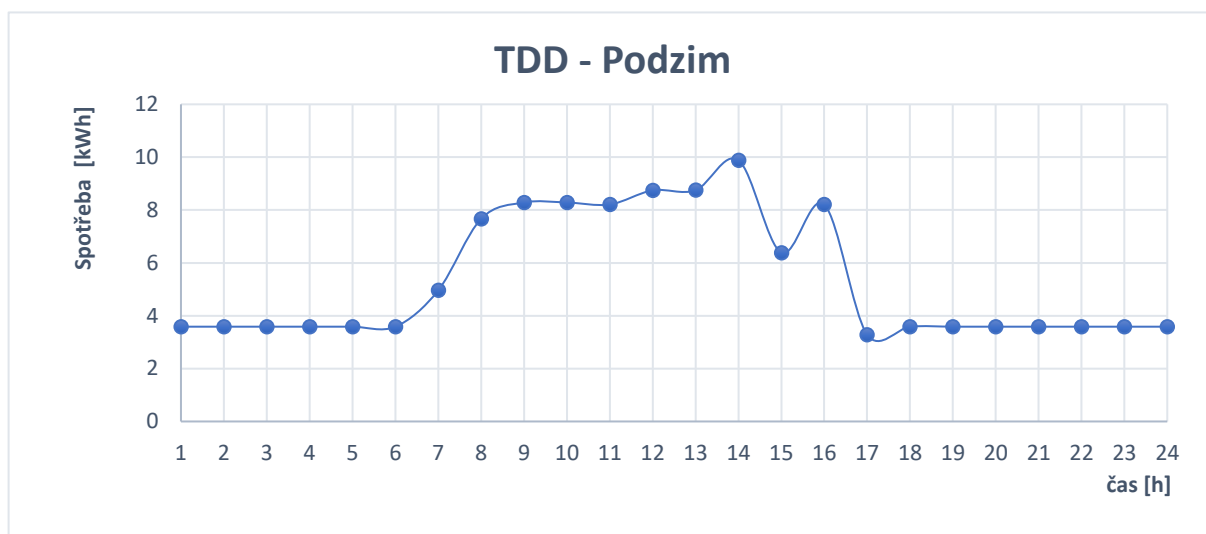
Pro co nejpřesnější výpočet ekonomické efektivity byly vytvořeny čtyři typické odběrové diagramy, a to pro zimní období, podzimní období, jarní a letní období a speciální letní období v době zpracovávání sklizeného obilí. V době žní je v provozu denně 18 hodin linka s příkonem téměř 20 kW, která třídí, zpracovává a čistí sklizení obilí. Tato linka je průměrně v provozu 35 dní v roce. Její přesná doba použití závisí na objemu sklizně v daném roce. V období před sklizní je linka v provozu částečně, jelikož musí do zásoby připravit krmivo pro dobytek, které je poté dále distribuováno. Celoročně je objekt v noci trvale osvětlen halogenovými světly. V zimních měsících je spotřeba energie i na osvětlení vyšší, jak venkovní ochranné, tak vnitřní osvětlení kanceláří a technické haly pro opravy strojů.



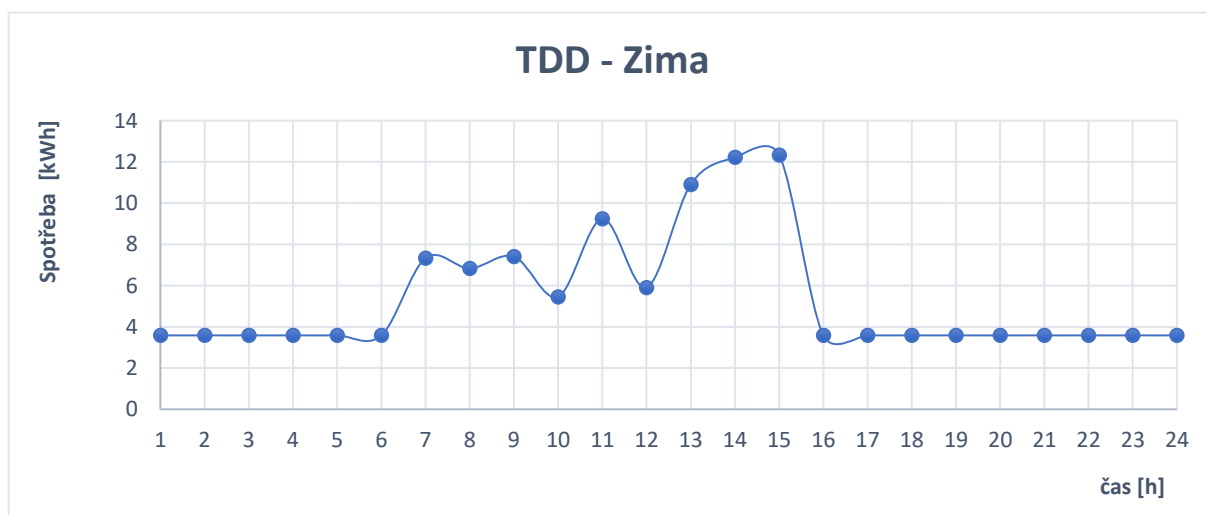
Graf 2 - Typový diagram dodávky - Jaro + léto



Graf 1 - Typový diagram dodávky - Léto - žně



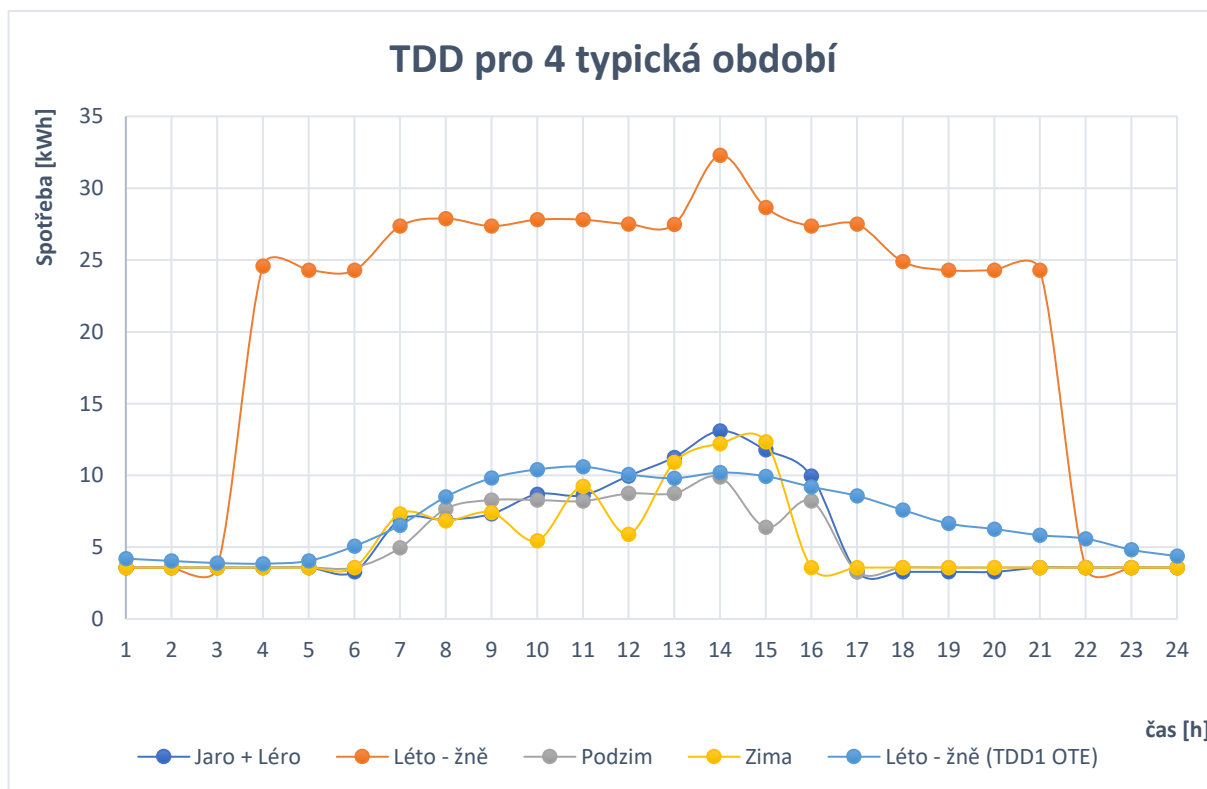
Graf 4 - Typový diagram dodávky - Podzim



Graf 3 - Typový diagram dodávky - Zima

Abychom mohli ověřit správnost vytvořených TTD, pro kontrolu použijeme typový diagram dodávky pro podnikatele vytvořený OTE. OTE jakožto operátor na trhu s elektřinou sestavuje TDD, které se liší podle cílové skupiny dodávky elektrické energie. TTD slouží jako náhrada za průběhové měření pro všechny odběratele, kteří mají neprůběhové měření typu C. Vybrané skupiny zákazníků s podobným diagramem odběru jsou reflektovány v TDD1 – TDD8. Základní rozdělení na dvě skupiny, a to podnikatelé a domácnosti. Pro tento výpočet budeme uvažovat TDD1, tedy typový diagram dodávky elektrické energie pro podnikatele bez tepelného využití elektřiny. Pro výpočet uvažujeme tzv. normalizovaný typový diagram dodávky TDDn, což je součet 8760 relativních hodnot odběrů v každé hodině. Hodnoty TDDn, jsou vždy v rozmezí hodnot 0–1 a reflektují průměrné zatížení dané skupiny odběratelů. [34][35]

Na následujícím grafu je vidět celkové srovnání čtyřech vytvořených TDD a TDD jednoho typického dne v době zapnuté třídící linky obilí. Je vidět, že běžnou spotřebu v průběhu celého roku kopíruje TDD vytvořený OTE celkem věrně. V období žní, a tedy zpracování obilí je však spotřeba výrazně vyšší a v tuto dobu je vyšší i výroba z FVE. Z tohoto důvodu bylo pro výpočet využito vlastních TDD.

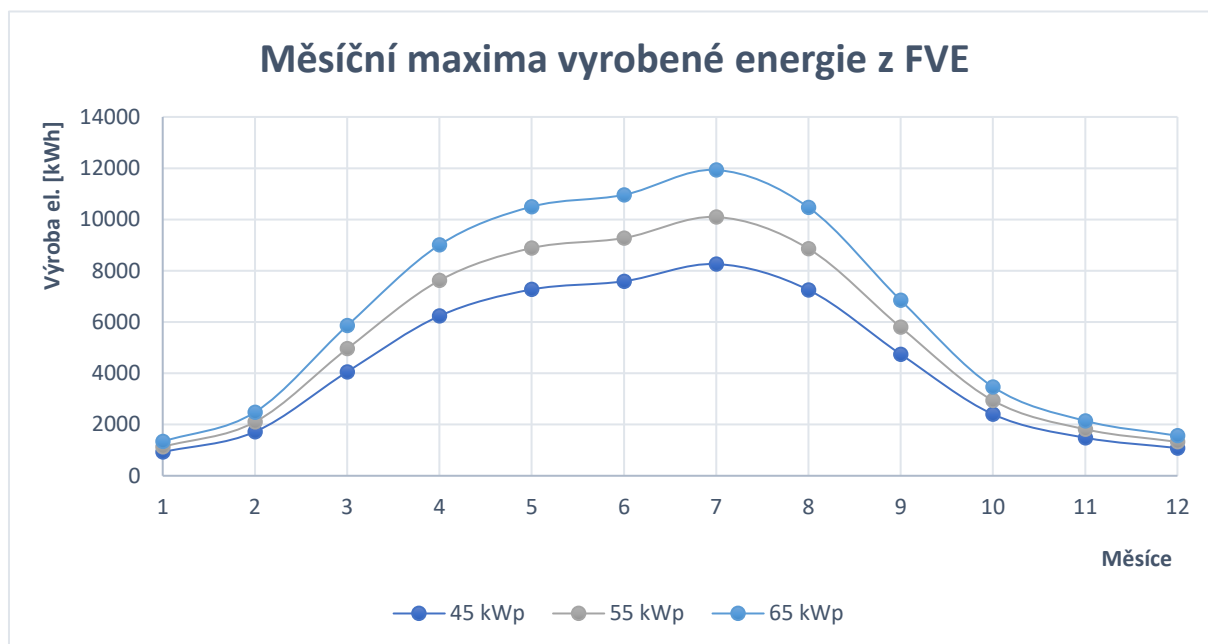


Graf 5 - Typový diagram dodávky - 4 typická období + TDD OTE

4.6 Dimenzování FVE

Typové diagramy nám tedy udávají spotřebu elektřiny v každé hodině v daném roce. Naproti tomu díky celoevropskému programu PVGIS dokážeme získat hodinová data očekávané vyrobené elektrické energie v uvažované FVE. V aplikaci je nutné zvolit polohu uvažované FVE, následně zvolit základní parametry jako natočení panelů (azimut), dobu, za kterou chceme data získat, náklon panelů, a v neposlední řadě také instalovaný výkon FVE.

Aplikace PVGIS nám poskytne údaje o sluneční energii dopadající na konkrétní místa na Zemi, které si vybereme. Musíme ale správně dimenzovat velikost instalovaného výkonu. V následujícím grafu lze vidět průměrné maximální hodnoty vyrobené energie pro tři různé instalované výkony.



Graf 6 - Dimenzování instalovaného výkonu FVE

4.7 Ekonomické vstupy projektu

4.7.1 Inflace

Inflace je definována jako všeobecný růst cenové hladiny zboží a služeb za určité časové období. Dopad inflace bychom mohli definovat jako pokles kupní síly obyvatelstva. Míra inflace se určuje pomocí indexů na začátku a na konci porovnávaného období. Běžně využíváme index spotřebitelských cen, index cen výrobců a deflátor HDP. Do jednotlivých indexů se projevují ceny různých produktů v různé váze. Obecně platí, že za produkty nebo služby, za které platíme více mají větší váhu ve výsledném indexu. Například elektřina bude mít tedy v indexu spotřebitelských cen větší váhu, než mouka, protože za ní zaplatíme za dané období výrazně vyšší částku. Inflační cíl je k 6. 2. 2020 stanoven českou národní bankou na 2 %. Průběžně sledovaná hodnota v prvním měsíci roku 2020 byla již vyšší než 3 %. Vzhledem k současnému vývoji ekonomiky ovlivněné krizí způsobenou virem Covid-19 není predikce inflace vůbec jednoduchá. [36]

4.7.2 Daňový systém České republiky

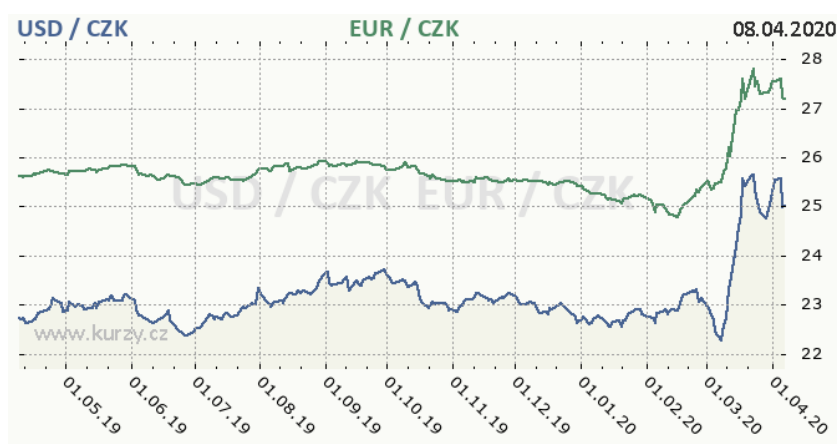
V celém projektu musíme dle zákonů České republiky uvažovat několik typů daní. Daň z přidané hodnoty, jedna z nejdůležitějších daní, která velkou měrou přispívá do státního rozpočtu. Jedná se o nepřímou daň, která se vypočítává jako část hodnoty z obchodu, který je předmětem daně. Princip této daně spočívá v tom, že dodavatel, pokud je registrován jako plátc DPH musí tuto daň zaplatit, pokud je obchod předmětem daně. Odběratel si posléze může zažádat za daných podmínek o vrácení daně, kterou zaplatil dodavateli. Zemědělské družstvo by za veškeré služby a investice platilo ceny s DPH, které by si potom odečetlo. Veškeré ceny ve výpočtech jsou proto uváděny bez DPH. [37]

Velmi jednoduchá na výpočet a pochopení v tomto projektu je daň z elektřiny. Tato daň je v současné době stanovena na 28,3 Kč/MWh. Podle množství spotřebované elektrické energie tedy platíme daň. Mohli bychom jí zařadit mezi tzv. ekologické daně.

Poslední daň, kterou je nutné zmínit je daň z příjmu. Tato daň je od roku 2010 stanovena v České republice na hodnotu 19 %. Jelikož v celém projektu počítáme nákladovou NPV, veškeré hodnoty EBT (Earnings before tax) jsou záporné, v dalším výpočtu se daň proto neprojevuje. Zmiňujeme jí ale záměrně, pokud by se například zvýšila výroba, nebo výkupní cena přebytkové elektřiny, mohli bychom v některých letech daň z příjmu platit.

4.7.3 Vývoj měnového kurzu USD/CZK a EUR/CZK

Pro tuto práci je důležitý především kurz české koruny k euru, jelikož většina komponent fotovoltaické elektrárny je nakupována od zahraničních dodavatelů většinou v eurech. Jak je vidět z grafu, v posledních měsících se díky krizi způsobené výskytem nového typu koronaviru Covid-19 výrazně oslabila koruna vůči euru i americkému dolaru o více jak dvě koruny. Výsledné hodnoty NPV budou podrobeny citlivostní analýze ve vztahu ke kurzu. [38]



Graf 7 - Vývoj měnového kurzu USD/CZK a EUR/CZK [37]

4.7.4 Dotace

Slovo dotace je jedno z prvních, které se vybaví velké části laické veřejnosti při zmínce FVE. Velmi špatné jméno si celá podpora FVE v České republice udělala před téměř 10 lety, kdy díky nešťastně nastavenému zákonu je dodnes vyplácena podpora velmi nerovnoměrně. Tato doba je již pryč a opět v současné době existuje dotační podpora některých projektů, avšak už více promyšlená a cílená.

Dobře známý program Nová zelená úsporám, který vyhlásilo Ministerstvo životního prostředí podporuje výstavbu FVE především na rodinných domech. Je určený jak pro fyzické, tak i právnické osoby, ale cílený především na menší instalace. V rámci tohoto programu lze získat dotaci 35000–150000 Kč jako jednorázovou investiční dotaci na projekty solárních fotovoltaických systémů. Podpora se vztahuje ale pouze na střešní instalace FVE. Mohla by být využitelná v případě současné instalace FVE například na kancelářskou budovu zemědělského družstva. Výše dotace se odvíjí od zvolené instalace. Dotace může vždy pokrýt maximálně 50 % z celkové investice a je omezena nejvyšší možnou dotací 350 000 Kč. Termín podávání žádostí o Novou zelenou úsporám je stanoven na 31.12 2021. [39]

Jinou možností, určenou primárně pro právnické osoby je dotační program Ministerstva průmyslu a obchodu. Nyní běží již pátá výzva tohoto dotačního programu s názvem Úspora energie, který je určený pro malé a střední podniky. Podpora se mimo jiné vztahuje na instalaci OZE pro vlastní spotřebu. Tato podpora je omezena maximálním výkonem 1MW a nutností

instalace na střešní konstrukci, nebo obvodové zdi budov, spojené se zemí. Zde je jistá míra naděje, že by tento dotační program mohl být v budoucnu rozšířen o instalace FVE na konstrukci, umístěnou nad obhospodařovaným ochranným pásem, případně polem. Konstrukce by v jistých případech mohla sloužit i jako „střecha“ která by odstínila například 50 % slunečních paprsků plodinám, kterým 100 % slunečních paprsků naopak nevyhovuje. V takovém případě by rozdíl v instalaci FVE nad touto plodinou a výrobní halou nebyl velký. [40]

Další formou podpory je systém výkupních cen a zelených bonusů. Výkupní cena je minimální garantovaná cena, za kterou je povinně vykupující povinen vykoupit veškerý vyrobený objem elektřiny za cenu stanovenou cenovým rozhodnutím ERÚ. Vyúčtování se provádí na základě naměřených dat v místě předání energie do distribuční, respektive přenosové soustavy. Výkupní ceny jsou fakturovány přímo povinně vykupujícímu. Zelený bonus je naproti tomu vyplácen přímo OTE a výrobce je povinen si sám najít obchodníka, který od něj bude elektřinu vykupovat. Výrobce si s obchodníkem musí sám sjednat cenu. I tato forma podpory je však omezena instalací FVE o maximálním instalovaném výkonu 30 kW, která musí být umístěna na střešní konstrukci. Jak bylo zmíněno v předchozím odstavci, pokud by se nosná konstrukce FVE nad obhospodařovaným polem považovala za střechu, pro malé zemědělce by byla možností i tato forma podpory. [41][33]

4.7.5 Cena elektrické energie a emisních povolenek

Do výpočtů jednotlivých variant se přímo projevuje cena elektrické energie na trhu. Ta zaznamenala v prvním kvartále roku 2020 významný pokles. Cena silové elektřiny na trhu po roce růstu klesla až na hodnotu 40 EUR/MWh. Tento pokles může být způsoben poklesem ceny ropy na trhu a celosvětovou pandemií nového typu koronaviru Covid-19. Z dlouhodobého hlediska je však znatelný růst elektrické energie. Do výpočtu budu uvažovat roční eskalaci ceny elektřiny 2 %. [42]

Nepřímo ovlivňuje FVE cena emisních povolenek na trhu. Obecně vyšší cena emisních povolenek nutí výrobce elektrické energie investovat do ekologizačních opatření, případně nových bezemisních obnovitelných zdrojů elektrické energie. Pokles ceny emisních povolenek je zřejmě způsoben také celosvětovou pandemií koronaviru Covid-19. Díky omezujícím opatřením téměř všech zemí světa, klesá poptávka po elektrické energii, tím poptávka výrobců po emisních povolenkách a tím klesá jejich cena. Měl by však zafungovat nový systém MSR (Market stability reserve), který pružně reaguje na přebytky, případně nedostatek emisních povolenek na trhu. Při přebytku více jak 833 Mt Co₂ je objem aukcí snížen o 24 % což by mělo zvýšit cenu emisní povolenky. [42]

4 Rozbor projektu instalace FVE na ochranné pásy



Graf 8 - Vývoj ceny emisních povolenek [41]

5 Návrh variant instalace FVE

V této sekci se bude práce zabývat využitím vytvořeného ochranného pásu. Možných řešení je několik, všechna ale budou vycházet z předpokladu rozdělení velkého půdního bloku ochranným pásem.

Pro tuto práci budou vybrány čtyři, respektive pět možných variant využití ochranného pásu a nulová varianta, kterou myslíme pokračování současného stavu bez stavby FVE. Budeme uvažovat pozemní instalaci FVE panelů nebo instalaci na konstrukci ve výšce 5 metrů. Rozdílné bude také využití ochranného pásu. V prvních čtyřech variantách budeme uvažovat instalovaný výkon 50 KW, který koresponduje s roční spotřebou zemědělského družstva. Návrh použitých panelů a celé technologie byl konzultován se společností FrankenSolar, která mi poskytla pro výpočet aktuální ceny produktů dostupných a běžně instalovaných v České republice. Veškeré uvedené ceny jsou bez DPH.

Ve všech variantách nebudou počítány náklady na úpravu DPB ochranným pásem. Tyto náklady budou vždy stejné pro vybranou úpravu ochranného pásu ale nebudou mít vliv na instalaci FVE. V tomto konkrétním případě plánujeme ochranný pás na dosud erozí neohroženém půdním bloku s mírným sklonem.

Náklady na rozvody a práci jsou expertním odhadem, jelikož právě u instalací FVE na ochranné pásy se bude velmi lišit vzdálenost umístění FVE od místa spotřeby. V tomto případě uvažujeme nejkratší možnou vzdálenost uvažovaného ochranného pásu s FVE a družstva 300 m.

Provozní náklady jsou vypočítány jako cena za prodlouženou záruku na stavbu FVE po celou dobu životnosti. Tato cena by měla pokrýt všechny případné náklady na opravy a údržbu FVE.

V příloze této práce je zpracována poslední páté varianta, která uvažuje instalaci FVE na celý ochranný pás, tedy téměř 1,6 ha. Tato varianta je ukázkou využití všech dostupných technologií a ukázkou zužitkování velkého množství vyrobené elektrické energie.

5.1 Varianta 0

V nulové variantě budeme uvažovat vybudování ochranného pásu bez instalace FVE. Zemědělské družstvo by tedy platilo za elektřinu stávajícímu dodavateli elektrické energie. Celková spotřeba zemědělského družstva za rok činí 62,7 MWh elektrické energie. V této práci nás zajímají pouze variabilní složky elektřiny. Při tomto předpokladu zaplatí zemědělské družstvo za rok celkem 186 934 Kč za elektrickou energii. Pokud bychom uvažovali roční eskalaci ceny elektřiny 1 %, diskont 8,33 %, výsledné NPV této varianty je - 2 126 131 Kč.

5.2 Varianta 1

V první variantě počítáme s instalovaným výkonem 50 kW. Panely budou v tomto případě umístěné v klasické pozemní instalaci. Tato instalace je investičně nejlevnější, ale neumožňuje téměř žádné další využití půdy, na které je instalována. Plocha pod FVE by byla oseta trávou, která by následně mohla být sečena, nebo využita například pro chov včel. Další možností, jak využít tuto plochu je například chov skotu. Zde samozřejmě možnosti využití závisí na zaměření daného zemědělského družstva. Je nutné poznamenat, že při tomto uvažovaném instalovaném výkonu bude z celkové délky pásu (740 m) využito maximálně 160 m, při využití celé jeho šířky (22 m). Na zbytku ochranného pásu mohou zemědělci pěstovat například vojtěšku, nebo jiné plodiny, povolené vládním nařízením. Pro FVE by bylo využito přibližně 22 % ochranného pásu.

V následující tabulce jsou uvedeny základní údaje k výpočtu varianty V1 a celková výše investice první varianty V1. Investiční náklady této varianty jsou ze všech uvažovaných variant nejnižší.

Položka	Počet [ks]	Cena [EUR/ks]	Cena [Kč/kus]	Cena celkem [Kč]
Střídač – ABB Trio 27,6 S2X	2	3 540	97 350	194 700
Datová karta	2	130	3 575	7 150
FV modul – Amerisolar 285Wp	175	83	2 282,5	399 437
Konstrukce na zem	1	7 000	192 500	192 500
Rozvody, jistění	1	3 500	96 250	96 250
Dokumentace	1	550	15 125	15 125
Práce + likvidace	1	4 000	110 000	110 000
Doprava	1	1 107	30 455	30 455
Celkem				1 045 000
Celkem Kč/kW				20 900

Tab. 7 - Cenová kalkulace položek FVE V1

V následující tabulce jsou uvedeny nejdůležitější vstupy varianty V1.

Položka	Hodnota	Jednotka
Instalovaný výkon FVE	50	kW
Poměrná investice	20 900	Kč/kW
Celková investice	1 045 000	Kč
Odpisy	52 250	Kč/rok
Cena elektřiny – výkup Nanoenergy	0,916	Kč/kWh
Cena elektřiny – nákup X-energy	2,98	Kč/kWh
Cena elektřiny – vytlačení	2,98	Kč/kWh
Elektrická energie – prodej Nanoenergy	24 016	kWh
Elektrická energie – nákup X-energy	33 969	kWh
Elektrická energie – vytlačení	28 685	kWh
Provozní náklady – servis	7 422	Kč/rok
Diskont	8,33	%
Doba životnosti	20	let
Eskalace ceny elektřiny	2	%/rok
Pokles výroby FVE	1	%/rok

Tab. 8 - Základní vstupní údaje V1

V této práci se zabýváme zemědělským družstvem s rostlinnou produkcí, pokud bychom ale uvažovali tvorbu ochranného pásu na půdě patřící rostlinnému i živočišnému zemědělskému družstvu, dala by se plocha ochranného pásu použít například jako pastvina pro dobytek. Výhoda nespočívá pouze v užití travnatých ploch mezi fotovoltaickými panely ale i o stínu pro travní porost, který méně vysychá a lépe roste. Naopak dobytek zajistí pravidelnou údržbu travnatého povrchu, který by se jinak musel strojově kosit. [43]

Jako příklad můžeme uvést firmu Sun raised farms, která působí ve Spojených státech amerických v Severní Karolíně. Tato firma provozuje sluneční elektrárny, přičemž investuje do místních zemědělců, kteří mohou pod fotovoltaickými elektrárnami pěstovat své ovce. Tato symbióza funguje na téměř 2 500 ha. Tato firma svůj projekt prezentuje jako výhru pro ně samotné, protože mají zajištěnou pravidelnou údržbu zeleně na solárních farmách, výhodu pro zemědělce, který získal pastvinu pro své ovce. Spojení je dobré i pro společnost, jelikož rozšíření produkce může přinést další pracovní místa pro daný mikro-region. Z dané ohraničené plochy získáme mnohem více než kdyby solární farma a pastvina byly oddělené. Jako poslední výhodu společnost uvádí zabezpečení fotovoltaické elektrárny díky ovčáckým psům, které hlídají jak stádo, tak i samotnou farmu před vandaly nebo zloději, kteří by jí chtěli poškodit a způsobit majiteli škody na majetku. [43]

Výsledkem první varianty V1 je hodnota NPV -1 299 811 Kč.



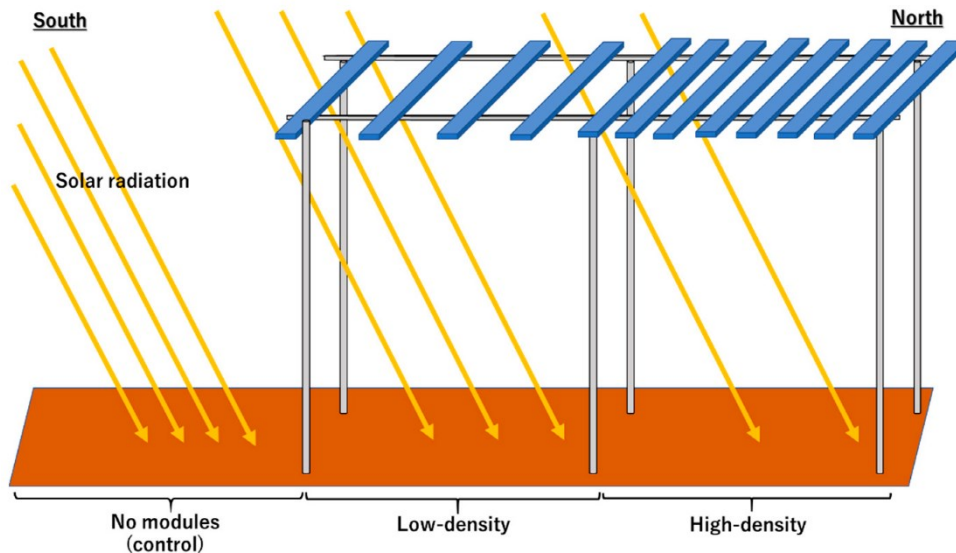
Obr. 29 - Využití plochy pod FVE jako pastviny pro ovce – Sun Raised farms – USA [42]

5.3 Varianta 2

Tato varianta se od první varianty V1 liší možností zachovat využití půdy ochranného pásu z velké části pro zemědělskou činnost. Fotovoltaické panely by byly instalovány do výšky přibližně 5 metrů, aby pod nimi mohla projet běžná zemědělská technika. Přesná výška konstrukce záleží na lokálních potřebách zemědělců a uvažovaných pěstovaných plodinách. V tomto modelu budeme uvažovat pěstování především vojtěšky, která se seje i sklízí klasickým traktorem, který nepřesahuje výšku 3500 mm. V takovém případě bude vyhovující konstrukce 4,5 metru. Pro některé typy traktorů nebo sklízecích kombajnů by musela být podjezdová výška vyšší. [44]

Výhodou této varianty je možnost zvolení poměru propuštěného slunečního záření plodinám a zadrženého záření FV panely. Některé plodiny nepotřebují 100 % slunečního záření, jiné dokonce rostou lépe, pokud jsou částečně zastíněné. Podle místa instalace, pěstované plodiny, průměrného množství ročních srážek a dalších parametrů můžeme zvolit ideální míru zastínění ochranného pásu FV panely. V našem případě budeme uvažovat pevně předem určenou míru propustnosti slunečních paprsků. Bylo by ovšem možné instalovat například natáčecí panely, díky nimž bychom mohli regulovat míru propuštěného slunečního záření k pěstovaným rostlinám. To by však znamenalo další investiční náklady.

Stejně jako předchozí varianta, i zde budeme uvažovat instalovaný výkon 50 kW. Je nutné poznamenat, že při tomto uvažovaném instalovaném výkonu, bude z celkové délky pásu (740 m) využito maximálně 240 m, při využití celé jeho šířky (22 m). Délka využití pásu pro instalaci FVE je v tomto případě větší než v první variantě při stejném instalovaném výkonu, což je dáno nutností propustit část slunečních paprsků na pěstované plodiny. Na následujícím obrázku je znázorněna možnost zvolení propustnosti slunečního záření k pěstovaným plodinám.



Obr. 30 - Ukázka zvolení procenta průchodu slunečního záření FVE [8]

Tato instalace sebou nese i dodatečné náklady na použitou konstrukci. Pro tento výpočet bude uvažována výroba této konstrukce z oceli, přičemž spotřeba oceli na 1 kW instalovaného výkonu je 250 kg. Cena oceli na trhu přibližně 110 UDS/tuna. Pokud vycházíme z tohoto čísla, bude potom ocel na 1 kW instalovaného výkonu stát 660 Kč. Pokud budeme uvažovat usazení konstrukce na vrtaných 2,1 m dlouhých vrutech, bude cena i s prací 9 500 Kč/kW. Minimální

5 Návrh variant instalace FVE

náklady na upevnění panelů na konstrukci budeme uvažovat 1 000 Kč/kW. Celková cena instalace konstrukce FVE bude 11 160 Kč/kW. Rozdíl v ceně za konstrukci v této variantě, oproti předchozí je tedy více než 366 000 Kč. [45][8]

Položka	Počet [ks]	Cena [EUR/ks]	Cena [Kč/kus]	Cena celkem [Kč]
Střídač – ABB Trio 27,6 S2X	2	3 540	97 350	194 700
Datová karta	2	130	3 575	7 150
FV modul – Amerisolar 285Wp	175	83	2 282,5	399 437
Konstrukce nad zem (4,5m)	50	406	11 165	558 250
Rozvody, jištění	1	3 500	96 250	96 250
Dokumentace	1	800	22 000	22 000
Práce + likvidace	1	4 000	110 000	110 000
Doprava	1	1514	41 626	41 626
Celkem				1 429 164
Celkem Kč/kW				28 583

Tab. 9- Cenová kalkulace položek FVE V2

Celkové hodnoty nakoupené, prodané a vytlačené elektrické energie jsou v této variantě stejné jako v předchozí variantě V1. Jediným rozdílem jsou investiční náklady. Ty budou o více jak 25 % vyšší než u klasické pozemní instalace. Toto číslo musíme chápat ale i z pohledu, že pouze při investici vyšší o 25 % můžeme na ochranném pásu pěstovat povolené plodiny. Pokud by byla i plocha pod FVE na konstrukci brána jako zemědělská, zemědělci by měli u této varianty nárok na pravidelné dotace.

V následující tabulce jsou uvedeny nejdůležitější vstupy varianty V2.

Položka	Hodnota	Jednotka
Instalovaný výkon FVE	50	kW
Poměrná investice	28 583	Kč/kW
Celková investice	1 429 164	Kč
Odpisy	71 431	Kč/rok
Cena elektřiny – výkup Nanoenergy	0,916	Kč/kWh
Cena elektřiny – nákup X-energy	2,98	Kč/kWh
Cena elektřiny – vytlačení	2,98	Kč/kWh
Elektrická energie – prodej Nanoenergy	24 016	kWh
Elektrická energie – nákup X-energy	33 969	kWh
Elektrická energie – vytlačení	28 685	kWh
Provozní náklady – servis	7 422	Kč/rok
Diskont	8,33	%
Doba životnosti	20	let
Eskalace ceny elektřiny	2	%/rok
Pokles výroby FVE	1	%/rok

Tab. 10 - Základní vstupní údaje V2

Při uvažování našeho ochranného pásu, který zabírá plochu 1 ha by byla dotace 5400 Kč/ha vzhledem k celkové investici bezvýznamná. Pokud bychom však uvažovali rozšíření této varianty agro-fotovoltaiky i nad hlavní část DPB, nebyla by již částka z dotací bezvýznamná. Pro 20 ha pole je dotace již 108 000 Kč. Pokud bychom na těchto 20 ha uvažovali FVE na konstrukci, bylo by dobré zachovat možnost čerpat dotace pro zemědělce.

5 Návrh variant instalace FVE

Výsledkem druhé varianty V2 je hodnota NPV -1 683 436 Kč.



Obr. 31 - FVE na konstrukci cca 5 metrů nad zemí [8]



Obr. 32 - FVE na konstrukci cca 5 metrů na zemi [8]

5.4 Varianta 3

Třetí varianta je rozšířením první varianty o bateriové úložiště elektrické energie. V této variantě lze pozorovat významné zvýšení investičních nákladů, ovšem s další úsporou nakoupené elektrické energie. Oproti první variantě se investiční náklady na 1 kW instalovaného výkonu zvýšily více jak 2x. Pro výpočet uvažujeme instalaci pěti bloků baterie Pylontech HV o celkové kapacitě 96 kWh. Hlavní výhodou technologie s bateriovým úložištěm je menší zátěž pro distribuční, přenosové sítě a vyšší soběstačnost. Přebytkovou elektrickou energii, kterou není zemědělské družstvo schopné v daném okamžiku zpracovat lze uložit do baterií na dobu, kdy slunce nesvítí. Nevýhodou této varianty jsou tedy více jak dvojnásobné investiční náklady. Fakt, že tento hybridní systém nezatěžuje přenosovou a distribuční síť můžeme nazvat pozitivní externalitou, která však nevstupuje do výpočtu.

Použitá technologie se od předchozích variant neliší, pouze je obohacena o bateriové úložiště. Veškeré uvedené ceny jsou bez DPH. V této variantě se investiční výdaje výrazně liší od předchozích dvou variant, a to především o bateriové úložiště elektrické energie. Celkem 5 bloků baterií Pylontech HV o celkové kapacitě 96 kWh, za cenu 1 148 125 Kč.

Položka	Počet [ks]	Cena [EUR/ks]	Cena [Kč/kus]	Cena celkem [Kč]
Střídač – ABB Trio 27,6 S2X	2	3 540	97 350	194 700
Datová karta	2	130	3 575	7 150
FV modul – Amerisolar 285Wp	175	83	2 282,5	399 437
Konstrukce na zem	1	7 000	192 500	192 500
Rozvody, jištění	1	3 500	96 250	96 250
Dokumentace	1	800	22 000	22 000
Práce + likvidace	1	4 000	110 000	110 000
Doprava	1	1 578	43 403	43 403
Baterie blok – Pylontech HV +BMS + rack 19,2kWh	5	8 350	229 625	1 148 125
Celkem				2 213 566
Celkem Kč/kW				44 271

Tab. 11- Cenová kalkulace položek FVE V3

V následující tabulce jsou uvedeny nejdůležitější vstupy varianty V3.

Položka	Hodnota	Jednotka
Instalovaný výkon FVE	50	kW
Poměrná investice	44 271	Kč/kW
Celková investice	2 213 566	Kč
Odpisy	110 618	Kč/rok
Cena elektřiny – výkup Nanoenergy	0,916	Kč/kWh
Cena elektřiny – nákup X-energy	2,98	Kč/kWh
Cena elektřiny – vytlačení	2,98	Kč/kWh
Elektrická energie – prodej Nanoenergy	12 588	kWh
Elektrická energie – nákup X-energy	22 543	kWh
Elektrická energie – vytlačení	40 112	kWh
Provozní náklady – servis	7 422	Kč/rok
Diskont	8,33	%
Doba životnosti	20	let
Eskalace ceny elektřiny	2	%/rok
Pokles výroby FVE	1	%/rok
Velikost baterie	96	kWh

Tab. 12 - Základní vstupní údaje V3

Výsledkem třetí varianty V3 je hodnota NPV -1 824 043 Kč.

5.5 Varianta 4

Čtvrtá varianta je rozšíření varianty V3 o konstrukci ve výšce 5 m. Tato varianta reprezentuje nejideálnější řešení z pohledu vlastní spotřeby nebo možnosti využít půdu pod instalací FVE. Zároveň má však tato varianta nejvyšší investiční náklady. Oproti předchozí variantě zde byla navýšena cena práce za instalaci a následnou likvidaci FVE. Cena konstrukce je stejná jako v druhé variantě této práce. Výsledkem je částka 53 297 Kč/kW, která více než dvakrát převyšuje běžné investiční ceny FVE na 1 kW instalovaného výkonu. Za tuto vysokou cenu máme zajištěnou větší soběstačnost a možnost využití půdy pod FVE pro zemědělskou produkci. Provozní náklady jsou vypočítány jako cena za prodlouženou záruku na stavbu FVE na celou dobu životnosti. Tato cena by měla pokrýt všechny případné náklady na opravy a údržbu FVE.

Položka	Počet [ks]	Cena [EUR/ks]	Cena [Kč/kus]	Cena celkem [Kč]
Střídač – ABB Trio 27,6 S2X	2	3 540	97 350	194 700
Datová karta	2	130	3 575	7 150
FV modul – Amerisolar 285Wp	175	83	2 282,5	399 437
Konstrukce nad zem (4,5 m)	1	406	11 156	558 250
Rozvody, jištění	1	3 500	96 250	96 250
Dokumentace	1	800	22 000	22 000
Práce + likvidace	1	5000	137 500	137 500
Doprava	1	1578	43 403	43 403
Baterie blok – Pylontech HV +BMS + rack 19,2kWh	5	8 350	229 625	1 148 125
Celkem				2 664 849
Celkem Kč/kW				53 297

Tab. 13- Cenová kalkulace položek FVE V4

V následující tabulce jsou uvedeny nejdůležitější vstupní údaje varianty V4.

Položka	Hodnota	Jednotka
Instalovaný výkon FVE	50	kW
Poměrná investice	53 297	Kč/kW
Celková investice	2 664 849	Kč
Odpisy	133 237	Kč/rok
Cena elektřiny – výkup Nanoenergy	0,916	Kč/kWh
Cena elektřiny – nákup X-energy	2,98	Kč/kWh
Cena elektřiny – vytlačení	2,98	Kč/kWh
Elektrická energie – prodej Nanoenergy	12 588	kWh
Elektrická energie – nákup X-energy	22 543	kWh
Elektrická energie – vytlačení	40 112	kWh
Provozní náklady – servis	7 422	Kč/rok
Diskont	8,33	%
Doba životnosti	20	let
Eskalace ceny elektřiny	2	%/rok
Pokles výroby FVE	1	%/rok
Velikost baterie	96	kWh

Tab. 14 - Základní vstupní údaje V4

Výsledkem čtvrté varianty V4 je hodnota NPV -2 276 418 Kč.

6 Ekonomické vyhodnocení variant V0 – V4

V této části budou srovnány a zhodnoceny výsledky variant V0 – V4. Je nutné poznamenat, že každá varianta má jiné investiční náklady, vzhledem k použité technologii. Jednotlivé varianty porovnáváme na základě vypočtených hodnot NPV. Nejlepší variantou bude dle definice tohoto kritéria ta s nejvyšší hodnotou NPV. Všechny hodnocené varianty V1 – V4 mají při použitých vstupech vyšší NPV než srovnávaná nulová varianta V0.

Dobré výsledky všech hodnocených variant mohou být dány především faktem, že ZD Čistá platí relativně vysokou cenu za nakupovanou elektrickou energii. Variabilní složka elektřiny použitá ve výpočtu měla hodnotu 2,98 Kč/kWh. Vliv na cenu elektrické energie bude diskutován v citlivostní analýze provozních nákladů a výnosů.

V následující tabulce jsou pro přehlednost uvedeny výsledky NPV jednotlivých variant se stručným popisem použité technologie stavby FVE.

Varianta	Typ	NPV [kč]
V0	Bez výstavby FVE	-2 291 718
V1	Běžná FVE bez zvýšené konstrukce	-1 299 811
V2	FVE na zvýšené konstrukci	-1 683 436
V3	Běžná FVE s bateriovým úložištěm	-1 824 043
V4	FVE na zvýšené konstrukci s bateriovým úložištěm	-2 276 418

Tab. 15 - Srovnání NPV jednotlivých variant

Na následujícím grafu 9 vidíme rozdíly v investicích do jednotlivých variant. Nulová varianta počítá s pokračováním současného stavu. Každý rok by byla vydávána částka za nakoupenou elektrickou energii. Tato Varianta se jeví jako nejhorší z pohledu NPV. Je však možným řešením v případě, že se zemědělské družstvo rozhodne naplnit požadavky vládního nařízení jiným způsobem než tvorbou ochranného pásu.

První varianta počítá s investicí 1 015 162 Kč. Ze čtyřech porovnávaných variant je tato investice nejmenší. Kromě pěstování skotu, nebo sečení trávy však tato varianta nepřináší žádné další zemědělské využití. Z celkového množství vyrobené energie FVE (52 701 kWh) je 55 % spotřebováno zemědělským družstvem a 45 % prodáno společnosti Nanoenergy.

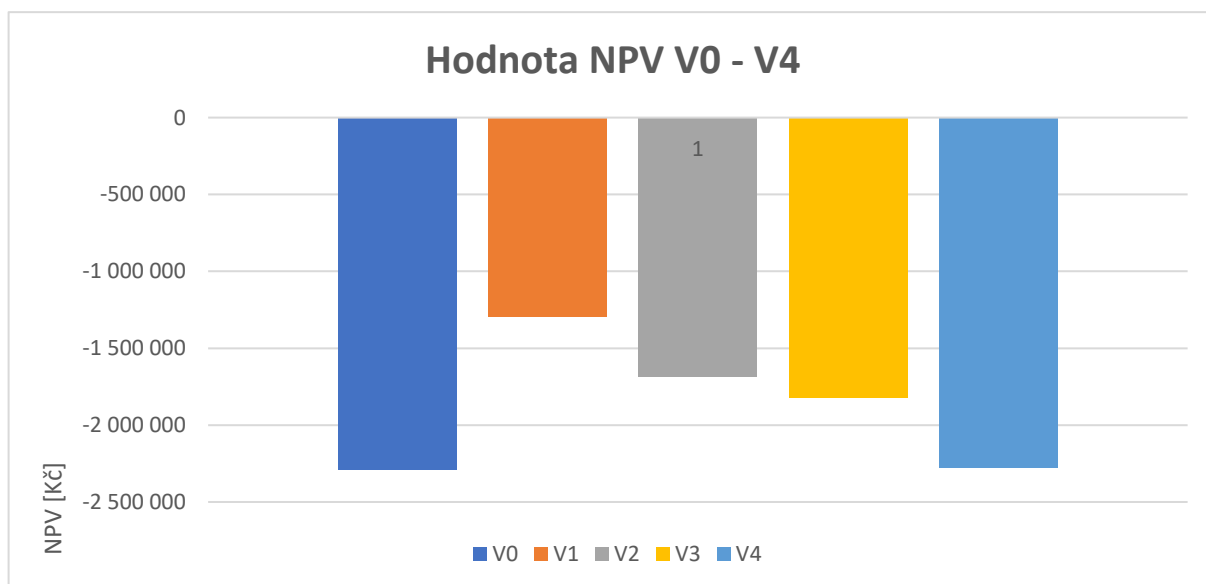
Druhá varianta je s investicí 1 191 438 Kč oproti první variantě vyšší o necelých 200 000 Kč, ale ponechává zemědělskému družstvu možnost pěstování plodin na ploše ochranného pásu díky umístění fotovoltaických panelů na konstrukci ve výšce cca 5 m. V tomto případě je možné pod instalovanými panely projíždět zemědělskou technikou a plně využívat tento pás půdy. Zastínění půdy může být naopak pro některé typy plodin přínosné a vyšší investice do této varianty může mít vliv na výslednou rostlinnou produkci. Vliv zastínění je diskutován v části práce věnované již funkčním zahraničním projektům. Množství vyrobené energie je u této varianty stejné jako v předchozí variantě V1.

Třetí varianta počítá s bateriovým úložištěm s velikostí 96 kWh. Investice do bateriových systémů se téměř 50 % podílí na celkové investici této varianty. Celková investice třetí varianty je 2 231 566 Kč. V použité technologii konstrukce, srovnáváme tuto variantu s první variantou. Investice je ty více než dvojnásobná. Z celkového množství vyrobené energie je však díky baterii spotřebováno 77 % na vlastní spotřebu zemědělského družstva a zbylých 23 % prodáno společnosti Nanoenergy. I tato varianta s vyšší investicí je lepším řešením než nulová varianta V0. Vysoké procento spotřeby vyrobené elektrické energie z vlastní FVE zmenšuje nároky na elektrizační soustavu.

Čtvrtá varianta je rozšířením třetí varianty o konstrukci ve výšce 5 metrů. Investice zrostla na 2 664 849 Kč. Kombinujeme v této variantě jak vysoké procento spotřeby vlastní vyrobené elektrické energie, tak možnost využití plochy pod FVE pro zemědělskou činnost. Výsledné NPV této varianty je proti nulové variantě vyšší pouze o 15 000 Kč. Je tedy zřejmé, že jakýkoliv negativní výkyv vstupních dat přesune tuto variantu na poslední pozici srovnávaných variant. Vliv změny hlavních sledovaných vstupů bude proveden v citlivostních analýzách.

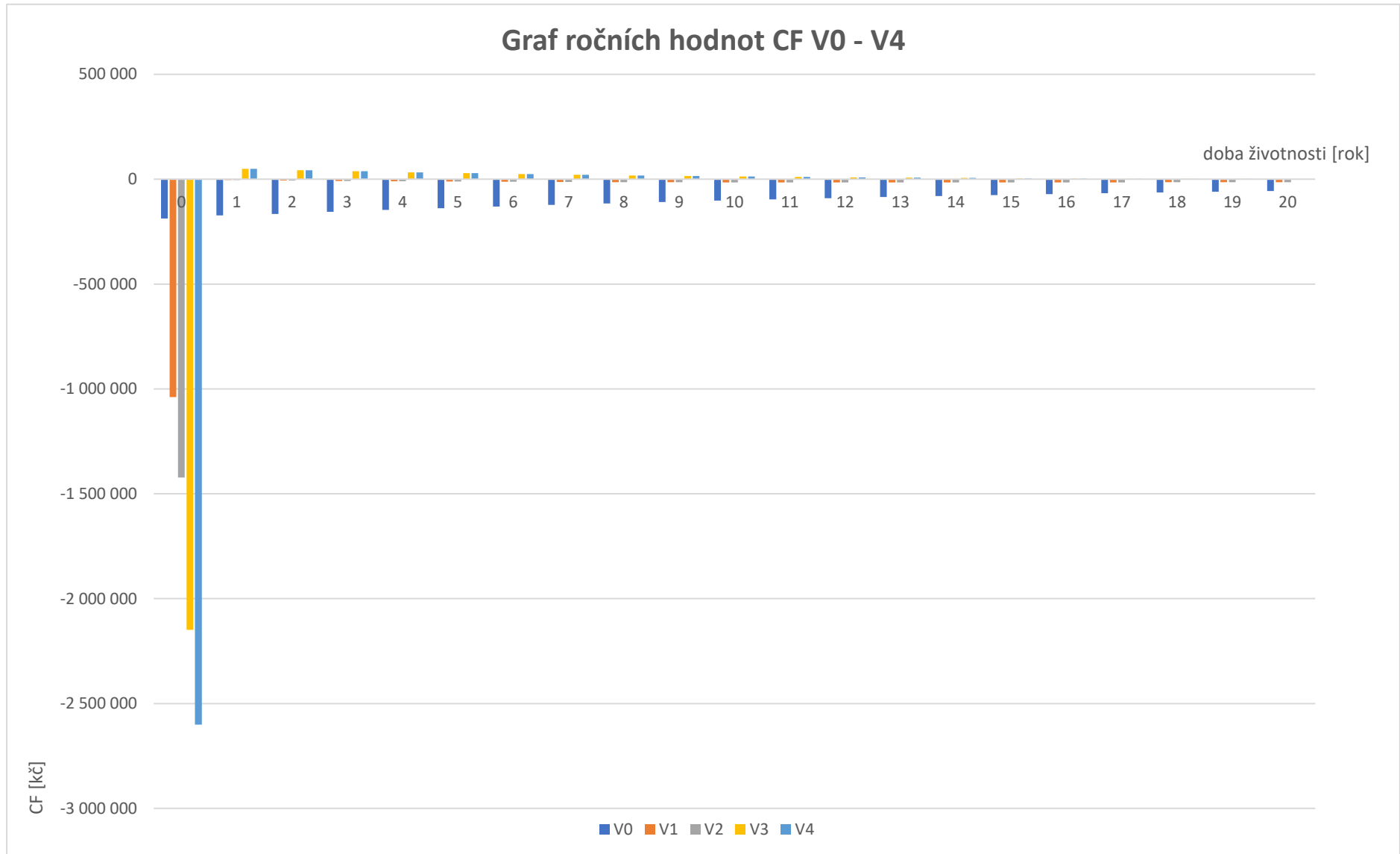
Pro porovnání především velikosti investice byl vytvořen graf ročních hodnot CF jednotlivých variant. Varianty V3 a V4 mají v prvních letech životnosti projektu kladné CF.

Srovnání jednotlivých variant je velmi dobře patrné z grafu KDCF (Kumulované diskontované Cashflow). Nulová varianta pouze s náklady na elektrickou energii klesá po celou dobu životnosti. Varianty V1 – V4 mají počátek v bodě hodnoty investice. Varianty V3 a V4 s bateriovým úložištěm a vysokým procentem spotřebované vlastní vyrobené elektrické energie mají rostoucí průběh KDCF. V poslední roce životnosti můžeme na ose y vidět výslednou hodnotu NPV jednotlivých variant.



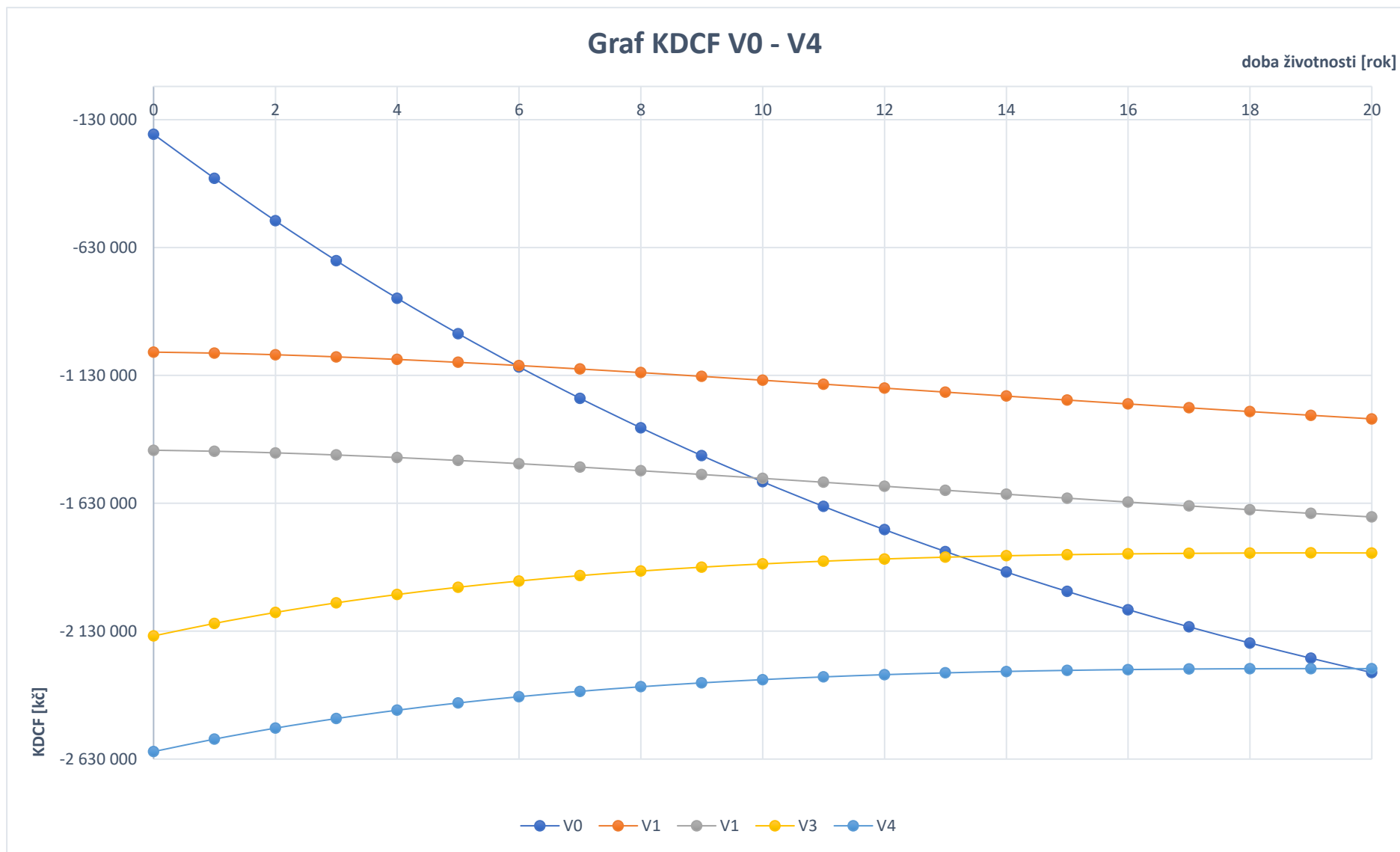
Graf 9 - Srovnání NPV jednotlivých variant

6 Ekonomické vyhodnocení variant V0 – V4



Graf 10 - Roční hodnoty CF jednotlivých variant

6 Ekonomické vyhodnocení variant V0 – V4



Graf 11 - Kumulované diskontované hodnoty Cashflow jednotlivých variant

7 Citlivostní analýzy

Abychom mohli diskutovat výsledky variant, provedeme v této části citlivostní analýzy na změnu diskontu výnosů, provozních nákladů a investičních nákladů. Tyto čtyři hlavní citlivostní analýzy budou zohledňovat možné změny vstupních hodnot výpočtu NPV. Hodnoty jednotlivých variant V1 – V4 musíme srovnat s výchozí nulovou variantou V0, pro kterou je hodnota NPV rovna -2 219 718 Kč.

Citlivostní analýza výnosů bude zohledňovat pokles výroby elektrické energie z fotovoltaických panelů, pokud by byl jiný než uvedený výrobcem. Analýza výnosů zohledňuje také množství elektrické energie vyrobené v daném roce v závislosti na počasí. Pokud by byl některý rok například více deštivý nebo oblačný. Zohledňuje také jakoukoliv poruchu fotovoltaické elektrárny, která bude mít vliv na výrobu elektrické energie. Z grafu je patrné, že pokud by výnosy klesly o 10 %, hodnota NPV by klesla o přibližně 100 000 Kč. Tato skutečnost by představovala problém pouze pro variantu V4, která by byla již horší než nulová varianta V0.

Analýza citlivosti provozních nákladů zohledňuje cenu elektrické energie, za kterou zemědělské družstvo energii nakupuje. Počítá ale i s náklady vynaloženými na nutné revize a opravy FVE. Tyto náklady, jak již bylo výše zmíněno jsou kalkulovány cenou za prodlouženou záruku na FVE po celou dobu životnosti. Případné zvýšení provozních nákladů představuje opět problém pouze pro variantu V4.

Jedním z nejdůležitějších vstupů je samotná hodnota investice. Ta se může měnit z mnoha důvodů. Například změna kurzu CZK/EUR z 25 CZK/EUR na 28 CZK/EUR znamená 12% nárůst investičních nákladů. To je více než 100 000 Kč rozdíl v hodnotě NPV. U FVE instalované na ochranné pásy je důležitým kritériem vzdálenost instalace od místa konečné spotřeby, nebo připojení. To se bude v jednotlivých variantách lišit. V této práci počítáme s úpravou DPB sousedícím se zemědělským družstvem, tyto náklady budou proto zanedbatelné. Pokud bychom chtěli FVE instalovat v delší vzdálenosti od místa konečné spotřeby, zajímala by nás změna NPV v závislosti na vzdálenosti připojení. Připojení FVE vzdálené 1 km by znamenalo zvýšení investičních nákladů až o 18 %. Tato skutečnost by měla vliv na variantu V4 ale i V3, které by již měly nižší NPV než výchozí varianta V0. Citlivostní analýza investičních nákladů respektuje také veškeré zlevnění i zdražení instalované technologie. [46]

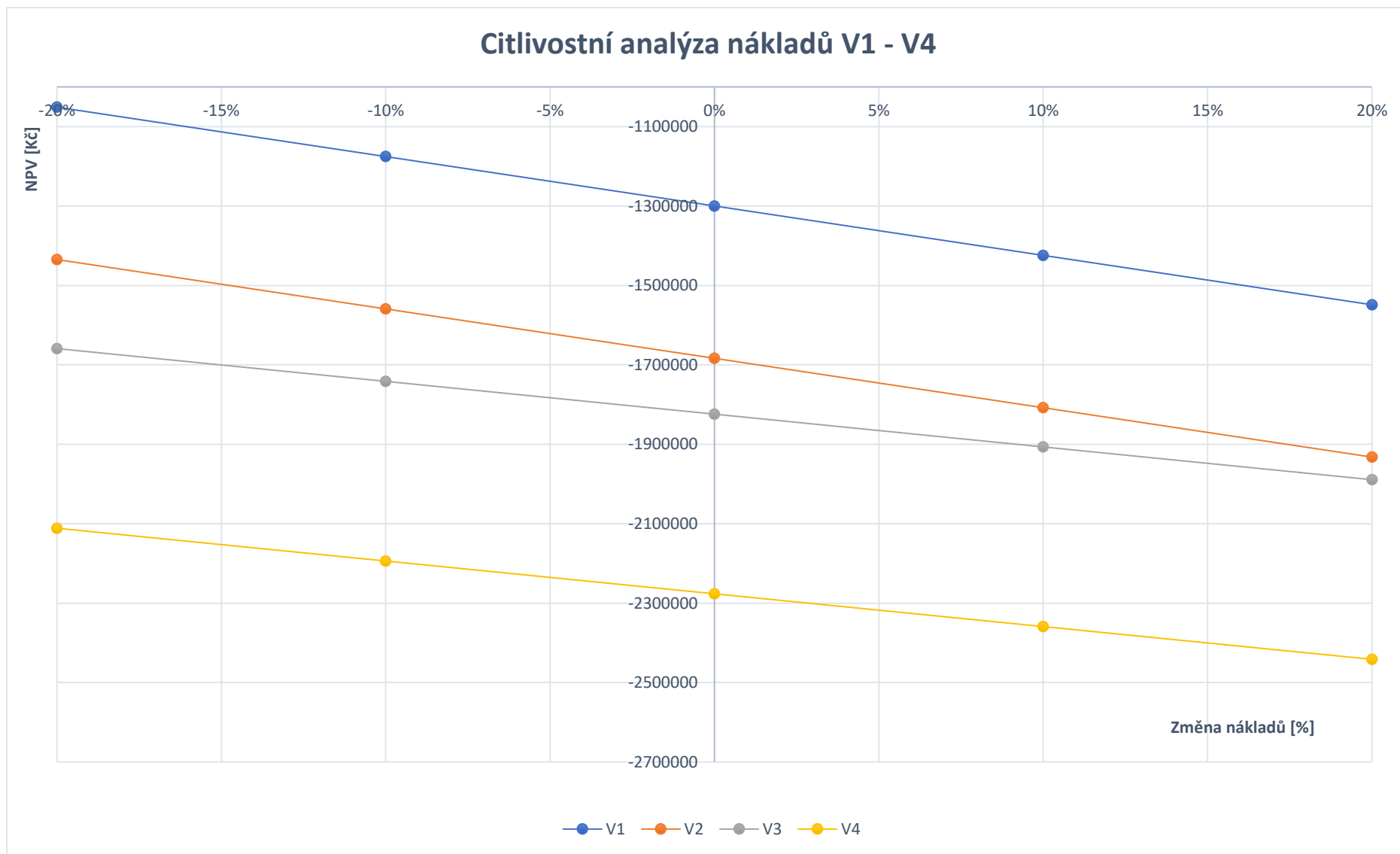
Citlivostní analýza diskontu respektuje cenu peněz. Dotýká se jednak příjmů, které diskontuje v jednotlivých letech životnosti investice, ale i výdajů, které také diskontuje v jednotlivých letech životnosti investice. Volba diskontu byla diskutována na začátku této práce a vychází z modelu CAPM byla počítána ukazatelem WACC. Všechny varianty jsou diskontovány 8,33 % a z této analýzy vidíme možnou změnu výsledné NPV při změně diskontu.

Pro ještě lepší interpretaci výsledků citlivostní analýzy jsem vytvořil pro první variantu tzv. tornádo diagram, v kterém jsou zobrazeny změny NPV v procentech, při procentní změně zkoumaných vstupů. Na ose y nalezneme zkoumané vstupy, na ose x potom jejich procentní změnu. Dle této analýzy má největší vliv změna provozních nákladů, tedy nákladů na nakoupenou elektrickou energii od dodavatele a náklady spojené s prodlouženou zárukou FVE. Při 10% růstu těchto nákladů by se hodnota NPV snížila o 9,5 %. Druhým nejvíce citlivým faktorem jsou výnosy. Ty v tomto výpočtu obsahují jednak prodanou přebytečnou elektrickou energii společnosti Nano energy a.s., ale i ušetřenou elektrickou energii, kterou pokrýváme

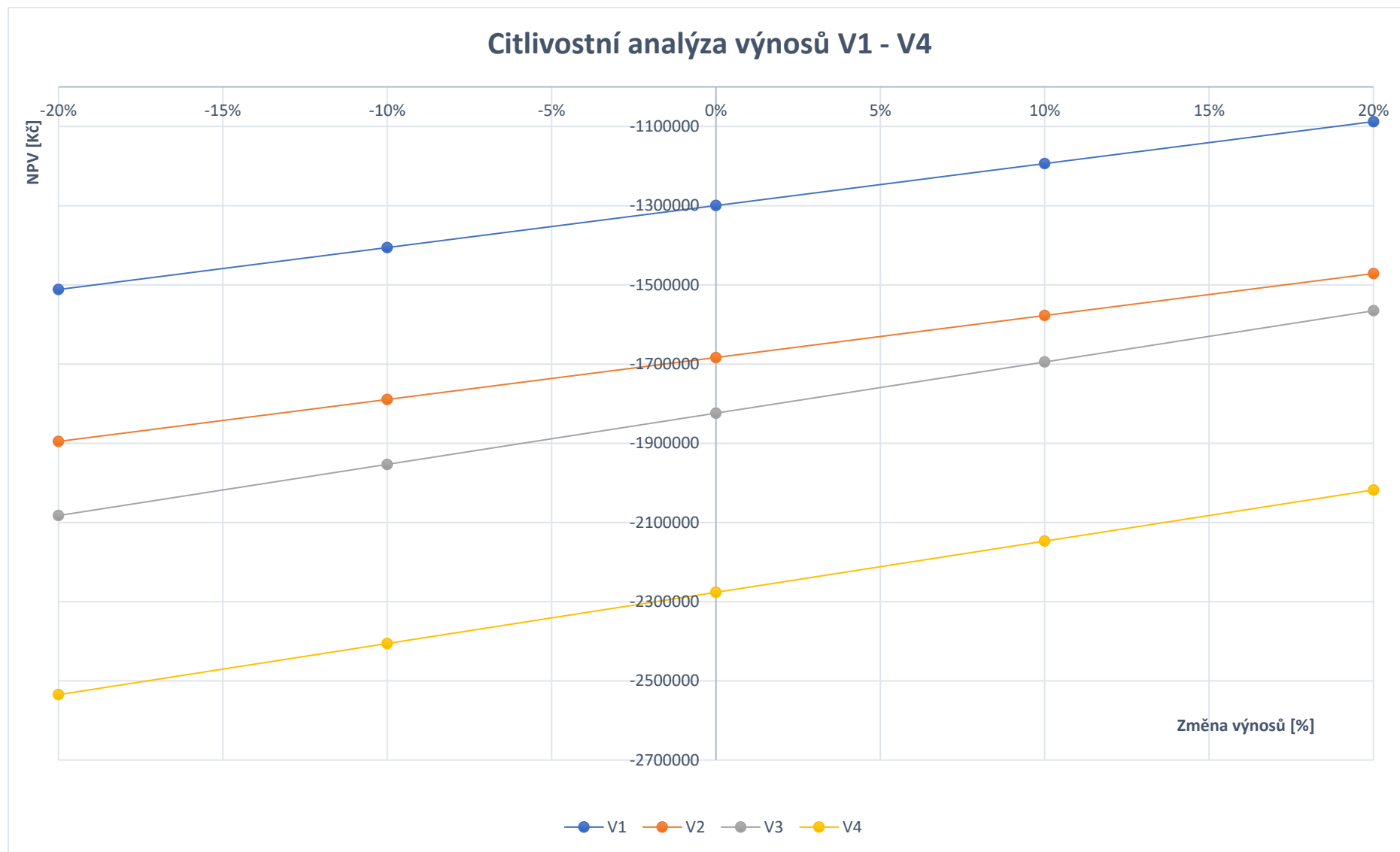
z vlastních zdrojů. Při 10% poklesu výnosů by se NPV snížila o 8,15 %. Obdobný vliv pozorujeme u investičních nákladů projektu. Výrazně menší vliv pozorujeme u diskontu. Je to dáno především tím, že se pohybujeme v záporných hodnotách NPV. [47]

Při celkovém pohledu na provedené citlivostní analýzy můžeme dospět k závěru, že především u prvních dvou variant V1 a V2 nemají menší změny zkoumaných vstupů významný vliv na výsledné NPV. U těchto dvou variant bude výsledná hodnota i při výkyvu vstupů o 20 % vždy nad výslednou hodnotou porovnávané nulové varianty V0.

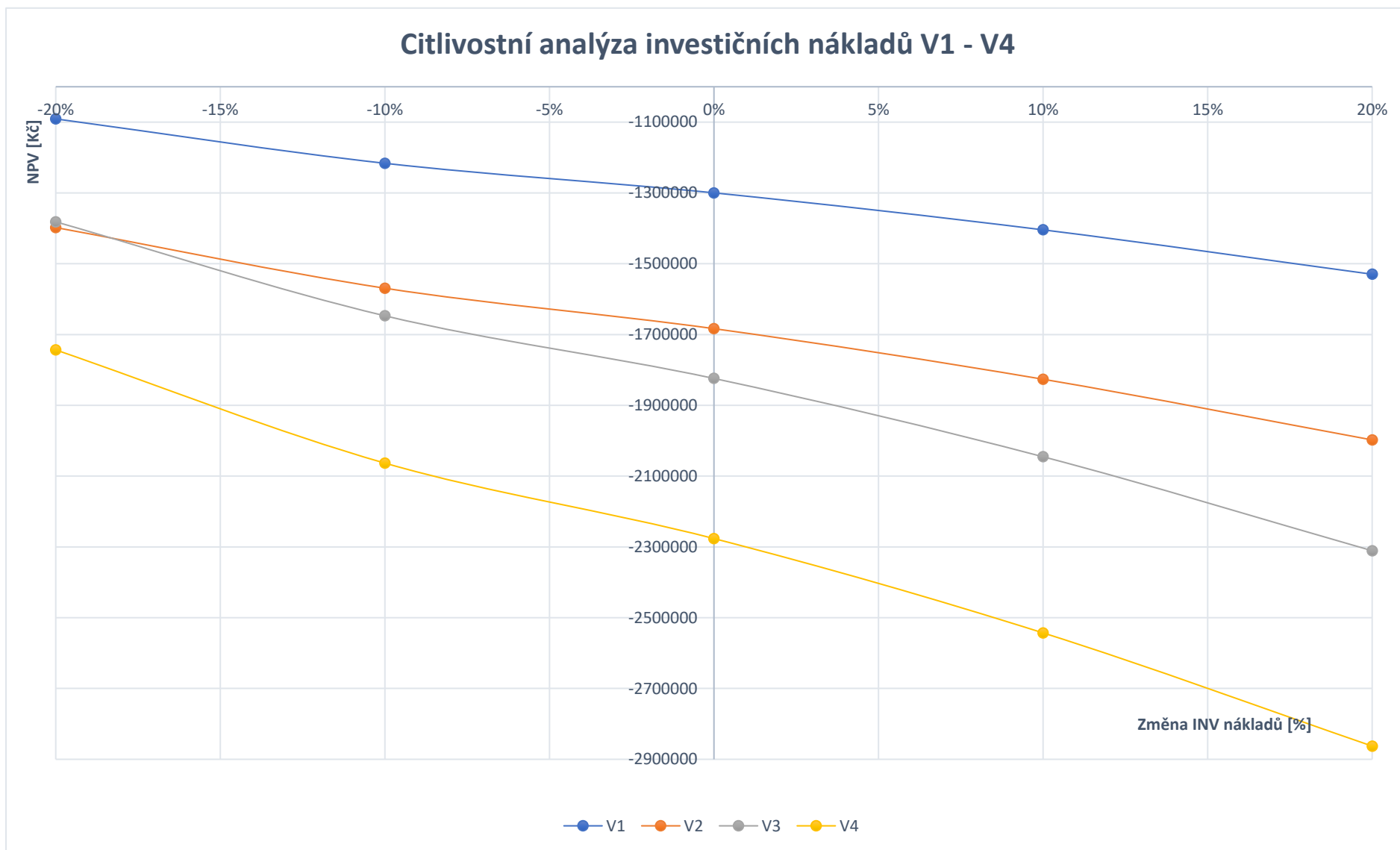
Varianty V3 a V4 mají díky bateriovému úložišti výrazně vyšší investiční náklady, a jejich případné zvýšení o 2 % body pro V4, respektive o 10 % bodů pro V3 by znamenalo nižší NPV než nulová varianta V0. Konkrétně NPV varianty V4 by při jakékoliv negativní změně vstupů kleslo pod hodnotu nulové varianty V0. Investice do této varianty by tedy byla velmi riziková.



Graf 13 - Citlivostní analýza nákladů V1 - V4

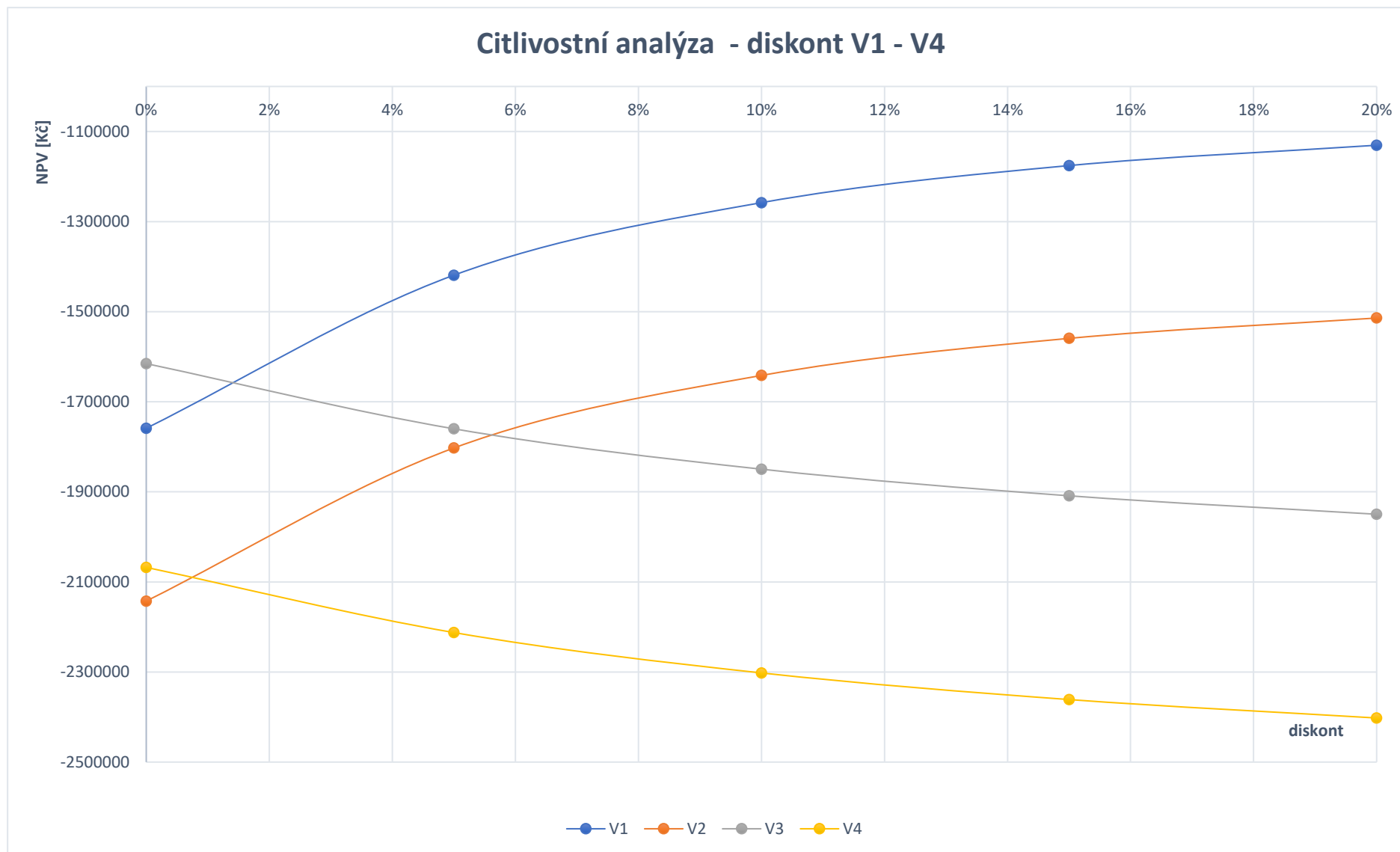


Graf 14 - Citlivostní analýza výnosů V1 - V4



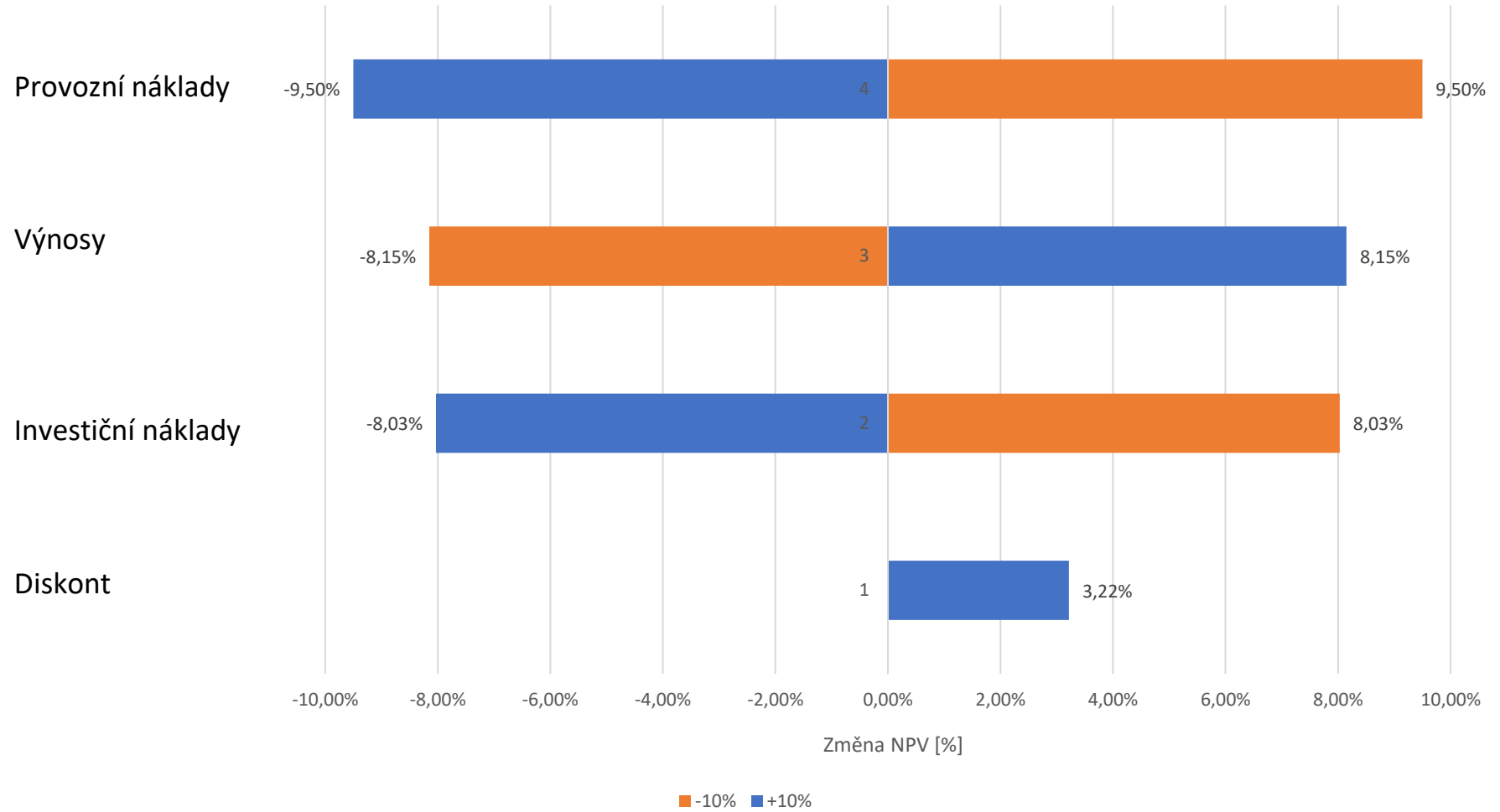
Graf 15 - Citlivostní analýza investičních nákladů V1 - V4

7 Citlivostní analýzy



Graf 16 - Citlivostní analýza - diskont V1 - V4

Vliv změny jednotlivých faktorů na změnu NPV u varianty V1



Graf 17 - Vliv změny jednotlivých faktorů na změnu NPV u varianty V1

Závěr

Spojení slov „fotovoltaika“ a „zemědělská půda“, dnes ve většině obyvatel v České republice vyvolá rozporuplné reakce. Nejprve si vybaví obří solární elektrárny postavené v letech 2010 až 2011 a jejich majitele inkasující od státu nepřiměřené dotace. I podle mé osobní zkušenosti je tato představa zakořeněna ve velkém procentu obyvatel.

Tento fakt byl jenom dalším impulsem vytvořit práci, která ukáže ekologické a ekonomicky efektivní spojení zemědělství a fotovoltaiky. Suchá období, trvající mnohdy i týdny, často ukončená přívalovými dešti, nám naznačují, že jsme součástí určité globální změny. Jakým podílem je tato změna přirozená, nebo naopak zaviněná člověkem, se můžeme stále jen dohadovat. Jisté je, že i kdyby byla z větší části přirozená, měli bychom se pokusit současný nepříznivý trend změnit. Tato práce se věnuje především změnám, které můžeme pozorovat v zemědělské krajině kolem nás.

Erozi jsou v České republice každý rok ohrožovány další a další půdní bloky. Eroze nejenže působí škody samotným zemědělcům, ale způsobuje i škody obyvatelům na jejich majetku v případě velkých přívalových dešťů, kdy současná krajina není schopna dešťovou vodu zadržet. Na to reaguje vládní nařízení, které ukládá zemědělcům povinnost několika definovanými druhy opatření zajistit omezení působení eroze. Opatření jsou definována dle DZES (dobrý zemědělský enviromentální stav), který byl několikrát novelizován do současné podoby DZES 7d. Způsoby, které musí zemědělci využít aby hospodařili v souladu s tímto nařízením jsou v této práci popsány.

Fakt, že udržování půdních bloků v dobré kondici bez eroze má smysl, můžeme prezentovat na příkladu půdního bloku, na kterém bylo provedeno šetření VÚMOP. Kvalitní černozem na DPB 34,3 ha nedaleko Hustopečí, bez působení eroze by byla dnes oceněna cenou 4 540 tis. Kč (bonitní číslo z roku 1978). Dle aktualizovaného čísla BPEJ, by tento DPB měl cenu 3 092 tis. Kč (bonitní číslo z roku 2009). Cena tohoto jednoho DPB tedy klesla po 31 letech o 1 450 tis. Kč. Také na tomto příkladu vidíme efektivitu včasného uplatnění protierozních opatření.

Implementace samotných protierozních opatření může tedy v dlouhodobém horizontu udržet hodnotu obhospodařovaných půdních bloků. Tato práce popisuje další možnosti využití protierozních opatření k ještě většímu důrazu na ekologii a ekonomiku zemědělského družstva. Práce se věnuje variantě protierozního opatření, dle které zemědělci rozdělí půdní blok 22metrovým ochranným pásem. Instalací fotovoltaických panelů na tento pás při zachování všech jeho protierozních vlastností může zemědělské družstvo zlepšit svou ekonomiku.

V hlavní části této práce jsem navrhl pět, respektive šest variant možného využití ochranného pásu pro instalace FVE. Nulová varianta V0 je pokračováním současného stavu, uvažuje tedy pouze náklady na elektrickou energii nakupovanou od dodavatele X-Energy. Tato varianta má nejnižší NPV ze všech hodnocených variant. Varianty V1 – V4 jsou shodné v instalovaném výkonu, tedy 50 kW.

První varianta počítá s konvenční instalací panelů na zem. Investice do této varianty je nejnižší ze všech hodnocených variant V1 – V4. Díky uvažované stejné výrobě elektrické energie je NPV první varianty ze všech hodnocených variant nejvyšší – 1 299 811 Kč. V porovnání s nulovou

variantou o více jak 990 000 Kč. Tuto hodnotu můžeme nazvat úsporou za 20 let životnosti FVE na ochranném pásu.

Druhá varianta uvažuje instalaci 50 kW výkonu na konstrukci ve výšce 4,5 metru nad zemí. Tato varianta má nižší NPV oproti předchozí variantě o více jak 380 000 Kč. Zachovává však možnost dalšího využití zemědělské půdy pod konstrukcí s FVE. Přestože má tato varianta nižší NPV než varianta V1, stále je výhodnější než nulová varianta. Zda se zemědělskému družstvu vyplatí tato investice do konstrukce pro FVE, je nutné posoudit v konkrétním případě podle výběru druhu ochranného pásu.

Třetí a čtvrtá varianta rozšiřují první a druhou variantu o bateriové úložiště. Tyto varianty mají více jak dvojnásobné investiční náklady oproti prvním dvěma variantám. Výsledná NPV těchto variant se blíží NPV nulové varianty. Z citlivostních analýz lze pozorovat, že i mírné odchylky vstupních dat mohou přesunout NPV těchto variant za hranici NPV nulové varianty V0.

Optimálním řešením pro námi pozorovaný DPB je varianta V1, jelikož ochranný pás na sledovaném DPB nepotřebuje speciální úpravu (v současné době erozně neohrožený, velmi mírně svažitý) a výsledná NPV této varianty je nejvyšší. Vzhledem k spotřebě elektrické energie tohoto zemědělského družstva a velikosti sledovaného DPB by instalovaná FVE nezabírala více jak 12 % z celkové rozlohy ochranného pásu. Zemědělské družstvo tedy při instalaci 50 kW výkonu nepřichází o velké množství využitelné půdy ochranného pásu.

Jelikož je možné elektřinu z FVE na základě dlouhodobých smluv prodat i jiným podnikatelským subjektům, při vyšším instalovaném výkonu by mohla být preferována varianta V2, která zachovává možnost hospodaření na půdě ochranného pásu.

Poslední varianta („power to gas“) této práce popisuje možné další využití přebytečné elektrické energie vyrobené z FVE na ochranném pásu. Tato varianta počítá s instalací maximálního výkonu 1,8 MW, kterého lze dosáhnou při zastavění celé plochy ochranného pásu. Při tomto instalovaném výkonu by bylo jen minimum této vyrobené elektrické energie využito na vlastní spotřebu zemědělského družstva. Díky elektrolýze vody jsme schopni využít přebytečnou energii z FVE na výrobu vodíku. Ten by bylo možné následně použít, nebo přeměnit Sabatierovou reakcí na metan. Ten je svou strukturou srovnatelný se zemním plynem a je tedy možné jej vtlačet do infrastruktury zemního plynu, která je v České republice velmi rozvinutá. Přebytečnou energii by tedy bylo možné ukládat například v podzemních zásobnících zemního plynu a v případě potřeby znovu přeměnit na elektřinu prostřednictvím paroplynové elektrárny. Celková účinnost tohoto procesu dosahuje 33 %.

Cílem této práce je ukázat možné způsoby efektivního spojení fotovoltaiky a zemědělství. Dle výsledků je patrné, že instalace FVE může být ekonomicky efektivní, i při zachování všech protierozních vlastností ochranného pásu. Již od roku 2021 bude povinností zemědělců tvořit ochranná opatření i na erozně neohrožených DPB, jako tomu je v této práci. Zemědělci mají na výběr několik protierozních opatření. V případě varianty ochranného pásu jim poskytuje tato práce více detailních informací o možnostech dalšího využití těchto pásů.

Postavení jakékoliv FVE na zemědělské půdě je dle současných zákonů České republiky zatím v podstatě nemožné. FVE, považovaná za energetickou stavbu, klade stejné nároky na územní plán, jako například stavba jaderné elektrárny. Abychom mohli v příštích letech vidět na DPB kombinaci FVE a protierozních opatření, bude nutné změnit legislativu. I tento apel je jedním z dílčích cílů této práce.

Na úplný závěr bych rád poznamenal, že instalace FVE na ochranné pásy sebou nenesou pouze ekonomické úspory pro zemědělská družstva, ale i řadu často těžko ocenitelných pozitivních externalit. Jako příklad můžeme uvést ochlazování zemského povrchu, snížení závislosti na fosilních palivech nebo stín, omezující evapotranspiraci.

Zdroje

- [1] Vláda ČR, “Úplné znění zákona č . 563 / 1991 Sb ., o účetnictví , s vyznačením změn podle zákonného opatření Senátu č . 344 / 2013 Sb .,” no. 1, pp. 1–48, 2013.
- [2] Managementmania.cz, “Čistá současná hodnota (NPV - Net Present Value).” [Online]. Available: <https://managementmania.com/cs/cista-soucasna-hodnota>.
- [3] du.cz, “Náklady kapitálu průměrné (WACC - Weighted Average Cost of Capital),” 2020. [Online]. Available: <https://www.du.cz/33/naklady-kapitalu-prumerne-wacc-weighted-average-cost-of-capital-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EnPz3mHk2pK2kZqqFS5aBmY/>.
- [4] H. Kotulková, “Užití modelu C A P M při tvorbě portfolia,” 2008.
- [5] M. Janeček *et al.*, “Ochrana zemědělské půdy před erozí,” *Metodika*, p. 113, 2012.
- [6] VÚMOP, “Půdy Výzkumný ústav meliorací a ochrany - BPEJ,” 2020. [Online]. Available: <https://bpej.vumop.cz/>.
- [7] F. Elektrotechniky, “Workshop Agro- FVE a plovoucí FVE na ČVUT – Praha, Fakulta Elektrotechniky Dr.- Ing. Luděk Pitra 5.12.2019,” 2019.
- [8] Fraunhofer, “Fraunhofer.” [Online]. Available: <https://www.fraunhofer.de/>.
- [9] Jeremy Bloom, “Konzept einer Agrophotovoltaik-Anlage.© Fraunhofer ISE,” *redgreenandblue.org*.
- [10] M. Hruška *et al.*, *Situační a výhledová zpráva půda 2018*. 2018.
- [11] Ministerstvo zemědělství, “Veřejný registr půdy - LPIS.” [Online]. Available: <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>.
- [12] J. Pohl, “Elektromobilita a energetika,” 2018.
- [13] mondomacchina.it, “SESAM, the John Deere 100% electric.”
- [14] Futurefarming, “John Deere: ‘We believe in electric tractors. 100%,’” 2020. [Online]. Available: <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2020/3/John-Deere-We-believe-in-electric-tractors-100-552869E/>.
- [15] UCEEB, “S.A.W.E.R.,” 2014. [Online]. Available: <https://www.uceeb.cz/projekty/system-sawer>.
- [16] J. Pohl, “Vozba dálkové dopravy 190909.” p. 110.
- [17] MZE, “Nařízení vlády č. 48/2017 Sb.,” p. 3, 2019.
- [18] Kolektiv autorů, “METODICKÝ POSTUP ŘEŠÍCÍ ZAŘAZOVÁNÍ ČÁSTÍ MONITOROVANÝCH DÍLŮ PŮDNÍCH BLOKŮ (DPB) S PROJEVEM EROZE DO MÍRNĚ EROZNĚ OHROŽENÝCH (MEO) A SILNĚ EROZNĚ OHROŽENÝCH (SEO) OBLASTÍ,” pp. 1–10, 2016.
- [19] ČMES, “Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS) sestavila ČMeS,” 2017. [Online]. Available: <http://slovník.cmes.cz/heslo/647>.

- [20] N. Z. S.r.o., “Zemina.” [Online]. Available: <https://www.zemina-ornice-nad.cz/cenik-zeminy/>.
- [21] Fraunhofer ISE, “APV Resola.” [Online]. Available: <http://www.agrophotovoltaik.de/machbarkeit/modellprojekt/>.
- [22] E. Energien, “Landesentwicklung und Energie,” pp. 4–6, 2019.
- [23] Next2sun, “Next2sun - Eppelborn, Saarland.” [Online]. Available: https://www.iwrpressedienst.de/bild/next2sun/66bc6_2-MW-Solaranlage-Eppelborn-Dirmingen-Saarland.jpg.
- [24] Sun’Agri, “Piolenc, project.” [Online]. Available: <https://sunagri.fr/en/project/piolencs-experimental-plot/>.
- [25] Doucha a Šikola, “Doucha Šikola advokáti,” 2020. [Online]. Available: <https://www.dsadvokati.cz/>.
- [26] Doucha Šikola, “Právní rámec instalace FVE.” 2019.
- [27] ERÚ, “Licence - udělení,” 2020. [Online]. Available: <https://www.eru.cz/udeleni-licence>.
- [28] Kolektiv autorů, *Trh s elektřinou*. 2016.
- [29] ZD Čistá, “Zemědělské družstvo Čistá u Mladé Boleslavi.” [Online]. Available: <https://www.zdcista.cz/>.
- [30] Seznam.cz a.s., “Mapy.cz.” [Online]. Available: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4479000&y=50.0761000&z=11>.
- [31] X-energy, *Faktura - energie ZD Čistá*. 2019.
- [32] Nanoenergies a.s., “Nanoenergies.” [Online]. Available: <https://www.nanoenergies.cz/>.
- [33] Z. E. Hlava, “165 / 2012,” pp. 2482–2513, 2012.
- [34] D. Spotřebitel, “Místo setkání nabídky s poptávkou v ES .”
- [35] OTE, “Operátor trhu elektřiny,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/typove-diagramy-dodavek-elektriny/prepoctene-tdd?date=2020-03-29>.
- [36] Evropská centrální banka, “Inflace.”
- [37] Financnisprava.cz, “Daňový systém v ČR - popis systému.” [Online]. Available: <https://www.financnisprava.cz/cs/dane/danovy-system-cr/popis-systemu>.
- [38] Kurzy.cz, “Cena elektřiny - burza.” [Online]. Available: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/1MWh-eur-3-roky>.
- [39] Státní fond životního prostředí ČR, “Nová zelená úsporám,” 2020. [Online]. Available: <https://www.novazelenausporam.cz/nabidka-dotaci/rodinne-domy-zdroje-energie/>.
- [40] I. Pr, H. O. Programu, and I. P. R. O. Konkurenceschopnost, “Řídící orgán OPERAČNÍHO PROGRAMU PODNIKÁNÍ A INOVACE PRO KONKURENCESCHOPNOST 2014 – 2020 Předběžná informace pro žadatele o parametrech výzvy „ APLIKACE “,” pp. 1–14, 2014.

- [41] ERÚ, “ERÚ - QandA.” [Online]. Available: <http://www.eru.cz/poze/casto-kladene-dotazy#7>.
- [42] J. C. Richstein, É. J. L. Chappin, and L. J. de Vries, “The market (in-)stability reserve for EU carbon emission trading: Why it might fail and how to improve it,” *Util. Policy*, vol. 35, pp. 1–18, 2015.
- [43] Sun Raised Farms, “Sun Raised Farms,” 2020. [Online]. Available: <https://www.sunraisedfarms.com/>.
- [44] Case a.s., “Case Puma CVX.”
- [45] TheSteel.com, “Železo a ocel průměr Nosníky , tyčová ocel Plechy Trubky , uzavřené profily,” 2020.
- [46] EREKA, “H07V – K,” p. 2320, 1820.
- [47] Nikol Chludová, “Analýza a zhodnocení investičního projektu ve firmě,” 2015.
- [48] W. Agro, Č. Praha, and F. Elektrotechniky, “Energetický park Podkrušnohoří,” 2019.
- [49] HYTEP, “Výroba vodíku.”
- [50] M. Orviský_BP, “Vodík jako alternativní zdroj energie,” 2007.
- [51] Toyota, “Toyota.cz,” 2020. [Online]. Available: <https://www.toyota.cz/world-of-toyota/news/new-toyota-mirai>.
- [52] NASA, “External space shuttle tank.”
- [53] V. Vrbov, K. Ciahotn, R. Water, and G. Shift, “Syntéza Katalyzátorů Pro Methanizační Re Akci,” vol. 9, pp. 99–104, 2017.

Seznam obrázků

Obr. 1 - Mapa R faktoru ČR [5]	9
Obr. 2 – Agrofotovoltaika [3]	13
Obr. 3 - Ukázka možného ochranného pásu s FVE a čerpací stanice [30]	14
Obr. 4 - Elektrický traktor John Deere SESAM [14]	15
Obr. 5 - Autonomní elektrický zemědělský stroj John Deere [14]	15
Obr. 6 - Model použití zařízení S.A.W.E.R. v poušti [10]	16
Obr. 7 - Diagram procesu nahlašování erozní události [17]	17
Obr. 8 - Náskres protierozního opatření s 22metrovým pásem [12]	18
Obr. 9 -Náskres protierozního opatření se 110metrovým pásem [12]	19
Obr. 10 - Náskres protierozního opatření bez ochranného pásu [12].....	19
Obr. 11 - Náskres protierozních opatření sousedících s krajinným prvkem [12]	20
Obr. 12 - Náskres protierozních opatření s vnořeným krajinným prvkem [12]	20
Obr. 13 - Porovnání nového a starého způsobu určení eroze DPB [12]	21
Obr. 14 - Záchytný průleh [2]	23
Obr. 15 - Svodný průleh 1 [2]	24
Obr. 16 - Svodný průleh 2 [2]	24
Obr. 17 - Protierozní hrázka [2].....	25
Obr. 18 - Příklad protierozní hrázky [2].....	25
Obr. 19 - Protierozní meze [2].....	26
Obr. 20 -FVE na konstrukce - AVP Resola [21]	28
Obr. 21 - Rozdíl výroby elektřiny mezi FVE orientovanou na jih a východ/západ [8].....	29
Obr. 22 - Ukázka sečení louky v pilotním projektu Eppelborn [23]	29
Obr. 23 - Celkový pohled na FVE Eppelborn [23]	30
Obr. 24 - Ukázka obsluhy vinic pod FVE v pilotním projektu Piolenc [24]	31
Obr. 25 - Ukázka Stanovení bonitního čísla DPB [6]	32
Obr. 26 - Lokalita ZD Čistá u Mladé Boleslavi [30]	36
Obr. 27 - Ukázka tzv. kolejového řádku	36
Obr. 28 - Náskres umístění ochranného pásu	37
Obr. 29 - Využití plochy pod FVE jako pastviny pro ovce – Sun Raised farms – USA [42]	49
Obr. 30 - Ukázka zvolení procenta průchodu slunečního záření FVE [8]	50
Obr. 31 - FVE na konstrukci cca 5 metrů nad zemí [8]	52
Obr. 32 - FVE na konstrukci cca 5 metrů na zemi [8]	52
Obr. 33 - Diagram možných přeměn energie, a jejich následné využití	76
Obr. 34 - Vodíková čerpací stanice [50]	76

Seznam tabulek

Tab. 1 - Protierozní opatření dle sklonu svahu [5]	10
Tab. 2 - Základní údaje pilotního projektu Heggelbach	27
Tab. 3 - Základní údaje pilotního projektu Eppelborn.....	28
Tab. 4 - Základní údaje pilotního projektu Piolenc	30
Tab. 5 - Přehled elektrických zařízení ZD Čistá a jejich základní data	38
Tab. 6 - Analýza proměnných složek ceny elektřiny ZD Čistá [27]	39
Tab. 7 - Cenová kalkulace položek FVE V1	48
Tab. 8 - Základní vstupní údaje V1	48
Tab. 9- Cenová kalkulace položek FVE V2	51
Tab. 10 - Základní vstupní údaje V2	51
Tab. 11- Cenová kalkulace položek FVE V3	53
Tab. 12 - Základní vstupní údaje V3	53
Tab. 13- Cenová kalkulace položek FVE V4	54
Tab. 14 - Základní vstupní údaje V4	54
Tab. 15 - Srovnání NPV jednotlivých variant.....	55

Seznam grafů

Graf 1 - Typový diagram dodávky - Léto - žně.....	40
Graf 2 - Typový diagram dodávky - Jaro + léto.....	40
Graf 4 - Typový diagram dodávky - Zima.....	41
Graf 3 - Typový diagram dodávky - Podzim	41
Graf 5 - Typový diagram dodávky - 4 typická období + TDD OTE	42
Graf 6 - Dimenzování instalovaného výkonu FVE	43
Graf 7 - Vývoj měnového kurzu USD/CZK a EUR/CZK [37]	44
Graf 8 - Vývoj ceny emisních povolenek [41]	46
Graf 9 - Srovnání NPV jednotlivých variant.....	56
Graf 10 - Roční hodnoty CF jednotlivých variant	57
Graf 11 - Kumulované diskontované hodnoty Cashflow jednotlivých variant	58
Graf 12 - Citlivostní analýza nákladů V1 – V4 [vlastní zpracování]	61
Graf 13 - Citlivostní analýza nákladů V1 - V4	61
Graf 14 - Citlivostní analýza výnosů V1 - V4.....	62
Graf 15 - Citlivostní analýza investičních nákladů V1 - V4	63
Graf 16 - Citlivostní analýza - diskont V1 - V4	64
Graf 17 - Vliv změny jednotlivých faktorů na změnu NPV u varianty V1.....	65

Přílohy

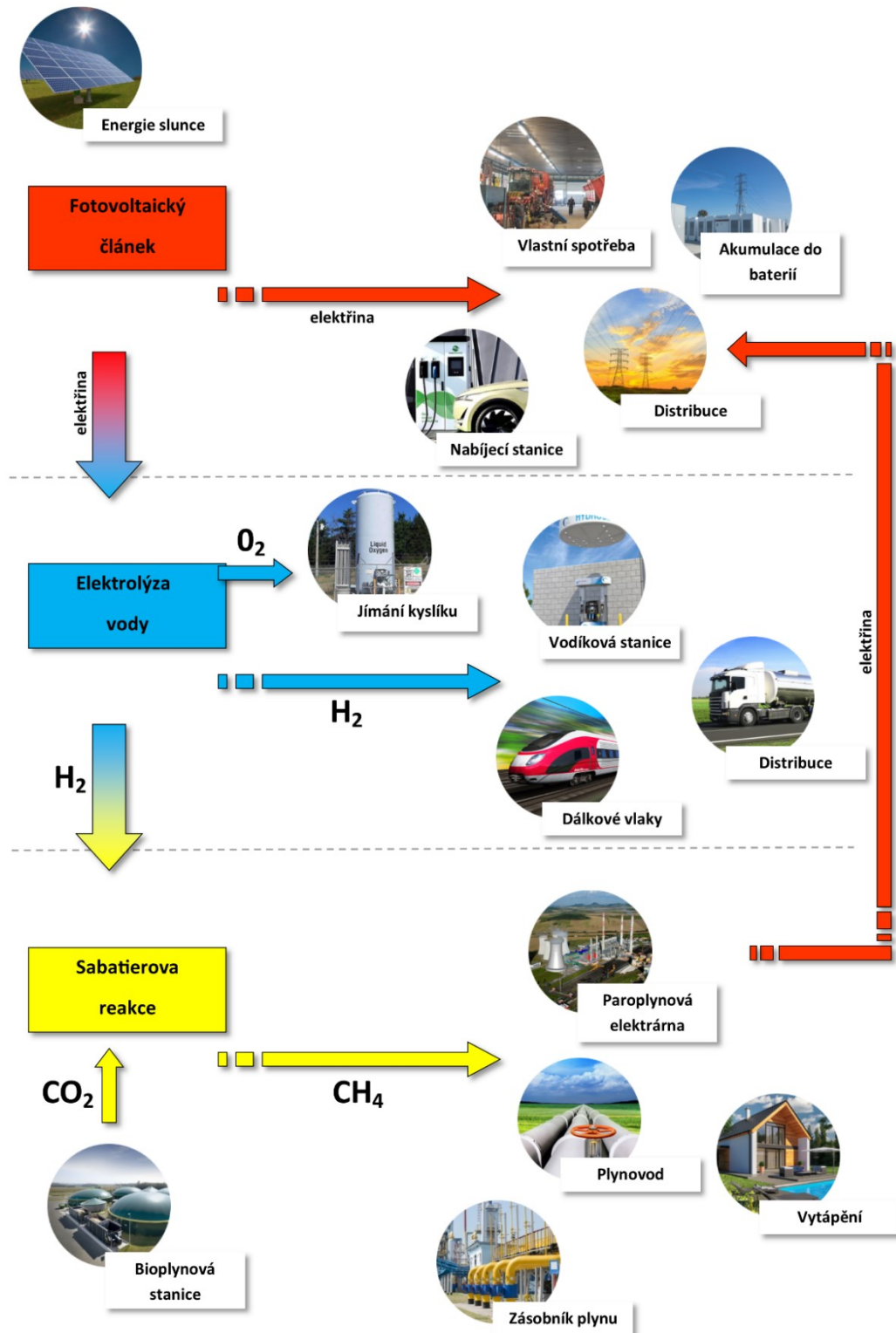
Varianta 5 – „Power to Gas“

Fotovoltaické panely vyrábějí elektřinu v době, kdy svítí slunce. V době největších výkonů FVE většinou nejsme schopni veškerou energii spotřebovat, a naopak v době, kdy slunce nesvítí a fotovoltaické panely nevyrábějí elektřinu, poptávka po ní stále je a mnohdy i vyšší (večerní doba – svícení, zimní období – topení). V dnešní době se stále více rozmáhají různé bateriové systémy, především lithiových baterií. Ty jsou vhodné pro akumulaci elektrické energie v denním (24hodinovém) cyklu. Systémy však nejsou vhodné na ukládání elektrické energie v ročním (365denním) cyklu. Tuto úlohu by zvládly, ale byly by příliš investičně drahé. Taková aplikace s pouze jedním cyklem ročně není ekonomicky efektivní pro technologii, která má schopnost vykonat za životnost tisíce cyklů. Proto je snaha technologie kombinovat. Pro denní cyklus využívat lithiové akumulátory (výhoda: vysoká životnost, vysoká účinnost – cca 90 %), pro roční cyklus dlouhodobé akumulace velkého množství energie s pouze jedním nabitím a vybitím ročně využít akumulaci energie do vodíku, respektive methanu. Tento proces je nyní hojně nazýván jako „Power to gas“, tedy „Energie do plynu“. Dokáže uložit velké množství energie, avšak s poměrně nízkou účinností (u vodíkového cyklu cca 40 %: elektrolýza 66 %, palivový článek 65 %, stlačování cca 90 %) [48][16]

V této variantě budeme uvažovat instalaci FVE na celou plochu vytvořeného ochranného pásu. Celkový instalovaný výkon bude tedy 1800 kW, oproti 50“

kW z předchozích variant. Účelem této varianty není spočítat ekonomickou efektivitu, nýbrž nastínit technologické možnosti, které jsou velkým příslibem do budoucnosti.

Nákres technologie



Obr. 33 - Diagram možných přeměn energie, a jejich následné využití

Výpočet technologie

V době nadprodukce elektřiny z FVE nebo jiné energie z OZE, je možnost tuto energii akumulovat elektrolýzou vody na vodík. Problémem vodíku, je jeho hustota ($0,09 \text{ kg/m}^3$). Při normálním atmosférickém tlaku vyplní 1 kg vodíku přibližně 11 m^3 . Při stlačení na tlak 350 bar, potom $0,032 \text{ m}^3$. To by bylo dobré číslo, pokud bychom na udržení tohoto tlaku nepotřebovali na 1 kg stlačeného vodíku 50 kilogramovou tlakovou ocelovou lahev (netto 1 kg, tara 50 kg, brutto 51 kg).[16]

V tomto výpočtu bude postupně popsáno několik přeměn energie. Nejdříve měníme energii slunce na energii elektrickou prostřednictvím fotovoltaických panelů, kde dopadající sluneční paprsky na P-N přechod vyráží elektrony, které jsou poté odváděny. Elektrickou energii vyrobenou úplně čistou formou můžeme využít pro elektrolýzu vody. Tím dostaneme vodík a kyslík. Kyslík jímáme a dále průmyslově využijeme, vodík můžeme spotřebovat či uskladnit, neboť pro vodík neexistuje vybudovaná síťová infrastruktura (přenosová a distribuční potrubní síť, zásobníky, spotřebiče, ...). Nabízí se tedy možnost využít Sabatierovu reakci ($\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$) a přeměnit vodík na methan, pro který již léta existuje vybudovaná síťová infrastruktura (přenosová a distribuční potrubní síť, zásobníky, spotřebiče, ...). Ten dokážeme velmi dobře uskladnit, protože má stejnou strukturu jako zemní plyn. Vyrobený methan se dá využít zpět pro výrobu elektrické energie v paroplynových elektrárnách v době kdy je elektřiny naopak nedostatek. V následující části bude tento výpočet ukázán číselně.[16]

Výpočet velikosti ochranného pásu

$$S_{\text{pás}} = \text{délka} \cdot \text{šířka} = 740 \cdot 22 = 16280 \text{ m}^2 \sim 1,6 \text{ ha}$$

Plocha FV panelů může zaujímat přibližně 2/3 plochy pásu pozemku, tedy

$$S_{FVE} = S_{\text{pás}} \cdot \frac{2}{3} = 1,6 \cdot \frac{2}{3} \sim 1 \text{ ha}$$

Pokud uvažujeme možnost instalace 1kW na 1 m² s výslednou účinností FV elektrárny 18 % (20 % FV panely, 90 % měniče a rozvody) potom

$$P_{\text{inst}} = S_{FVE} \cdot \eta_{\text{elekt}} = 10000 \cdot 0,18 = 1800 \text{ kW} = 1,8 \text{ MW}$$

η_{elekt} – výsledná účinnost FV elektrárny

Množství vyrobené energie za rok,

$$E_{\text{rok}} = P_{\text{inst}} \cdot T \cdot \varepsilon_{\text{slun.svit}} = 1,8 \cdot 8760 \cdot 0,12 = 1892 \text{ MWh}$$

T – počet hodin v roce

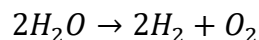
$\varepsilon_{\text{slun.svit}}$ – střední roční zatěžovatel slunečního záření na území ČR

Po odečtení vlastní spotřeby zemědělského družstva dostaneme,

$$E_{\text{navíc}} = E_{\text{rok}} - E_{\text{vl}} = 1892 - 60 = 1832 \text{ MWh}$$

Pokud bychom nenašli využití přímo pro vyrobenou elektřinu, můžeme jí využít jako vstupní surovinu na výrobu vodíku elektrolýzou vody. Je to další z možností skladování energie. Výroba vodíku touto technologií je ekologicky úplně čistá, za předpokladu využití elektřiny vyrobené

z OZE. Na světě se v současné době vyrábí elektrolýzou pouze 4 % celkové produkce vodíku. Je to však způsobeno vysokými náklady na elektrickou energii, pokud by byla nakupována z distribuční sítě. Proto v tomto modelu počítáme pouze s přebytečnou energií z OZE. Elektrolýza je proces, při kterém stejnosměrný proud při průchodu vodným roztokem štěpí chemickou vazbu mezi vodíkem a kyslíkem. Reakce by měla tuto podobu, [49][50]



Z přebytečné elektrické energie bychom dostali vodík o hmotnosti,

$$m_{H_2} = \frac{E_{navíc} \cdot k_s \cdot \eta_{elektrolyzer}}{H_{vodík}} = \frac{1832 \cdot 0,934 \cdot 1000 \cdot 0,66}{33} = 34\,222 \text{ kg}$$

$\eta_{elektrolyzer}$... účinnost elektrolyzéry 66 % (uvažována současná nejmodernější technologie s protonovou membránou)

$H_{vodík}$... spalné teplo vodíku 33,2 kWh/kg

k_s ... podíl elektrické energie pro elektrolýzu po odečtení energie na stlačování vodíku ($K = 1 - 0,66 \cdot 0,1 = 0,934$)

Pro lepší představu převedeme množství vodíku na m^3 , při klasickém atmosférickém tlaku, přibližně 1 bar,

$$V_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{\varphi_{H_2}} = \frac{34\,222}{0,09} = 380\,244 \text{ m}^3$$

φ ... měrná hmotnost vodíku 0,09 kg/ m^3

Aby bylo možné vodík skladovat nebo transportovat, standardně se stlačuje na tlak 350 bar. Na stlačení (pohon kompresoru) je potřeba energie v úrovni cca přibližně 10 % obsažené ve vodíku (odebírání se z FV elektrárny),

$$V_{H_2_{350b}} = \frac{m_{H_2}}{\varphi_{H_2_{350}}} \cdot \eta_{stlačení} = \frac{34\,222}{0,09 \cdot 350} = 1\,086 \text{ m}^3$$

Přeprava vodíku je však jednou z nejnákladnějších vůbec. Jediná komodita, u které přeprava představuje zanedbatelnou část ceny jsou kontejnery s jaderným palivem. Poté můžeme vyjmenovat většinu denně používaných komodit jako je ropa, zemní plyn nebo elektřina. Pokud bychom je měli seřadit, druhou v pořadí nejlevnější komoditou by byla doprava ropy, poté uhlí a zemního plynu. Dražší je poté ještě doprava elektřiny. I tu ovšem překoná vodík. Hlavní důvodem je menší hustota této látky. Výhodou by byla co možná největší spotřeba vodíku v místě jeho výroby.[50]

Pro lepší představu o množství vyrobeného vodíku můžeme uvést následující příklady. Vodík v plynném skupenství se uchovává stlačený na již zmíněných 350 bar případně 200 bar. Stlačený vodík se přepravuje nejčastěji v tlakových lahvích o objemu 50 l. Lahve jsou baleny do svazku 12 kusů, jeden svazek obsahuje 600 litrů vodíku, což je při tlaku 350 bar při přepočtu

na atmosférický tlak 210 m^3 vodíku o hmotnost 19 kg , přitom hmotnost svazku činí 950 kg . Kamion je schopný přepravit přibližně 10 těchto svazků, můžeme tedy říci, že jeden kamion převeze až 6 m^3 stlačeného vodíku, tedy zhruba 190 kg vodíku a zpět jede prázdný. Pokud bychom uvažovali stlačení na 350 bar , odvezlo by ho přibližně 192 kamionů. [16]

Nejideálnějším řešením je vždy výroba a spotřeba na stejném místě, bez nutnosti transportu, nebo s co možná nejmenším. Touto možností by mohly být vodíkové automobily. Toyota Mirai, asi nejskloňovanější vodíkové auto současnosti má spotřebu cca 1 kg vodíku na 100 km . Objem nádrže 5 kg vodíku stlačeného na 700 bar . Auto váží přibližně 1850 kg , což je dáno především hmotností tlakových nádrží na stlačený vodík. Při uvažovaném ročním nájezdu $10\,200 \text{ km}$ (statistický průměr ročního proběhu osobního automobilu v ČR) by vodík vyrobený z přebytečné elektřiny této fotovoltaické elektrárny mohl pohánět 323 automobilů. [51]



Obr. 34 - Vodíková čerpací stanice [50]

Pokud bychom chtěli vodík skladovat nebo transportovat jako kapalný, musíme počítat s vynaložením 40% energie v palivu na zkapalnění,

$$m_{H_2} = \frac{E_{navíc} \cdot k_s \cdot \eta_{elektrolyzer}}{H_{vodik}} = \frac{1832 \cdot 0,736 \cdot 1000 \cdot 0,66}{33} = 26\,967 \text{ kg}$$

k_s podíl elektrické energie pro elektrolýzu po odečtení energie na stlačování vodíku ($K = 1 - 0,66 \cdot 0,4 = 0,736$)

$$V_{H_2\text{kapalný}} = \frac{m_{H_2}}{\varphi_{H_2\text{kapalný}}} = \frac{26\,967}{71,08} = 379 \text{ m}^3$$

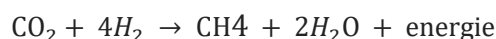
Zkapalnění vodíku vyžaduje zchlazení pod teplotu varu, což je $-253 \text{ }^\circ\text{C}$. Tento proces je tedy sám o sobě velmi energeticky náročný a v celkovém součtu znamená přibližně zmiňovaných

40 % energie ve vodíkovém palivu. Nesmíme také zapomínat na obsah kyslíku při zkapaňování. Jeho hranice nesmí překročit hranici 1 ppm. V případě překročení, by hrozil výbuch vodíku.[50]

Kapalný vodík se běžně přepravuje kamiony s cisternami o objemu až 60 m³. V tomto případě bychom roční vyrobené množství přepravili necelými 6 kamiony. Pro představu, hlavní přídavná nádrž amerických raketoplánů „External Space shuttle tank“ byla při startu naplněna 1515 m³ kapalného vodíku. Trvalo by tedy téměř 5 let, než bychom prostřednictvím přebytečné elektrické energie z této fotovoltaické elektrárny vyrobili potřebné množství pro jeden start raketoplánu. [50][52]

Další možností je pokračovat přeměnou vodíku a oxidu uhličitého na methan prostřednictvím Sabatierovi reakce. Jak je patrné z názvu, tuto reakci vynalezl francouzský chemik Paul Sabatier před více než 100 lety. Reakce je exotermní, tedy jejím výstupem je i energie, nejčastěji ve formě tepla. Pro započítání této reakce je ale nutné i určitou energii dodat. Spolu s touto energií, vodíkem a oxidem uhličitým vznikne methan a voda. Pokud dodržíme vstupní poměr vodíku a oxidu uhličitého 4:1, dostaneme na výstupu až 95 % methanu. Teplota, při které reakce probíhá se liší dle použitých katalyzátorů. Tím nejčastějším je nikl, můžeme však použít měď, kobalt, nebo rhutenium. Nejběžnější a nejideálnější je teplota v rozmezí 375 °C až 425 °C. Pokud by byla teplota vyšší než 475 °C, nevznikal by methan, ale oxid uhelnatý. Pro uskutečnění této reakce je nutné dodání oxidu uhličitého. To by neměl být pro zemědělská družstva problém, především pro ta živočišně zaměřená. Nabízí se proto spojení těchto technologií ještě s bioplynovou stanicí.[16]

Při dodržení všech postupů je rovnice následující,[53]



Při využití veškerého vyrobeného vodíku k přípravě methanu bychom dostali,

$$m_{\text{CH}_4} = m_{\text{H}_2} \cdot \frac{H_{\text{vodík}}}{H_{\text{CH}_4}} \cdot \eta_{\text{sabatier}} = 36640 \cdot \frac{33}{14} \cdot 0,85 = 68566 \text{ kg}$$

Stejně jako u vodíku i zde podělíme hmotnost hustotou methanu,

$$V_{\text{CH}_4} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{\rho_{\text{CH}_4}} = \frac{68566}{0,7} = 97951 \text{ m}^3$$

Průměrný rodinný dům, který využívá plyn pro vaření, ohřev teplé vody i vytápění má průměrnou roční spotřebu přibližně 2200 m³. Takto získaný plyn by tedy mohl vytápět například 44 rodinných domů.

Methan ale nemusíme používat pouze na vytápění rodinných domů, díky jeho struktuře je ho možné vtlačet do plynovodní sítě. Díky velkým plynovým úložištím, především na Moravě, lze v České republice uložit až 2,9 miliard m³ plynu. Vycházíme-li z předpokladu, že 1 m³ se rovná 10,55 kWh je v plynu uloženo více než 30 TWh energie. Roční hrubá spotřeba elektrické energie České republiky je 74 TWh, tedy více jak třetina může být uložena v plynu. V praxi by možnost uskladnění plynu byla trochu jiná, protože zásobníky slouží také jako bezpečnostní rezerva státu pro případ výpadku importu plynu a vykrývání rozdílů spotřeby v letních a zimních měsících. [16]

Abychom uzavřeli tento cyklus, je nutné zmínit paroplynovou elektrárnu jako poslední člen v tomto cyklu přeměny zpět na elektřinu.

$$\eta_{celk.} = \eta_{elektrolyzer} \cdot \eta_{sabatier} \cdot \eta_{paroplyn} = 0,66 \cdot 0,85 \cdot 0,55 = 0,308 \sim 31 \%$$

Toto číslo může být v porovnání například s přečerpávací vodní elektrárnou, která má v ČR střední účinnost 77 % (2018: 1 051 GWh / 1 361 GWh) malé. Přečerpávací vodní elektrárny ale nelze stavět na jakémkoliv místě, a tak číslo 31 % je velmi dobré za předpokladu využívání právě elektřiny z OZE, který v daný čas nemá uplatnění.

Tato čtvrtá varianta ukazuje hned několik možných využití velkého množství elektrické energie, pokud bychom na jeden celý ochranný pás instalovali fotovoltaické panely. Existuje několik možných produktů, které můžeme zvolit, podle toho, co jsme schopni sami spotřebovat, případně o jakou komoditu je v dané oblasti zájem.


FAKTURA - daňový doklad 3911042534
 Rádná fakturace

226 257 797
840 444 446

 info@xenergie.cz
 www.xenergie.cz

 X Energie, s. r. o.
 Na Poříčí 1046/24, 110 00 Praha 1 – Nové Město
 IČ: 24817872, DIČ: CZ24817872
 Zápis v OR: Městský soud v Praze, oddíl C, vložka 177081
 Bankovní spojení: 503 001 6700 / 5500 Raiffeisenbank Praha 1

 Bankovní spojení: 50 300 16 700 / 5500 Raiffeisenbank a.s.
 IBAN: CZ055500000005030016700, BIC: RZBCCZPP

 Zemědělské družstvo Čistá u Mladé Boleslavi.
 Čistá 173
 IČ: 00105368, DIČ: CZ00105368

Zákaznické číslo: 8190022698

 Zemědělské družstvo Čistá u Mladé Boleslavi.
 Čistá 173
 294 23 Čistá u Mladé Boleslavě

9019900409

Variabilní symbol	Datum vystavení	DUZP	Datum splatnosti
3911042534	27. 06. 2019	27. 06. 2019	07. 07. 2019

► VYÚČTOVÁNÍ ELEKTRINY
PŘEPLATEK
84 188,00 Kč

859182400601718286, Čistá 0, Čistá

Přeplatek 84 188,00 Kč Vám bude zaslán na bankovní účet 1616181/0100 do 07. 07. 2019.

Rekapitulace vyúčtování	Množství (MWh)	Sazba DPH	Celkem bez DPH (Kč)	DPH (Kč)	Celkem včetně DPH (Kč)
Vyúčtování dodávky elektřiny 26.6.2018 - 24.6.2019	62,70000	21%	203 150,34	42 661,57	245 811,91
Vyúčtované zálohy		21%	-272 727,24	-57 272,78	-330 000,00
Další fakturované položky		21%	0,00	0,00	0,00
Rozdíl ke zdanění		21%	-69 576,90	-14 611,19	-84 188,09
Heslové vyrovnání					0,00
Přeplatek					-84 188,00

► PŘEDPIS ZÁLOH NA DALŠÍ OBDOBÍ

Výše záloh je 22 440,00 Kč, četnost měsíčně.

Datum splatnosti	Zálohové období	Celkem vč. DPH (Kč)	Zbývá doplatit vč. DPH (Kč)	Datum splatnosti	Zálohové období	Celkem vč. DPH (Kč)	Zbývá doplatit vč. DPH (Kč)
15.7.2019	07.2019	22 440,00	22 440,00	15.1.2020	01.2020	22 440,00	22 440,00
15.8.2019	08.2019	22 440,00	22 440,00	15.2.2020	02.2020	22 440,00	22 440,00
15.9.2019	09.2019	22 440,00	22 440,00	15.3.2020	03.2020	22 440,00	22 440,00
15.10.2019	10.2019	22 440,00	22 440,00	15.4.2020	04.2020	22 440,00	22 440,00
15.11.2019	11.2019	22 440,00	22 440,00	15.5.2020	05.2020	22 440,00	22 440,00
15.12.2019	12.2019	22 440,00	22 440,00	15.6.2020	06.2020	22 440,00	22 440,00

- Zálohové platby uhradte, prosím, na náš bankovní účet 5030016700/5500 nejpozději do data splatnosti uvedeném v plánu záloh.
- Jako variabilní symbol používejte vždy Vaše zákaznické číslo 8190022698.
- Datum splatnosti je termín připsání platby na náš účet, proto doporučujeme zadat platbu s dostatečným předstihem.

Období	Počet dnů	VT (kWh)	NT (kWh)	Celkem (kWh)
30.06.2016 - 29.06.2017	365	63 231,00	29 379,00	92 610,00
30.06.2017 - 25.06.2018	361	62 971,00	23 634,00	76 605,00
26.06.2018 - 24.06.2019	364	43 189,00	19 511,00	62 700,00

- Změna záloh
- Zasílání vyúčtování e-mailem
- Nastavení plateb a jiné požadavky

 Internetová adresa: online.xenergie.cz
 Přihlašovací jméno: jaro slav.kubin15
 Zákaznické číslo: 8190022698

► PŘEHLED PLATEB - vyúčtování záloh

Přijetí platby	Platba vč. DPH (Kč)	Přijetí platby	Platba vč. DPH (Kč)
16.7.2018	27 500,00	16.1.2019	27 500,00
16.8.2018	27 500,00	18.2.2019	27 500,00
17.9.2018	27 500,00	18.3.2019	27 500,00
16.10.2018	27 500,00	16.4.2019	27 500,00
16.11.2018	27 500,00	16.5.2019	27 500,00
17.12.2018	27 500,00	17.6.2019	27 500,00

Celkem 330 000,00

* Příspěvek platby přijaté po datu odečtu 24.6.2019 budou automaticky vyúčtovány v dalším období.

PŘEHLED PLATEB dle vyhlášky č. 70/2016 Sb.

Množství	Průměrná jednotková cena (bez DPH)**	Celkem bez DPH (Kč)	Celkem s DPH* (Kč)
VT 43189 kWh	3,63 Kč/kWh	156 862,61	189 948,96
NT 19511 kWh	1,50 Kč/kWh	29 363,41	35 529,73
11,9670 měsíců	1 404,22 Kč/měsíc	16 804,32	20 333,23
Celkem		203 150,34	245 811,92

* Hrubý rozdíl (prošl částec v rekapitulaci) je způsobem zokrouhlováním.

** Vypočítáno počtem částky celkem bez DPH a účtovaného množství.

DETAIL SPOTŘEBY

Období		Měřítko	Tarif	Stav měřidla		ZO*	TDD	Náso- bitel	Spotřeba (kWh)	Korekce (kWh)	Spotřeba v období	
od	do			počáteční	koncový						(kWh)	(MWh)
26.6.2018	25.10.2018	6142256	VT	518294	526296	D	2	1	8002	0	8002	8,00200
26.6.2018	25.10.2018	6142256	NT	210721	213949	D	2	1	3228	0	3228	3,22800
26.10.2018	31.12.2018	4453675	VT	139650	149803	Z	2	1	9953	0	9953	9,95300
26.10.2018	31.12.2018	4453675	NT	382743	387551	Z	2	1	4808	0	4808	4,80800
1.1.2019	24.6.2019	4453675	VT	149603	174837	D	2	1	25234	0	25234	25,23400
1.1.2019	24.6.2019	4453675	NT	387551	399026	D	2	1	11475	0	11475	11,47500

Celkem dodané množství elektřiny

62,70000

* C - oprava spotřeby, D - odečet distributorem, O - odhad spotřeby distributorem, S - samoodečet, T - odhad spotřeby dle TDD, Z - změna ceny

► DETAIL REGULOVANÝCH PLATEB

Období		Položka	Sazba	Tarif	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)
od	do							
26.6.2018	31.12.2018	Distribované množství elektřiny NT	C25d	NT	8,03600	MWh	71,69000 Kč	576,11
26.6.2018	31.12.2018	Distribované množství elektřiny VT	C25d	VT	17,95500	MWh	1 790,15000 Kč	32 142,14
1.1.2019	24.6.2019	Distribované množství elektřiny NT	C25d	NT	11,47500	MWh	98,22000 Kč	1 127,07
1.1.2019	24.6.2019	Distribované množství elektřiny VT	C25d	VT	25,23400	MWh	1 873,83000 Kč	47 284,23

Období		Položka	Jistič (fáze x A)	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)
od	do						
26.6.2018	31.12.2018	Měsíční plat za příkon - jistič	3x125	6,16700	měsíc	1 324,00000 Kč	8 165,11
26.6.2018	31.12.2018	Cena za činnost zúčtování OTE		6,16700	měsíc	5,40000 Kč	33,30
26.6.2018	31.12.2018	Cena na podporu výkupu elektřiny (OZE)		25,99100	MWh	495,00000 Kč	12 865,55
26.6.2018	31.12.2018	Systémové služby ČEPS, a.s.		25,99100	MWh	93,63000 Kč	2 433,53
26.6.2018	31.12.2018	Daň z elektřiny		25,99100	MWh	28,30000 Kč	735,55
1.1.2019	24.6.2019	Měsíční plat za příkon - jistič	3x125	5,80000	měsíc	1 384,00000 Kč	8 027,20
1.1.2019	24.6.2019	Cena za činnost zúčtování OTE		5,80000	měsíc	6,93000 Kč	40,19
1.1.2019	24.6.2019	Cena na podporu výkupu elektřiny (OZE)		36,70900	MWh	495,00000 Kč	16 170,96
1.1.2019	24.6.2019	Systémové služby ČEPS, a.s.		36,70900	MWh	76,19000 Kč	2 796,86
1.1.2019	24.6.2019	Daň z elektřiny		36,70900	MWh	28,30000 Kč	1 038,86

Celkem (bez DPH)

135 436,66

► DETAIL OBCHODNÍCH PLATEB

Období		Položka	Sazba	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)
od	do						
26.6.2018	24.6.2019	Slovní elektřina, Pevná cena za měsíc	C25d	11,96700	měsíc	45,00000 Kč	538,52
26.6.2018	24.6.2019	Slovní elektřina, Spotřeba NT	C25d	19,51100	MWh	811,00000 Kč	15 823,43
26.6.2018	24.6.2019	Slovní elektřina, Spotřeba VT	C25d	43,18900	MWh	1 189,00000 Kč	51 351,73

Celkem (bez DPH)

67 713,68

DETAIL OSTATNÍCH PLATEB

Sleva/poplatek	Množství	Jednotka	Za jednotku bez DPH	Celkem bez DPH (Kč)
Advance special - cena balíčku za období 25.06.2018 – 24.06.2019	1,0000	rok	0,0000 Kč	0,00

Celkem (bez DPH)

0,00

Výpočet částky na podporu výkupu elektřiny (OZE) – dle §28 odst. 5 a 6 zákona č. 165/2012 Sb. je vyúčtována nižší hodnota z následujících dvou metodických výpočtů, přičemž metoda B zároveň určuje maximální možnou platbu za fakturované období:

A: (počet fází jističe)* (proudová hodnota jističe [A])* (počet měsíců)* (jednotková cena) | B: (spotřeba [MWh])* (jednotková cena)